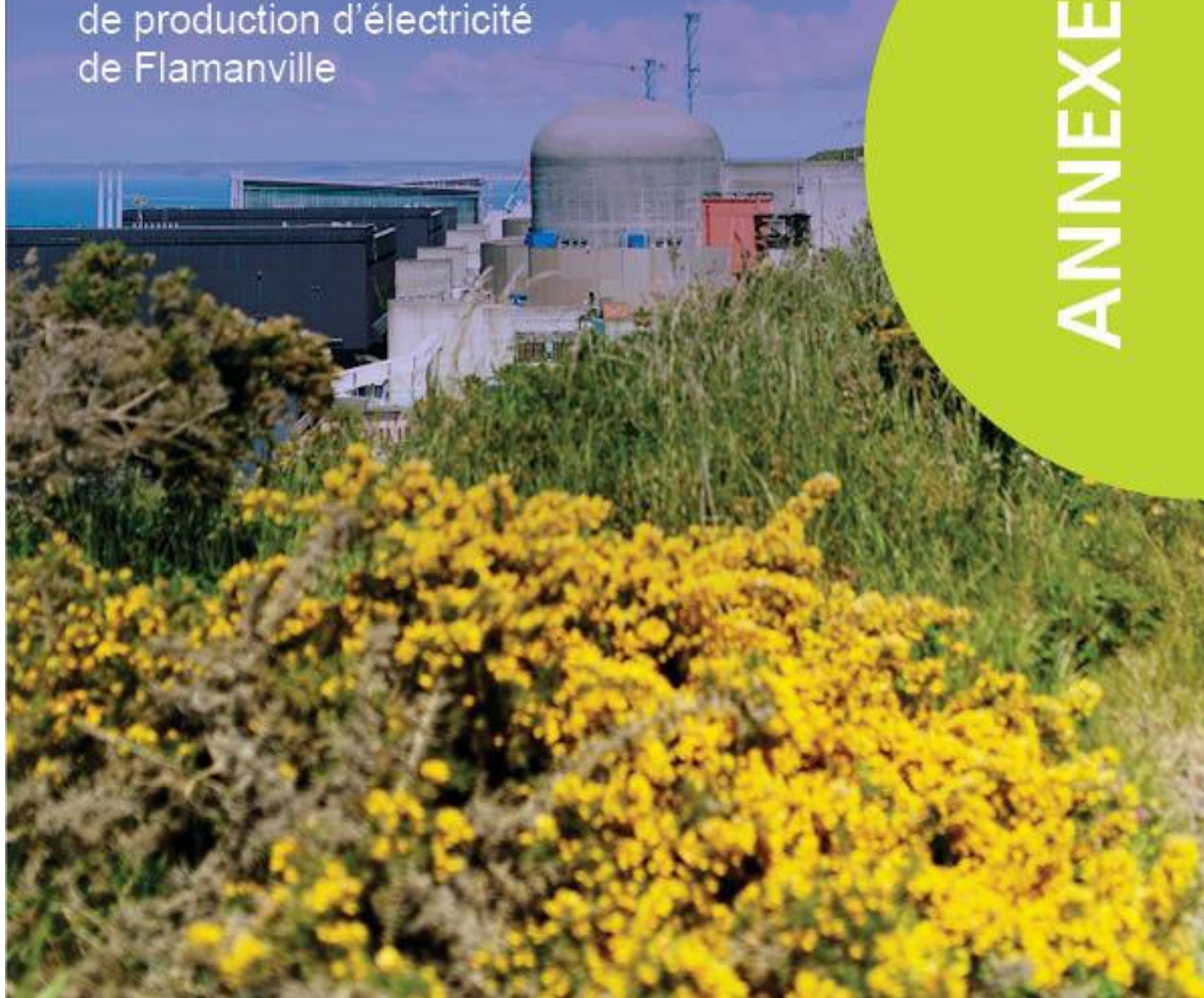




RAPPORT ANNUEL ENVIRONNEMENT 2018

Centre nucléaire
de production d'électricité
de Flamanville

ANNEXES



ANNEXES

ANNEXE 1 – LES DONNEES DE FONCTIONNEMENT

- A. Evolution de la charge des tranches**
- B. Principaux événements survenus sur les unités de production en 2018**

ANNEXE 2 – BILAN REGLEMENTAIRE DES REJETS RADIOACTIFS

- A. Rejets radioactifs gazeux**
- B. Rejets radioactifs liquides**

ANNEXE 3 – SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE DANS L'ENVIRONNEMENT

- A. Recapitulatif des mesures radiometriques en limite de site – 2018 (nanogray/h)**
- B. Recapitulatif des mesures radiometriques a 1 km – 2018**
- C. Recapitulatif des mesures radiometriques a 5 km - 2018**
- D. Recapitulatif des mesures radiometriques a 10 km - 2018**
- E. Recapitulatif des mesures de l'air au sol en 2018**
- F. Analyses du lait en 2018**
- G. Analyses des végétaux en 2018**
- H. Analyses de l'eau de pluie en 2018**
- I. Analyses des eaux réceptrices (eau de mer au large)**
- J. Analyses des emissaires d'eaux pluviales**
- K. Analyses du tritium atmospherique**

ANNEXE 4 – SUIVI DES EAUX SOUTERRAINES

- A. Mesures chimiques sur les eaux souterraines**
- B. Mesures radiologiques sur les eaux souterraines**

ANNEXE 5 – BILAN DES REJETS CHIMIQUES DES EMISSAIRES

ANNEXE 6 – BILAN DES VOLUMES D'EAU PRELEVÉE

ANNEXE 7 – SURVEILLANCE DES REJETS THERMIQUES ET DU PH

ANNEXE 8 – RAPPORT 2018 DE SURVEILLANCE ECOLOGIQUE ET HALIEUTIQUE - IFREMER

ANNEXE 9 – RAPPORT 2018 DE SURVEILLANCE RADIOECOLOGIQUE - IRSN

**ANNEXE 10 – RESULTATS DES MESURES RADIOLOGIQUES AU VOISINAGE DU CNPE DE
FLAMANVILLE REALISES EN 2018**

ANNEXE 1 – LES DONNEES DE FONCTIONNEMENT

A. EVOLUTION DE LA CHARGE DES TRANCHES

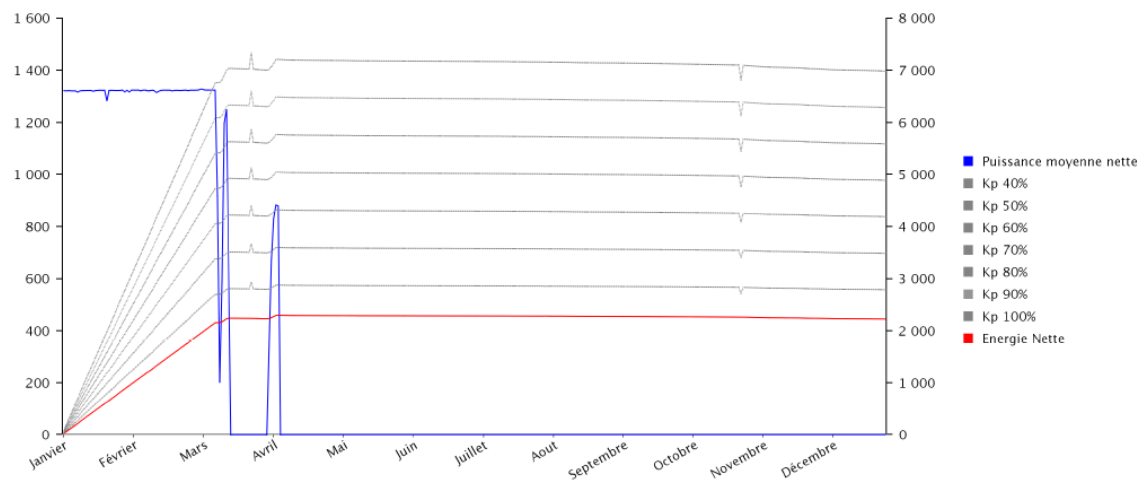
Année saisie : 2018

CNPE DE FLAMANVILLE

FLAMANVILLE_01

Puissance nette Moyenne (MW)

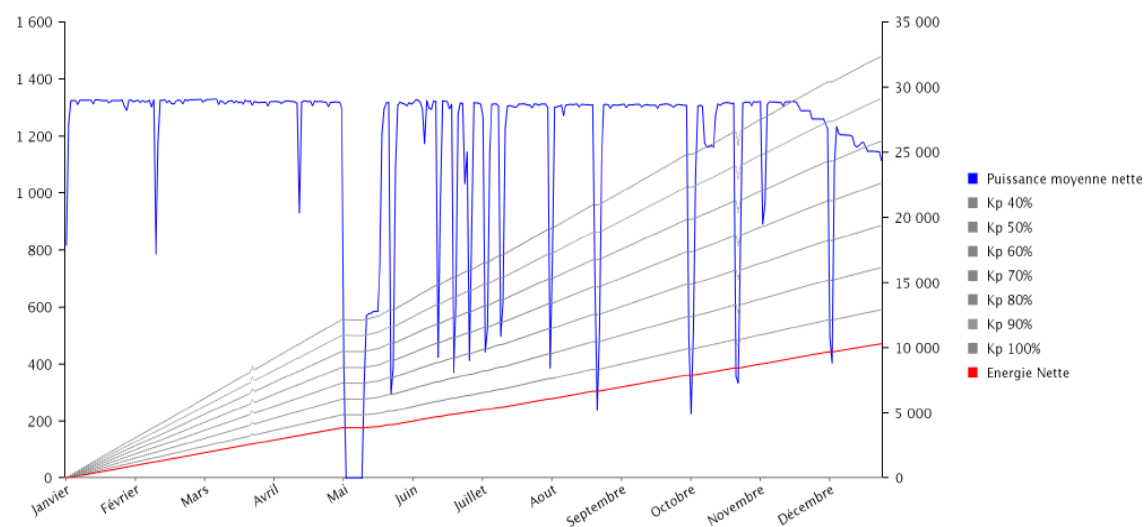
Energie Nette Cumulée (GWh)



FLAMANVILLE_02

Puissance nette Moyenne (MW)

Energie Nette Cumulée (GWh)



B. PRINCIPAUX EVENEMENTS SURVENUS SUR LES UNITES DE PRODUCTION EN 2018

Principaux évènements relatifs à l'évolution de la charge de la Tranche 1

- 20 janvier 2018 : baisse de charge de 93% pour réalisation d'un essai périodique sur le système VVP,
- 10 mars 2018 : convergence pour réparation sur 1 RPE 073 VP puis divergence et couplage le 11 février 2018,
- 15 mars 2018 : arrêt automatique réacteur suite défaillance 1GEV002JA et ilôtage,
- 27 mars 2018 : passage en AN/GV puis en arrêt à chaud le 28 février 2018,
- 07 avril 2018 : début de l'arrêt de tranche 1D23,
- 10 avril 2018 : passage en AN/RRA,
- 27 avril 2018 : déchargement combustible,
- 29 avril 2018 : réacteur complètement déchargé,
- 07 décembre 2018 : passage en arrêt à froid.

Principaux évènements relatifs à l'évolution de la charge de la Tranche 2

- 10 février 2018 : baisse de charge pour réalisation de l'EP RGL4,
- 15 avril 2018 : baisse de charge pour maintenance TPA,
- 04 mai 2018 : baisse de charge pour économie combustible,
- 06 mai 2018 : convergence du réacteur puis divergence le 11 mai 2018,
- 14 mai 2018 : couplage du réacteur sur le réseau,
- 26 mai 2018 : économie combustible,
- 25 août 2018 : convergence suite à EP RGL4 pour essai RGL 102 puis divergence le 26 août 2018 et remontée en puissance le 27 août 2018,
- 15 septembre 2018 : passage en prolongation d'arrêt
- 28 septembre 2018 : passage de la tranche en APR,
- 30 septembre 2018 : passage en AN/RRA,
- 06 et 27 octobre 2018 : baisse de charge pour réalisation de l'EP RGL 102 puis divergence,
- 08 décembre 2018 : réalisation de l'EP RGL 102.

ANNEXE 2 – BILAN REGLEMENTAIRE DES REJETS RADIOACTIFS**A. REJETS RADIOACTIFS GAZEUX**

Rejets gazeux concertés	Gaz rares (TBq)			
	Tr 1		Tr 2	
	BR	RS	BR	RS
Janvier	1,789E-3	/	1,136E-3	/
Février	1,731E-3	2,478E-7	9,535E-4	5,686E-6
Mars	9,309E-4	6,277E-7	1,238E-3	5,912E-7
Avril	9,668E-3	/	1,302E-3	/
Mai	/	/	6,349E-4	/
Juin	/	2,733E-6	9,267E-4	1,850E-5
Juillet	/	4,295E-6	1,566E-3	/
Août	1,453E-4	/	1,646E-3	5,263E-7
Septembre	/	3,382E-6	1,340E-3	3,675E-7
Octobre	/	1,396E-6	1,313E-3	1,817E-7
Novembre	1,365E-6	3,304E-6	1,337E-3	/
Décembre	2,214E-5	/	9,279E-4	3,802E-6
Total	1,43E-2	1,60E-5	1,43E-2	2,96E-5
Total par tranche	1,43E-2		1,44E-2	
Total site	2,87E-2			

Nota : les rejets gazeux tritium sont comptabilisés en totalité dans les rejets gazeux permanents.

Rejets gazeux permanents	Gaz rares (TBq)		Tritium (TBq)		Iodes (GBq)		Produits de fission et d'activation (GBq)		Carbone 14 (GBq) mesuré		Carbone 14 (GBq) calculé	
	Tr 1	Tr 2	Tr 1	Tr 2	Tr 1	Tr 2	Tr 1	Tr 2	Tr 1	Tr 2	Tr 1	Tr 2
Janvier	1,653E-2	2,098E-2	4,357E-2	5,365E-2	8,761E-4	8,894E-4	2,342E-5	2,881E-5			2,326E+1	2,297E+1
Février	1,846E-2	1,730E-2	3,549E-2	3,617E-2	5,940E-4	5,089E-4	2,452E-5	2,816E-5			2,105E+1	2,066E+1
Mars	1,582E-2	1,968E-2	3,132E-2	3,040E-2	7,195E-4	6,726E-4	3,505E-5	4,822E-5			8,973E+0	2,324E+1
Avril	1,893E-2	2,305E-2	3,495E-2	2,884E-2	6,468E-4	5,195E-4	6,364E-5	5,466E-5	1,693E+1	7,768E+1	1,644E+0	2,228E+1
Mai	2,513E-2	1,853E-2	6,037E-2	3,226E-2	1,134E-3	8,523E-4	5,845E-5	6,236E-5			0,000E+0	1,196E+1
Juin	1,686E-2	2,044E-2	4,280E-2	3,171E-2	5,373E-4	3,834E-4	6,984E-5	5,418E-5			0,000E+0	2,000E+1
Juillet	1,969E-2	1,761E-2	4,645E-2	3,207E-2	9,332E-4	7,103E-4	5,589E-5	5,085E-5	3,439E+1	5,098E+1	0,000E+0	2,094E+1
Août	1,751E-2	1,860E-2	5,855E-2	3,427E-2	6,387E-4	7,181E-4	4,773E-5	4,127E-5			0,000E+0	2,034E+1
Septembre	1,891E-2	2,018E-2	4,949E-2	2,817E-2	5,726E-4	4,887E-4	4,309E-5	3,137E-5			0,000E+0	2,231E+1
Octobre	2,198E-2	2,334E-2	6,939E-2	3,183E-2	6,885E-4	3,168E-3	3,977E-5	3,672E-5	6,378E-1	1,443E+1	0,000E+0	1,916E+1
Novembre	1,952E-2	2,046E-2	2,187E-2	1,748E-2	5,007E-4	5,030E-4	3,639E-5	5,876E-5			0,000E+0	2,194E+1
Décembre	2,281E-2	2,186E-2	2,181E-2	1,616E-2	6,900E-4	5,874E-4	4,578E-5	3,804E-5	3,847E+1	7,799E+1	0,000E+0	0,000E+0
Total par tranche	2,32E-1	2,42E-1	5,16E-1	3,73E-1	8,53E-3	1,00E-2	5,44E-4	5,33E-4	9,04E+1	2,21E+2	5,49E+1	2,26E+2
Total site	4,74E-1		8,89E-1		1,85E-2		1,08E-3		3,12E+2		2,81E+2	

Total des rejets gazeux en 2018	Gaz rares (TBq)	Tritium (TBq)	Iodes (GBq)	Produits de fission et d'activation (GBq)	Carbone 14 (GBq) mesuré	Carbone 14 (GBq) calculé
Total site	5,03E-1	8,89E-01	1,85E-2	1,08E-3	3,12E+2	2,81E+2
% limite annuelle	1,26%	8,08%	1,85%	0,72%	13,5%	12,2%
Prévisionnel site arrêté INB	0,85	1,5	0,04	0,004	400	
Prévisionnel site arrêté INB (%)	59,2%	59,3%	46,3%	26,9%	77,9%	70,2%

B. REJETS RADIOACTIFS LIQUIDES

Activité	Tritium (MBq)	Iodes (MBq)	Produits de fission et d'activation hors Ni63 (MBq)	Carbone 14 mesuré (GBq)	Carbone 14 calculé* (GBq)
Janvier	8,477E+06	3,721E-01	2,473E+01	3,095E+00	3,467E+00
Février	5,045E+06	2,934E-01	2,410E+01	2,151E+00	3,128E+00
Mars	9,683E+06	5,158E-01	5,890E+01	6,392E+00	2,416E+00
Avril	6,751E+06	7,632E-01	5,774E+01	5,204E+00	1,795E+00
Mai	6,309E+05	1,554E-01	5,997E+00	4,947E-01	8,973E-01
Juin	2,629E+06	3,431E-01	7,105E+00	1,817E+00	1,500E+00
Juillet	1,043E+06	2,237E-01	2,343E+01	5,834E-01	1,570E+00
Août	3,470E+06	3,895E-01	1,434E+01	7,860E-01	1,526E+00
Septembre	1,408E+06	2,294E-01	2,389E+01	4,079E-01	1,673E+00
Octobre	2,459E+06	4,956E-01	2,625E+01	4,671E-01	1,437E+00
Novembre	3,325E+06	5,676E-01	4,363E+01	1,495E+00	1,646E+00
Décembre	1,634E+06	9,394E-01	2,806E+01	2,648E+00	1,491E+00
CUMUL	4,66E+07	5,29E+00	3,38E+02	2,55E+01	2,25E+01
% limite annuelle	32,1%	4,41%	2,60%	9,12%	8,05%
Prévisionel site Arrêté INB (%)	72,7%	26,4%	56,4%	85,1%	75,2%

(*) Activité Carbone 14 calculée à partir de l'énergie brute produite selon la relation $\text{Activité} = (15 \text{ GBq/Gwe} \cdot \text{an}) \cdot \text{énergie brute en Gwe} \cdot \text{an}$.

Activité des 9 principaux éléments définis par l'ASN

Activité (MBq)	54 Mn	58 Co	60 Co	110m Ag	123m Te	124 Sb	125 Sb	134 Cs	137 Cs	I131	Autre RE	63 Ni	Total mensuel HORS Ni 63	Total mensuel Ni 63 Inclus
Janvier	1,125E+00	2,130E+00	1,816E+01	8,233E-01	3,057E-01	3,788E-01	1,030E+00	3,655E-01	4,119E-01	3,721E-01		7,773E+00	2,510E+01	3,288E+01
Février	7,361E-01	2,062E+00	1,775E+01	1,514E+00	2,672E-01	2,868E-01	9,058E-01	2,738E-01	2,999E-01	2,934E-01		3,651E+01	2,439E+01	6,090E+01
Mars	5,161E-01	3,764E+01	1,382E+01	1,642E+00	4,310E-01	2,291E+00	1,488E+00	5,353E-01	5,616E-01	5,158E-01		4,967E+01	5,944E+01	1,091E+02
Avril	9,914E-01	3,739E+01	1,220E+01	1,307E+00	6,650E-01	1,160E+00	2,339E+00	8,353E-01	8,489E-01	7,632E-01		3,134E+01	5,850E+01	8,984E+01
Mai	1,896E-01	3,751E+00	1,025E+00	1,156E-01	1,208E-01	2,007E-01	3,522E-01	1,212E-01	1,216E-01	1,554E-01		3,127E+00	6,153E+00	9,280E+00
Juin	3,293E-01	1,192E+00	2,992E+00	3,356E-01	2,783E-01	3,230E-01	9,510E-01	3,163E-01	3,870E-01	3,431E-01		4,455E+00	7,448E+00	1,190E+01
Juillet	1,955E-01	1,089E+00	6,777E+00	1,529E+00	1,251E+00	1,083E+01	1,318E+00	2,186E-01	2,237E-01	2,237E-01		1,697E+00	2,366E+01	2,535E+01
Août	3,854E-01	2,510E+00	5,775E+00	1,356E+00	3,938E-01	1,965E+00	1,094E+00	4,252E-01	4,340E-01	3,895E-01		7,217E+00	1,473E+01	2,194E+01
Septembre	2,170E-01	1,081E+01	4,226E+00	4,313E+00	1,869E-01	2,948E+00	6,879E-01	2,417E-01	2,534E-01	2,294E-01		4,688E+00	2,411E+01	2,880E+01
Octobre	5,187E-01	7,609E+00	7,630E+00	1,669E+00	4,116E-01	4,016E+00	1,457E+00	5,240E-01	5,427E-01	4,956E-01		1,226E+01	2,487E+01	3,713E+01
Novembre	5,618E-01	8,178E+00	1,169E+01	1,108E+01	4,440E-01	2,948E+00	1,627E+00	5,851E-01	6,132E-01	5,676E-01		8,884E+00	3,829E+01	4,718E+01
Décembre	6,630E+00	1,180E+02	1,080E+02	2,730E+01	5,530E+00	2,960E+01	1,680E+01	5,350E+00	5,690E+00	5,290E+00		8,477E+00	3,282E+02	3,367E+02
CUMUL	1,24E+01	2,32E+02	2,10E+02	5,30E+01	1,03E+01	5,69E+01	3,00E+01	9,79E+00	1,04E+01	9,64E+00	0,00E+00	1,76E+02	6,35E+02	8,11E+02
													TOTAUX hors Ni63	6,35E+02
													TOTAUX Ni63 inclus	8,11E+02

ANNEXE 3 – SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE DANS L'ENVIRONNEMENT



Figure 1 : Points de surveillance de l'environnement du site de Flamanville

PLAN DE LOCALISATION :

- **DES BALISES KRS :**
 - Sur site,
 - A 5 et 10 km.
- **DES POINTS DE PRELEVEMENTS POUR LAIT, VEGETAUX, EAU DE PLUIE, MER**

A. RECAPITULATIF DES MESURES RADIOMETRIQUES EN LIMITE DE SITE – 2018 (NANOGRAY/H)

	Secteur 01			Secteur 02			Secteur 03			Secteur 04			Secteur 05			Secteur 06			Secteur 07			Secteur 08			Secteur 09			Secteur 10		
	0 KRS 801 MA			0 KRS 802MA			0 KRS 803 MA			0 KRS 804 MA			0 KRS 805 MA			0 KRS 806 MA			0 KRS 807 MA			0 KRS 808 MA			0 KRS 809 MA			0 KRS 810 MA		
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
Janvier	70	134	95	66	116	91	79	168	110	64	161	112	79	180	130	51	100	76	103	170	138	88	146	113	63	120	93	97	157	126
Février	66	126	94	67	115	90	80	146	110	63	164	89	74	157	104	50	135	73	106	187	137	82	141	112	66	172	92	96	162	124
Mars	68	135	95	66	135	92	81	158	112	61	126	116	73	134	120	50	98	93	108	167	140	83	149	114	65	132	94	97	164	124
Avril	68	124	97	65	121	92	80	141	112	62	133	90	77	133	104	52	103	75	106	172	139	86	144	114	65	123	94	96	150	123
Mai	71	125	99	69	123	94	86	147	116	66	118	91	75	145	106	44	99	72	109	177	140	86	142	115	70	125	95	93	155	125
Juin	69	129	100	69	127	96	87	151	117	64	120	91	77	149	107	50	98	72	110	174	141	81	142	115	68	136	96	96	156	125
Juillet	78	134	103	75	128	98	94	154	121	71	121	93	79	147	108	48	94	71	114	179	143	89	147	118	69	125	97	100	154	128
Août	71	129	100	66	126	95	89	149	117	62	130	91	77	135	108	46	94	71	108	178	141	85	145	117	70	125	96	102	157	129
Septembre	75	135	101	73	125	97	86	150	118	63	119	89	71	146	108	49	96	66	107	179	141	88	147	116	71	129	97	98	162	129
Octobre	70	142	99	71	141	95	88	164	117	64	137	91	76	148	107	51	100	72	110	175	141	89	159	118	73	145	98	103	170	129
Novembre	71	143	99	70	149	94	85	174	117	63	134	91	76	147	107	51	113	73	109	177	141	91	159	117	71	159	98	100	182	128
Décembre	70	137	95	68	124	92	85	146	113	62	125	89	77	138	105	47	125	71	110	178	141	84	148	114	72	137	96	101	158	125
Annuel	66	143	98	65	149	94	79	174	115	61	164	94	71	180	110	44	135	74	103	187	140	81	159	115	63	172	96	93	182	126

Les anomalies détectées sont précisées, ci-dessous :

- Le 12/01/2018 : pic électronique sur la balise OKRS806MA (fax ASN n° 18-001). Le 15/01/2018: pic électronique sur la balise OKRS806MA (fax ASN n° 18-002). Le 16/01/2018 : pic électronique sur la balise OKRS806MA (fax ASN n° 18-003 indice 1). Le 17/01/2018 : pic électronique sur la balise OKRS806MA (fax ASN n° 18-004 indice 1). Le 23/01/2018 : pic électronique sur la balise OKRS806MA (fax ASN n° 18-006). Le 24/01/2018 : pics électroniques sur les balises OKRS804MA, OKRS805MA et OKRS806MA (fax ASN n° 18-007). Le 18/04 : pics électroniques à 1462 020 et 2 708 509 nGy/h respectivement sur les balises 0 KRS 803 MA et 0 KRS 809 MA (fax ASN n° 16-024).
- Le 13/02/18 : pics électroniques sur les balises OKRS804MA, OKRS805MA, OKRS806MA (fax ASN n° 18-011). Le 14/02/18 : pics électroniques sur les balises OKRS805MA et OKRS806MA (fax ASN n° 18-012). Le 19/02/18: pics électroniques sur les balises OKRS804MA, OKRS805MA et OKRS806MA (fax ASN n° 18-013). Le 20/02/18 : pics électroniques sur les balises OKRS804MA, OKRS805MA et OKRS806MA (fax ASN n° 18-014). Le 21/02/18 : pics électroniques sur les balises OKRS804MA, OKRS805MA et OKRS806MA (fax ASN n° 18-015). Le 22/02/18 : pics électroniques sur les balises OKRS804MA et OKRS805MA (fax ASN n° 15-016). Le 17/05 : pics électroniques à 199 et 332 nGy/h respectivement sur les balises 0 KRS 803 MA et 0 KRS 806 MA (fax ASN n° 16-034).
- Le 05/03/2018 : pics électroniques sur les balises OKRS804MA, OKRS805MA, OKRS806MA (fax ASN n° 18-019). Le 05/03/2018 : pics électroniques sur OKRS804MA et OKRS805MA (fax ASN n° 018-20). Le 07/03/2018 : pics électroniques sur les balises OKRS804MA, OKRS805MA, OKRS806MA (fax ASN n° 18-021). Le 15/03/2018: pics électroniques sur les balises OKRS805MA et OKRS806MA (fax ASN n° 18-026). Le 15/03/2018 : pic électronique sur OKRS806MA (fax ASN n° 18-027). Le 21/03/2018 : pic électronique sur OKRS806MA (fax ASN n° 18-029). Le 26/03/2018 : pic électronique sur la balise OKRS806MA (fax ASN n°18-031). Le 28/03/2018 : pic électronique sur la balise OKRS806MA (fax ASN n° 18-032). Le 29/03/2018 : pic électronique sur la balise OKRS806MA (fax ASN n° 18-033).
- Le 05/04/18 : pic électronique sur la balise OKRS806MA (fax ASN n° 18-035).
- Le 01/05/18 : pics électroniques sur les balises OKRS802MA et OKRS806MA (fax ASN n° 18-037). Le 15/05/2018 : pic électronique sur la balise OKRS806MA (fax ASN 18-039). Le 16/05/2018 : pic électronique sur la balise OKRS806MA (fax ASN n° 18-040).
- Le 27/06/18 : pic électronique sur la balise OKRS804MA (fax ASN n° 048).
- Le 24/08/2018 : pic électronique sur la balise OKRS805MA (fax ASN n° 18-056).
- Le 28/09/2018 : pic électronique sur la balise OKRS806MA (fax ASN n° 18-060).
- Le 08/10/18 : pic électronique sur la balise OKRS809MA (fax ASN n° 18-063). Le 10/10/2018 : pic électronique sur la balise OKRS809MA (fax ASN n° 18-064). Le 24/10/2018 : pics électroniques sur les balises OKRS802MA et OKRS806MA, fax ASN n° 18-070.
- le 12/11/18 : pic électronique sur la balise la OKRS809MA (fax ASN n° 18-074). Le 28/11/2018: pic électronique sur la balise la OKRS809MA (fax ASN n° 18-077).

B. RECAPITULATIF DES MESURES RADIOMETRIQUES A 1 KM – 2018

	Station D1			Station D2			Station D3			Station D4		
	0 KRS 921 MA			0 KRS 922 MA			0 KRS 923 MA			0 KRS 924 MA		
	Mini	Max	Moyen	Mini	Max	Moyen	Mini	Max	Moyen	Mini	Max	Moyen
Janvier	42	114	78	59	86	73	84	112	98	71	91	81
Février	58	125	72	64	89	76	88	108	93	71	92	79
Mars	69	111	78	68	101	85	87	110	95	72	103	82
Avril	71	89	77	66	93	77	81	104	94	73	94	80
Mai	71	89	78	69	87	76	88	104	94	73	95	79
Juin	72	91	77	62	98	76	88	137	93	74	95	79
Juillet	71	92	79	72	91	77	91	144	95	73	91	81
Août	71	90	77	69	88	76	88	113	94	76	97	84
Septembre	61	89	78	68	100	69	88	102	94	76	95	84
Octobre	72	106	80	68	110	79	88	126	95	76	112	84
Novembre	78	116	86	75	116	83	87	127	93	78	120	84
Décembre	75	99	80	63	98	75	81	116	85	62	89	68
Annuel	42	125	78	59	116	77	81	144	94	62	120	80

Les anomalies détectées sont précisées ci-dessous :

- Le 12/01/2018 : pics électroniques sur les balises 0KRS922MA et 0 KRS923MA (fax ASN n° 18-001). Le 15/01/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-002). Le 16/01/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-003 indice 1). Le 17/01/2018 : pics électroniques sur les balises 0KRS921MA et 0 KRS 922 MA (fax ASN n° 18-004 indice 1). Le 18/01/2018 et 19/01/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS921MA (fax ASN n° 18-005). Le 23/01/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-006). Le 24/01/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-007). Le 24/01/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS921MA (fax ASN n° 18-008).
- Le 07/02/18 : pic électronique sur la balise 0KRS921MA (fax ASN n° 18-009). Le 13/02/18 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-011). Le 19/02/18 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-013). Le 20/02/18: pic électronique sur la balise sur 0KRS922MA (fax ASN n° 18-014). Le 21/02/18 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-015). Le 26/02/18 : pic électronique sur la balise sur 0KRS922MA (fax ASN n° 18-017). Le 28/02/18 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-018).
- Le 05/03/18 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-019). Le 05/03/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 018-20). Le 07/03/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-021). Le 08/03/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-022). Le 12/03/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-023). Le 13/03/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-024). Le 15/03/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-026). Le 15/03/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-027). Le 19/03/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-028). Le 21/03/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-029). Le 26/03/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-031). Le 28/03/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-032). Le 29/03/2018 : pic électronique sur la balise sur 0KRS922MA (fax ASN n° 18-033).
- Le 05/04/18 : pic électronique sur la balise sur 0KRS922MA (fax ASN n° 18-034). Le 26/04/2018 : pic électronique sur la balise sur 0KRS922MA (fax ASN n° 08-035).
- Le 15/05/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-039).
- Le 13/06/18 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 041). Le 20/06/18 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 042). Le 25/06/18 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 047). Le 27/06/18 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 048).
- Le 03/07/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS921MA (fax ASN n° 18-049). Le 19/07/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-051).
- Le 03/08/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA, (fax ASN n° 18-052).
- Le 03/09/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA, (fax ASN n° 18-058).
- Le 19/10/18 : pic électronique sur la balise 0KRS024MA, (fax ASN n° 18-067). Le 24/10/18 : pic électronique sur la balise 0KRS921MA (fax ASN n° 18-069). Le 25/10/18 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-072).
- le 27/11/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS922MA (fax ASN n° 18-078), le 29/11/2018: pics électroniques sur les balises 0KRS921-922-923 et 924MA (fax ASN n° 18-076).
- Le 03/12/2018 : pic électronique sur la balise 0KRS923MA (fax ASN n° 18-079).

C. RECAPITULATIF DES MESURES RADIOMETRIQUES A 5 KM - 2018

	Station Siouville			Station Tréauville			Station Les Pieux		
	0 KRS 911 MA			0 KRS 912 MA			0 KRS 913 MA		
	Mini	Max	Moyen	Mini	Max	Moyen	Mini	Max	Moyen
Janvier	50	142	93	189	299	237	53	123	86
Février	53	140	91	180	300	240	54	120	87
Mars	54	141	93	180	297	238	55	132	87
Avril	52	132	93	183	300	239	55	136	87
Mai	57	135	93	187	296	240	57	124	88
Juin	58	136	93	193	296	242	56	127	88
Juillet	59	139	94	191	299	245	57	130	91
Août	58	136	94	186	310	287	54	129	118
Septembre	59	147	94	171	317	288	57	130	119
Octobre	57	137	95	184	299	241	56	131	90
Novembre	56	143	97	184	299	240	51	133	89
Décembre	59	143	95	176	297	237	60	127	87
Annuel	50	147	94	171	317	248	51	136	93

Les anomalies détectées sont précisées ci-dessous :

- Le 10/02/18 : pics électroniques sur les balises 0KRS912MA et 0KRS913MA (fax ASN n° 18-010). Le 30/04 : pic électronique à 3E12 nGy/h sur la balise 0KRS911MA (fax ASN n° 16-032).
- Le 09/05/18 : Pics électroniques sur les balises 0KRS912MA et 0KRS913MA, (fax ASN n° 18-038).
- Le 22/06/18 : pics électroniques sur la balise 0KRS913MA (fax ASN n° 043) et sur la balise 0KRS912MA (fax ASN n° 044).
- Le 19/09/2018 : pics électroniques sur les balises 0KRS912MA et 0KRS913MA (fax ASN n° 18-059).

D. RECAPITULATIF DES MESURES RADIOMETRIQUES A 10 KM - 2018

	Biville			Vasteville			St Christophe			Sotteville			Grosville			St Germain			Surtainville		
	0 KRS 931 MA			0 KRS 932 MA			0 KRS 933 MA			0 KRS 934 MA			0 KRS 935 MA			0 KRS 936 MA			0 KRS 937 MA		
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
Janvier	81	103	90	78	102	88	76	102	86	72	94	82	82	103	91	108	129	118	61	79	71
Février	79	100	89	77	98	87	77	101	86	73	92	82	80	102	90	103	127	118	63	78	70
Mars	79	103	90	77	106	89	76	111	88	72	101	85	80	104	92	108	139	120	63	82	72
Avril	83	107	92	78	100	89	78	99	88	86	104	95	84	102	93	109	130	119	64	82	72
Mai	81	109	94	75	102	90	79	102	89	86	109	96	82	107	94	108	131	120	64	83	72
Juin	83	110	96	79	102	90	83	110	91	89	113	98	86	106	96	109	132	121	64	82	72
Juillet	87	114	99	82	107	93	86	116	95	93	126	102	89	115	99	114	139	125	64	82	74
Août	87	110	97	81	103	91	83	109	93	89	117	100	90	111	98	109	145	124	64	82	73
Septembre	84	112	97	82	103	91	83	105	94	89	112	101	86	110	98	113	135	123	63	81	72
Octobre	79	114	95	76	109	91	83	120	93	89	149	100	86	129	96	110	154	122	64	86	72
Novembre	82	110	93	80	114	91	82	119	92	88	122	98	84	112	95	110	138	120	64	82	72
Décembre	81	105	91	80	103	89	78	105	88	85	112	95	80	105	93	108	135	119	61	78	71
Annuel	79	114	94	75	114	90	76	120	90	72	149	95	80	129	95	103	154	121	61	86	72

Pour l'année 2018, il n'y a pas d'anomalie détectée.

E. RECAPITULATIF DES MESURES DE L'AIR AU SOL EN 2018

Mois	Station AS 1 FLAMANVILLE		Station AS 2 CNPE		Station AS 3 DIELETTE		Station AS 4	
	J + 1 (Bq/m ³)	J + 6 (Bq/m ³)	J + 1 (Bq/m ³)	J + 6 (Bq/m ³)	J + 1 (Bq/m ³)	J + 6 (Bq/m ³)	J + 1 (Bq/m ³)	J + 6 (Bq/m ³)
janvier	2.5E-2	<2.4E-4	1.7E-2	<2.4E-4	2.4E-2	<2.4E-4		
février	3.3E-2	<2.8E-4	2.3E-2	<2.8E-4	4.4E-2	<2.7E-4		
mars	4.4E-2	<2.8E-4	3.0E-2	<2.9E-4	3.3E-2	<2.8E-4		
avril	6.7E-2	<3.7E-4	4.0E-2	<3.5E-4	7.4E-2	<3.9E-4		
mai	9.5E-2	<4.3E-4	6.3E-2	<4.4E-4	1.6E-1	<4.9E-4		
juin	7.1E-2	<3.7E-4	5.0E-2	<3.5E-4	9.9E-2	<3.8E-4		
juillet	1.3E-1	<4.4E-4	7.4E-2	<4.6E-4	3.6E-1	<5.6E-4		
août	8.5E-2	<2.6E-4	5.1E-2	<2.7E-4	1.6E-1	<3.3E-4		
septembre	9.8E-2	<4.5E-4	6.0E-2	<3.8E-4	2.4E-1	<4.7E-4		
octobre	1.1E-1	<3.6E-4	6.7E-2	<3.5E-4	2.1E-1	<3.9E-4		
novembre	9.7E-2	<4.2E-4	6.2E-2	<4.2E-4	9.7E-2	<4.4E-4		
décembre	3.4E-2	<3.0E-4	2.2E-2	<2.6E-4	4.1E-2	<3.0E-4		
Moyenne	7.4E-2	<3.5E-4	4.7E-2	<3.5E-4	1.3E-1	<3.8E-4		

Tableau 1 : Activité moyenne mesurée de l'air au sol pour l'année 2018

	Station AS 1 FLAMANVILLE		Station AS 2 CNPE		Station AS 3 DIELETTE		Station AS 4	
	J + 1 (Bq/m ³)	J + 6 (Bq/m ³)	J + 1 (Bq/m ³)	J + 6 (Bq/m ³)	J + 1 (Bq/m ³)	J + 6 (Bq/m ³)	J + 1 (Bq/m ³)	J + 6 (Bq/m ³)
Date	03/01/2018	19/01/2018	03/01/2018	07/02/2018	21/03/2018	21/02/2018		
Min	3.3E-3	<1.8E-4	2.2E-3	<1.4E-4	1.1E-3	<1.6E-4		
Date	05/10/2018	22/11/2018	05/10/2018	22/11/2018	05/10/2018	06/07/2018		
Max	5.3E-1	1.1E-3	3.6E-1	1.1E-3	1.1	1.1E-3		

Tableau 2 : Activités minimales et maximales mesurées de l'air au sol en 2018

F. ANALYSES DU LAIT EN 2018

Mois	L1 SIOUVILLE	
	β 40K exclu (Bq/l)	Potassium (mg/l)
janvier		1.9E3
février		2.1E3
mars		1.8E3
avril		1.8E3
mai		1.5E3
juin		2.0E3
juillet		1.8E3
août		1.5E3
septembre		1.5E3
octobre		1.4E3
novembre		2.0E3
décembre		1.9E3
Moyenne		1.8E3

Mois	L2 EPAVILLE	
	β 40K exclu (Bq/l)	Potassium (mg/l)
janvier		1.3E3
février		2.1E3
mars		1.7E3
avril		1.6E3
mai		1.4E3
juin		1.6E3
juillet		1.4E3
août		1.3E3
septembre		1.6E3
octobre		1.4E3
novembre		1.9E3
décembre		1.5E3
Moyenne		1.6E3

Tableau 3 : Activité moyenne mesurée dans le lait en 2018

G. ANALYSES DES VEGETAUX EN 2018

	Siouville (V1)		Epaville (V2)	
Mois	β massique* (Bq/kg sec)	Cs 137	β massique* (Bq/kg sec)	Cs 137
Janvier		< 4,0E-1		< 5,0E-1
Février		< 4,0E-1		< 4,0E-1
Mars		< 4,0E-1		< 4,0E-1
Avril		< 4,0E-1		< 4,0E-1
Mai		< 3,0E-1		< 4,0E-1
Juin		< 5,0E-1		< 4,0E-1
Juillet		< 5,0E-1		< 5,0E-1
Août		< 3,0E-1		< 3,0E-1
Septembre		< 4,0E-1		< 4,0E-1
Octobre		< 5,0E-1		< 3,0E-1
Novembre		< 4,0E-1		< 4,0E-1
Décembre		< 5,0E-1		< 4,0E-1
Moyenne		4,2E-1		4,0E-1

* β massique potassium 40 déduit (Bq/kg sec)

(A dans application enviro)

Tableau 4 : Activité moyenne mesurée dans les végétaux en 2018

H. ANALYSES DE L'EAU DE PLUIE EN 2018

Mois	Potassium (mg/l)	Tritium volumique (Bq/l)	Tritium surfacique (GBq/km²)	βG volumique (Bq/l)	βG surfacique (GBq/km²)
janvier	9.0E-1	<5.8	<2.7E-1	<1.4E-1	<6.5E-3
février	4.0E-1	<5.3	<9.7E-2	2.9E-1	1.0E-2
mars	6.5E-1	<5.3	<1.6E-1	<1.4E-1	<4.0E-3
avril	<7.5E-1	<5.8	<7.4E-2	1.7E-1	2.1E-3
mai	2.9	<5.9	<6.3E-2	<2.0E-1	<2.5E-3
juin	2.0	<6.0	<8.5E-2	1.6E-1	2.2E-3
juillet	7.5E-1	<5.5	<9.8E-2	3.0E-1	5.8E-3
août	2.5E-1	<5.5	<1.3E-1	<1.4E-1	<3.1E-3
septembre	3.5E-1	<5.6	<7.6E-2	<2.1E-1	<2.3E-3
octobre	5.0E-1	7.1	1.9E-1	<2.2E-1	<5.0E-3
novembre	7.0E-1	<5.4	<2.1E-1	<1.4E-1	<5.0E-3
décembre	7.5E-1	<5.6	<2.4E-1	<1.8E-1	<7.1E-3
Moyenne	<9.1E-1	<5.8	<1.5E-1	<2.0E-1	<4.7E-3

Tableau 5 : Activité moyenne mesurée dans l'eau de pluie à la station AS1 en 2018

I. ANALYSES DES EAUX RECEPTRICES (EAU DE MER AU LARGE)

Mois	Eau de mer au large - Point de référence				
	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG vol.	Potassium	Tritium	βG vol.	βG mass.
	(Bq/l)	(mg/l)	(Bq/l)	(Bq/l)	(Bq/g cendres)
janvier	1.2E1	4.3E2	7.1	3.1E-2	9.1E-1
février	1.2E1	4.3E2	<6.2	4.5E-2	1.2
mars	1.2E1	4.3E2	7.5	3.8E-2	1.0
avril	1.2E1	4.2E2	<7.7	3.1E-2	8.1E-1
mai	1.2E1	4.2E2	1.8E1	2.5E-2	7.0E-1
juin	1.2E1	4.3E2	6.4	<1.6E-2	<5.0E-1
juillet	1.2E1	4.3E2	1.9E1	2.0E-2	6.0E-1
août	1.1E1	4.2E2	9.5	1.7E-2	4.9E-1
septembre	1.2E1	4.2E2	1.9E1	2.4E-2	7.0E-1
octobre	1.2E1	4.2E2	1.2E1	4.1E-2	1.1
novembre	1.2E1	4.3E2	7.8	2.8E-2	7.1E-1
décembre	1.2E1	4.2E2	1.2E1	3.0E-2	7.4E-1
Moyenne	1.2E1	4.3E2	<1.2E1	<2.9E-2	<7.9E-1

Tableau 6 : Activité moyenne mesurée au point de référence (à 750 m du rejet)

Mois	Eau de mer au large - 50 m au Nord				
	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG vol.	Potassium	Tritium	βG vol.	βG mass.
	(Bq/l)	(mg/l)	(Bq/l)	(Bq/l)	(Bq/g cendres)
janvier	1.2E1	4.3E2	<7.0	3.5E-2	8.5E-1
février	1.2E1	4.2E2	<6.1	4.3E-2	7.4
mars	1.2E1	4.3E2	8.9	3.3E-2	8.9E-1
avril	1.2E1	4.2E2	9.9	3.5E-2	1.0
mai	1.2E1	4.2E2	2.0E1	2.4E-2	6.3E-1
juin	1.1E1	4.2E2	9.9	<1.5E-2	<5.0E-1
juillet	1.2E1	4.2E2	1.7E1	2.8E-2	8.9E-1
août	1.1E1	4.1E2	1.3E1	1.9E-1	7.2E-1
septembre	1.1E1	4.2E2	1.7E1	2.9E-2	8.9E-1
octobre	1.2E1	4.2E2	1.1E1	3.2E-2	8.7E-1
novembre	1.2E1	4.2E2	7.0	3.3E-2	1.0
décembre	1.2E1	4.2E2	1.1E1	3.7E-2	9.5E-1
Moyenne	1.2E1	4.2E2	<1.2E1	<4.5E-2	<1.4

Tableau 7 : Activité moyenne mesurée à 50 m au Nord

Mois	Eau de mer au large - 50 m au Sud				
	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG vol.	Potassium	Tritium	βG vol.	βG mass.
	(Bq/l)	(mg/l)	(Bq/l)	(Bq/l)	(Bq/g cendres)
janvier	1.2E1	4.3E2	<2.5E1	3.8E-2	1.0
février	1.2E1	4.3E2	<6.0	4.2E-2	1.0
mars	1.2E1	4.2E2	8.6	3.2E-2	9.4E-1
avril	1.2E1	4.2E2	6.7	3.5E-2	8.8E-1
mai	1.2E1	4.2E2	2.1E1	2.1E-2	5.5E-1
juin	1.1E1	4.2E2	9.6	<1.7E-2	<5.3E-1
juillet	1.1E1	4.3E2	2.0E1	3.7E-2	1.1
août	1.1E1	4.2E2	1.4E1	2.4E-2	6.9E-1
septembre	1.1E1	4.2E2	1.9E1	3.1E-2	8.6E-1
octobre	1.2E1	4.2E2	1.4E1	3.5E-2	9.4E-1
novembre	1.1E1	4.3E2	<7.7	2.9E-2	7.3E-1
décembre	1.2E1	4.2E2	8.9	2.8E-2	6.6E-1
Moyenne	1.2E1	4.2E2	<1.4E1	<3.1E-2	<8.3E-1

**Tableau 8 : Activité moyenne mesurée à 50 m
au Sud**

Mois	Eau de mer au large - 50 m à l'Ouest				
	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG vol.	Potassium	Tritium	βG vol.	βG mass.
	(Bq/l)	(mg/l)	(Bq/l)	(Bq/l)	(Bq/g cendres)
janvier	1.3E1	4.3E2	<6.0	3.8E-2	8.7E-1
février	1.2E1	4.3E2	<6.6	3.7E-2	9.2E-1
mars	1.2E1	4.3E2	1.0E1	2.4E-2	6.5E-1
avril	1.2E1	4.2E2	8.9	3.0E-2	8.2E-1
mai	1.2E1	4.2E2	2.1E1	2.5E-2	6.4E-1
juin	1.2E1	4.2E2	8.6	<1.6E-2	<4.8E-1
juillet	1.2E1	4.2E2	1.9E1	2.3E-2	6.9E-1
août	1.1E1	4.2E2	1.2E1	2.5E-2	7.2E-1
septembre	1.1E1	4.2E2	1.5E1	2.1E-2	5.7E-1
octobre	1.1E1	4.2E2	1.4E1	3.2E-2	8.6E-1
novembre	1.2E1	4.3E2	9.4	3.0E-2	7.0E-1
décembre	1.3E1	4.3E2	1.3E1	3.1E-2	8.5E-1
Moyenne	1.2E1	4.2E2	<1.2E1	<2.8E-2	<7.4E-1

**Tableau 9 : Activité moyenne mesurée à 50 m à
l'Ouest**

J. ANALYSES DES EMISSAIRES D'EAUX PLUVIALES**Tableau 10 - Emissaires n° 1, 6, 7, 8, 9, 10 et 11 suivis mensuellement**

Emissaires W1, 6, 8, 9, 10 et 11 suivis mensuellement							
Béta global en Bq/L							
Eau filtrée							
Mois	W1	W7	W8	W9	W10	W11	SD (Bq/L)
janvier	2,50E-01	1,40E-01	*	*	*	1,80E-01	0,5
février	1,60E-01	3,60E-01	*	*	*	2,90E-01	0,5
mars	3,30E-01	3,20E-01	*	*	*	1,60E-01	0,5
avril	1,40E-01	3,50E-01	*	*	*	2,80E-01	0,5
mai	2,10E-01	5,40E-01	*	*	*	2,10E-01	0,5
juin	<13,0E-01	NR	*	*	*	1,90E-01	0,5
juillet	3,60E-01	NR	*	*	*	3,00E-01	0,5
août	2,20E-01	5,80E-01	*	*	*	2,10E-01	0,5
septembre	<1,3E-01	<1,3E-01	*	*	*	1,70E-01	0,5
octobre	1,50E-01		*	3,90E-01	2,90E-01	1,50E-01	0,5
novembre	2,10E-01		*	6,20E-01	4,80E-01	<1,4E-01	0,5
décembre	1,40E-01		*	2,60E-01	4,00E-01	4,10E-01	0,5
NR= Non réalisé (pas d'échantillon)							
* émissaires à intégrer mensuellement dès la mise en service de l'EPR							

A noter que les valeurs de «bêta globale» sont données avec le potassium 40 inclus.

Emissaires W1, 6, 8, 9, 10 et 11 suivis mensuellement							
Tritium en Bq/L							
Eau filtrée							
Mois	W1	W7	W8	W9	W10	W11	SD (Bq/L)
janvier	<5,2E+00	<6,1E+00	*	*	*	<5,5E+00	10
février	<6,2E+00	<6,0E+00	*	*	*	<6,0E+00	10
mars	<5,8E+00	<5,5E+00	*	*	*	7,80E+00	10
avril	<5,4E+00	<5,9E+00	*	*	*	<6,1E+00	10
mai	<6,0E+00	<5,4E+00	*	*	*	6,9	10
juin	8,4	NR	*	*	*	<5,4E+00	10
juillet	<5,8E+00	NR	*	*	*	<5,6E+00	10
août	<5,5E+00	<5,8E+00	*	*	*	<5,9E+00	10
septembre	8,40E+00	<5,5E+00	*	*	*	<5,5E+00	10
octobre	<5,9E+00		*	<5,8E+00	<5,6E+00	<5,6E+00	10
novembre	<5,5E+00		*	<5,5E+00	<5,5E+00	<5,5E+00	10
décembre	<5,2E+00		*	<5,4E+00	5,60E+00	<5,1E+00	10
NR= Non réalisé (pas d'échantillon)							
* émissaires à intégrer mensuellement dès la mise en service de l'EPR							

Conformément aux décisions individuelles du CNPE de Flamanville, décisions ASN n°2018-DC-0639 et 0640, les émissaires 8, 9 et 10 passent à un suivi mensuel et l'émissaire 7 à un suivi hebdomadaire.

Tableau 11 - Emissaire n° 2 suivi de façon hebdomadaire

Emissaire 2 suivi de façon hebdomadaire												
Mois	Béta global en Bq/L						Tritium en Bq/L					
	Eau filtrée						Eau filtrée					
	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	Prélèvement 5	SD (Bq/L)	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	Prélèvement 5	SD (Bq/L)
janvier	4,30E-01	1,30E+00	9,80E-01	3,00E+00		0,5	8,00E+00	<6E+00	2,10E+01	1,40E+01		10
février	4,60E-01	3,30E-01	2,00E+00	2,30E+00		0,5	2,20E+01	1,80E+01	8,00E+00	1,30E+01		10
mars	9,40E-01	2,20E+00	1,30E+00	2,60E+00	6,90E-01	0,5	1,40E+01	1,40E+01	8,50E+00	<6,1E+00	1,20E+01	10
avril	1,90E+00	9,40E-01	5,00E-01	7,30E-01		0,5	<5,9E+00	6,60E+00	6,60E+00	<5,7E+00		10
mai	5,20E-01	2,70E-01	1,20E+00	4,30E-01	1,30E+01	0,5	6,00E+00	6,70E+00	<5,6E+00	5,30E+00	7,10E+00	10
juin	9,00E-01	7,20E-01	1,50E+00	5,80E-01		0,5	6,50E+00	<5,4E+00	<5,8E+00	<5,8E+00		10
juillet	7,90E-01	9,10E-01	2,20E+00	3,00E-01		0,5	<5,7E+00	<5,4E+00	<5,5E+00	8,70E+00		10
août	1,30E+00	1,30E+00	5,20E-01	6,20E-01	2,30E+00	0,5	<5,8E+00	<5,8E+00	6,30E+00	<5,6E+00	8,30E+00	10
septembre	7,00E-01	2,90E+00	5,40E-01	8,90E+00		0,5	<5,5E+00	6,00E+00	7,80E+00	1,40E+01		10
octobre	5,50E+00	1,70E+00	1,40E+00	1,70E+00		0,5	1,00E+01	<5,8E+00	<5,7E+00	<5,5E+00		10
novembre	8,90E+00	8,60E+00	3,70E+00	1,50E+00	3,40E+00	0,5	8,60E+00	7,90E+00	6,10E+00	<5,5E+00	7,80E+00	10
décembre	8,50E+00	5,40E+00	8,10E-01	5,40E-01		0,5	6,00E+00	<5,7E+00	<5,4E+00	<5,8E+00		10
NR= Non réalisé (pas d'échantillon)												

Tableau 12 - Emissaire n° 3 suivi de façon hebdomadaire

Emissaire 3 suivi de façon hebdomadaire												
Mois	Béta global en Bq/L						Tritium en Bq/L					
	Eau filtrée						Eau filtrée					
	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	Prélèvement 5	SD (Bq/L)	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	Prélèvement 5	SD (Bq/L)
janvier	1,70E-01	<1,2E-01	7,10E-01	1,10E+00		0,5	<6,2E+00	9,20E+00	7,00E+00	<5,4E+00		10
février	4,00E-01	2,90E-01	1,60E+00	1,70E+00		0,5	<5,7E+00	1,40E+01	7,50E+00	7,20E+00		10
mars	9,70E-01	3,30E-01	2,50E-01	1,90E-01	2,90E-01	0,5	8,40E+00	6,40E+00	6,50E+00	2,20E+01	2,10E+01	10
avril	2,30E+00	2,70E-01	NR	2,50E+00		0,5	2,60E+01	1,10E+01	NR	<5,7E+00		10
mai	NR	1,40E+00	NR	NR	9,40E+00	0,5	NR	<5,6E+00	NR	NR	9,20E+00	10
juin	4,10E-01	NR	NR	NR		0,5	<5,5E+00	NR	NR	NR		10
juillet	NR	NR	NR	NR		0,5	NR	NR	NR	NR		10
août	NR	3,10E-01	5,50E-01	4,30E-01	5,20E-01	0,5	NR	9,20E+00	<5,6E+00	6,50E+00	<5,4E+00	10
septembre	NR	NR	2,60E-01	1,60E-01		0,5	NR	NR	6,60E+00	1,30E+01		10
octobre	1,80E-01	NR	<1,4E-01	3,90E-01		0,5	8,70E+00	NR	6,50E+00	3,80E+01		10
novembre	NR	1,90E-01	5,50E-01	NR	6,80E-01	0,5	NR	2,50E+01	<5,7E+00	NR	<5,7E+00	10
décembre	2,20E-01	2,80E-01	<1,3E-01	<1,3E-01		0,5	6,70E+00	<6,1E+00	8,50E+00	<5,5E+00		10
NR= Non réalisé (pas d'échantillon)												

Tableau 13 - Emissaire n° 4 suivi de façon hebdomadaire

Emissaire 4 suivi de façon hebdomadaire												
Mois	Béta global en Bq/L						Tritium en Bq/L					
	Eau filtrée						Eau filtrée					
	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	Prélèvement 5	SD (Bq/L)	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	Prélèvement 5	SD (Bq/L)
janvier	4,20E-01	1,90E-01	4,50E-01	5,70E-01		0,5	1,30E+01	3,70E+01	<5,5E+00	9,40E+00		10
février	8,10E-01	3,80E-01	5,00E-01	4,30E-01		0,5	<5,6E+00	1,00E+01	7,20E+00	<6,2E+00		10
mars	3,50E-01	1,80E-01	3,10E-01	2,10E-01	1,60E-01	0,5	8,20E+00	<5,6E+00	9,00E+00	<6,1E+00	1,30E+01	10
avril	2,20E-01	<1,4E-01	4,50E-01	3,60E-01		0,5	<5,9E+00	5,80E+00	<5,6E+00	<5,8E+00		10
mai	1,70E-01	2,90E-01	2,20E-01	<1,3E+00	4,40E-01	0,5	<5,5E+00	1,20E+03	<5,7E+00	8,80E+00	9,20E+01	10
juin	1,50E-01	2,20E-01	7,50E-01	3,00E-01		0,5	7,10E+00	<5,6E+00	<5,7E+00	<5,8E+00		10
juillet	3,80E-01	1,60E-01	<1,3E-01	<1,3E-01		0,5	<5,6E+00	<5,2E+00	<5,5E+00	<5,7E+00		10
août	1,70E-01	1,20E-01	2,60E-01	NR	2,70E-01	0,5	<5,8E+00	<5,8E+00	<5,5E+00	NR	3,90E+01	10
septembre	2,00E-01	2,00E-01	<1,3E-01	3,00E-01		0,5	6,20E+00	<5,5E+00	7,40E+00	6,20E+00		10
octobre	2,00E-01	<1,2E-01	4,40E-01	1,70E-01		0,5	5,70E+00	<5,8E+00	6,90E+00	<5,5E+00		10
novembre	1,80E-01	<1,4E-01	2,20E-01	2,10E-01	4,00E-01	0,5	<5,8E+00	<5,9E+00	9,80E+00	<5,8E+00	<5,9E+00	10
décembre	3,20E-01	1,30E-01	2,40E-01	2,30E-01		0,5	<5,1E+00	<5,8E+00	<5,5E+00	<5,8E+00		10
NR= Non réalisé (pas d'échantillon)												

Tableau 14 - Emissaire n° 5 suivi de façon hebdomadaire

Mois	Béta global en Bq/L						Tritium en Bq/L					
	Eau filtrée						Eau filtrée					
	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	Prélèvement 5	SD (Bq/L)	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	Prélèvement 5	SD (Bq/L)
janvier	2,60E-01	2,10E-01	5,20E-01	5,60E-01		0,5	<5,9E+00	2,30E+01	<5,5E+00	6,20E+00		10
février	3,60E-01	5,80E-01	4,20E-01	2,40E-01		0,5	<5,4E+00	<6,0E+00	6,70E+00	<6,0E+00		10
mars	4,20E-01	3,30E-01	3,40E-01	1,70E-01	3,00E-01	0,5	6,80E+00	7,80E+00	<6,1E+00	<5,9E+00	1,30E+01	10
avril	4,60E-01	1,90E-01	3,00E-01	NR		0,5	<6,0E+00	<5,9E+00	7,50E+00	NR		10
mai	3,10E-01	3,40E-01	1,20E+00	1,60E+00	4,40E-01	0,5	<5,5E+00	1,10E+03	2,40E+01	<5,7E+00	1,00E+01	10
juin	3,20E-01	3,80E-01	3,70E-01	NR		0,5	1,10E+01	1,30E+01	<5,9E+00	NR		10
juillet	2,30E-01	NR	5,80E-01	1,50E+00		0,5	<6,0E+00	NR	7,70E+00	<5,8E+00		10
août	NR	7,10E-01	4,40E-01	5,90E-01	6,10E-01	0,5	NR	7,60E+00	7,50E+00	7,20E+00	8,00E+00	10
septembre	NR	NR	4,50E-01	NR		0,5	NR	NR	<5,8E+00	NR		10
octobre	<1,3E-01	3,30E-01	4,30E-01	3,80E-01		0,5	1,70E+03	1,70E+01	9,40E+00	<6,3E+00		10
novembre	NR	2,50E-01	2,90E-01	2,50E-01	2,40E-01	0,5	NR	8,70E+00	<5,5E+00	8,60E+00	<5,9E+00	10
décembre	2,90E-01	4,10E-01	3,00E-01	4,30E-01		0,5	6,50E+00	<5,7E+00	<5,5E+00	<5,8E+00		10
NR= Non réalisé (pas d'échantillon)												

Tableau 15- Emissaire n° 6 suivi de façon hebdomadaire

Mois	Béta global en Bq/L						Tritium en Bq/L					
	Eau filtrée						Eau filtrée					
	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	Prélèvement 5	SD (Bq/L)	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	Prélèvement 5	SD (Bq/L)
janvier						0,5						10
février						0,5						10
mars						0,5						10
avril						0,5						10
mai						0,5						10
juin						0,5						10
juillet						0,5						10
août						0,5						10
septembre						0,5						10
octobre	NR	3,60E-01	3,90E-01	3,50E-01		0,5	NR	<5,6E+00	<5,8E+00	<5,5E+00		10
novembre	5,60E-01	3,40E-01	4,00E-01	4,30E-01	3,70E-01	0,5	<5,9E+00	<5,5E+00	6,50E+00	<5,8E+00	<5,9E+00	10
décembre	4,20E-01	4,40E-01	3,80E-01	4,90E-01		0,5	6,70E+00	<6,0E+00	6,20E+00	<5,5E+00		10
NR= Non réalisé (pas d'échantillon)												

Tableau 16 - Emissaire n° 7 suivi de façon hebdomadaire

	Béta global en Bq/L						Tritium en Bq/L					
	Eau filtrée						Eau filtrée					
	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	Prélèvement 5	SD (Bq/L)	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	Prélèvement 5	SD (Bq/L)
janvier						0,5						10
février						0,5						10
mars						0,5						10
avril						0,5						10
mai						0,5						10
juin						0,5						10
juillet						0,5						10
août						0,5						10
septembre						0,5						10
octobre	NR	<1,3E-01	<1,3E-01	NR		0,5	NR	<5,9E+00	<5,4E+00	NR		10
novembre	NR	2,70E-01	1,80E-01	1,60E-01	1,80E-01	0,5	NR	<5,6E+00	<5,6E+00	<5,7E+00	<5,9E+00	10
décembre	1,50E-01	2,40E-01	2,20E-01	4,10E-01		0,5	<5,1E+00	<6,0E+00	8,60E+00	<5,5E+00		10
NR= Non réalisé (pas d'échantillon)												

Tableau 17 - Emissaire n° 15 suivi de façon hebdomadaire

Mois	Béta global en Bq/L						Tritium en Bq/L					
	Eau filtrée						Eau filtrée					
	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	Prélèvement 5	SD (Bq/L)	Prélèvement 1	Prélèvement 2	Prélèvement 3	Prélèvement 4	Prélèvement 5	SD (Bq/L)
janvier	*	*	*	*	*	0,5	*	*	*	*	*	10
février	*	*	*	*	*	0,5	*	*	*	*	*	10
mars	*	*	*	*	*	0,5	*	*	*	*	*	10
avril	*	*	*	*	*	0,5	*	*	*	*	*	10
mai	*	*	*	*	*	0,5	*	*	*	*	*	10
juin	*	*	*	*	*	0,5	*	*	*	*	*	10
juillet	*	*	*	*	*	0,5	*	*	*	*	*	10
août	*	*	*	*	*	0,5	*	*	*	*	*	10
septembre	*	*	*	*	*	0,5	*	*	*	*	*	10
octobre	NR	1,00E+00	5,50E-01	8,10E+00		0,5	NR	<5,6E+00	<5,4E+00	8,20E+00		10
novembre	5,30E+00	1,00E+01	9,90E-01	7,40E-01	7,10E-01	0,5	<5,9E+00	7,50E+00	<5,5E+00	<5,7E+00	<5,9E+00	10
décembre	1,30E+00	<5,0E-01	3,40E-01	7,50E-01		0,5	7,70E+00	<6,0E+00	<5,5E+00	<5,5E+00	*	10

K. ANALYSES DU TRITIUM ATMOSPHERIQUE

Mois	Activité mesurée (Bq/m3)
janvier	<1.5E-1
février	<1.6E-1
mars	<1.5E-1
avril	<1.6E-1
mai	<1.7E-1
juin	<1.7E-1
juillet	<1.8E-1
août	<1.8E-1
septembre	<1.7E-1
octobre	<1.7E-1
novembre	<1.6E-1
décembre	<1.5E-1
Moyenne	<1.7E-1

Tableau 18 - Tritium atmosphérique moyen mesuré à la station AS1 en 2018

ANNEXE 4 – SUIVI DES EAUX SOUTERRAINES

Nom historique	Nom actualisé (2011)
N2	0 SEZ 002 PZ
N3	0 SEZ 003 PZ
N4	0 SEZ 004 PZ
N5	0 SEZ 005 PZ
PZ6	0 SEZ 005 PZ
PZ9	0 SEZ 006 PZ
PZ10	0 SEZ 009 PZ
PZ11	0 SEZ 010 PZ
PZ13	0 SEZ 011 PZ
PZ15	0 SEZ 013 PZ
PZ21	0 SEZ 015 PZ
PZ22	0 SEZ 022 PZ
PZ40	0 SEZ 040 PZ
PZ41	0 SEZ 041 PZ
PZ43	0 SEZ 043 PZ
PZ46	0 SEZ 046 PZ

Tableau 19 - Tableau de correspondance de l'ancienne et de la nouvelle numérotation des piézomètres



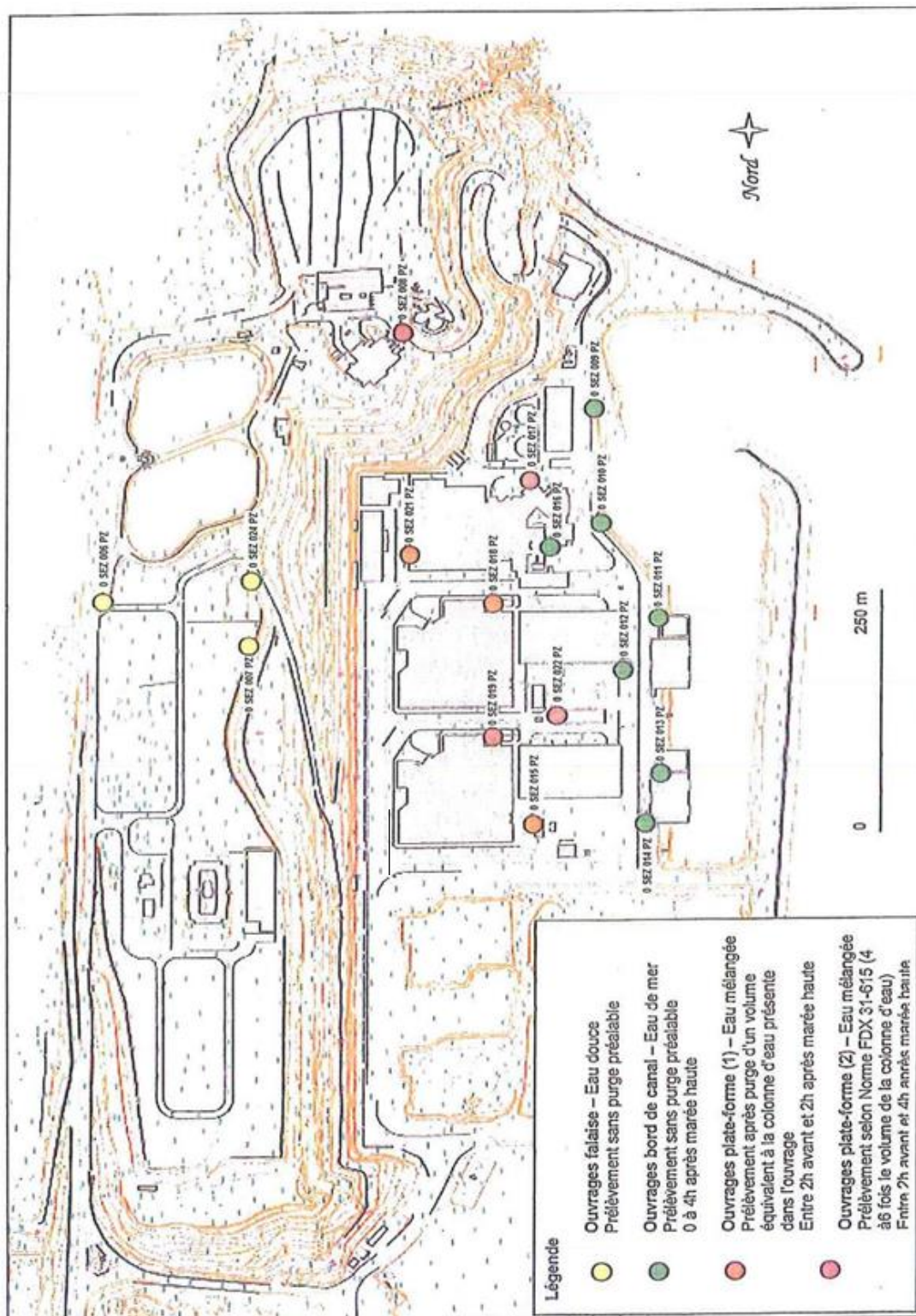


Figure 3 - Plan d'implantation des piézomètres situés sur le CNPE de Flamanville

A. MESURES CHIMIQUES SUR LES EAUX SOUTERRAINES**Tableau 20 - Suivi physico-chimique mensuel du piézomètre 0 SEZ 022 PZ (Pz22) en 2018**

ANALYSES	ANNEE 2018											
	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
pH	7,30	7,60	7,60	7,60	7,60	7,60	7,60	7,50	7,50	7,50	7,10	7,50
Conductivité, µS/cm	2,30E+04	2,60E+04	3,20E+04	2,90E+04	3,50E+04	3,30E+04	3,60E+04	3,60E+04	4,10E+04	3,80E+04	4,60E+04	4,20E+04
Hydrocarbures, mg/l	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01
Phosphates mg/l	1,10E-01	1,00E-01	1,20E-01	1,00E-01	1,00E-01	1,60E-01	1,10E-01	1,30E-01	1,20E-01	1,10E-01	8,00E-02	7,00E-02

Tableau 21 - Suivi physico-chimique du piézomètre 0 SEZ 006 PZ (Pz6) en 2018

ANALYSES	ANNEE 2018 : PZ6											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
pH	6,30	6,30	6,20	6,40	6,30	6,30	6,30	NR	NR	NR	6,10	6,50
Conductivité, µS/cm	6,10E+02	4,60E+02	6,40E+02	8,30E+02	6,30E+02	7,40E+02	5,40E+02	NR	NR	NR	7,20E+02	1,00E+03
Hydrocarbures, mg/l	<1,00E-01	1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	NR	NR	NR	<1,00E-01	<1,00E-01
Nitrates, mg/l	1,60E+01	1,50E+01	1,90E+01	1,50E+01	1,60E+01	1,80E+01	1,70E+01	NR	NR	NR	6,00E-01	3,20E+01
Azote Kjeldahl, mg/l N	1,60E+00	1,70E+00	1,90E+00	1,50E+00	1,40E+00	1,80E+00	2,00E+00	NR	NR	NR	2,00E+00	1,90E+00
Chlorures (mg/l)	4,60E+01	5,90E+01	6,20E+01	1,30E+02	4,60E+01	5,30E+01	8,60E+01	NR	NR	NR	7,70E+01	8,40E+01
Phosphates (mg/l)	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	NR	NR	NR	<5,00E-02	<5,00E-02

Tableau 22 - Suivi physico-chimique du piézomètre 0 SEZ 009 PZ (Pz9) en 2018

ANALYSES	ANNEE 2018 : PZ9											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
pH	8,10	7,90	7,80	8,10	8,00	8,00	6,80	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Conductivité, µS/cm	5,10E+04	5,10E+04	5,40E+04	5,00E+04	5,30E+04	5,10E+04	4,90E+04	5,10E+04	5,20E+04	5,20E+04	5,10E+04	5,20E+04
Hydrocarbures, mg/l	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01
Nitrates, mg/l	<1,00E+00	1,50E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	2,90E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	1,00E+00	<1,00E+00
Azote Kjeldahl, mg/l N	8,00E-01	1,30E+00	8,00E-01	1,50E+00	1,00E+00	1,40E+00	1,30E+00	1,10E+00	9,00E-01	1,30E+00	1,50E+00	1,00E+00
Chlorures (mg/l)	2,10E+04	2,00E+04	2,10E+04	2,10E+04	2,60E+04	2,10E+04	2,00E+04	2,10E+04	1,80E+03	2,10E+04	2,00E+04	2,10E+04
Phosphates (mg/l)	1,20E-01	1,30E-01	9,00E-02	7,00E-02	8,00E-02	6,00E-02	8,00E-02	1,30E-01	1,00E-01	1,40E-01	1,00E-01	1,20E-01

Tableau 23 - Suivi physico-chimique du piézomètre 0 SEZ 010 PZ (Pz10) en 2018

ANALYSES	ANNEE 2018 : PZ10											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
pH	8,00	7,70	7,90	8,10	8,10	8,10	6,80	8,00	7,90	8,10	8,00	8,00
Conductivité, µS/cm	5,20E+04	5,50E+04	5,40E+04	5,40E+04	5,40E+04	5,20E+04	5,00E+04	5,20E+04	5,20E+04	5,30E+04	5,30E+04	5,20E+04
Hydrocarbures, mg/l	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01
Nitrates, mg/l	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	2,50E+00	<1,00E+00	1,60E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00
Azote Kjeldahl, mg/l N	1,20E+00	1,40E+00	8,00E-01	1,50E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,60E+00	1,20E+00	1,00E+00	1,50E+00	1,50E+00	1,10E+00

Tableau 24 - Suivi physico-chimique du piézomètre 0 SEZ 011 PZ (Pz11) en 2018

ANALYSES	ANNEE 2018 : PZ11											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
pH	7,10	8,20	8,10	8,10	8,40	8,10	8,20	8,40	8,20	8,20	8,10	8,30
Conductivité, µS/cm	1,20E+04	1,20E+04	2,30E+04	2,90E+04	3,00E+03	4,60E+04	1,60E+04	3,90E+03	1,50E+04	2,30E+04	2,00E+04	1,20E+04
Hydrocarbures, mg/l	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01
Nitrates, mg/l	1,00E+01	1,10E+01	9,80E+00	1,70E+00	1,90E+01	2,20E+00	1,30E+01	1,40E+01	1,20E+01	7,80E+00	7,00E+00	1,10E+01
Azote Kjeldahl, mg/l N	1,00E+00	1,40E+00	1,20E+00	1,70E+00	1,10E+00	1,20E+00	2,10E+00	9,00E-01	9,00E-01	1,40E+00	1,30E+00	5,00E-01
Phosphates (mg/l)	1,30E-01	1,60E-01	1,80E-01	1,70E-01	1,70E-01	7,00E-02	1,00E-01	1,50E-01	1,40E-01	1,70E-01	1,10E-01	1,10E-01

Tableau 25 - Suivi physico-chimique du piézomètre 0 SEZ 013 PZ (Pz13) en 2018

ANALYSES	ANNEE 2018 : PZ13											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
pH	7,90	7,70	8,10	8,10	8,10	8,20	6,80	8,10	7,90	8,00	8,00	8,00
Conductivité, µS/cm	5,10E+04	5,40E+04	5,40E+04	5,40E+04	5,40E+04	5,20E-04	5,00E+04	5,30E+04	5,30E+04	5,20E+04	5,10E+04	5,10E+04
Hydrocarbures, mg/l	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01
Nitrates, mg/l	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00	<1,00E+00
Azote Kjeldahl, mg/l N	8,00E-01	1,50E+00	1,20E+00	1,40E+00	1,20E+00	9,00E-01	9,00E-01	1,10E+00	5,00E-01	1,70E+00	1,00E+00	1,20E+00
Phosphates (mg/l)	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	8,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02

Tableau 26 - Suivi physico-chimique du piézomètre 0 SEZ 015 PZ (Pz15) en 2018

ANALYSES	ANNEE 2018 : PZ15											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
pH	7,90	7,90	7,80	7,80	7,50	7,60	6,70	7,40	7,40	7,60	8,20	7,90
Conductivité, µS/cm	1,90E+03	1,60E+03	4,30E+03	8,20E+02	3,00E+02	2,20E+02	1,60E+02	3,90E+02	2,20E+02	3,40E+02	2,50E+02	5,30E+02
Hydrocarbures, mg/l	<1,00E-01	1,30E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	1,00E-01	<1,00E-01	2,10E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01
Nitrates, mg/l	1,10E+01	2,10E+01	1,50E+01	7,60E+00	1,50E+01	2,90E+00	1,80E+00	2,40E+00	2,30E+00	2,70E+00	1,30E+00	2,80E+00
Azote Kjeldahl, mg/l N	9,00E-01	8,00E-01	7,00E-01	1,50E+00	1,10E+00	1,60E+00	1,50E+00	9,00E-01	7,00E-01	1,10E+00	1,60E+00	8,00E-01
Phosphates (mg/l)	1,10E-01	1,40E-01	1,30E-01	1,10E-01	4,80E-01	1,10E-01	<5,00E-02	5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02

Tableau 27 - Suivi physico-chimique du piézomètre 0 SEZ 040 PZ (Pz40) en 2018

ANALYSES	ANNEE 2018 : PZ40											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
pH										12,00	11,00	12,00
Conductivité, µS/cm										8,20E+03	1,60E+04	9,80E+03
Hydrocarbures, mg/l										<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01

Tableau 28 - Suivi physico-chimique du piézomètre 0 SEZ 041 PZ (Pz41) en 2018

ANALYSES	ANNEE 2018 : PZ41											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
pH										8,60	6,80	8,00
Conductivité, µS/cm										5,10E+04	5,10E+04	5,00E+04
Hydrocarbures, mg/l										<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01
Nitrates, mg/l										1,70E+00	1,80E+00	<1,00E+00
Azote Kjeldahl, mg/l N										1,10E+00	1,30E+00	1,20E+00
Phosphates (mg/l)										<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02

Tableau 29 - Suivi physico-chimique du piézomètre 0 SEZ 043 PZ (Pz43) en 2018

ANALYSES	ANNEE 2018 : PZ43											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
pH										8,00	6,40	8,10
Conductivité, µS/cm										5,10E+04	5,20E+04	5,30E+04
Hydrocarbures, mg/l										<1,00E-01	<1,00E-01	<1,00E-01
Nitrates, mg/l										<1,00E-01	<1E-00	<1,00E+00
Azote Kjeldahl, mg/l N										9,00E-01	9,00E-01	1,20E+00
Phosphates (mg/l)										<5,00E-02	<5,00E-02	<5,00E-02

Tableau 30 - Suivi physico-chimique du piézomètre 0 SEZ 046 PZ (Pz46) en 2018

ANALYSES	ANNEE 2018 : PZ46											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
pH										7,00	6,80	6,70
Conductivité, µS/cm										1,10E+03	7,50E+02	7,40E+02
Hydrocarbures, mg/l										1,40E-01	<1,00E-01	<1,00E-01
Nitrates, mg/l										1,40E+00	4,70E+00	6,60E+00
Azote Kjeldahl, mg/l N										1,00E+00	7,00E-01	9,00E-01
Phosphates (mg/l)										<5,00E-02	8,00E-02	5,00E-02

Les piézomètres 0 SEZ 040, 041, 043 et 046 PZ sont intégrés mensuellement à la surveillance réalisée sur les eaux souterraines, conformément aux décisions individuelles du CNPE de Flamanville, décisions ASN n° 2018-DC-0639 et 0640.

B. MESURES RADIOLOGIQUES SUR LES EAUX SOUTERRAINES**Tableau 31 - Suivi radiologique moyen du piézomètre 0 SEZ 022 PZ (Pz22) en 2018**

Mois	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG volumique (Bq/l)	Potassium (mg/l)	Tritium (Bq/l)	βG volumique (Bq/l)	βG mass. (Bq/g cendres)
janvier	5.0	1.9E2	6.1	<1.4E-2	<8.5E-1
février	5.3	2.0E2	7.4	2.0E-2	1.1
mars	7.0	2.4E2	9.3	1.8E-2	8.8E-1
avril	5.7	2.0E2	1.4E1	<1.4E-2	<8.4E-1
mai	7.7	2.6E2	1.2E1	1.8E-2	8.4E-1
juin	6.7	2.5E2	7.9	1.2E-2	6.6E-1
juillet	8.2	3.1E2	1.0E1	1.8E-2	7.6E-1
août	8.6	3.0E2	1.4E1	1.9E-2	6.4E-1
septembre	9.5	3.1E2	2.1E1	2.2E-2	8.3E-1
octobre	7.8	2.7E2	1.2E1	2.1E-2	9.4E-1
novembre	9.8	3.4E2	1.1E1	<1.4E-2	<4.6E-1
décembre	8.3	3.1E2	<6.0	1.5E-2	5.1E-1
Moyenne	7.5	2.7E2	<1.1E1	<1.8E-2	<7.8E-1

Tableau 32 - Suivi radiologique moyen sur la nappe phréatique 0 SEZ 002 PZ (N2) en 2018

Mois	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG volumique (Bq/l)	Potassium (mg/l)	Tritium (Bq/l)	βG volumique (Bq/l)	βG mass. (Bq/g cendres)
janvier	1.2E-1	1.9	<5.6	<1.4E-2	<1.4E1
février					
mars					
avril					
mai					
juin					
juillet	1.6E-1	2.0	<5.1	<1.2E-2	<1.2E1
août					
septembre					
octobre					
novembre					
décembre					
Moyenne	1.4E-1	2.0	<5.4	<1.3E-2	<1.3E1

Tableau 33 - Suivi radiologique moyen sur la nappe phréatique 0 SEZ 003 PZ (N3) en 2018

Mois	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG volumique (Bq/l)	Potassium (mg/l)	Tritium (Bq/l)	βG volumique (Bq/l)	βG mass. (Bq/g cendres)
janvier					
février					
mars	3.6E-1	5.7	6.6	1.3E-2	1.2E1
avril					
mai					
juin					
juillet					
août					
septembre	3.9E-1	6.0	<5.4	<1.3E-2	<1.2E1
octobre					
novembre					
décembre					
Moyenne	3.8E-1	5.9	<6.0	<1.3E-2	<1.2E1

Tableau 34 - Suivi radiologique moyen sur la nappe phréatique 0 SEZ 004 PZ (N4) en 2018

Mois	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG volumique (Bq/l)	Potassium (mg/l)	Tritium (Bq/l)	βG volumique (Bq/l)	βG mass. (Bq/g cendres)
janvier					
février					
mars					
avril	8.7E-1	2.4E1	7.4	<1.3E-2	<1.2E1
mai					
juin					
juillet					
août					
septembre					
octobre	1.0	2.8E1	<5.6	<1.3E-2	<6.6
novembre					
décembre					
Moyenne	9.4E-1	2.6E1	<6.5	<1.3E-2	<9.3

Tableau 35 - Suivi radiologique moyen sur la nappe phréatique 0 SEZ 005 PZ (N5) en 2018

Mois	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG volumique (Bq/l)	Potassium (mg/l)	Tritium (Bq/l)	βG volumique (Bq/l)	βG mass. (Bq/g cendres)
janvier					
février					
mars					
avril					
mai					
juin	8.0E-1	1.9E1	<6.0	5.4E-2	7.9
juillet					
août					
septembre					
octobre					
novembre					
décembre	6.7E-1	1.3E1	<5.4	2.7E-2	1.3E1
Moyenne	7.4E-1	1.6E1	<5.7	4.1E-2	1.0E1

Tableau 36 - Suivi radiologique moyen sur le piézomètre 0 SEZ 006 PZ (Pz6) en 2018

Mois	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG volumique (Bq/l)	Potassium (mg/l)	Tritium (Bq/l)	βG volumique (Bq/l)	βG mass. (Bq/g cendres)
janvier					
février					
mars					
avril	4.1E-1	4.1	6.2	3.8	4.1
mai					
juin					
juillet					
août					
septembre					
octobre					
novembre					
décembre					
Moyenne	4.1E-1	4.1	6.2	3.8	4.1

Tableau 37 - Suivi radiologique moyen sur le piézomètre 0 SEZ 011 PZ (Pz11) en 2018

Mois	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG volumique (Bq/l)	Potassium (mg/l)	Tritium (Bq/l)	βG volumique (Bq/l)	βG mass. (Bq/g cendres)
janvier	4.4	1.5E2	8.3	9.1E-1	2.1
février					
mars	5.7	2.0E2	1.8E1	1.8E-1	2.0
avril					
mai	8.3E-1	2.6E1	7.8	3.8E-1	2.9
juin					
juillet	5.0	1.9E2	<5.9	2.6	2.8
août					
septembre	3.5	1.3E2	8.8	3.0E-1	2.3
octobre					
novembre	4.9	1.6E2	<5.7	8.3E-1	3.0
décembre					
Moyenne	4.1	1.4E2	<9.1	8.7E-1	2.5

Tableau 38 - Suivi radiologique moyen sur le piézomètre 0 SEZ 013 PZ (Pz13) en 2018

Mois	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG volumique (Bq/l)	Potassium (mg/l)	Tritium (Bq/l)	βG volumique (Bq/l)	βG mass. (Bq/g cendres)
janvier	1.1E1	4.2E2	<5.5	2.9E-2	8.1E-1
février					
mars	1.2E1	4.3E2	1.7E1	4.1E-2	1.1
avril					
mai	1.2E1	4.2E2	2.2E1	1.9E-2	5.7E-1
juin					
juillet	1.1E1	4.3E2	2.1E1	4.0E-2	1.1
août					
septembre	1.1E1	4.2E2	2.6E1	2.4E-2	6.8E-1
octobre					
novembre	1.1E1	4.3E2	<5.4	9.2E-2	1.8
décembre					
Moyenne	1.1E1	4.3E2	<1.7E1	4.1E-2	1.0

Tableau 39 - Suivi radiologique moyen sur le piézomètre 0 SEZ 015 PZ (Pz15) en 2018

Mois	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG volumique (Bq/l)	Potassium (mg/l)	Tritium (Bq/l)	βG volumique (Bq/l)	βG mass. (Bq/g cendres)
janvier	1.1	2.3E1	1.5E1	6.9E-1	3.0
février	8.8E-1	2.3E1	8.4	1.4E-1	3.9
mars	1.5	4.0E1	1.2E1	5.0E-1	2.7
avril	1.7	4.8E1	9.5	1.4E-1	2.7
mai	2.6E-1	4.4	<5.9	1.9	2.3
juin	1.2E-1	8.0E-1	8.7	2.0	2.7
juillet	<1.3E-1	1.1	<5.5	1.2E1	2.6
août	1.7E-1	5.0	<5.8	1.5	2.3
septembre	2.3E-1	2.0E-1	9.3	2.0	2.2
octobre	<1.2E-1	6.0E-1	9.0	6.2E-1	2.6
novembre	<1.4E-1	6.0E-1	<5.7	1.8	2.4
décembre	<1.3E-1	2.0E-1	<5.4	4.2E-1	2.5
Moyenne	<5.4E-1	1.2E1	<8.4	2.0	2.7

Tableau 40 - Suivi radiologique moyen sur le piézomètre 0SEZ 021 PZ (Pz21) en 2018

Mois	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG volumique (Bq/l)	Potassium (mg/l)	Tritium (Bq/l)	βG volumique (Bq/l)	βG mass. (Bq/g cendres)
janvier	2.9E-1	6.9	2.5E1	6.5E-2	3.5
février	4.5E-1	7.2	1.8E1	5.2E-2	2.6
mars	4.5E-1	9.1	1.5E1	6.0E-2	4.4
avril	4.5E-1	6.7	1.5E1	3.2E-2	4.3
mai	3.5E-1	8.3	9.2	6.1E-2	3.8
juin	4.1E-1	6.7	8.1	5.6E-2	7.7
juillet	6.8E-1	7.0	<5.6	8.1E-2	5.3
août	4.8E-1	1.6E1	<5.8	3.0E-1	3.4
septembre	3.5E-1	7.1	<5.9	5.2E-2	4.0
octobre	3.7E-1	6.5	7.8	2.1E-1	3.7
novembre	3.5E-1	6.4	<5.7	8.6E-2	4.4
décembre	6.6E-1	1.2E1	<6.0	7.0E-2	4.8
Moyenne	4.4E-1	8.2	<1.1E1	9.4E-2	4.3

Tableau 41 - Suivi radiologique moyen sur le piézomètre 0SEZ 040 PZ (Pz40) en 2018

Mois	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG volumique (Bq/l)	Potassium (mg/l)	Tritium (Bq/l)	βG volumique (Bq/l)	βG mass. (Bq/g cendres)
janvier					
février					
mars					
avril					
mai					
juin					
juillet					
août					
septembre					
octobre	2.3	8.7E1	<5.8	3.7E-2	2.9
novembre	4.1	1.6E2	9.3	2.2E-1	2.0
décembre	2.7	1.1E2	<5.7	1.3E-1	3.7
Moyenne	3.0	1.2E2	<7.0	1.3E-1	2.9

Tableau 42 - Suivi radiologique moyen sur le piézomètre 0SEZ 041 PZ (Pz41) en 2018

Mois	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG volumique (Bq/l)	Potassium (mg/l)	Tritium (Bq/l)	βG volumique (Bq/l)	βG mass. (Bq/g cendres)
janvier					
février					
mars					
avril					
mai					
juin					
juillet					
août					
septembre					
octobre	9.0	4.1E2	1.2E1	2.8E-1	1.8
novembre	1.1E1	4.2E2	9.6	<1.4E-2	<4.2E-1
décembre	1.0E1	3.8E2	1.0E1	2.3E-1	1.4
Moyenne	1.0E1	4.0E2	1.1E1	<1.8E-1	<1.3

Tableau 43 - Suivi radiologique moyen sur le piézomètre 0SEZ 043 PZ (Pz43) en 2018

Mois	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG volumique (Bq/l)	Potassium (mg/l)	Tritium (Bq/l)	βG volumique (Bq/l)	βG mass. (Bq/g cendres)
janvier					
février					
mars					
avril					
mai					
juin					
juillet					
août					
septembre					
octobre	1.1E1	4.1E2	9.4	1.4E-1	1.6
novembre					
décembre					
Moyenne	1.1E1	4.1E2	9.4	1.4E-1	1.6

Tableau 44 - Suivi radiologique moyen sur le piézomètre 0SEZ 046 PZ (Pz46) en 2018

Mois	Eau filtrée			Matières en suspension	
	βG volumique (Bq/l)	Potassium (mg/l)	Tritium (Bq/l)	βG volumique (Bq/l)	βG mass. (Bq/g cendres)
janvier					
février					
mars					
avril					
mai					
juin					
juillet					
août					
septembre					
octobre	3.5E-1	6.1	1.1E1	1.9	4.3
novembre	4.4E-1	5.5	6.7	<1.5E-2	<1.4
décembre	4.5E-1	5.7	7.2	2.8E-2	4.0
Moyenne	4.1E-1	5.8	8.3	<6.6E-1	<3.3

Les piézomètres 0 SEZ 040, 041, 043 et 046 PZ sont intégrés mensuellement à la surveillance réalisée sur les eaux souterraines, conformément aux décisions individuelles du CNPE de Flamanville, décisions ASN n° 2018-DC-0639 et 0640.

ANNEXE 5 – BILAN DES REJETS CHIMIQUES DES EMISSAIRES

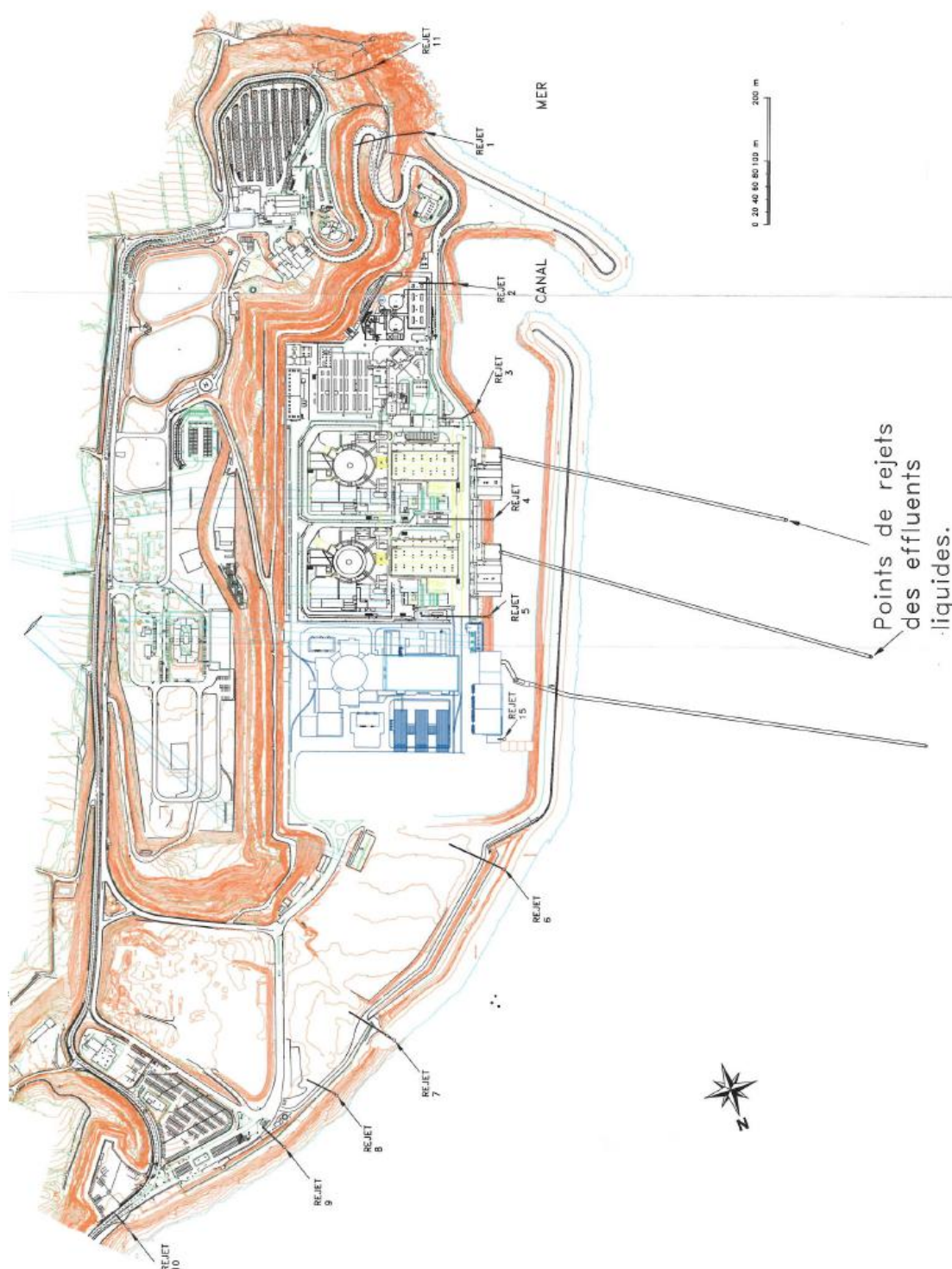


Figure 4 - Plan d'implantation des émissaires de rejets d'eaux pluviales sur le CNPE de Flamanville

Tableau 45 - Suivi mensuel de la concentration en hydrocarbures aux émissaires de rejets d'eaux
pluviales en 2018

Emissaire	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Concentration max	Nb d'écarts	Nb d'analyses	Limite réglementaire mensuelle (mg/L)
W1	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	NR	NR	NR	NR	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	0	0	8	5
W2	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	0	0	12	5
W3	<1,0E-01	<1,0E-01	1,20E-01	1,40E-01	1,00E-01	NR	NR	1,00E-01	NR	<1,0E-01	NR	<1,0E-01	0,14	0	8	5
W4	1,80E-01	1,60E-01	1,80E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	8,70E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	4,00E-01	<1,0E-01	1,70E-01	0,87	0	24	5
W5	1,60E-01	1,20E-01	3,20E-01	<1,0E-01	1,80E-01	<1,0E-01	NR	1,30E-01	NR	2,20E-01	1,60E-01	1,10E-01	0,32	0	10	5
W6										<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	/	/	/	5
W7	<1,0E-01	NR	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	NR	NR	NR	NR	<1,0E-01	6,70E-01	1,10E-01	0,67	1	7	5
W8													/	/	/	5
W9										1,10E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	/	/	/	5
W10										<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	/	/	/	5
W11	1,00E-01	<1,0E-01	1,00E-01	<1,0E-01	1,30E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	<1,0E-01	0,13	0	12	5
W15										9,50E-01	1,90E+00	7,30E+00	/	/	/	5
W15										8,30E-01	4,40E+00	7,60E-01	/	/	/	5

NR= Non réalisé (pas d'échantillon)

ANNEXE 6 – BILAN DES VOLUMES D'EAU PRELEVÉE



Figure 5 : Cours d'eau du Petit Douet

- **Eau douce prélevée en 2018 :****Tableau 46 - Volumes prélevés dans les rivières de la Diélette et du Petit Douet (en m³)
pour l'année 2018 :**

	Station de Dielette 0SEA002MD	Station du Petit Douet 0SEA001MD
Janvier	75 263	2
Février	19 150	79
Mars	12 281	58 668
Avril	0	31 995
Mai	20	62 748
Juin	0	35 821
Juillet	0	34 105
Août	0	57 612
Septembre	0	41 131
Octobre	0	35 450
Novembre	1 970	26 245
Décembre	14 663	63 929

Total annuel	123 347	447 785
Limite annuelle/station	1 000 000	1 000 000
Prélevé / limite	12,3%	44,8%
Total toutes sations	571 132	
Limite annuelle réglementaire	1000000	
Prévisionnel rejet	500000	
Prélevé / limite réglementaire	57,1%	
Prélevé / limite prévisionnel	114,2%	

Soit un total de 571 132 m³ d'eau douce prélevée en 2018

- Eau de mer prélevée et restituée intégralement en 2016 :

Tableau 47 - Volumes prélevés et rejetés – Circuit CRF :

	Tranche 1					Tranche 2					Tr1 + Tr2
	1CRF001PO		1CRF002PO		Total Tr1	2CRF001PO		2CRF002PO		Total Tr2	CRF
	Heures de	Volume	Heures de	Volume	Volume	Heures de	Volume	Heures de	Volume	Volume	volume
	marche (h)	rejeté (m3)	marche (h)	rejeté (m3)	rejeté (m3)	marche (h)	rejeté (m3)	marche (h)	rejeté (m3)	rejeté (m3)	rejeté (m3)
Janvier	744	57 719 520	744	57 719 520	115 439 040	744	57 719 520	744	57 719 520	115 439 040	230 878 080
Février	672	52 133 760	672	52 133 760	104 267 520	672	52 133 760	672	52 133 760	104 267 520	208 535 040
Mars	739	57 331 620	373	28 937 340	86 268 960	744	57 719 520	744	57 719 520	115 439 040	201 708 000
Avril	313	24 282 540	139,75	10 841 805	35 124 345	720	55 857 600	720	55 857 600	111 715 200	146 839 545
Mai	0	0	0	0	0	558	43 289 640	744	57 719 520	101 009 160	101 009 160
Juin	0	0	0	0	0	720	55 857 600	720	55 857 600	111 715 200	111 715 200
Juillet	0	0	0	0	0	744	57 719 520	744	57 719 520	115 439 040	115 439 040
Août	0	0	0	0	0	744	57 719 520	744	57 719 520	115 439 040	115 439 040
Septembre	0	0	557,45	43 246 971	43 246 971	720	55 857 600	720	55 857 600	111 715 200	154 962 171
Octobre	0	0	774	60 046 920	60 046 920	744	57 719 520	744	57 719 520	115 439 040	175 485 960
Novembre	340,75	26 435 385	627,5	48 681 450	75 116 835	720	55 857 600	720	55 857 600	111 715 200	186 832 035
Décembre	688,25	53 394 435	59,5	4 616 010	58 010 445	744	57 719 520	744	57 719 520	115 439 040	173 449 485
Total annuel pompes CRF	3497	271297260	3947,2	306223776	577 521 036	8574	665170920	8760	679600800	1 344 771 720	1 922 292 756

Soit un total de 1 922 292 756 m³ d'eau de mer prélevée et restituée par les pompes de refroidissement CRF en 2018

Tableau 48 - Volumes prélevés et rejetés - Circuit SEC :

	Tranche 1 Voie A		Tranche 1 Voie B		Total Tr1
	1SEC 121 MD		1SEC 122 MD		1SEC
	Volume rejeté (m3)				
Janvier	1 091 247		1 149 960		2 241 207
Février	1 574 795		406 314		1 981 109
Mars	1 120 346		2 033 969		3 154 315
Avril	1 934 172		2 004 534		3 938 706
Mai	145 327		2 219 827		2 365 154
Juin	0		2 148 480		2 148 480
Juillet	1 458 753		1 126 819		2 585 572
Août	1 653 726		1 944 673		3 598 399
Septembre	1 831 458		1 850 953		3 682 411
Octobre	2 213 678		2 310 032		4 523 710
Novembre	2 101 002		2 084 012		4 185 014
Décembre	2 159 370		2 197 488		4 356 858
Total pompes SEC Tr1 m ³		38760935			

**RAPPORT ANNUEL 2018
DE SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT**

	Tranche 2 Voie A		Tranche 2 Voie B		Total Tr2
	2SEC 121 MD		2SEC 122 MD		2SEC
	Volume rejeté (m3)				
Janvier	1 356 907		984 530		2 341 437
Février	888 060		1 292 076		2 180 136
Mars	1 265 315		1 042 974		2 308 289
Avril	1 375 964		865 653		2 241 617
Mai	1 250 430		985 394		2 235 824
Juin	1 386 434		795 338		2 181 772
Juillet	833 874		1 655 065		2 488 939
Août	1 358 619		927 527		2 286 146
Septembre	482 951		2 043 502		2 526 453
Octobre	2 028 852		336 290		2 365 142
Novembre	226 599		1 992 615		2 219 214
Décembre	1 607 208		716 698		2 323 906
Total pompes SEC Tr2 m ³		27 698 875			

Soit un total de 66 459 810 m³ d'eau de mer prélevée et restituée par les pompes de refroidissement SEC en 2018

Tableau 49 - Volumes prélevés et rejetés - Circuit CFI en 2018 :

	Tranche 1					Tranche 2					Tr1 + Tr2
	1 CFI 201 PO	1 CFI 202 PO	1 CFI 203 PO	1 CFI 204 PO	Total Tr1	2 CFI 201 PO	2 CFI 202 PO	2 CFI 203 PO	2 CFI 204 PO	Total Tr2	CFI
	Heures de marche (h)	Heures de marche (h)	Heures de marche (h)	Heures de marche (h)	Volume rejeté (m3)	Heures de marche (h)	Heures de marche (h)	Heures de marche (h)	Heures de marche (h)	Volume rejeté (m3)	volume rejeté (m3)
Janvier	191,50	426,45	120,00	0,00	737 950	167,75	193,25	105,50	82,25	548 750	1 286 700
Février	213,75	274,15	1,75	0,00	489 650	134,25	147,75	134,75	84,75	501 500	991 150
Mars	210,25	272,30	69,00	0,00	551 550	100,00	164,75	197,00	105,50	567 250	1 118 800
Avril	79,00	63,50	0,00	0,00	142 500	85,50	180,75	204,50	77,75	548 500	691 000
Mai	0,00	0,00	0,00	0,00	0	147,25	141,75	147,75	124,00	560 750	560 750
Juin	0,00	0,00	0,00	0,00	0	150,00	153,75	143,50	100,75	548 000	548 000
Juillet	0,00	0,00	0,00	0,00	0	180,25	187,50	109,25	83,75	560 750	560 750
Août	0,00	0,00	0,00	0,00	0	112,25	116,75	187,75	144,75	561 500	561 500
Septembre	0,30	114,30	40,30	720,00	874 900	71,00	88,30	150,15	111,15	420 600	1 295 500
Octobre	14,50	106,25	330,75	40,25	491 750	81,25	44,00	67,25	80,25	272 750	764 500
Novembre	291,75	128,75	0,00	0,00	420 500	90,25	51,00	56,00	83,25	280 500	701 000
Décembre	190,50	46,75	131,75	0,00	369 000	105,50	132,25	194,75	135,25	567 750	936 750
Total annuel pompe CFI	1192	1432	694	760	4077800	1425	1602	1698	1213	5938600	10 016 400

Soit un total de 10 016 400 m³ d'eau de mer prélevée et restituée par CFI en 2018**Soit un total de 1 998 768 966 m³ d'eau de mer prélevée et restituée en mer par l'ensemble des circuits CRF, SEC et CFI en 2018**

ANNEXE 7 – SURVEILLANCE DES REJETS THERMIQUES ET DU PH

- Suivi des rejets thermiques en 2018 :**

En plus des paramètres mesurés, un suivi par calcul est imposé en ce qui concerne l'échauffement mesuré entre la prise d'eau et le bassin de rejet, la température en sortie de rejet et la température à 50 m du rejet.

Tableau 50 – Suivi des rejets thermiques au bassin de rejet et de l'échauffement mesuré et calculé pour l'année 2018

T° en °C	Bassin rejet			Echauffement mesuré	
	minimum	moyenne	maximum	moyen	maximum
Janvier	18,2	22,4	25,6	12,2	14,2
Février	14,8	20,9	23,2	12,3	13,9
Mars	8,0	17,6	22,6	9,9	14,3
Avril	10,0	18,4	25,8	8,8	14,9
Mai	12,1	16,6	27,1	4,9	14,8
Juin	14,7	21,0	29,8	6,9	13,5
Juillet	17,0	23,8	31,6	7,0	14,0
Août	14,8	23,2	30,9	5,6	12,4
Septembre	16,9	23,3	31,5	5,7	13,8
Octobre	14,1	21,7	31,4	5,9	14,1
Novembre	12,2	19,6	27,3	6,2	13,3
Décembre	10,2	17,2	25,7	5,8	12,6

Tableau 51 - Suivi de la température de sortie au niveau du rejet et à 50 m du rejet pour l'année 2018

T° sortie rejet tranche 1	T° sortie rejet tranche 2	T° à 50 m du rejet tranche 1	T° à 50 m du rejet tranche 2
maximum	maximum	maximum	maximum
24,8	24,8	18,7	18,8
23,6	23,6	17,5	17,5
22,1	22,1	16,3	16,3
18,2	18,2	16,3	22,2
14,0	14,0	14,0	20,9
16,4	16,4	16,4	23,4
18,5	18,5	18,5	25,5
18,9	18,9	18,9	25,9
18,6	18,6	18,6	25,5
17,4	17,4	17,4	24,3
15,0	15,0	15,0	21,9
13,2	13,2	13,2	20,2

- **Suivi du pH en 2016 :**

Tableau 52 - Suivi mensuel des valeurs moyennes, minimales et maximales du pH dans les bassins de rejets en 2016

pH	Bassin de rejet		
	minimum	moyen	maximum
Janvier	7,6	7,8	8,2
Février	7,6	7,8	8,1
Mars	7,6	7,9	8,1
Avril	7,3	7,9	8,1
Mai	7,6	7,9	8,4
Juin	7,7	7,9	8,1
Juillet	7,4	7,8	8,1
Août	7,6	7,9	8,2
Septembre	7,6	7,9	8,1
Octobre	7,6	7,9	8,2
Novembre	7,6	7,9	8,0
Décembre	7,8	7,9	8,1
Année	7,3	7,9	8,4

Aucun dépassement du seuil de pH imposé n'est à noter.

Tableau 53 - Suivi du pH mesuré dans les bassins de rejets de 2008 à 2018

pH	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	Limite
Minimum	7,3	7	6,2	7,3	7,2	7,3	7,3	7,2	7,2	6,4	6,2	5,5
Moyenne	7,9	7,8	7,9	7,8	7,8	7,8	7,9	7,9	7,9	7,8	7,8	-
Maximal	8,4	8,5	9	8,5	8,6	9,4	8,9	8,2	8,9	8,5	8,9	9,5

**ANNEXE 8 – RAPPORT 2018 DE SURVEILLANCE ECOLOGIQUE ET HALIEUTIQUE -
IFREMER**



Michel ROPERT (Coordinateur)

Elvire ANTAJAN

Gaelle COURTAY

Luc DREVES

Aurélie FOVEAU

Tania HERNÁNDEZ-FARIÑAS

Frank MAHEUX

Ivan SCHLAICH

Benjamin SIMON

**SURVEILLANCE ÉCOLOGIQUE ET
HALIEUTIQUE DU SITE
ELECTRONUCLÉAIRE DE FLAMANVILLE**

Année 2018



Convention de marché EDF n° : C4493C0850

Commande d'exécution : 5100-4200464768

Fiche documentaire



Fiche documentaire

Type de rapport : RST (Rapports de résultats de recherches Scientifiques et/ou Techniques)		
Numéro d'identification du rapport : RST ODE/UL/LER/N-19.001 Diffusion : libre (au-delà du 30/06/2019) Validé par : H. Du Boullay Adresse électronique : Herve.Du.Boullay@ifremer.fr		Date de publication : MARS 2019 nombre de pages : 217 Bibliographie : Oui Illustration(s) : Oui langue du rapport : Français
TITRE : SURVEILLANCE ÉCOLOGIQUE ET HALIEUTIQUE DU SITE ÉLECTRONUCLÉAIRE DE FLAMANVILLE : Année 2018		
Auteur(s) principal(aux) : nom, prénom		Organisme/Direction/ Service, laboratoire
ROPERT Michel		Ifremer / ODE / UL / LER-N
ANTAJAN Elvire		Ifremer / ODE / UL / LER-BL
COURTAY Gaelle		Ifremer / ODE / UL / LER-N
DREVES luc		Ifremer / Centre de Brest / DIR
FOVEAU Aurelie		Ifremer / ODE / UL / LER-N
HERNÁNDEZ FARIÑAS Tania		Ifremer / RBE / HMMN / LRHBL
LOOTS Christophe		Ifremer / ODE / UL / LER-BN
SCHLAICH Ivan		Ifremer / RBE / HMMN / LRHPB
SIMON Benjamin		Ifremer / ODE / UL / LER-BN
Collaborateur(s) : nom, prénom		Organisme / Direction / Service, laboratoire
CABOCHE Josselin		Ifremer / RBE / HMMN / LRHBL
CARADEC Florian		Ifremer / ODE / DYNECO / Pelagos
CORDIER Rémy		Ifremer / ODE / UL / LER-BN
FRANCOISE Sylvaine		Ifremer / ODE / UL / LER-N
GAFFET Jean-Dominique		Ifremer / ODE / DYNECO / LEBCO
GOASCOZ Nicolas		Ifremer / RBE / HMMN / LRHPB
GOHIN Francis		Ifremer / ODE / DYNECO / Pelagos
HERVIO - HEATH Dominique		Ifremer / RBE / SG2M / LSEM
LAMORT Laure		Ifremer / ODE / UL / LER-N
MAHEUX Frank		Ifremer / ODE / UL / LER-N
PARRAD Sophie		Ifremer / RBE / HMMN / LRHPB
PIERRE-DUPLESSIX Olivier		Ifremer / ODE / UL / LER-MPL
QUINQUIS Jérôme		Ifremer / ODE / UL / LER-BN
ROUQUETTE Manuel		Ifremer / Dyneco Benthos
SCHMITT Sophie		Ifremer / ODE / DYNECO / Pelagos
Organisme commanditaire : nom développé, sigle, adresse Electricité de France (EDF) – Production Transport – C.N.P.E. de Flamanville B.P. 4 – 50 340 Les Pieux		
Organisme(s) réalisateur(s) : nom(s) développé(s), sigle(s), adresse(s) Ifremer Station de Port-en-Bessin, Av. du Général de Gaulle, 14 520 Port-en-Bessin Ifremer Centre de Boulogne/Mer, 150 quai Gambetta, 62321 Boulogne / Mer Cedex Ifremer Station de Dinard CRESCO, 38 rue du port Blanc, 35800 Dinard		
Responsable scientifique : Michel ROPERT Ifremer / RBE / HMMN / LRHBL		



Surveillance écologique du site de Flamanville en 2018.

SOMMAIRE



TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES.....	5
AVANT PROPOS	1
SYNTHÈSE.....	3
INTRODUCTION	7
STRATÉGIE DE SURVEILLANCE DE FLAMANVILLE.....	7
historique	7
Lieux de surveillance	9
PARAMÈTRES MESURÉS ET CAMPAGNES 2018.....	10
A CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL.....	13
A.1 FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE	15
A.2 CLIMATOLOGIE.....	18
A.2.1 Pluviométrie	18
A.2.2 Insolation	20
A.2.3 Température de l'air	21
A.2.4 Caractéristiques de l'année 2018	23
A.3 TEMPÉRATURE DE L'EAU DE MER.....	24
B LE DOMAINE PÉLAGIQUE	33
PRÉAMBULE	33
B.1 HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE	37
B.1.1 Stratégie de surveillance.....	37
B.1.2 Matériels et méthodes	38
B.1.3 Température.....	42
B.1.4 Salinité	46
B.1.5 Oxygène dissous	47
B.1.6 Ammonium.....	49
B.1.7 Nitrite et Nitrate	50
B.1.8 Phosphate et silicate.....	52
B.1.9 Turbidité - Matière En Suspension.....	55
B.1.10 Hydrazine et Ethanolamine	58
B.1.11 Mise en perspective des résultats IGA avec la DCE	59
B.1.12 Conclusions.....	61
B.1.13 ANNEXE.....	62



Surveillance écologique du site de Flamanville en 2018.

SOMMAIRE



B.2	PHYTOPLANCTON.....	65
B.2.1	Stratégie de surveillance	65
B.2.2	Matériels et Méthodes.....	66
B.2.3	Biomasse chlorophyllienne	71
B.2.4	Télédétection spatiale.....	73
B.2.5	Production primaire	75
B.2.6	Populations phytoplanctoniques	78
B.2.7	Bilan des résultats obtenus aux points Canal d'amenée et Rejet.....	85
B.2.8	Conclusions	85
B.2.9	ANNEXE	87
B.3	MICROBIOLOGIE.....	91
B.3.1	Matériel et méthodes	92
B.3.2	Récapitulatif des résultats des mesures microbiologiques	95
B.3.3	germes aerobies revivifiables.....	95
B.3.4	vibrions halophiles	98
B.3.5	Conclusions	100
B.4	ZOOPLANCTON.....	103
B.4.1	Matériels et méthodes	103
B.4.2	Biomasse sestonique.....	105
B.4.3	Abondances zooplanctoniques globales	107
B.4.4	Étude faunistique	109
B.4.5	Conclusions	114
B.4.6	Annexe	117

C LE DOMAINE BENTHIQUE..... 121

C.1	PHYTOBENTHOS INTERTIDAL.....	122
C.1.1	Biologie de l'espèce.....	122
C.1.2	Matériel et méthodes	124
C.1.3	Évaluation du stock de Fucus serratus	126
C.1.4	Dénombrement des algues baguées.....	129
C.1.5	Biométrie des algues baguées.....	130
C.1.6	Fertilité.....	131
C.1.7	Conclusion population Fucus serratus Flamanville	135
C.1.8	Comparaison avec d'autres populations de Fucales	136
C.2	ZOOBENTHOS DES SUBSTRATS DURS INTERTIDaux	141
C.2.1	Biologie des cirripèdes	141
C.2.2	Matériel et méthode.....	142
C.2.3	Étude de recolonisation par les cirripèdes	144
C.2.4	Évaluation des densités de cirripèdes	146
C.2.5	Pourcentages et densités des différentes espèces de cirripèdes.....	148
C.2.6	Évaluation des densités des principales espèces accompagnatrices	152

SOMMAIRE



C.2.7	Conclusion - Population de cirripèdes	155
C.3	CONCLUSION	155
D	DOMAINE HALIEUTIQUE	159
D.1	LARVES DE CRUSTACÉS.....	159
D.1.1	Matériel et méthodes	159
D.1.2	L'araignée de mer (<i>M. brachydactyla</i>)	161
D.1.3	Le homard (<i>H. gammarus</i>).....	163
D.1.4	Conclusion	164
D.1.5	Annexes	165
D.2	SURVEILLANCE DE LA PÊCHE CÔTIÈRE DES CRUSTACÉS.....	168
D.2.1	Pêche professionnelle.....	168
D.2.2	Pêches expérimentales	170
D.3	CONCLUSION	186
D.4	ANNEXES	189
E	CONCLUSION GÉNÉRALE	195
E.1	LES PARTICULARITÉS ENVIRONNEMENTALES	195
E.2	LE COMPARTIMENT PÉLAGIQUE.....	195
E.2.1	Hydrologie, physico-chimie, chimie	195
E.2.2	Phytoplancton	196
E.2.3	Microbiologie.....	196
E.2.4	Zooplancton	196
E.3	LE COMPARTIMENT BENTHIQUE.....	197
E.3.1	Benthos subtidal	Erreur ! Signet non défini.
E.3.2	Zoobenthos intertidal	197
E.3.3	Phytobenthos intertidal.....	Erreur ! Signet non défini.
E.4	LE COMPARTIMENT HALIEUTIQUE	197
F	BIBLIOGRAPHIE.....	199



Surveillance écologique du site de Flamanville en 2018.

AVANT PROPOS



AVANT PROPOS

Cinq Centres Nucléaire de Production Électrique (CNPE) sont situés en zone littorale et utilisent pour le refroidissement de leurs condenseurs d'importants débits d'eau prélevés et restitués dans le milieu marin. Le CNPE de Flamanville est située sur le littoral nord-Ouest du département de la Manche à une vingtaine de kilomètres au sud-ouest de la ville de Cherbourg-en-Cotentin.

De nombreuses études ont été réalisées pour appréhender l'influence du CNPE de Flamanville sur le milieu marin environnant. Elles ont été initiées avec les "études d'avant-projet" (1975), puis "études de projets" (de 1976 à 1979). À compter de mars 1983, 3 ans avant le raccordement effectif de la première tranche du CNPE au réseau (décembre 1985), un protocole de "surveillance écologique" a été mis en place de manière ininterrompue jusqu'à présent. L'effort déployé au cours des premières années de "surveillance" du domaine pélagique a été maintenu jusque début 1987 (raccordement au réseau de la 2^{de} et dernière tranche du CNPE en juillet 1986). À compter de mars 1987, les modalités de suivis commencent à évoluer, mais c'est à partir de 1993 que l'ensemble du programme de Surveillance est allégé. Conformément à la stratégie déjà adoptée sur le site de Paluel, par exemple, l'étude du domaine pélagique est réalisée en trois points au lieu de quatre comme précédemment, le point "contrôle" étant abandonné. Pour le domaine benthique, l'étude de la faune des substrats meubles intertidaux de l'anse de Sciottot (espèce cible : *Urothoe brevicornis*) et celle du macrobenthos sublittoral proche du cap de Flamanville (espèce cible : *Nucula nucleus*) sont abandonnées. Pour le domaine halieutique, le nombre de campagnes à la mer pour le suivi des larves de crustacés (homard et araignée) est ramené de 6 à 4, pour être rétabli à 6 à compter de 1998.

Les modalités de mise en œuvre de la "surveillance écologique" du CNPE de Flamanville ont été initialement définies par l'Arrêté préfectoral du 08/12/1980 "autorisant les rejets sur Domaine Public Maritime". L'arrêté interministériel du 11 mai 2000 portant "autorisation à EDF de poursuivre les prélèvements et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Flamanville" (NOR : ECOI0000128A) est venu compléter le dispositif. Ce dernier a ensuite été abrogé et remplacé par l'Arrêté du 15 septembre 2010 portant "homologation de la décision no 2010-DC-0188 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 7 juillet 2010 fixant à Électricité de France-Société anonyme (EDF-SA) les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux pour l'exploitation des réacteurs du CNPE de Flamanville" (NOR : DEVP1022745A). En juillet 2018, l'Autorité de sûreté nucléaire a substitué à cet Arrêté sa Décision n° 2018-DC-0640 fixant "les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de rejet d'effluents et de surveillance de l'environnement des installations nucléaires de base n° 108, n° 109 et n° 167 exploitées par Électricité de France (EDF) dans la commune de Flamanville". Sa mise en œuvre a été effective immédiatement.

La stratégie mise en œuvre repose sur un suivi annuel de différents paramètres dans les domaines de la physico-chimie de l'eau, du phytoplancton, de la microbiologie, du zooplancton, des communautés benthiques intertidales et du domaine halieutique.

La mise en œuvre opérationnelle de la surveillance repose sur un partenariat étroit entre les équipes et organismes suivants :

- Ifremer (LER Normandie) : coordination et analyses chlorophylle et nutriments.
- Ifremer (LER Boulogne) : analyses zooplancton.
- Ifremer (HMMN-Lab. Port en Bessin) : analyses halieutiques.
- Ifremer (LER Bretagne Nord) : analyses phytobenthos et du zoobenthos de substrat dur.
- LABEO Franck DUNCOMBE : analyses microbiologiques.
- Laboratoire SGS –Rouen : analyses contaminants chimiques.

SYNTHÈSE

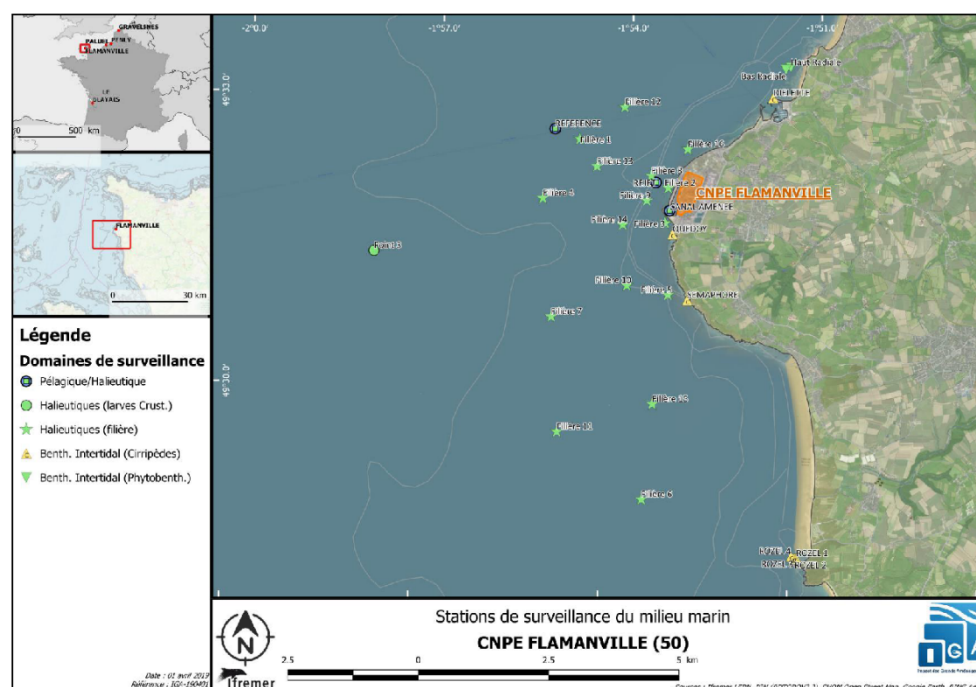


SYNTHÈSE

La "surveillance écologique et halieutique des CNPE de bord de mer", vise à étudier l'évolution temporelle à moyen et long terme des différents domaines marins (pelagos, benthos et halieutique) et de leurs paramètres associés à une échelle spatiale locale (proche des centrales et de sa zone d'influence).

Le CNPE de Flamanville, situé à 20 km au sud-ouest de Cherbourg-En-Cotentin [50], puise dans le milieu marin les eaux de refroidissement de ses 2 réacteurs à eau sous pression. Pour satisfaire aux exigences de l'arrêté interministériel du 15 septembre 2010 portant homologation de la décision n° 2010-DC-0188 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 7 juillet 2010 relative aux limites de rejets dans l'environnement des effluents du CNPE de FLAMANVILLE¹, une surveillance écologique du milieu récepteur du CNPE de FLAMANVILLE est mise en œuvre par l'exploitant. Cette surveillance a été initiée il y a 36 ans (en 1983).

La stratégie mise en œuvre repose sur un suivi saisonnier (printemps, été automne) des différents compartiments du milieu marin. Cette surveillance porte sur le domaine pélagique (paramètres physico-chimiques et chimiques, phytoplanctoniques, microbiologiques (vibrions), zooplanctoniques), le domaine benthique intertidal (peuplements de macrofaune et population algale de *Fucus serratus*) et le domaine halieutique (analyse des activités de pêche, suivis de larves de crustacés et pêches expérimentales).



La liste synthétique de tous paramètres surveillés (échantillons, stations, fréquences) est détaillée ci-dessous.

¹ <https://www.asn.fr/content/download/160626/1624800/version/2/file/2018-DC-0640.pdf>

SYNTHÈSE



Domaine	Compartiment	Paramètre	Lieux de surveillance (Dates campagnes)
Pélagique	Hydrologie	Température Salinité	3 stations / 3 points : Canal d'amenée (en surface), Rejet , (en surface) Référence Surf (en surface) Date des campagnes 2018 : 26/3/2018 21/06/2018 17/10/2018
	Physico-chimie / Chimie	Nutriments (Ammonium, Nitrates, Nitrites, Phosphates silicates)	
		Turbidité	
		Oxygène dissous	
		Hydrazine	
		Ethanolamine	
	Phytoplancton	Flore Totale	
		Chlorophylle	
		Phéopigments	
	Zooplancton	Production primaire	
		Abondance Taxons indicateurs	
Benthique	Phytobenthos Intertidal	Abondance zooplancton	1 radiale : Diélette 3-4 mars 2018 / 14-15 juin 2018 / 09-10 sept. 2018 7 points : 1, 2, 3, 4 (ROZEL) Sémaphore, Quedoy, Diélette (Cap Flam.) 3-4 mars 2018 / 14-15 juin 2018 / 09-10 sept. 2018
		Germes revivifiables	
	Micro-organismes	vibrions halophiles	
Halieutique	Zooplancton	recolonisation du substrat	4 points : Canal, Rejet, Référence, Large 05 et 27 juil. 2018 / 09 et 23 août 2018 / 06 et 25 sept. 2018 16 filières de 20 casiers minimum Du 5 au 8 juin 2018 Du 2 au 5 oct. 2018
	Larves de Crustacés	larves d'araignées et larves de homard	
	Pêches expérimentales	Caractéristiques biologiques	

Sur le plan de l'environnement hydro-climatique, l'année 2018 se caractérise par une température moyenne annuelle de l'air élevée (12,38 °C) supérieure à la moyenne enregistrée sur la période 1949-2018 (11,66 °C). Le cumul annuel des précipitations (681 mm) apparait comme légèrement déficitaire (-42 mm) au cumul moyen enregistré sur la période 1949-2018 (723 mm). Le cumul d'insolation annuelle (1855 heures) est quant à lui supérieur à la moyenne annuelle enregistrée depuis 1986 (1657 heures). Les mois de juillet et d'octobre ont été particulièrement ensoleillés. Ces conditions se sont traduites, au sein des masses d'eau littorales, par une dominante thermique classant l'année 2018 parmi les 6 années les plus chaude, avec un écart de + 0.49 °C au-dessus de la moyenne journalière 1986-2018 (le record étant toujours détenu par l'année 2014 avec un écart à la moyenne de 1.06 °C).

Les données relatives au compartiment hydrologique acquises en 2018 dans le cadre du programme de surveillance écologique du CNPE de Flamanville mettent en évidence un échauffement de l'eau aux abords du Rejet. Cette perturbation thermique reste cependant géographiquement très limitée, du fait d'un pouvoir de dilution important du milieu comme en témoignent les taux de dilution recalculés (> 75%). Les autres paramètres suivis (sels nutritifs, oxygène, turbidité) présentent des valeurs et des variations expliquées par la saisonnalité, l'environnement climatique et géomorphologique.

Aucune trace des substances chimiques rejetées par le CNPE (Hydrazine, Ethanolamines) n'a pu être quantifiée dans le milieu par les méthodes analytiques mises en œuvre.

Ainsi, les rejets du CNPE n'affectent pas de façon générale la distribution et les variations saisonnières des paramètres suivis autres que la température. **Les caractéristiques hydrologiques intrinsèques du milieu n'apparaissent donc pas modifiées de manière sensible et significative.**

SYNTHÈSE



Que ce soit au travers des indicateurs de biomasse (chlorophylle *a*, télédétection) ou de productivité primaire (RETR et Ymax), l'**activité phytoplanctonique** en 2018 ne se distingue pas particulièrement de celle des années précédentes avec un peuplement phytoplanctonique en bon état écologique. En été, la plus forte valeur de production primaire depuis 2007 a été enregistrée.

Sur le plan de la composition et de l'organisation du peuplement, les abondances de microphytoplancton sont cohérentes avec celles observées les années précédentes. Le gradient d'abondance de la côte vers le large en automne, observé chaque année, se confirme. Le microphytoplancton se révèle toujours dominé à plus de 95 % par les diatomées, les dinoflagellés atteignant difficilement 5 % en période estivale.

La succession des communautés phytoplanctoniques observées à proximité du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2018 est conforme à ce qui est historiquement observé. La variabilité spatiale observée entre les stations est principalement liée à l'évolution des conditions environnementales (e.g. concentrations en sels nutritifs, lumière, turbulence...) le long du gradient côte large.

Le cycle saisonnier du phytoplancton ainsi que la structure des communautés phytoplanctoniques observés en 2018 ne présentent pas de caractéristiques pouvant être reliée à l'activité du CNPE de Flamanville.

Dans le domaine **de la microbiologie**, En ce qui concerne les germes aérobies revivifiables, l'année 2018 ne se démarque pas dans la série historique. Les niveaux observés sont dans la médiane des observations réalisées depuis plus de 20 ans. Elles sont plutôt à la baisse par rapport aux niveaux atteints en 2017. La même tendance s'observe au large comme sur les points côtiers *Rejet* et *Canal*.

Le cycle saisonnier des vibrions halophiles observé en 2018 est assez conforme à ce qui est connu sur ce site. Les points les plus côtiers (*Canal*, *Rejet*) sont préférentiellement propices au développement des vibrions cultivables au cours de l'année. La seule particularité notable en 2018 réside dans l'apparition précoce au printemps des premiers vibrions sur le point Rejet, à des niveaux relativement faibles (5 UFC/L). Une telle situation est assez rare et ne s'était produite qu'en 2014.

L'étude de l'ensemble des paramètres (Germes aérobies revivifiables et *Vibrio* spp.) du compartiment microbiologique n'a pas mis en évidence, au cours de l'année 2018, de modifications significatives du milieu pouvant être mises en relation avec l'activité du CNPE de Flamanville.

En 2018, les abondances **zooplanctoniques** estivales et automnales étaient plus faibles que ce qui est habituellement observé sur le site de surveillance depuis 1987. Toutefois, les variations d'une année à l'autre sont à interpréter avec précaution car du fait du faible pas d'échantillonnage il est difficile d'interpréter des variations interannuelles.

La composition et la succession des espèces restent classiques. Le méroplancton dominant la communauté zooplanctonique au printemps, représentait cette année plus de 80 % du zooplancton total du fait de la prolifération des larves pélagiques de cirripèdes (balanes) et de bryozoaires. L'holoplancton dominait largement le zooplancton en été et à l'automne (82 à 93 %). Comme toujours en milieu côtier tempéré, il était essentiellement caractérisé par les copépodes. La diversité spécifique de ce groupe était assez faible (≤ 2.4 Bit. ind⁻¹) et composé en général de moins d'une dizaine d'espèces dont une seule peu représenter entre 54 et 82 % du peuplement.

Chacune des espèces zooplanctoniques observées cette année respectent, pour ce que peut montrer cette analyse de trois campagnes annuelles, leur répartition saisonnière habituelle et sont caractéristiques des milieux tempérés de la Manche et de la baie sud de la Mer du Nord. Aux trois périodes d'observations, les valeurs enregistrées au niveau du rejet en mer s'inscrivent dans l'intervalle de celles des points *canal* et *référence*. **L'influence des rejets du CNPE de Flamanville n'est donc pas décelable à travers la variabilité spatio-temporelle de la population zooplanctonique.**

SYNTHÈSE



Dans le **domaine benthique**, La biomasse annuelle moyenne de *Fucus serratus* évaluée en 2018 sur le platier de Diélette reste, comme en 2017, à son minimum. Les valeurs observées en mars et en septembre restent faibles et largement inférieures aux moyennes.

Les pourcentages de *Fucus serratus* plus ou moins fertiles évalués en mars, juin et septembre 2018 restent dans la gamme des valeurs habituellement observées depuis 1983 sur ce site, en conformité avec le cycle biologique normal observé depuis 1983. Le peuplement du platier de Diélette présente des caractères de fertilité toute l'année avec une période de maturité plus importante qui s'étendrait principalement d'août à janvier.

Les paramètres biologiques suivis à travers la population de fucus de Diélette ne permettent pas de détecter d'influence du rejet ou de l'activité du CNPE.

Le **recrutement** des cirripèdes évalué près du CNPE de Flamanville en 2018 est en augmentation. Les cirripèdes juvéniles sont relativement plus nombreux en 2018 qu'en 2017 à toutes les stations. En 2018, le recrutement est le plus faible à Diélette et reste le plus important au Sémaphore (et ce depuis 2011).

La **densité** moyenne de cirripèdes évaluée en septembre 2018 se maintient dans des valeurs basses, bien qu'elles augmentent à nouveau à Diélette et au Rozel. C'est d'ailleurs à ce site qu'elle devient la plus élevée, dépassant le Sémaphore, qui avait les densités moyennes de cirripèdes les plus fortes jusqu'en 2017.

L'analyse des **activités de pêche professionnelle** de l'année 2017 (Année N-1) montre une tendance à l'augmentation des débarquements par rapport à 2016 conduisant à une production estimée à 2 500 tonnes (ce chiffre est probablement sous-estimé du fait de la non exhaustivité des informations disponibles au moment de la rédaction de ce rapport). Cette analyse des statistiques de pêche provenant des déclarations de captures professionnelles est complétée par des suivis larvaires et des pêches expérimentales ciblées sur les 2 espèces de crustacés d'intérêt économique et caractéristique du site de Flamanville.

La **dynamique larvaire** (abondance, répartition) apparaît en 2018 parfaitement conforme à celle observée au cours des années précédentes et confirme les tendances pressenties (augmentation pour l'araignée de mer, stabilité pour le homard).

Les **pêches expérimentales** mettent en évidence, pour le **homard**, le maintien d'une population de forte abondance (indices les plus haut depuis 15 ans), mais dont la taille moyenne est relativement limitée du fait de la pression de pêche (prélèvement des individus dès qu'ils atteignent la taille légale). Le **tourteau** n'est plus la principale espèce pêchée depuis plusieurs années, conséquence probable d'une compétition spatiale défavorable avec le homard en expansion régulière. La population d'araignées est, quant à elle, stable dans le temps.

En conclusion, le suivi écologique et halieutique réalisé à proximité du CNPE de Flamanville en 2018, ne permet pas de mettre en évidence d'influence particulière du fonctionnement du CNPE sur les différents compartiments pélagiques, benthiques et halieutiques.

INTRODUCTION



INTRODUCTION

La "surveillance écologique et halieutique des rejets des centrales nucléaires du bord de mer", vise à étudier l'évolution temporelle à moyen et long terme des différents domaines marins (pelagos, benthos et halieutique) et de leurs compartiments associés (hydrologie, Physico-chimie, chimie, phytoplancton, zooplancton, benthos, microbiologie, ...) à une échelle spatiale locale (proche des centrales et de sa zone d'influence). La finalité recherchée est de mettre en évidence d'éventuels changements à travers le suivi de paramètres ciblés et caractéristiques de chaque compartiment. La zone d'études peut être élargie au niveau régional si la distribution spatiale des paramètres surveillés le justifie, comme dans le cas de l'halieutique par exemple. Les changements ou les évolutions qui ne pourraient être expliqués par les données obtenues, peuvent donner lieu à des études particulières s'inscrivant en marge de la Surveillance proprement dite.

La surveillance écologique du milieu récepteur du CNPE de Flamanville a été initiée en 1983. Le présent rapport s'inscrit donc dans la 36^{ème} année de surveillance pour ce site.

Le travail réalisé par l'Ifremer et ses partenaires est soutenu par un cadre conventionnel national établi avec EDF (Marché n° C4493C0850, Commandes d'exécution n° 5100-4200464768). Un cahier des charges (Réf ELLIER 1100786 indice B) défini, aussi précisément que possible, les modalités de la surveillance mises en œuvre pour chacun des 5 CNPE couverts par cette convention.

Pour tous les CNPE concernés, la stratégie de surveillance mise en œuvre reflète les exigences réglementaires fixées par l'Autorité de Sureté Nucléaire² (ASN).

STRATÉGIE DE SURVEILLANCE DE FLAMANVILLE

HISTORIQUE

Dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE de Flamanville, la stratégie a évolué selon 2 grandes périodes :

- **De 1983 à 1993** : la stratégie de surveillance du domaine pélagique déployée au cours de cette période s'est articulée en 2 phases autour de la mise en service du premier réacteur du CNPE de Flamanville (décembre 1986).
 - **Jusque décembre 1986** : 3 puis 2 stations de suivi sont échantillonnées 5 à 7 fois au cours de l'année entre les mois de février et de novembre. Tous les compartiments sont observés (Physico-chimie, phytoplancton, microbiologie, zooplancton, zoobenthos et phytobenthos).
 - **À partir de 1987** : l'entrée en service du CNPE stabilise la stratégie de surveillance autour de 4 stations de suivis (Canal, Rejet, Contrôle, Référence). La fréquence de visites se régularise également avec 3 campagnes saisonnières réparties entre le printemps (à partir de mars) et l'automne (jusque novembre).

² Autorité administrative indépendante depuis 2006, l'ASN est en charge, entre autre, de toutes les décisions réglementaires à caractère technique (par arrêtés et/ou décisions) et elle contribue à l'élaboration des décrets et des arrêtés ministériels fixant la réglementation générale.

INTRODUCTION



Tableau 0-1 : Chronologie des études et de la surveillance du compartiment pélagique autour du CNPE de FLAMANVILLE. (identification des mois durant lesquels au moins une campagne d'observations est organisée).

CNPE FLAMANVILLE		Mois de l'année												Nb St. Pelag.
	années (Cycle Surv.)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Etudes d'avant-projet	1973													
	1974													
	1975													
Etudes de Projet (Cycle 1 & Cycle 2)	1976													4
	1977													4
	1978													4
	1979													
Surveillance (I) (mise en service 1ère tranche) (Déc 1986)	1980													
	1981													
	1982													
	1983													3
	1984													2
	1985													2
	1986													2
	1987													4
	1988													4
	1989													4
	1990													4
	1991													4
Surveillance "allégée" (Transfert Thalia ==> Delphy)	1992													4
	1993													4
	1994													3
	1995													3
	1996													3
	1997													3
	1998													3
	1999													3
	2000													3
	2001													3
	2002													3
	2003													3
	2004													3
	2005													3
	2006													3
	2007													3
	2008													3
	2009													3
	2010													3
	2011													3
	2012													3
	2013													3
	2014													3
	2015													3
	2016													3
	2017													3
	2018													3
	2019													

- De 1993 à 2000 : le programme de surveillance est "allégé". Conformément aux stratégies adoptées sur d'autre CNPE (Paluel par exemple), le domaine pélagique n'est plus appréhendé à travers quatre mais trois points de suivi (abandon du point "Contrôle"). Pour le domaine Benthique, l'étude de la faune de substrat meuble intertidaux de l'anse de Sciottot (espèce cible : *Urothoë brevicornis*) et celle du macrobenthos sublittoral proche du cap de Flamanville (espèce cible : *Nucula nucleus*) sont abandonnées. Dans le domaine halieutique, le nombre de campagnes à la mer, pour le suivi des larves de crustacés (homard et araignée), est ramené de six à quatre. Il sera finalement rétabli à 6 à compter de 1998.

INTRODUCTION



- **En 2000** : L'arrêté ministériel du 11 mai 2000 (NOR : ECO10000128A)³, en son titre IV, chapitre IV, article 29, précise la surveillance physico-chimique et biologique de l'environnement marin en incluant l'analyse du **bore** dans la surveillance du domaine pélagique.
D'autre part, les campagnes en mer sont historiquement organisées à partir du N/O Thalia⁴. De tels moyens nautiques, par leurs dimensions (25m, 135 Tx) et la lourdeur de leur mise en œuvre, se révèlent contraignants vis-à-vis des exigences du suivi. Il n'est pas rare en effet que les conditions de mer ne permettent pas au navire de se positionner précisément sur le point souhaité. C'est dans ce contexte qu'il a été envisagé de faire évoluer les protocoles de suivis. L'idée, soutenue par EDF, a été testée au large de PENLY durant 3 ans (1999-2001). Elle visait un double objectif : réduire les coûts de surveillance en s'appuyant sur des moyens Côtiers plus légers (catamaran aluminium) en remplacement du N/O Thalia et faire évoluer la stratégie de surveillance dans la perspective d'optimiser et d'améliorer la pertinence scientifique. Les résultats⁵ se révélèrent suffisamment satisfaisants pour EDF pour envisager le remplacement du N/O THALIA par le N/O DELPHY (embarcation côtière légère rattachée au laboratoire Côtier de Port En Bessin) dans le cadre des suivis pélagique des trois CNPE Normands.
- **À partir de 2007**, l'ensemble des campagnes de suivi du compartiment Pélagique sont mise en œuvre sur les 3 CNPE Normandes à partir du N/O DELPHY. Dès 2008, le changement est entériné par EDF et formalisé par l'avenant n° 1 au marché n° C349C65050 (2006-2012). Le principe sera reconduit dans le cadre du marché en cours (2013-2018).

LIEUX DE SURVEILLANCE

Les points de surveillance des différents compartiments (pélagique, benthique et halieutique) sont détaillés dans le Tableau 0-2 et localisés sur la Figure 0-1 (p. 12)

Tableau 0-2 : localisation et description des lieux de surveillance

LIBELLE	Coordonnées GPS (WGS84, Degrés, minutes décimales)		Commentaire
	Latitude	Longitude	
pélagique	REJET	-1° 53.477 49° 32.328	Point représentatif des eaux rejetées dans le milieu marin par le CNPE.
	REFERENCE	-1° 55.127 49° 32.818	Point de référence au large, hors influence de la tâche thermique du rejet.
	CANAL D'AMENE	-1° 53.317 49° 32.112	Point représentatif de l'eau de mer pompée par le CNPE
Zoobenthos Intertidal (Cirripèdes)	SEMAPHORE	-1° 53.166 49° 31.805	Suivi depuis 1983, population située à proximité du CNPE (Sud)
	ROZEL 1	-1° 50.888 49° 28.538	Suivi depuis 1983, populations éloignée du CNPE sur le cap du Rozel (Sud)
	ROZEL 2	-1° 50.915 49° 28.534	
	ROZEL 3	-1° 50.932 49° 28.531	
	ROZEL 4	-1° 50.973 49° 28.555	
	QUEDOY	-1° 52.869 49° 31.132	Rajouté en 1993, à proximité immédiate du CNPE (sud du canal d'aménagé)
	DIELETTE	-1° 51.701 49° 33.273	Rajoutés en 1993, au nord du CNPE (enrochements nord Port-Diélette)

³ https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000582686&fastPos=7&fastReqId=1943997341_&categorieLien=id&oldAction=rechTexte

⁴ <http://flotte.ifremer.fr/Presentation-de-la-flotte/Navires/Navires-cotiers/Thalia>

⁵ Daniel A., Le Goff R. 2002. Présentation des résultats du test d'une nouvelle stratégie de suivi des paramètres hydrobiologiques à Penly en 1999, 2000 et 2001 dans le cadre du réseau IGA. RST.DEL/02.09/PB.21p.

INTRODUCTION



LIBELLE	Coordonnées GPS (WGS84, Degrés, minutes décimales)		Commentaire
	Latitude	Longitude	
Phytobenthos Intertidal	Haut Radiale	-1° 51.452 49° 33.600	Limite "haute" de zone d'échantillonnage sur l'estran de Diélette (Nord CNPE)
	Bas Radiale	-1° 51.527 49° 33.575	limite "basse" de zone d'échantillonnage sur l'estran de Diélette (Nord CNPE)
Halieutique (WP2) Larves Crustacées	REJET	-1° 53.477 49° 32.328	Mêmes point que pour le compartiment pélagique, suivi depuis 1987
	REFERENCE	-1° 55.127 49° 32.818	
	CANAL D'AMENE	-1° 53.317 49° 32.112	
	Point 3 (Large ou Hors Zone)	-1° 57.882 49° 31.446	Point situé à 3 miles nautiques au large du CNPE, suivi depuis 1987.
Halieutique (Filières) Pêches expérimentales au casier	Filière 1	-1° 54.540 49° 32.480	1985 : 20 casiers puis 30 casiers (~700m) depuis 2011
	Filière 2	-1° 53.120 49° 32.510	Depuis 1985 : 20 casiers, intérieur réserve depuis 2000.
	Filière 3	-1° 53.096 49° 32.020	1985 : 20 casiers puis 30 (~700m) depuis 2011. Limite réserve, Fond rocheux
	Filière 4	-1° 53.540 49° 32.102	1985 : 20 casiers puis 30 casiers (~700m) depuis 2011
	Filière 5	-1° 55.102 49° 31.222	1985 : 20 casiers puis 30 casiers (~700m) depuis 2011
	Filière 6	-1° 53.216 49° 29.336	1985 : 20 casiers puis 30 casiers (~700m) depuis 2011, fond sableux
	Filière 7	-1° 54.078 49° 31.090	1985 : 20 casiers puis 30 casiers (~700m) depuis 2011, fond sableux
	Filière 8	-1° 55.294 49° 32.354	Depuis 1985 : 20 casiers, intérieur réserve depuis 2000.
	Filière 9	-1° 53.546 49° 32.143	1985 : 20 casiers puis 30 casiers (~700m) depuis 2011. Limite réserve
	Filière 10	-1° 54.072 49° 31.396	1985 : 20 casiers puis 30 casiers (~700m) depuis 2011, fond sableux
	Filière 11	-1° 54.120 49° 29.588	1985 : 20 casiers puis 30 casiers (~700m) depuis 2011
	Filière 12	-1° 55.282 49° 33.240	1985 : 20 casiers puis 30 casiers (~700m) depuis 2011
	Filière 13	-1° 54.474 49° 32.240	1985 : 20 casiers puis 30 casiers (~700m) depuis 2011. Limite réserve
	Filière 14	-1° 54.312 49° 31.582	1985 : 20 casiers puis 30 casiers (~700m) depuis 2011
	Filière 15	-1° 54.150 49° 30.102	1985 : 20 casiers puis 30 casiers (~700m) depuis 2011, fond sableux

PARAMÈTRES MESURÉS ET CAMPAGNES 2018

En application de l'Arrêté du 15 septembre 2010 portant homologation de la décision n° 2010-DC-0188 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 7 juillet 2010 relative aux limites de rejets dans l'environnement des effluents du CNPE de FLAMANVILLE⁶ la liste synthétique des paramètres surveillés (échantillons, stations, fréquences) est détaillée dans le Tableau 0-3. Les procédures d'échantillonnages et les méthodologies analytiques font l'objet d'un chapitre dédié, en introduction de chaque partie concernée dans la suite de ce rapport.

⁶ <https://www.asn.fr/content/download/160626/1624800/version/2/file/2018-DC-0640.pdf>

INTRODUCTION



Tableau 0-3 : liste détaillée des paramètres pris en compte dans la surveillance écologique du CNPE de Flamanville
(Dates des campagnes 2018 en rouge)

Domaine		Programme de surveillance écologique et halieutique				
		En application de l'arrêté du 11 mai 2000, Article 29 (+ avenant) Et de la décision modalités n° 2018-DC-0640 du 19 juillet 2018.				
		Paramètre	Nb Ech	Stations	Fréquence Dates camp. 2018	
	climatologie					
	Hydrologie					
	CNPE fonct.					
Pélagique	Hydrologie	Température	1 sub surface	<u>3 stations</u> <u>(3 points)</u> Canal d'amenée (en surface), Rejet, (en surface) Référence Surf (en surface)	3 camp. /an : Printemps, 26/03/2018	
	Physico-chimie / Chimie	Salinité	1 sub surface			
		Ammonium	1 sub surface			
		Nitrates	1 sub surface			
		Nitrites	1 sub surface			
		Phosphates	1 sub surface			
		Silicates	1 sub surface			
		Turbidité néphélométrique	1 sub surface			
		Matières en suspension ⁷	1 sub surface			
	Phytoplancton	Oxygène dissous	1 sub surface			
		Hydrazine	1 sub surface			
		Ethanolamine	1 sub surface			
		Flore Totale	1 sub surface			
		Chlorophylle	1 sub surface			
Zooplancton	Phéopigments	1 sub surface				
	Production primaire ⁷	1 mesure sub surface				
	Micro-organismes	Abondance Taxons indicateurs	1 WP2 (formolé)	Été, 21/06/2018		
Abondance zooplancton						
Benthique	Phytobenthos intertidal	Suivi des populations de Fucus serratus	Baguage de 100 pieds (pour suivi de longueur, diamètre, fertilité) : 10 pieds tous les 10 m. Biomasse : Pesée de 10 quadras de 50 x 50 cm dans chacun des 3 secteurs étudiés	Platier de Diélette, 1 radiale : - Baguage de pieds réalisé le long de la radiale - Biomasse mesurée en 3 secteurs sur la radiale	3 campagnes/an (printemps, été, automne) 3-4 mars 2018 14-15 juin 2018 09-10 sept. 2018	
	Zoobenthos intertidal (cirripèdes)	Suivi des populations de cirripèdes (densité de cirripèdes, % et densité des différentes espèces, densité des principales espèces accompagnatrices)	Densité des cirripèdes : 8 quadras de 5 x 5 cm Espèces principales : 4 quadras de 1/16m² par point Patelles : 12 quadras de 1/16m² par point	Pointe de Rozel : 4 points (1, 2, 3 et 4) Cap de Flamanville : 3 points (Sémaphore, Quédroy et Diélette) 4 points : Rozel n°2, Sémaphore, Quédroy et Diélette.	3 campagnes/an (printemps, été, automne) 3-4 mars 2018 14-15 juin 2018 09-10 sept. 2018	
						Étude de recolonisation du substrat
	Halieutique	Larves de crustacés	Population de : - larves d'araignées - larves de homard	2 Bongo 1 Neuston	4 stations : Canal d'amenée (station 1), Rejet (station 2), Au large, hors zone d'influence (station 3), Référence (station 4)	6 campagnes/an entre février et septembre 05 et 27 juil. 2018 09 et 23 août 2018 06 et 25 sept. 2018
		Crustacés (pêches expérimentales)	Caractéristiques biologiques	4 levées des 15 filières d'au moins 20 casiers	15 filières réparties à proximité des rejets du site	2 campagnes / an (juin et septembre) Du 5 au 8 juin 2018 Du 2 au 5 oct. 2018

⁷ Hors stratégie réglementaire

INTRODUCTION

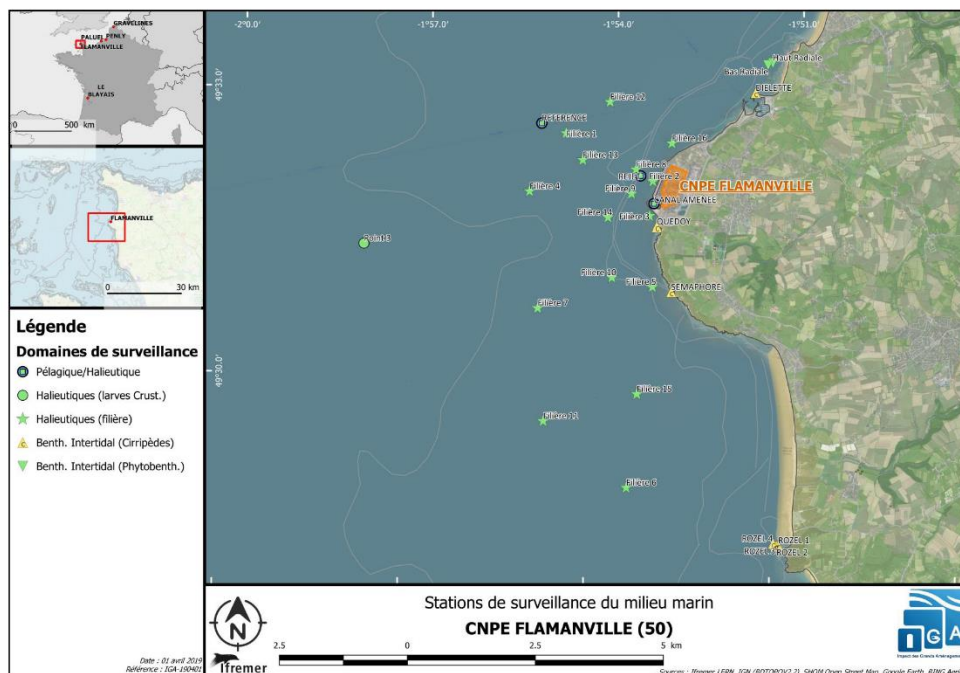


Figure 0-1 : Localisation des points suivis de la surveillance écologique du milieu marin autour du CNPE de Flamanville

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : PARAMÈTRES MESURÉS ET CAMPAGNES 2018



A CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL

Luc Drévès (DIR BRETAGNE)



Anse de Vauville vue de Diélette

A.1 FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

Le Centre Nucléaire de Production d'Électricité (CNPE) de Flamanville, situé sur la côte ouest de la péninsule du Cotentin, à 25 km au sud-ouest de Cherbourg, compte deux unités de production de 1 300 mégawatts (MW) de type REP "Réacteurs à Eau Pressurisée", raccordées au réseau en décembre 1985 pour la tranche 1, et juillet 1986 pour la tranche 2. La troisième unité en cours de construction (EPR) qui disposera d'une puissance de 1 650 mégawatts n'est pas concernée par la présente étude de surveillance.

Pour le refroidissement de ses condenseurs, la centrale aspire de l'eau de mer dans le canal d'amenée à raison d'un débit moyen de $45 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Les eaux échauffées sont évacuées par un bassin de rejet communiquant avec une galerie souterraine creusée à -75 mètres, d'une longueur de 460 mètres pour la tranche 1, de 604 mètres pour la tranche 2. Les têtes de rejet, situées à l'extrémité ouest de ces galeries, sont localisées aux alentours de l'isobathe 10 mètres. Le volume total d'eau de mer, prélevé et restitué par les pompes, avoisine les 2,5 milliards de m^3 pouvant varier entre 1,8 milliard en 2008 et 2,57 en 2011.

L'année 2018 est la 33^{ème} année de fonctionnement de ce CNPE, la trente-sixième année consécutive des études de surveillance du milieu marin menées par l'Ifremer.

Au-delà de quelques arrêts de courte durée pour l'une ou l'autre des deux tranches, les principaux arrêts de tranches concernent la tranche 1 entre mi-mars et fin décembre (figure 1.1.1).

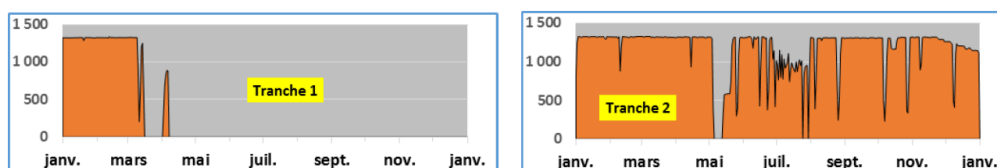


Figure A-1 : Puissance nette moyenne (MW) des tranches 1 et 2 de Flamanville en 2018

Le relevé quotidien, effectué par EDF (à 16 h), de la température de l'eau de mer dans le canal d'amenée (à l'entrée des pompes) et à la sortie des deux condenseurs, est transmis chaque mois à l'Ifremer. Un premier traitement de ces données est présenté sous forme graphique (Figure A-2 et Figure A-3). Les arrêts de tranches se traduisent par une diminution de la température de l'eau de mer à la sortie du condenseur de la tranche concernée.

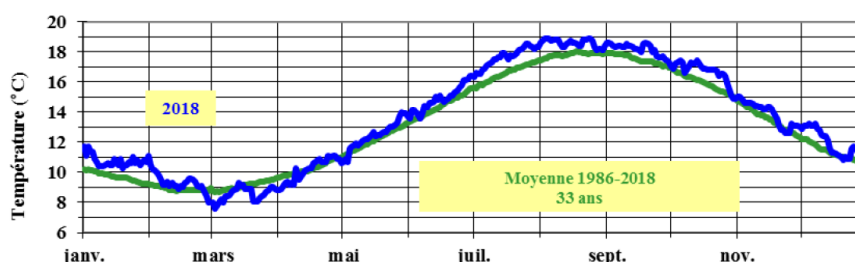


Figure A-2 : Évolution de la température journalière (à 16 h) de l'eau de mer dans le canal d'amenée du C.N.P.E. de Flamanville au cours de l'année 2018, comparée à la moyenne journalière enregistrée sur la période 1986-2018 (33 années)

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

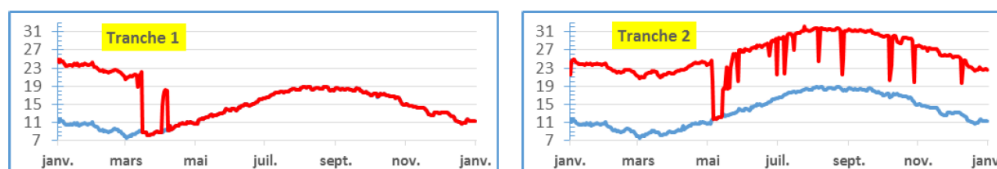


Figure A-3 : Comparaison de la température (°C) de l'eau de mer entre le canal d'amenée (courbe bleue) et la sortie des condenseurs des tranches 1 et 2 (courbe rouge), au cours de l'année 2018

L'écart journalier moyen entre la sortie des condenseurs et le canal d'amenée peut ainsi être calculé (Figure A-4). Cet écart thermique journalier moyen est à rapprocher de la puissance nette moyenne des deux tranches (Figure A-5).

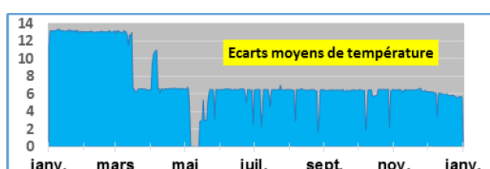


Figure A-4 : Écarts journaliers moyens de la température (°C) de l'eau de mer entre la sortie des deux condenseurs et le canal d'amenée, au cours de l'année 2018

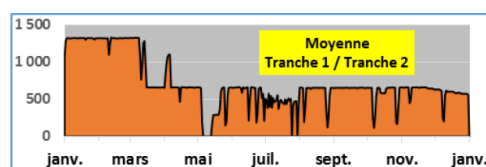


Figure A-5 : Puissance nette moyenne du CNPE de Flamanville, au cours de l'année 2018

Quand les deux tranches sont en fonctionnement (de janvier à la mi-mars par exemple), l'écart thermique journalier moyen entre la sortie des condenseurs et le canal d'amenée est de 13 °C. Cet écart thermique moyen est de 6 °C entre début mai et fin décembre, période où seule la tranche 2 a fonctionné. Pour rappel, dans des conditions optimales de mesure, le delta T observé en surface entre les rejets en mer (entre 450 et 600 m de la côte) et le canal d'amenée est très rarement supérieur à 2,5 °C. En dérivant dans le sens du courant, le delta T n'est pas détectable au-delà de 500 mètres.

En 2018, la procédure antisalissure par électrochloration n'a fonctionné qu'en tranche 2 et qu'à partir du mois de mai, et ce jusqu'à fin décembre. Il faut remonter à 1987 pour trouver un fonctionnement quasi similaire. Comme l'indiquent le Tableau A-1 ci-dessous, 193 tonnes de chlore ont ainsi été injectées dans les circuits de refroidissement au cours de l'année 2018. Par comparaison, l'injection avait été de 520 tonnes en 1987.

Tableau A-1 : Récapitulatif de la quantité mensuelle de chlore (en T) injecté dans le circuit d'eau de refroidissement du C.N.P.E. de Flamanville au cours de l'année 2018

Qté de chlore (T)	Mois												Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Tranche 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tranche 2	0,0	0,0	0,0	0,0	16,3	28,4	27,2	26,2	14,4	30,4	21,0	28,9	192,8
Total	0,0	0,0	0,0	0,0	16,3	28,4	27,2	26,2	14,4	30,4	21,0	28,9	192,8

Le tonnage annuel moyen de chlore injecté sur la période 1987-2018 est de 324 tonnes, à savoir 463 tonnes sur la période 1987-1993 (7 années), puis, suite au changement de protocole en 1994 à la suite du remplacement des installations d'électrochloration, 279 tonnes sur la période 1994-2018 (25 années). Les quantités de chlore, injectées annuellement, sont rappelées dans le tableau 1.1.3 ci-après.

Au cours de cette seconde période, le tonnage annuel de chlore reste élevé entre 1995 et 2007 (Figure A-6 et Tableau A-2), avec des valeurs dépassant 400 tonnes, notamment en 2001 et 2007, le maximum étant noté en 1998 (428 tonnes). De 2008 à 2015, le tonnage annuel est toujours inférieur à la moyenne de 283 tonnes, avec un minimum annuel observé en 2015 (135 tonnes). En 2016 et 2017, le

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE



tonnage annuel est sensiblement supérieur, ou égal à la moyenne enregistrée depuis 1995. En 2018, ce tonnage annuel est de nouveau inférieur.

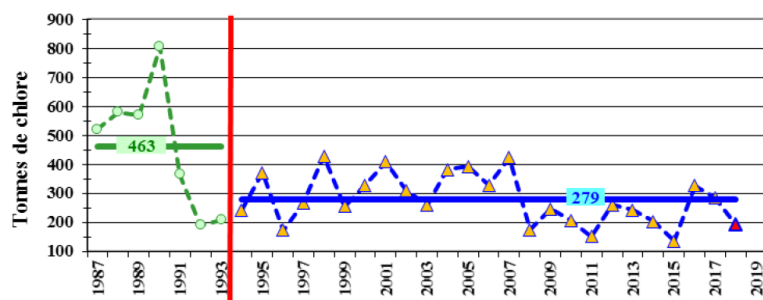


Figure A-6 : Evolution du tonnage annuel de chlore injecté à Flamanville depuis 1987, comparé aux moyennes annuelles des périodes 1987-1993 et 1994-2018

Tableau A-2 : Récapitulatif du tonnage annuel de chlore injecté dans le circuit de refroidissement du C.N.P.E. de Flamanville depuis 1987

Année	Cumul de janvier à juin	Cumul annuel
1987	100,8	424
1988	59,1	580
1989	189,6	570
1990	104,0	805
1991	60,4	365
1992	29,5	191
1993	5,2	209
Moy. 1987-1993		463
Modification du protocole		
1994	80,1	243
1995	117,4	371
1996	52,7	173
1997	27,6	266
1998	138,3	428
1999	82,7	256
2000	83,7	327
2001	100,2	408
2002	102,0	308

Année	Cumul de janvier à juin	Cumul annuel
2003	132,6	260
2004	49,1	382
2005	118,8	392
2006	114,6	329
2007	117,5	423
2008	64,3	174
2009	89,8	268
2010	56,9	236
2011	89,8	354
2012	101,6	261
2013	67,4	242
2014	89,1	203
2015	25,7	135
2016	106,6	326
2017	63,4	286
2018	44,7	193
Moy. 1994-2017		279

A.2 CLIMATOLOGIE

Les données communiquées par le centre de météo-France de Cherbourg proviennent d'enregistrements réalisés au sémaphore d'Auderville (température de l'air et pluviométrie) depuis janvier 1949 (l'année 2018 est ainsi la 70^{ème} année d'observations météorologiques sur ce site). Les données d'insolation viennent de la station de Valognes entre janvier 1986 et décembre 2008, puis de Sainte Marie du Mont jusqu'en décembre 2016, de Gonneville pour les deux dernières années.

Depuis 1994 et jusqu'en 2008, les données utilisées dans ce rapport pour la température quotidienne de l'air représentaient la moyenne des données tri-horaires (8 par 24h) fournies par Météo France. La température quotidienne de référence fournie par Météo France est la moyenne du minimum de température mesurée entre 18 H UTC la veille et 18 H UTC le jour, et du maximum de température mesurée entre 06 H UTC le jour et 06 H UTC le lendemain. Dans un souci de conformité, à partir de 2009 les températures quotidiennes de l'air utilisées sont donc les températures de référence calculées par Météo France. L'ensemble des températures quotidiennes depuis 1994 a été mis à jour.

Le climat dominant de la région Basse-Normandie est de type océanique : le courant perturbé atlantique, établi en moyenne à hauteur du 50^{ème} parallèle nord, conditionne fortement les précipitations, les températures ainsi que le régime de vent.

Cependant, entre les régions littorales et l'intérieur des terres, les disparités sont sensibles. De même, l'influence du relief, même si les altitudes entrant en jeu sont modestes, est tout sauf insignifiante.

A.2.1 PLUVIOMÉTRIE

Au regard des données acquises depuis 1949, la pluviométrie sur le nord-ouest Cotentin au cours de l'année 2018 (Figure A-7) se caractérise par :

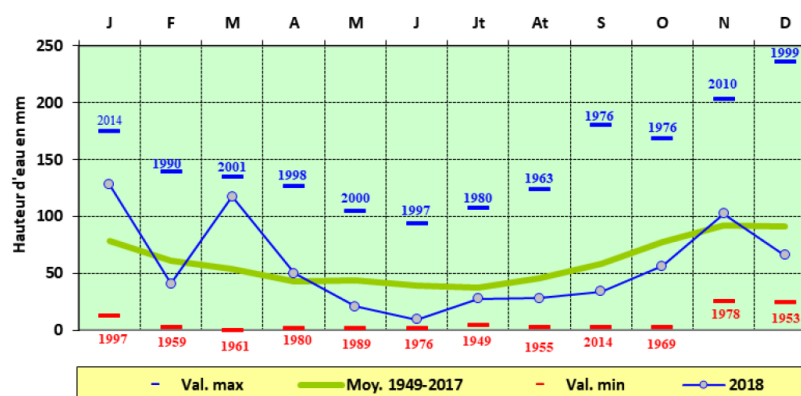


Figure A-7 : Pluviométrie mensuelle au sémaphore de La Hague au cours de l'année 2018, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles obtenues sur la période 1949-2018.

- Seuls quatre mois présentent une pluviométrie supérieure aux moyennes mensuelles : janvier (+ 49,22 mm), mars (+ 63,37 mm), avril (+ 7,14 mm) et novembre (+ 10,01 mm) ;
- Un excédent pluviométrique du premier trimestre (+ 92,61 mm), résultat des mois de janvier et mars ;
- Un déficit pluviométrique des trois autres trimestres, - 45,3 mm pour le second, - 51,9 mm pour le troisième et - 36,9 mm pour le dernier.

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : CLIMATOLOGIE



Le cumul pluviométrique annuel noté en 2018 est de 681,2 mm, déficitaire (- 41,5 mm) au cumul annuel moyen établi sur la période 1949-2018 (722,7 mm).

Sur la période 1949-2018, la pluviométrie mensuelle moyenne est ainsi de 60,22 mm, les moyennes extrêmes étant notées en juillet pour le minimum (37,7 mm) et novembre pour le maximum (92,4 mm). Le cumul annuel moyen sur la période de 1949/2018 est de 722,7 mm, variant de 430,4 mm en 1953 (déficit pluviométrique annuel de 292,3 mm) à 1001,2 mm en 1994 (excédent annuel de 278,5 mm) (Figure A-8).

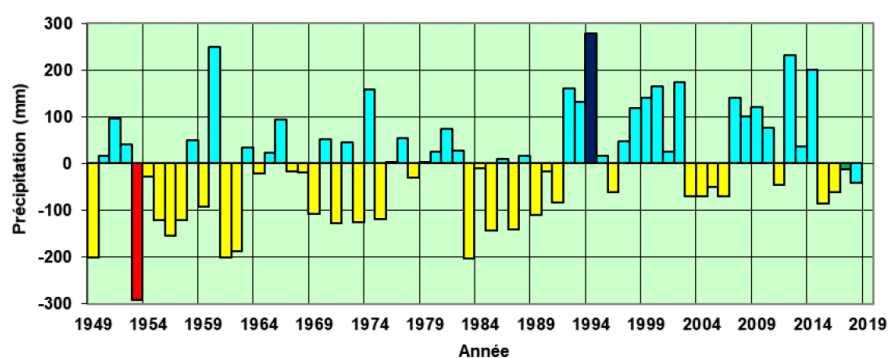


Figure A-8 : Ecart pluviométriques annuels à la moyenne 1949-2018 au sémaphore de La Hague. Les deux années extrêmes 1953 et 1994, ainsi que l'année en cours sont repérées par une couleur spécifique.

Sur cette période 1949/2018, l'observation des cumuls annuels par période décennale (Figure A-9) permet d'apprécier la forte pluviométrie des deux décennies successives 1989-1998 (cumul moyen 770,9 mm) et 1999-2008 (771,4 mm). Ces deux cumuls sont largement supérieurs aux décennies précédentes (689 mm, 1979/1988 ; 651 mm, 1949/1958). La représentation graphique de la décennie en cours (2009/2018) n'est pas encore interprétable (8 années sur 10), mais indiquerait malgré tout un cumul décennal quasi similaire aux deux décennies juste écoulées (770 mm).

L'observation des cumuls moyens glissants sur dix ans permet d'identifier les deux décennies extrêmes : 1953/1962 (633 mm) et 1993/2002 (826 mm).

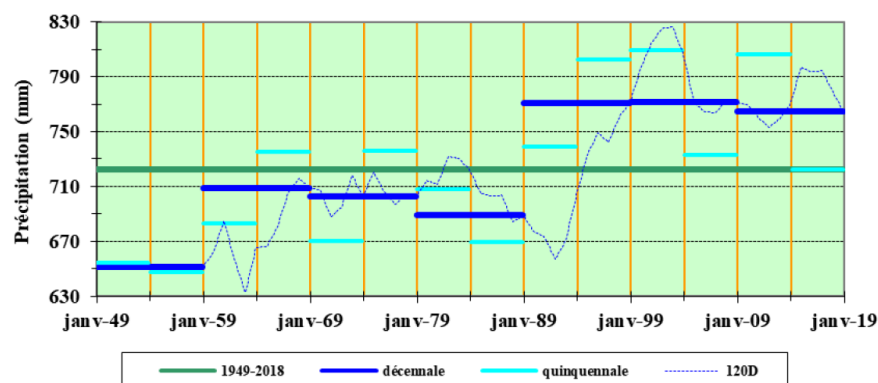


Figure A-9 : Pluviométrie au sémaphore de La Hague de 1949 à 2018 - Comparaison des cumuls quinquennaux et décennaux au cumul moyen annuel observé sur la totalité de la période.

Les données météorologiques à notre disposition à la station d'Auderville remontent à 1949, permettant ainsi d'y disposer de cinq périodes finies d'observations de trente ans. Cette durée est

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : CLIMATOLOGIE



similaire à celle retenue par la météorologie pour définir la "normale saisonnière"⁸ ou "normale climatique", mais dans ce dernier cas avec un départ de période à l'an 1 de chaque décennie. Les normales climatiques officiellement en vigueur en France aujourd'hui ont ainsi été calculées sur la période 1981-2010. Pour la station d'Auderville, la visualisation de l'évolution des moyennes trentenaires à partir de 1949 (Figure A-10) montre une augmentation importante et régulière de la pluviométrie. Cette observation n'est pas aussi visualisable aux abords du Pays de Caux en Manche Est.

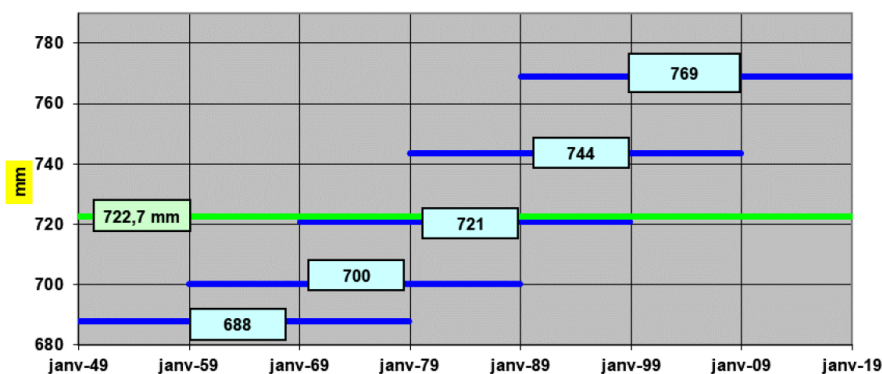


Figure A-10 : Pluviométrie au sémaphore de La Hague de 1949 à 2018. Visualisation de l'évolution des « moyennes trentenaires » (~ « normales saisonnières ») depuis le 1er janvier 1949.

A.2.2 INSOLATION.

L'importance de l'insolation mensuelle moyenne (Figure A-11) est directement dépendante de la durée même du jour. Sur la période 1986-2018, elle est de ce fait minimale de novembre à février (< 100 heures), décembre n'ayant que 56 heures d'insolation moyenne, et maximale de mai à août (> 200 heures), juillet présentant 220 heures d'insolation. Mais la couverture nuageuse peut perturber ce schéma.

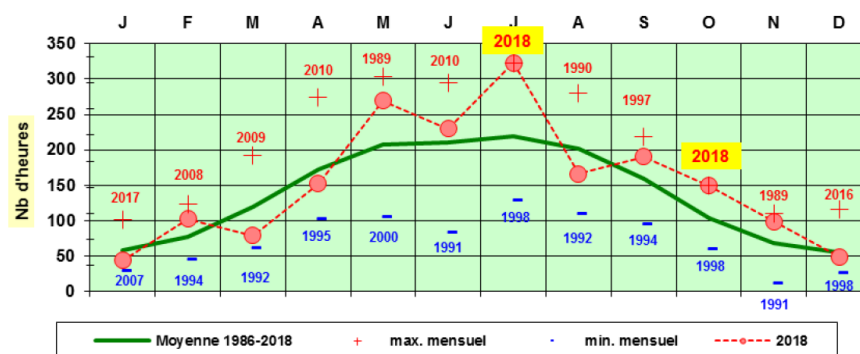


Figure A-11 : Insolation mensuelle à Gonneville au cours de l'année 2018, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles obtenues sur la période 1986-2018

L'année 2018 est caractérisée (i) par un ensoleillement déficitaire pendant cinq mois, notamment mars (- 41 heures) et août (- 35 h), (ii) l'enregistrement de deux nouveaux ensoleillements extrêmes en juillet (323 h ; + 103 h par rapport à la moyenne de ce mois) et octobre (149 h ; + 46 h).

⁸ « Moyennes de variables météorologiques/hydrométéorologiques (température, pluie, humidité) calculées sur une période uniforme relativement longue portant sur un minimum de trente années consécutives. »

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : CLIMATOLOGIE



Avec un cumul d'insolation annuelle de 1855 heures, l'année 2018 est excédentaire, comparée à l'insolation annuelle moyennes des 33 dernières années (1657 heures).

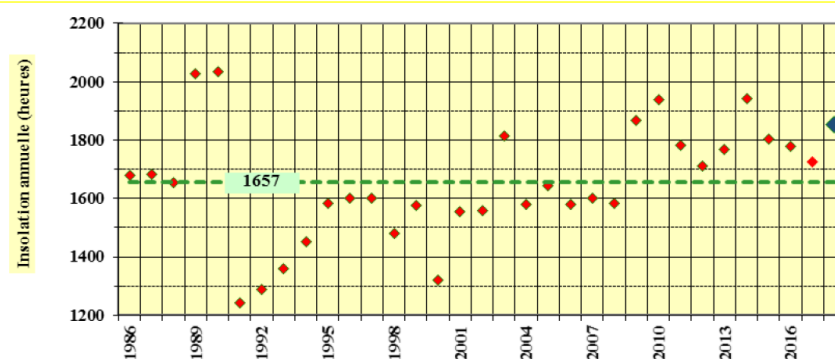


Figure A-12 : Insolation annuelle dans le secteur de La Hague depuis 1986, comparée à la moyenne annuelle obtenue sur la totalité de la période.

A.2.3 TEMPÉRATURE DE L'AIR

Au cours des 70 dernières années (1949/2018), la température moyenne mensuelle de l'air (figure 2.1.7) varie de 6,81 °C en février à 17,03 °C en août, donnant un écart thermique moyen de 10,22 °C entre ces deux mois. Les moyennes mensuelles extrêmes ont été enregistrées en janvier 1963 (2,0 °C) et en août 2003 (18,9 °C).

Sur la totalité de cette période 1949/2018, la température moyenne actuelle est de 11,66 °C. Depuis la première période décennale 1949/1958 (11,3 °C), la température moyenne est relativement stable jusqu'à l'intégration de la décennie 1989/1998 qui rompt cette stabilité et est le début d'une hausse continue

Tableau A-3 : Evolution de la température moyenne pluriannuelle de l'air depuis 1949

Période	1958	1968	1978	1988	1998	2008	2018
1949 / 1958 (10 ans)	11,32 °C						
1949 / 1968 (20 ans)	11,36 °C						
1949 / 1978 (30 ans)	11,32 °C						
1949 / 1988 (40 ans)	11,28 °C						
1949 / 1998 (50 ans)	11,41 °C						
1949 / 2008 (60 ans)	11,58 °C						
1949 / 2018 (70 ans)	11,66 °C						

L'année la plus chaude (rang 1) est 2014 avec une température moyenne annuelle de 12,96 °C. Viennent ensuite les années 2002 (12,74 °C), 1999 (12,67 °C) et 2017 (12,64 °C). L'année la plus froide (rang 70) est 1963 avec 9,99 °C, suivie par 1956 (10,58 °C) et 1986 (10,63 °C). Le plus grand écart thermique, entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud d'une même année, est noté en 1987 avec 14,1 °C ; le plus faible en 2007 avec 8,5 °C.

L'année 2018, avec une température moyenne de 12,38 °C, se classe au rang 12, prolongeant la série des dernières années toutes excédentaires : 2014 (rang 1), 2015 (rang 16), 2016 (rang 21) et 2017

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : CLIMATOLOGIE



(rang 4). L'année 2018 présente un écart thermique de 11,40 °C entre février (6,0 °C) et août (17,4 °C), écart supérieur à l'écart thermique moyen annuel (10,8 °C) noté sur ces 70 années.

Aux seules exceptions des mois de février et mars déficitaires (- 0,81 °C et - 0,29 °C), l'année 2018 se caractérise par des températures mensuelles supérieures aux moyennes saisonnières, sans présenter toutefois l'enregistrement de nouveau extrême thermique pour un mois donné. À noter le bilan thermique moyen mensuel des deux semestres (respectivement + 0,6 °C et + 0,9 °C).

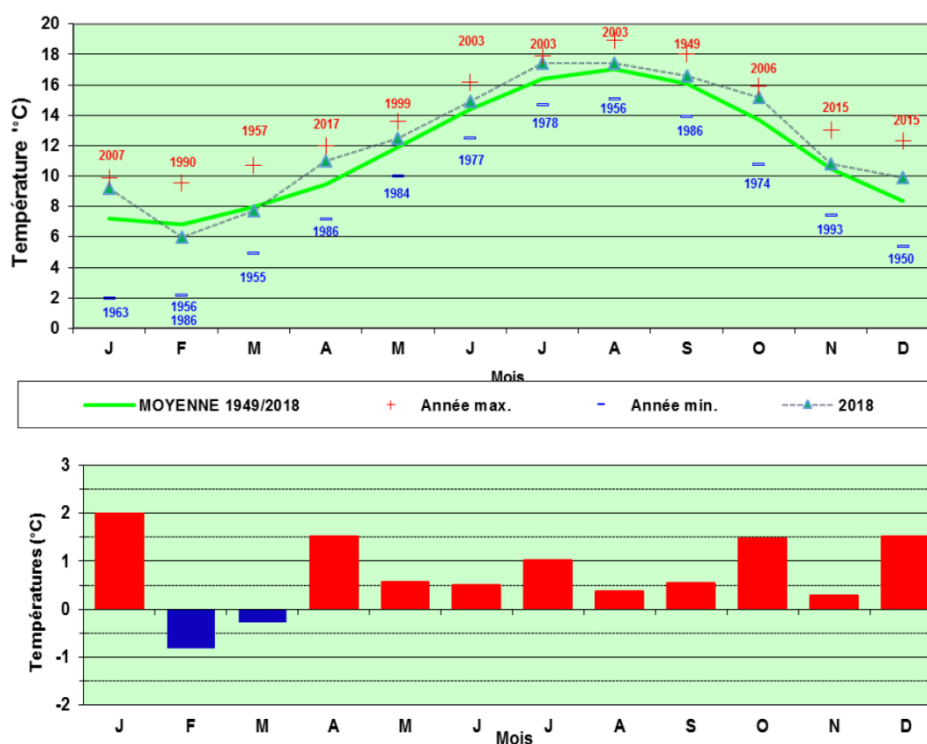


Figure A-13 : Température mensuelle moyenne de l'air à La Hague au cours de l'année 2018, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées sur la période 1949-2018, et visualisation des écarts mensuels 2018.

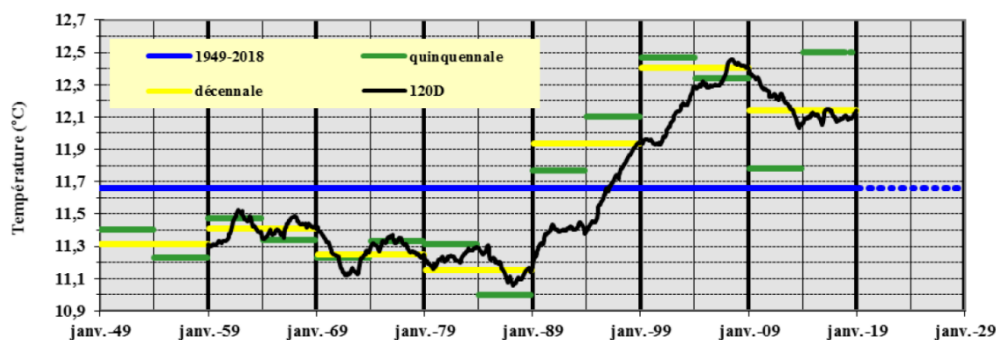


Figure A-14: Température de l'air au sémaphore de La Hague de 1949 à 2018. Comparaison des moyennes quinquennales et décennales à la moyenne observée sur la totalité de la période

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : CLIMATOLOGIE



Sur la période 1949/2018, l'observation de la température mensuelle moyenne de l'air par période décennale (figure 2.1.8) permet d'apprécier l'échauffement moyen de 1,2 °C entre les décennies 1979/1988 (température moyenne de 11,2 °C) et 1999/2008 (12,4 °C). L'observation des moyennes glissantes sur dix ans permet de préciser les deux décennies extrêmes : avril 1977 / mars 1987 (11,06 °C) et août 1997 / juillet 2007 (12,46 °C), l'échauffement moyen entre ces deux périodes étant de 1,3°C.

L'observation des températures moyennes de l'air sur des périodes pluriannuelles (5 ou 10 ans) montre, certes un échauffement évident, mais surtout l'accentuation du phénomène à partir de la fin des années 1980. Après 2009, les moyennes montrent que l'échauffement semble s'atténuer. Pour la station d'Auderville, la visualisation de l'évolution des cinq moyennes trentenaires (assimilables à la notion de « normales saisonnières ») à partir de 1949 (Figure A-15) montre l'augmentation importante et régulière de la température de l'air au cours des trois dernières moyennes.

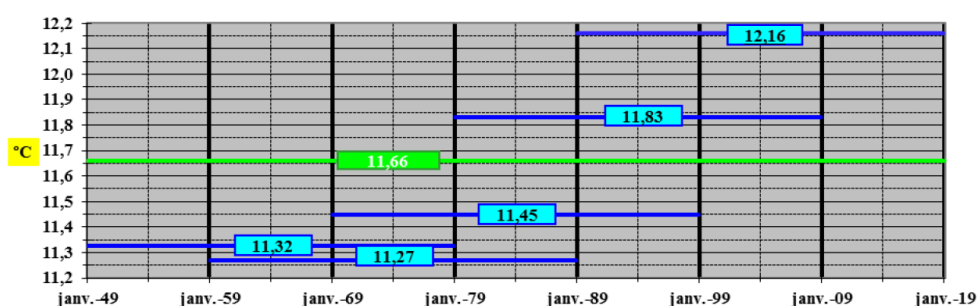


Figure A-15 : Température de l'air au sémaphore de La Hague de 1949 à 2018
Visualisation de l'évolution des moyennes trentenaires depuis le 1er janvier 1949

A.2.4 CARACTÉRISTIQUES DE L'ANNÉE 2018

L'année 2018 se caractérise par :

- Un cumul annuel des précipitations (681 mm), déficitaire de 42 mm au cumul moyen enregistré sur la période 1949-2018 (723 mm).

Tableau A-4: Bilan des cumuls pluviométriques trimestriels (en mm) sur la période 1949-2018
(rang/70 ans : de 1 sec à 70 très humide)

	Minimum	Année	Moyenne	2018	Rang/70	Maximum	Année
Trim. 1	48,60	1953	193,9	286,5	62	377,8	2014
Trim. 2	26,20	1976	125,7	80,4	13	243,7	1964
Trim. 3	52,40	1964	141,6	89,7	13	307,5	1974
Trim. 4	101,80	1953	261,5	224,6	27	422,6	2012
Cumul	430,4	1953	722,7	681,2	26	1001,2	1994

- Un cumul d'insolation annuelle (1855 heures) supérieure à la moyenne annuelle enregistrée depuis 1986 (1657 heures). À noter l'enregistrement de deux nouveaux ensoleillements extrêmes en juillet et en octobre.

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : TEMPÉRATURE DE L'EAU DE MER



- Une température moyenne annuelle de l'air élevée (12,38 °C) supérieure à la moyenne enregistrée sur la période 1949-2018 (11,66 °C), résultant de moyennes mensuelles et trimestrielles généralement supérieures aux moyennes saisonnières, aux seules exceptions des mois de février et mars.

Tableau A-5 : Bilan des températures moyennes trimestrielles (°C) sur la période 1949-2018
(Rang/70 ans : de 1 chaud à 70 froid)

	Minimum	Année	Moyenne	2018	Rang/70	Maximum	Année
Trim. 1	3,77	1963	7,33	7,63	30	9,46	2007
Trim. 2	10,59	1977	11,93	12,80	12	13,30	1961
Trim. 3	14,97	1986	16,48	17,13	15	17,95	2003
Trim. 4	9,17	1952	10,86	11,97	5	13,00	2015
Année	9,99	1963	11,63	12,38	12	12,96	2014

Les résultats obtenus sur les différents paramètres surveillés des trois domaines pélagique, benthique et halieutique, sont globalement dépendants de ces conditions météorologiques naturelles.

A.3 TEMPÉRATURE DE L'EAU DE MER

Depuis 1986 (soit 33 années de mesures), EDF effectue un relevé quotidien (à 16h00) de la température de l'eau de mer dans le canal d'amenée. Le résultat des levés réalisés au cours de l'année 2018 est présenté sur la Figure A-2 (page 15).

Sur l'ensemble de ces 33 années (Tableau A-8, page 30), le minimum de température mensuelle moyenne de l'eau de mer dans le canal d'amenée est noté en février (8,90 °C), les valeurs extrêmes étant enregistrées en 1986 (6,80 °C) et 2016 (10,33 °C). Le maximum mensuel moyen est observé en août (17,81 °C), oscillant entre 16,28 °C en 1986 et 18,60 °C en 2014.

La température moyenne annuelle est de 13,09 °C si on se réfère à la moyenne des 33 années (chaque mois a le même « poids »), 13,12 °C si on se réfère à la moyenne des 12 053 valeurs quotidiennes acquises au cours de ces années. Les moyennes annuelles extrêmes sont 11,37 °C en 1986 et 14,18 °C en 2014. Entre ces deux années extrêmes, l'écart thermique est de 2,8 °C.

L'observation des moyennes mensuelles enregistrées au cours de l'année 2018 (Figure A-16) montre des températures toujours supérieures aux moyennes saisonnières, hormis les deux mois de mars et avril.

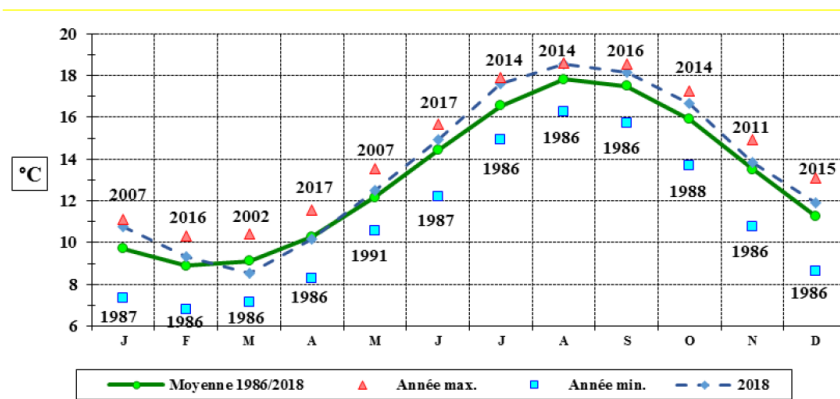


Figure A-16 : Évolution de la température moyenne mensuelle de l'eau de mer dans le canal d'amenée du CNPE de Flamanville en 2018, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées sur la période 1986-2018 (33 années)

En 2018, l'écart mensuel le plus faible à la moyenne du mois est noté en avril (- 0,10 °C), puis en mai (+ 0,31 °C). L'écart maximal est observé en juillet (+ 1,075 °C), puis en janvier (+ 1,065 °C).

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : TEMPÉRATURE DE L'EAU DE MER



Au niveau des températures, tant de l'eau de mer que de l'air, l'hiver 2017-2018 est relativement doux, à l'image des deux derniers hivers 2015-2016 et 2016-2017.

Les observations faites sur la température de l'air au cours de l'année 2018 peuvent, avec quelques nuances, être intégralement reprises pour commenter l'évolution de la température de l'eau de mer pendant la même période. L'année 2018 se caractérise ainsi par des températures moyennes mensuelles, tant pour l'air que pour l'eau de mer, quasiment toujours supérieures aux normales saisonnières, au seules exceptions de deux mois, février et mars pour l'air, mars et avril pour l'eau de mer. Ce décalage d'un mois illustre l'inertie thermique de l'eau de mer par rapport à l'air.

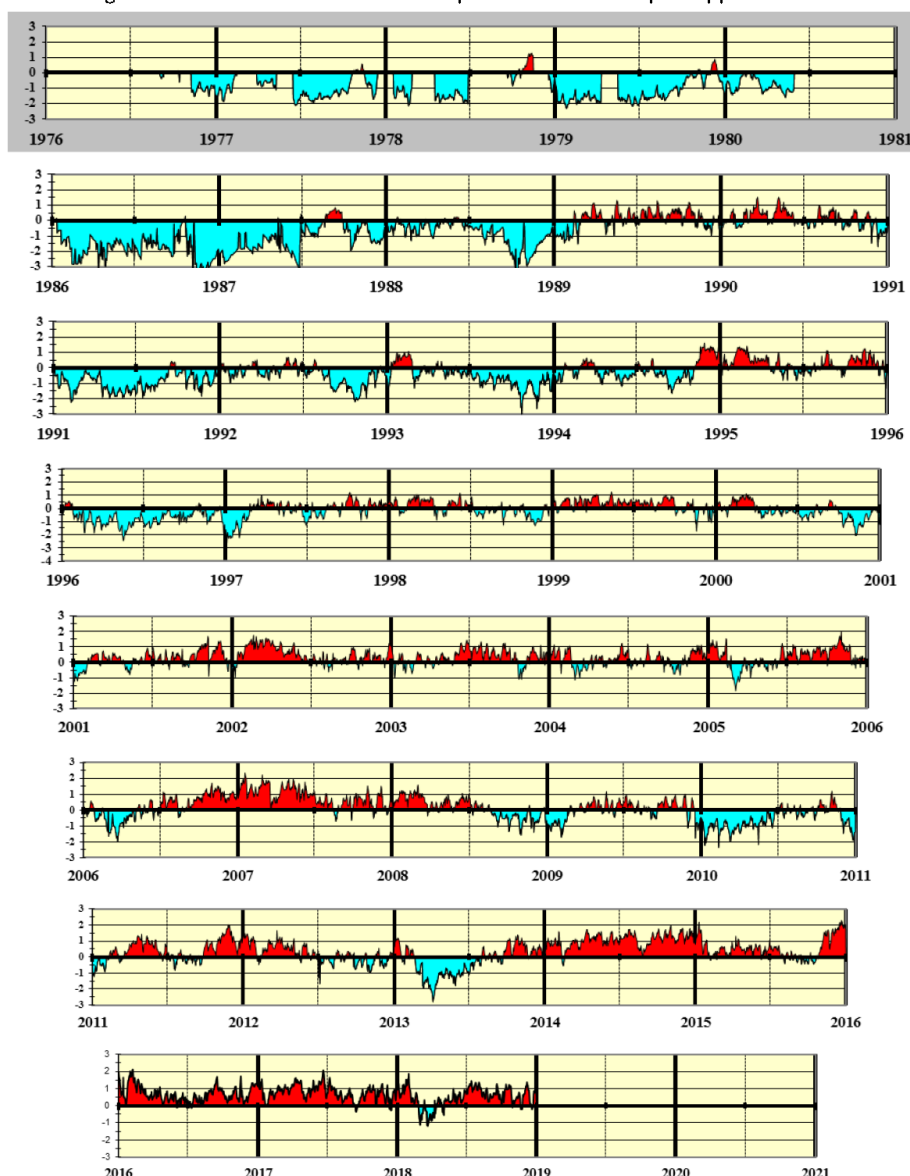


Figure A-17 : Anomalies de la température de l'eau de mer à Flamanville - Ecart thermique journalier (en °C) à la moyenne quotidienne (moyenne estimée sur la période janvier 1986 - décembre 2018)

Pour un jour donné, l'écart journalier à la moyenne quotidienne estimée au cours de ces 33 années est calculé. Les écarts oscillent entre - 3,67 °C (le 14/11/1986) et + 2,34 °C (le 18/01/2007). En 2018, les

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : TEMPÉRATURE DE L'EAU DE MER



écarts thermiques extrêmes ont été observés, positivement le 31 janvier (+ 1,87 °C), négativement le 22 mars (- 1,18 °C).

La représentation graphique de ces anomalies journalières permet de visualiser la dominante thermique d'une année donnée (Figure A-17), ou par exemple les conditions thermiques des périodes (jours, semaines, ...) précédant les jours de prélèvements.

Ces écarts, moyennés sur l'année (Tableau A-6), permettent :

- D'apprécier le bilan thermique record, excédentaire de l'année 2014 (+ 1,06 °C.j⁻¹), déficitaire de l'année 1986 (- 1,75 °C.j⁻¹). L'écart thermique entre ces deux années atteint 2,8 °C.j⁻¹, laissant supposer de réelles adaptations de la flore et de la faune marines du nord-ouest Cotentin à ces écarts thermiques. Ces adaptations ne sont pas toujours immédiatement détectables.
- D'observer la place des cinq dernières années 2014 à 2018 qui enregistrent huit maxima thermiques mensuels sur les 12 mois de l'année (Figure A-16)
- De noter que les années 2010 et 2013 sont les deux seules années du XXI^{ème} siècle à présenter un bilan thermique déficitaire.

Tableau A-6 : Bilan thermique moyen journalier de 1986 à 2018
(les 33 années sont classées de la plus chaude à la plus froide).

An	2014	2007	2017	2016	2015	2018	2002	2011	2005	2003	1999	1995	2001
Écart (°C.j ⁻¹)	1,06	0,85	0,79	0,70	0,54	0,4915	0,4910	0,39	0,33	0,32	0,31	0,27	0,22
An	2012	2004	2006	2008	1990	1989	1998	2009	1997	1994	2000	2013	1992
Écart (°C.j ⁻¹)	0,20	0,18	0,18	0,14	0,11	0,09	0,01	0,01	-0,14	-0,17	-0,19	-0,26	-0,44
An	1993	2010	1996	1988	1991	1987	1986						
Écart (°C.j ⁻¹)	-0,55	-0,55	-0,72	-0,84	-0,93	-1,13	-1,75						

La température moyenne au cours de la première période quinquennale 1986/1990 était de 12,41 °C. L'observation de l'évolution de cette moyenne par périodes de plus en plus longues (10 ans, 15 ans, 20 ans, etc.) permet d'apprécier l'échauffement moyen de l'eau de mer (Tableau A-7), observation similaire à celle faite pour la température de l'air.

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : TEMPÉRATURE DE L'EAU DE MER



Tableau A-7 : Evolution de la température moyenne pluriannuelle de l'eau de mer depuis 1986

Période	Durée (années)	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018	%
1986/1990	5	12,41 °C							
1986/1995	10	12,59 °C							+1,4%
1986/2000	15	12,71 °C							+1,0%
1986/2005	20	12,89 °C							+1,4%
1986/2010	25	12,96 °C							+0,5%
1986/2015	30	13,05 °C							+0,7%
1986/2018	33	13,12 °C							+0,5%

Ces échauffements moyens imposent à la faune et la flore marines de s'adapter. Les espèces occupant la zone intertidale sont directement et doublement soumises à ces deux échauffements : celui de l'eau de mer à marée haute, celui de l'air à marée basse. Des déplacements d'habitats et/ou des évolutions de biomasses, par exemple benthiques mais sans exclusivité, devraient être constatés. Ainsi, au chapitre 4 du présent rapport, l'évolution des recrutements printaniers des crustacés cirripèdes intertidaux s'explique par ces variations thermiques ; la décroissance des biomasses des *Fucus serratus*, macro algues intertidales, peut y trouver une explication.

Au cours de la période 1986/2018, les moyennes mensuelles des températures de l'air à La Hague et de l'eau de mer à Flamanville présentent des variations similaires avec un léger décalage dû à l'inertie de la masse d'eau.

Au cours des 33 dernières années, la température moyenne annuelle est de 13,10 °C pour l'eau de mer, 12,06°C pour l'air.

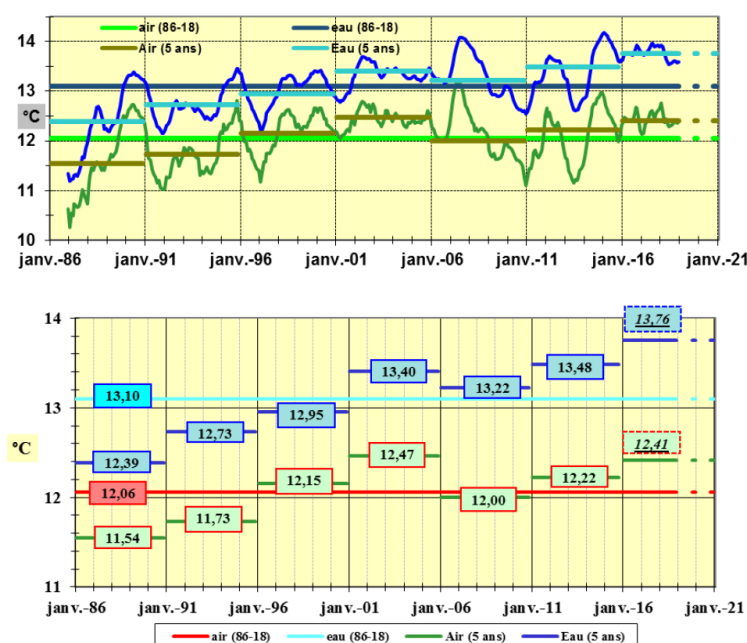


Figure A-18 : Comparaison des « anomalies » mensuelles des températures de l'air (Cap de La Hague) et de l'eau de mer (Flamanville) au cours des 33 dernières années (1986-2018)

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : TEMPÉRATURE DE L'EAU DE MER



La comparaison de ces températures (Figure A-18), soit par moyenne mobile calculée sur les 12 derniers mois, soit par période quinquennale, montre sur le long terme la similitude des variations de températures observées tant dans l'eau que dans l'air dans ce secteur du nord-ouest Cotentin.

Une corrélation significative existe entre ces deux paramètres (Figure A-19). Elle montre un échauffement plus lent de l'eau de mer de janvier à juillet (points situés sous la courbe de tendance). Il en est de même pour le refroidissement d'août à décembre (points positionnés au-dessus de la courbe de tendance). En 2016, les 12 valeurs étaient quasiment toutes positionnées au-dessus de cette courbe de tendance. En 2017, seuls les points représentant mars, mai et juin étaient clairement positionnés sous cette courbe. Avec l'ajout du mois d'avril, il en est de même en 2018.

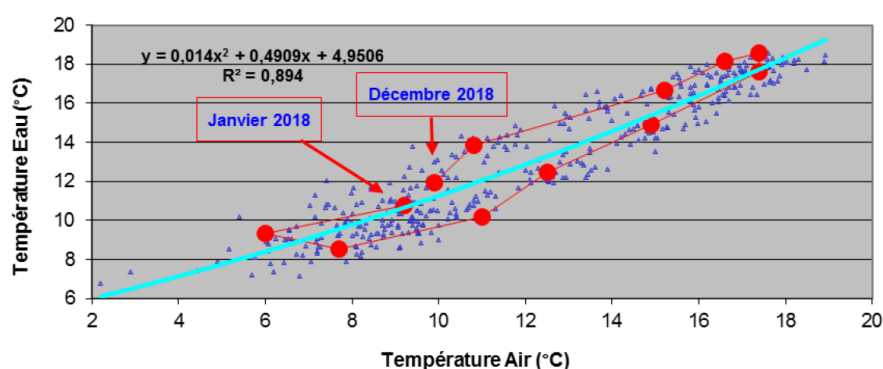


Figure A-19 : Variation de la température moyenne mensuelle de l'eau de mer (données EDF) en fonction de celle de l'air (données Météo-France). Les données 2018 sont repérées en rouge.

La température de l'eau de mer est un paramètre moins suivi que la température de l'air. Ainsi, les données disponibles lors de l'élaboration du projet industriel d'EDF dans les années 1970 étaient relativement anciennes, car acquises entre 1904 et 1923 et publiées en 1935 par J. R. Lumby, du ministère de l'agriculture et des pêches de Londres (627 valeurs pendant 20 ans au point R 26 repéré comme étant le plus proche du cap de Flamanville).

Afin de compléter et actualiser ces quelques données bibliographiques anciennes, la direction de l'équipement d'EDF a installé, dès 1976 en collaboration avec le Laboratoire National d'Hydraulique (LNH⁹), des thermographes Fertex et Aanderaa à une profondeur de 12 mètres au point de latitude nord 49° 32' 29'' et de longitude ouest 001° 53' 49''. 999 nouvelles données de température de l'eau de mer ont ainsi pu être enregistrées, d'une manière discontinue, de septembre 1976 à mai 1980.

Les moyennes annuelles ainsi obtenues sont comparées à celles enregistrées depuis 1986 (base de 12 053 données acquises quotidiennement pendant ces 33 années ; Figure A-20 et Figure A-21). L'échauffement mensuel moyen de la période 1986-2018 par rapport à la période 1904-1923 est de 1,19 °C. Il est moindre en janvier et décembre (respectivement + 0,26 °C et + 0,32 °C), supérieure à 1,5 °C de mai à septembre, l'écart maximal étant observé en juillet (+ 2,08 °C). À noter que ces valeurs ont augmenté de 0,02 °C par rapport à celles mentionnées dans le rapport de l'an dernier.

La comparaison directe des moyennes interannuelles observées, d'une part au début du XX^{ème} siècle, d'autre part en fin de XX^{ème} - début du XXI^{ème}, doit cependant rester prudente du fait (i) du positionnement sensiblement différent des points de mesures (le plus récent étant très côtier et moins profond que le « Lumby »), et (ii) du suivi métrologique des instruments de mesures.

Ces précautions étant prises, un échauffement de la température interannuelle moyenne légèrement supérieur à 1,2 °C est ainsi observé entre ces deux périodes d'une vingtaine d'années pour la plus ancienne, de 33 ans pour la plus récente.

9 Aujourd'hui dénommé Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement (LNHE)

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : TEMPÉRATURE DE L'EAU DE MER

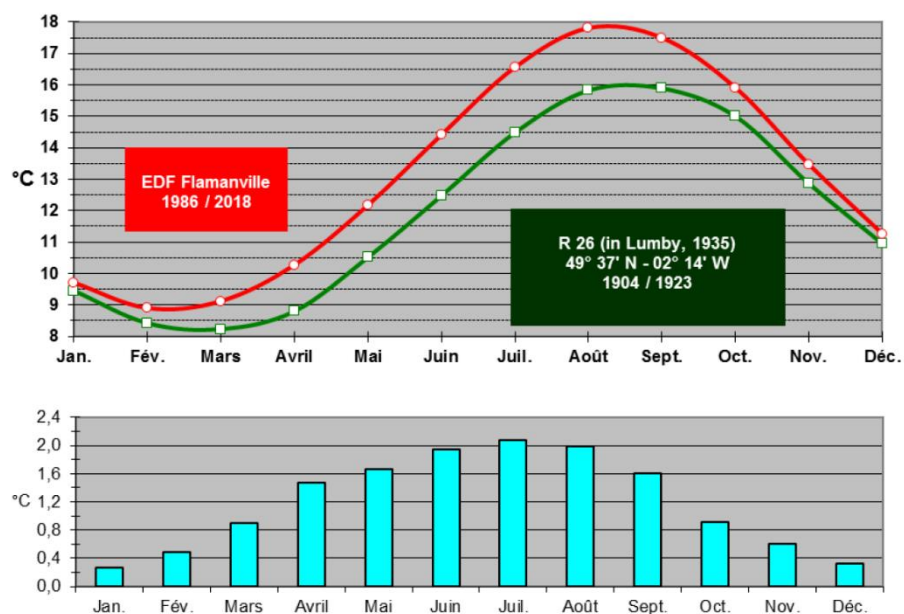


Figure A-20 : Comparaison des températures mensuelles moyennes de l'eau de mer au droit du Cap de Flamanville, entre 1904 et 2018, avec représentation graphique des écarts mensuels.

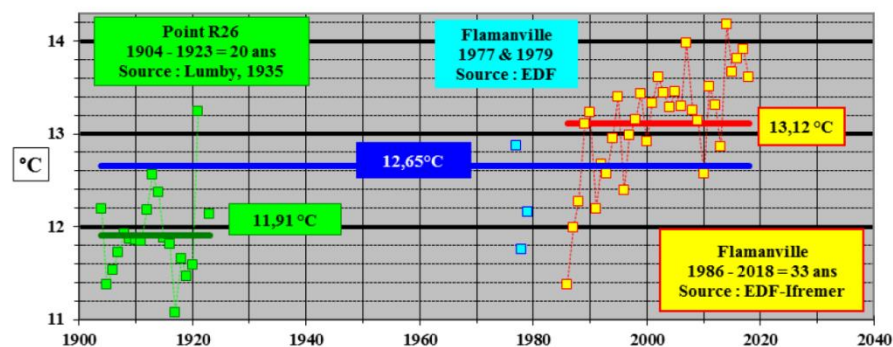


Figure A-21 : Comparaison des températures annuelles moyennes de l'eau de mer au droit du Cap de Flamanville, Entre 1904 et 2018.

En complément de la synthèse des caractéristiques météorologiques de l'année 2018 présentée précédemment, enrichie de la comparaison avec le bilan thermique excédentaire de l'eau de mer pour la même année, le constat est fait pour les 18 premières années du XXI^{ème} siècle que seules les années 2010 et 2013 présentent un bilan thermique annuel négatif pour ce qui concerne l'eau de mer. À quelques nuances près, un constat similaire est fait en plusieurs points de l'ensemble du littoral de la Manche Ouest (Bretagne-Nord) et Est (Normandie).

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : TEMPÉRATURE DE L'EAU DE MER



Tableau A-8 : Bilan détaillé des mesures de température de l'eau de mer réalisée entre janvier 1986 et décembre 2018 par EDF dans le canal d'amenée de la Centrale de Flamanville.
Pour chaque mois, sont mentionnés le nombre de mesures effectuées et la moyenne de ces mesures, les valeurs extrêmes étant repérées en trame bleue (moyenne minimale) ou rouge (moyenne maximale). Pour chaque bilan annuel, sont mentionnées la température moyenne obtenue à partir des 12 valeurs mensuelles et celle obtenue à partir de l'ensemble des mesures réalisées pendant l'année. [Tableau établi selon le même modèle de Lumby, en 1935]

FLAM	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Nb Mois	Bv Valeurs	Moy. 12 M	Moy. 365 J
1986	9.11	6.80	7.16	8.31	10.61	12.63	14.91	16.28	15.74	15.12	10.78	8.63	12	365	11.34	11.37
1987	7.34	7.21	7.34	9.02	10.95	12.22	15.83	17.65	18.01	14.96	13.00	10.05	12	365	11.97	11.99
1988	9.34	8.41	8.65	9.76	12.08	14.28	16.05	16.91	16.35	13.69	11.28	10.24	12	365	12.25	12.27
1989	8.74	8.17	9.59	10.38	12.44	14.61	16.95	18.23	17.95	16.44	12.41	11.01	12	365	13.08	13.11
1990	9.76	8.86	9.74	10.51	12.98	14.43	16.38	18.19	17.59	15.98	13.36	10.65	12	365	13.20	13.23
1991	9.04	7.44	8.57	9.31	10.57	12.90	15.29	16.80	17.33	15.47	12.55	10.65	12	365	12.16	12.19
1992	9.49	8.64	9.15	9.94	12.21	14.54	16.45	17.41	16.33	14.35	12.48	10.91	12	365	12.66	12.67
1993	9.78	9.52	8.74	10.19	11.93	14.09	15.89	16.98	16.77	14.37	12.04	10.36	12	365	12.56	12.57
1994	9.25	8.65	9.47	9.81	11.68	13.89	16.44	17.59	16.53	15.35	14.12	12.35	12	365	12.93	12.96
1995	9.94	10.02	9.67	10.53	12.21	14.22	16.42	18.15	17.46	16.36	14.21	11.30	12	365	13.37	13.39
1996	9.77	8.12	8.19	9.36	10.66	13.54	15.48	17.22	16.85	15.51	13.11	10.75	12	365	12.38	12.39
1997	7.88	8.16	9.39	10.54	12.24	14.19	16.08	17.74	17.58	16.41	13.65	11.55	12	365	12.95	12.98
1998	9.93	9.28	9.77	10.50	12.35	14.72	16.31	17.69	17.38	15.83	12.71	10.99	12	365	13.12	13.15
1999	10.01	9.31	9.67	10.84	12.72	14.85	17.00	18.10	18.24	15.86	13.33	10.99	12	365	13.41	13.43
2000	9.76	9.53	9.77	9.97	11.95	14.23	16.01	17.64	17.66	15.22	12.21	10.90	12	365	12.90	12.92
2001	8.92	9.24	9.33	10.49	11.99	14.77	16.81	18.12	17.58	16.55	14.24	11.67	12	365	13.31	13.33
2002	9.88	10.16	10.41	11.24	12.85	14.68	16.68	17.80	17.63	16.25	13.91	11.64	12	365	13.59	13.61
2003	9.88	8.70	9.36	10.35	12.37	15.04	17.39	18.44	18.11	15.85	13.80	11.61	12	365	13.41	13.44
2004	10.13	9.20	8.71	10.41	12.24	14.97	16.58	18.04	17.69	15.59	13.81	11.95	12	365	13.28	13.29
2005	10.54	9.02	8.38	10.11	12.06	14.71	17.08	18.37	18.28	16.83	14.34	11.39	12	365	13.43	13.45
2006	9.69	8.43	7.92	9.80	12.11	14.48	17.15	18.00	17.97	16.91	14.64	12.13	12	365	13.27	13.30
2007	11.13	10.20	10.35	11.46	13.54	15.46	17.17	17.91	17.88	16.58	14.01	11.72	12	365	13.95	13.97
2008	10.47	9.80	9.75	10.50	12.57	15.06	16.84	17.79	17.02	15.30	12.98	10.80	12	365	13.24	13.25
2009	8.82	8.25	9.17	10.62	12.45	14.68	16.94	17.87	17.46	16.40	13.78	10.84	12	365	13.11	13.14
2010	8.51	7.84	7.88	9.34	11.30	13.96	16.56	17.71	17.37	16.09	13.79	10.16	12	365	12.54	12.57
2011	9.08	9.05	9.24	11.26	13.02	14.83	16.47	17.74	17.40	16.58	14.95	12.21	12	365	13.49	13.51
2012	10.83	9.09	10.02	10.93	12.55	14.62	16.34	17.73	17.48	15.63	13.24	11.10	12	365	13.29	13.31
2013	10.20	8.90	7.76	8.64	11.02	13.48	16.13	17.93	17.54	16.74	14.06	11.67	12	365	12.84	12.87
2014	10.49	9.33	8.94	11.51	13.35	15.52	17.90	18.60	18.50	17.27	14.84	12.57	12	365	14.15	14.18
2015	10.79	9.04	9.52	10.92	12.68	14.83	17.03	17.85	17.33	15.83	14.71	13.10	12	365	13.64	13.66
2016	10.71	10.33	9.82	10.86	12.70	14.71	16.84	18.29	18.55	16.45	14.12	12.24	12	365	13.80	13.81
2017	10.36	9.72	10.06	11.55	12.96	15.66	17.47	18.36	17.72	16.73	14.25	11.78	12	365	13.89	13.91
2018	10.77	9.31	8.55	10.18	12.48	14.91	17.64	18.58	18.16	16.66	13.86	11.93	12	365	13.59	13.61
Nb années	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33			12053	13.1
Nb Valeurs	1023 j	932 j	1023 j	990 j	1023 j	990 j	1023 j	990 j	1023 j	990 j	990 j	1023 j				
Moy. M	9.71	8.90	9.12	10.28	12.18	14.42	16.56	17.81	17.50	15.91	13.47	11.27				
Max mois	(2007) 11.13	(2016) 10.33	(2002) 10.41	(2017) 11.55	(2017) 13.54	(2017) 15.66	(2014) 17.90	(2014) 18.60	(2016) 18.55	(2014) 17.27	(2017) 14.95	(2015) 13.10			14.2	14.2
Min mois	(1987) 7.34	(1986) 6.80	(1986) 7.16	(1986) 8.31	(1991) 10.57	(1987) 12.22	(1986) 14.91	(1986) 16.28	(1986) 15.74	(1988) 13.69	(1986) 10.78	(1986) 8.63			11.3	11.4

Source : acquisition mesures EDF - CNPE de Flamanville ; traitement Ifremer Dréas (2019)

30

Surveillance écologique du site de Flamanville en 2018.

CONTEXTE GÉNÉRAL ET ENVIRONNEMENTAL : TEMPÉRATURE DE L'EAU DE MER



Tableau A-9 : Bilan détaillé des anomalies journalières de température de l'eau de mer entre janvier 1986 et décembre 2018 dans le canal d'amenée de la Centrale de Flamanville.
Pour chaque mois, est mentionnée l'anomalie thermique moyenne journalière, les valeurs extrêmes au cours des 33 années étant repérées en trame bleue (anomalie négative la plus forte) ou rouge (anomalie positive la plus forte).

FLA	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1986	-0.60	-2.10	-1.96	-1.97	1.57	1.79	-1.85	-1.53	-1.76	0.80	-2.69	-2.64
1987	-2.37	1.69	1.78	1.26	1.23	-2.20	0.73	0.16	0.51	0.95	0.47	1.22
1988	-0.37	-0.48	-0.47	-0.52	-0.10	-0.14	-0.21	-0.90	-1.15	-2.22	-2.18	1.03
1989	-0.72	0.72	0.47	0.10	0.26	0.19	0.39	0.42	0.45	0.53	1.06	0.26
1990	0.05	0.97	0.62	0.23	0.80	0.01	0.18	0.38	0.07	0.08	0.11	0.62
1991	0.67	1.46	0.55	0.97	-1.61	1.52	0.12	1.27	1.01	0.92	0.02	0.92
1992	0.07	0.62	0.03	0.14	0.03	0.12	0.11	0.40	0.17	0.15	0.13	0.96
1993	-0.46	-0.25	0.35	0.47	0.50	0.53	0.12	0.22	0.07	0.56	0.65	1.08
1994	0.23	1.12	0.55	0.25	0.03	0.20	0.14	0.34	0.04	0.45	0.74	0.03
1995	0.62	-0.78	-0.93	-0.92	-1.52	-0.88	-1.08	-0.59	-0.65	-0.40	-0.36	-0.52
1996	-0.83	-0.74	0.27	0.26	0.06	0.23	-0.48	-0.07	-0.08	0.50	0.18	0.28
1997	0.22	0.38	0.65	0.22	0.17	0.31	-0.25	-0.08	0.08	0.50	0.18	0.28
1998	0.22	0.38	0.65	0.22	0.17	0.31	-0.25	-0.08	0.08	0.50	0.18	0.28
1999	0.30	0.41	0.54	0.56	0.54	0.43	0.44	0.29	0.74	-0.06	-0.14	-0.27
2000	0.06	0.63	0.65	-0.31	0.23	0.19	-0.55	-0.17	0.16	-0.70	-1.26	-0.37
2001	-0.79	0.34	0.21	0.21	-0.19	0.36	0.25	0.31	0.08	0.64	0.77	0.40
2002	0.18	1.26	1.73	0.96	0.67	0.26	0.12	-0.01	0.13	0.33	0.44	0.37
2003	0.17	-0.20	0.24	0.08	0.19	0.62	0.83	0.63	0.61	-0.06	0.33	0.34
2004	0.42	0.30	-0.42	0.14	0.06	0.55	0.02	0.23	0.19	-0.32	0.34	0.68
2005	0.83	0.12	-0.75	-0.16	-0.12	0.29	0.52	0.56	0.78	0.91	0.87	0.12
2006	-0.01	-0.47	-1.20	-0.48	-0.07	0.06	0.59	0.19	0.47	1.00	1.17	0.86
2007	1.12	1.30	1.23	1.18	1.36	1.04	0.61	0.10	0.38	0.67	0.54	0.45
2008	0.77	0.90	0.63	0.23	0.40	0.64	0.28	-0.02	-0.48	-0.61	-0.49	-0.46
2009	-0.89	-0.65	0.05	0.35	0.27	0.27	0.38	0.06	-0.04	0.48	0.31	-0.43
2010	-1.20	-1.06	-1.24	-0.93	-0.87	-0.46	0.00	-0.10	-0.13	0.18	0.32	-1.10
2011	-0.62	0.15	0.12	0.98	0.85	0.41	-0.09	-0.07	-0.10	0.67	1.48	0.94
2012	1.12	0.18	0.89	0.65	0.37	0.20	-0.22	-0.08	-0.02	-0.29	-0.23	-0.16
2013	0.49	0.00	-1.36	-1.64	-1.15	-0.94	-0.44	0.12	0.04	0.82	0.59	0.40
2014	0.79	0.43	0.82	1.23	1.18	1.11	1.34	0.79	1.00	1.36	1.37	1.30
2015	1.09	0.14	0.40	0.64	0.50	0.41	0.47	0.04	-0.17	-0.08	1.24	1.83
2016	1.00	1.43	0.69	0.58	0.53	0.29	0.27	0.48	1.05	0.54	0.65	0.97
2017	0.66	0.82	0.94	1.28	0.78	1.25	0.91	0.57	0.22	0.82	0.78	0.51
2018	1.07	0.41	-0.57	-0.10	0.31	0.49	1.07	0.77	0.66	0.75	0.39	0.66
Max	1.42	1.43	1.29	1.28	1.36	1.25	1.34	0.79	1.05	1.36	1.48	1.83
	(2007)	(2016)	(2002)	(2017)	(2007)	(2017)	(2014)	(2014)	(2016)	(2016)	(2011)	(2015)
Min	-2.37	-2.1	-1.96	-1.97	-1.61	-2.2	-1.65	-1.53	-1.76	-2.22	-2.69	-2.64
	(1987)	(1986)	(1986)	(1986)	(1991)	(1987)	(1986)	(1986)	(1986)	(1988)	(1986)	(1986)

Surveillance écologique du site de Flamanville en 2018.

31

B LE DOMAINE PÉLAGIQUE

PRÉAMBULE

Le suivi écologique annuel du domaine pélagique est réalisé en trois périodes saisonnières (fin d'hiver, fin de printemps, fin d'été). Elles correspondent, pour chaque domaine concerné (réserves trophiques, phytoplancton, zooplancton) à des périodes de dominances correspondant à des phases clés du développement biologique en milieu marin. La Figure B-1 résume ces différentes interactions.

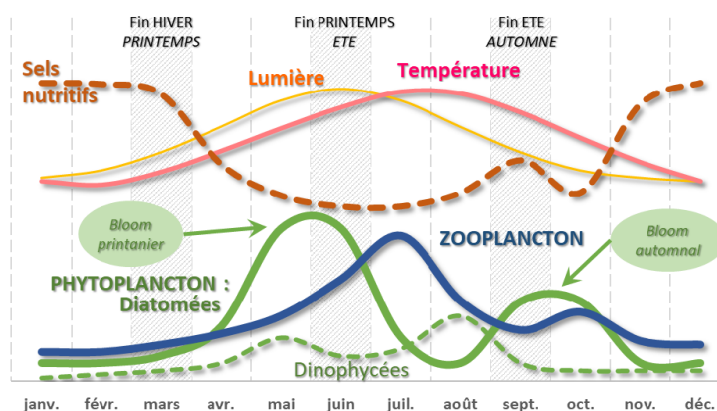


Figure B-1: Schéma synthétique de la dynamique saisonnière des différents domaines (Température, Sels nutritifs, Phytoplancton, Zooplancton) associés au compartiment pélagique du milieu marin.

Durant ces trois périodes cibles la surveillance du compartiment pélagique s'articule selon 3 axes :

- **Physico-Chimie** : Les paramètres sont appréhendés soit directement par des mesures *in-situ* (température, salinité, oxygène dissous), directement à bord du bateau (turbidité), soit après retour au laboratoire par analyses sur des échantillons d'eau prélevés lors de la campagne en mer (ammonium, nitrate, nitrite, silicate, phosphate, et MES).
- **Biologie** : les paramètres couvrent les domaines de la microbiologie (germes totaux et vibrions halophiles), du Phytoplancton (biomasse chlorophyllienne, flores totales, production primaire) et du Zooplancton (dénombrement faunistique, biomasse, production secondaire)
- **Substances Chimiques** : elles portent sur la recherche et la quantification de différentes molécules chimiques utilisées par le CNPE et susceptibles d'être rejetées dans le milieu récepteur : hydrazine et ethanolamines.

Le programme de surveillance écologique du CNPE a été défini en collaboration avec les autorités dans un souci de pertinence et d'adéquation aux enjeux du milieu du CNPE. Les 3 campagnes de surveillance ont été menées :

le 26 mars 2018

le 21 juin 2018

le 17 octobre 2018

PHYSICO CHIMIE, CHIMIE

Rapport

Michel Ropert (LERN)

Prélèvements et mesures *in situ*

Gaëlle Courtay (LERN),
Sylvaine Françoise (LERN),
Laure Lamort (LERN),
Frank Maheux (LERN),
Olivier Pierre-Duplessix (LERN),
Benjamin Simon (LERN),

Analyses de sels nutritifs

Laure Lamort (LERN)
Charlotte Mary (LERN)

Analyses de matière en suspension

Sylvaine Françoise (LERN)

Scripts de programmation de traitement des données

Tania Hernández Fariñas (LERN)
Alexandre Bennici (LERN)

Illustrations et statistiques

Tania Hernández Fariñas (LERN)

Analyses chimiques complémentaires

Laboratoire LABEO Franck Duncombe de Caen
Laboratoire SGS/Rouen

Expertise thématique Physico Chimie

Florence Menet-Nedelec (LERN)

B.1 HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE

Les éléments présentés dans ce chapitre portent sur les paramètres mesurés dans le cadre des mesures in-situ (température, salinité, oxygène dissous, turbidité), des Sels Nutritifs (Ammonium, Nitrates et Nitrites, Phosphates, Silicates), des matières en suspension (MES) et des substances chimiques (Hydrazine et Ethanolamine).

B.1.1 STRATÉGIE DE SURVEILLANCE

Le compartiment pélagique fait l'objet d'un suivi depuis les premières études de projet remontant à 1976. Après une pause de 4 années (1979-1982) la surveillance écologique a été initiée en 1983 (3 ans avant la mise en service de la première tranche du CNPE). Mais c'est à partir de 1994 qu'elle s'est stabilisée en terme de nombre de points de suivis (3) et de fréquence au cours de l'année (3 périodes).

Jusqu'en 2006, les campagnes de suivi en mer ont été mise en œuvre depuis le N/O THALIA¹⁰ de l'Ifremer. À compter de l'année 2007, toutes les opérations nécessaires pour le suivi du compartiment pélagique ont été mises en œuvre depuis la station de Port en Bessin au moyen du N/O DELPHY¹¹, embarcation plus légère et polyvalente, mieux adaptée au contexte de la surveillance écologique.

Tableau B-2 : Récapitulatif des paramètres suivis dans les domaines hydrologie, physico-chimie et chimie. (voir Figure 0-1 (p. 12) pour localisation des points)

PARAMÈTRES	Nb. Ech.	Stations (N° Quadriga = Intitulé dans le rapport)	Fréquence
Température	1 Surf.	3 stations : CANAL AMENE (station 1 ; <i>Canal</i>) REJET (station 2 ; <i>Rejet</i>) REFERENCE (station 4 ; <i>Référence</i>)	3 camp./an - Printemps - Été - Automne
Salinité			
Ammonium			
Nitrates			
Nitrites			
Phosphates			
Silicates			
Matières en suspension			
Turbidité néphélométrique			
Oxygène dissous			
Hydrazine, Ethanolamine			

Les 3 campagnes de surveillance ont été menées :
le 26 mars 2018
le 21 juin 2018
le 17 octobre 2018

¹⁰ <http://www.flotteoceanographique.fr/La-flotte/Navires/Navires-cotiers/Thalia>

¹¹ <http://www.ifremer.fr/learn/Nos-outils/Nos-moyens-d-interventions-nautiques>

B.1.2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

B.1.2.1 MESURES IN SITU ET PRÉLÈVEMENTS

Conformément à la stratégie mise en place pour le site de Flamanville, les travaux de surveillance ont été réalisés autour de la pleine mer et par coefficients de mortes eaux. Les mesures de température, salinité et oxygène dissous sont directement effectuées *in situ* au moyen de sondes multi-paramètres YSI 6600EDS-M ou 600QS.

En dehors de la turbidité qui est mesurée avec un turbidimètre au bord du bateau, tous les autres paramètres (physico-chimie et chimie) sont analysés en laboratoire à partir d'échantillons d'eau brute prélevés en mer au moyen d'une bouteille à prélèvement (type Niskin). Ils sont conservés au frais en glacière et à l'abri de la lumière jusqu'au transfert au laboratoire d'analyse.

B.1.2.2 MÉTHODES ET PRÉCISIONS

Les méthodes analytiques mises en œuvres pour le suivi des paramètres physico-chimiques et chimiques sont détaillées dans le Tableau B-1.

Deux groupes de paramètres hydrologiques suivis se distinguent : les paramètres physicochimiques et les paramètres chimiques. Les paramètres physico-chimiques mesurés sont la température de l'eau, la turbidité, la salinité, les matières en suspension et les sels nutritifs (nitrate, nitrite, ammonium, phosphate et silicate). Les techniques appliquées à l'échantillonnage de ces différents paramètres sont présentées dans le manuel intitulé « *Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses* » (Aminot et Kérouel, 2004). Les paramètres chimiques sont l'hydrazine et l'éthanolamine ; ils ont été prélevés selon les prescriptions du LABEO-Frank Duncombe (Caen), laboratoire en charge des analyses (voir Tableau B-1).

La méthode d'analyse des matières en suspension (MES), traités au LER/N-Ifremer, est présentée dans l'ouvrage intitulé « *Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses* » d'Aminot et Kérouel (2004). Les méthodes d'analyse des différents sels nutritifs, dosés au LER/N-Ifremer par un autoanalyseur à flux continu, sont décrites dans l'ouvrage « Dosage automatique des nutriments dans les eaux marines » d'Aminot et Kérouel (2007).

Le suivi de ces paramètres hydrologiques est complété par des mesures de concentrations en hydrazine et en éthanolamine. Ces paramètres sont analysés par le Laboratoire SGS (Saint-Etienne du Rouvray, 76) par chromatographie ionique et méthode LC/MS/MS (méthodes internes au laboratoire).

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE

Tableau B-1: Référentiel méthode prélèvement et analytiques normalisées pour la physico-chimie et la chimie.
{[XXX] Code Sandre} ; N.C. : Non communiqué.

Paramètre	Méthode prélèvement [Code SANDRE] <i>Prétraitement, Volume, conservation avant analyses</i>	Méthode analyse [Code SANDRE] Référentiel	LD / LQ (1)	Précision **
Température [TEMP]	Mesure in situ : Sonde YSI 6600EDS-M Capteur de température in situ [SANDRE : 500] Aminot & Kérouel (2004)		0,01 (LD constructeur)	± 0,01 °C
Salinité [SALI]	Mesure in situ : Sonde YSI 6600EDS-M Capteur de température in situ [SANDRE : 500] Aminot & Kérouel (2004)		0,01 (LD constructeur)	± 0,01
Oxygène dissous [OXY]	Mesure in situ : Sonde YSI 6600EDS-M Capteur Oxygène à luminescence [SANDRE : 752] Aminot & Kérouel (2004) / NF EN ISO 25814		-	± 0,1 mg/l
Turbidité [NTU]	Bouteille Niskin 5 L [SANDRE : 60000180] Turbidimètre embarqué : EVTECH instrument TN-100	atténuation du rayonnement à 90° lumière blanche [SANDRE : 528] NF EN ISO 7027 DIN 27027	-	± 2 % NTU
Matières en Suspension [MES]	Bouteille Niskin 5 L [SANDRE : 60000180] Filtration GFF (0.7µm) 2 flacons 1 L Congélateur (-25°C) 2 mois maximum	Gravimétrie Pesée après filtration et séchage Aminot et Kérouel, 2004 - MES [SANDRE : 519]	LD : 0,01	± 0,1 mg/l
Azote nitreux Nitrite seul ⁽²⁾ [NO2]	Bouteille Niskin 5 L [SANDRE : 60000180] Préfiltration 48 µm Nylon 2 flacons 65 mL Congélateur (-25°C) 6 mois maximum	Spectroph. flux Autoanalyseur Seal AA3 (Technicon) [Accrédité COFRAC] Aminot et Kérouel, 2007 - Nitrite [SANDRE : 754]	LQ : 0,02 µmol/L (= 1 µg/L)	6,1 % ⁽³⁾
Azote nitrique Nitrate seul ⁽²⁾ [NO3]	Bouteille Niskin 5 L [SANDRE : 60000180] Préfiltration 48 µm Nylon 2 flacons 65 mL Congélateur (-25°C) 6 mois maximum	Spectroph. flux Autoanalyseur Seal I AA3 (Technicon) [Accrédité COFRAC] Aminot et Kérouel, 2007 - Nitrate [SANDRE : 755]	LQ : 0.1 µmol/L (= 6 µg/L)	
Ammonium ⁽²⁾ [NH4]	Bouteille Niskin 5 L [SANDRE : 60000180] Préfiltration 48 µm Nylon 2 flacons 65 mL Congélateur (-25°C) 6 mois maximum	Spectroph. flux Autoanalyseur Seal AA3 (Technicon) [Accrédité COFRAC] Aminot et Kérouel, 2007 - ammonium [SANDRE : 764]	LQ : 0.1 µmol/L (= 2 µg/L)	15,4 % ⁽³⁾
Phosphate ⁽²⁾ [PO4]	Bouteille Niskin 5 L [SANDRE : 60000180] Préfiltration 48 µm Nylon 2 flacons 65 mL Congélateur (-25°C) 6 mois maximum	Spectroph. flux Autoanalyseur Seal AA3 (Technicon) [Accrédité COFRAC] Aminot et Kérouel, 2007 - Phosphate [SANDRE : 762]	LQ : 0.04 µmol/L (= 4 µg/L)	6,1 % ⁽³⁾
Silicate ⁽²⁾ [SiOH]	Bouteille Niskin 5 L [SANDRE : 60000180] Préfiltration 48 µm Nylon 2 flacons 125 mL Congélateur (-25°C) 2 mois maximum	Spectroph. flux Autoanalyseur Seal AA3 (Technicon) [Accrédité COFRAC] Aminot et Kérouel, 2007 - silicate [SANDRE : 763]	LQ : 0.2 µmol/L (= 18 µg/L)	0,7 % ⁽³⁾
ETHANOLAMINE ⁽⁴⁾	Bouteille Niskin 5 L [SANDRE : 60000180] Pas de Traitement 1 flacon de 500 mL Glacière <8°C. 72 h	Chromatographie ionique (méthode interne SGS 76)	LQ variable : 2 à 20 mg/L	N.C
HYDRAZINE ⁽⁴⁾	Bouteille Niskin 5 L [SANDRE : 60000180] Pas de Traitement 1 flacon de 500 mL Glacière <8°C. 72 h	LC/MS/MS (méthode interne SGS 76)	LQ : 20 µg/L	N.C

⁽¹⁾ Avis relatif aux limites de quantification des couples « paramètre-matrice » de l'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques du 21 Janvier 2012 / NOR : DEVL1131786V⁽²⁾ Le dosage des nutriments dans les eaux salines et saumâtres fait partie de la portée d'accréditation du Laboratoire Ifremer Environnement Ressource de Normandie depuis le 15 juin 2011 (section Essais, accréditation n° 1-2048, portée disponible sur le site www.cofrac.fr)⁽³⁾ Arrêté du 27 Octobre 2011 portant modalités d'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et les milieux aquatiques au titre du code de l'environnement / NOR : DEVL1128052A⁽⁴⁾ Les dosages de l'Ethanolamine et de l'Hydrazine sont réalisés par le laboratoire SGS de Rouen (76), accrédité Cofrac (Numéro d'accréditation Cofrac n°1-0281. Portée disponible sur www.cofrac.fr)

B.1.2.3 TRAITEMENT ET EXPLOITATION DES DONNÉES

Les traitements et exploitation des données acquises s'articulent autour de 2 principes :

- Une représentation graphique : La mise en perspective de la variabilité spatiale (entre les points) et saisonnière (entre les campagnes) des résultats observés au cours de l'année, avec la variabilité interannuelle observée historiquement depuis que le paramètre est suivi dans le cadre de la surveillance (susceptible de remonter aux début des années 1980)¹².

Toutes ces dimensions sont combinées sous une seule et même représentation graphique, le "boxplot", dont le principe est rappelé dans la Figure B-3.

Les années pour lesquelles des valeurs records ont été observées sont identifiées directement sur le graphique, sauf pour les années où les valeurs minimum observées correspondent à des seuils (LD ou LQ) de nature analytique.

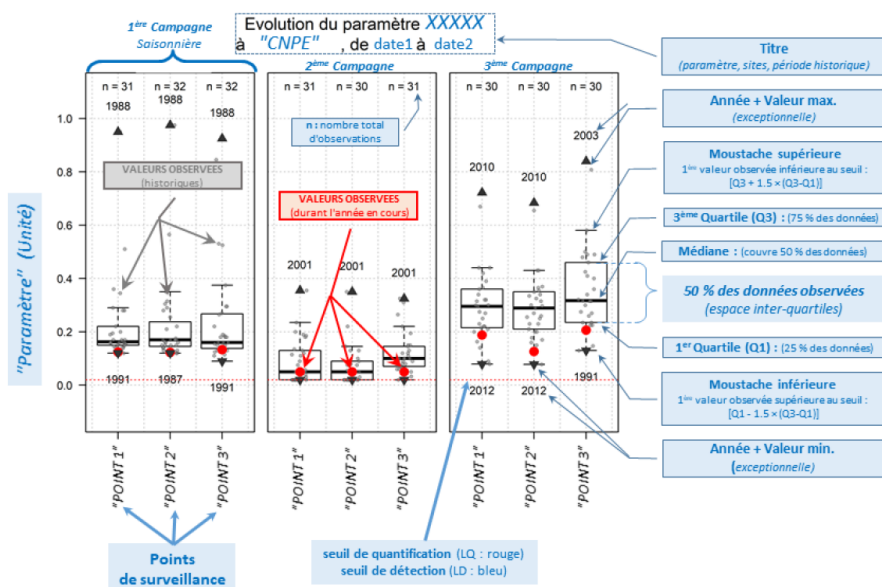


Figure B-3 : Description des graphiques de type "Boxplot" utilisés pour présenter les résultats de la surveillance annuelle en perspective de l'ensemble des observations historique de la surveillance

- Une approche statistique : les résultats observés durant l'année en cours sont intégrés dans la série historique avec l'objectif d'évaluer si des différences significatives entre les points se dégagent (en particulier entre les points d'entrée (canal d'amenée) et de sortie (rejet) du CNPE). Pour cela, des tests de comparaisons de moyennes pour données appariées ont été proposés au début des années 2000. Ils sont remis à jour chaque année.

Pour chaque paramètre concerné, le choix du test statistique le plus approprié est conditionné par l'analyse de la distribution de la différence entre les valeurs prises en considération pour le test (point A vs point B). L'étude de cette distribution est réalisée à l'aide du test de Shapiro-Wilks.

Lorsque la distribution est normale, le test T de Student pour données appariées est

¹² La stratégie analytique d'un même paramètre peut avoir changé au cours de la surveillance au point d'empêcher la continuité historique de la série.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE



utilisé. Dans le cas contraire (distribution non normale), la comparaison des données est réalisée à l'aide du test de Wilcoxon pour données appariées.

L'interprétation de ces tests est faite au seuil de risque de 5%. Si la valeur de "*p-value*" obtenue est inférieure à 0.05, le risque de faire une erreur en concluant que la différence est "significative" est limitée (< 5%). Si par contre la valeur de "*p-value*" reste supérieure à la valeur de 0.05, alors les différences observées ne sont pas considérées comme significatives.

NB : Un important travail de reprise de bancarisation a été initié en 2017-2018. Il a permis de compléter de manière significative les séries historiques existantes.

B.1.3 TEMPÉRATURE

B.1.3.1 VARIATIONS SPATIALES ET SAISONNIÈRES DE LA TEMPÉRATURE

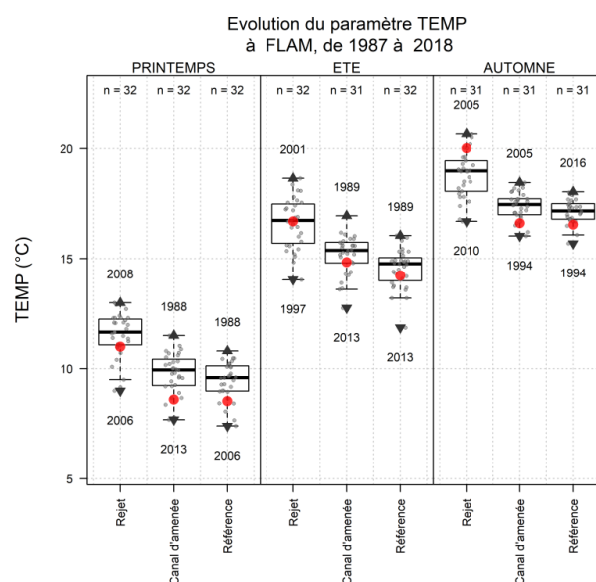


Figure B-4 : Mesures de Température de l'eau réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'amenée au cours de l'année, mis en perspective de toutes les mesures réalisées depuis le début de la surveillance écologique du CNPE (voir Figure B-3 pour détail des boxplots). L'intégralité des données acquises est présentée dans l' ANNEXE B-1 (p.62).

En 2018, la température de l'eau de surface a varié entre 8,53°C sur le point *Référence* en mars et 20,02°C sur le point *Rejet* en été. Du point de vue spatial, les températures enregistrées au cours de l'année et sur tous les points ne présentent pas de caractère d'exception. Sur le plan saisonnier, les températures relevées lors de la campagne de printemps (26 Mars) se situent dans la gamme basse de la série historique révélant, pour 2018, une dynamique de réchauffement des eaux plus lente que celle des années précédentes. Le même constat peut être fait durant l'été et l'automne durant lesquels les températures des masses d'eau (hors point rejet) se situent en dessous de la moyenne.

La Figure B-5 retrace l'évolution des températures de l'eau de mer en surface depuis 1987 pour l'ensemble des points suivis à chaque saison. Les profils saisonniers de température sont conformes à ce qui est habituellement observé en Manche. Les températures relevées en 2018 ne s'écartent pas significativement de la gamme des mesures réalisées depuis 1987 au niveau des trois points Canal, Rejet et Référence.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE

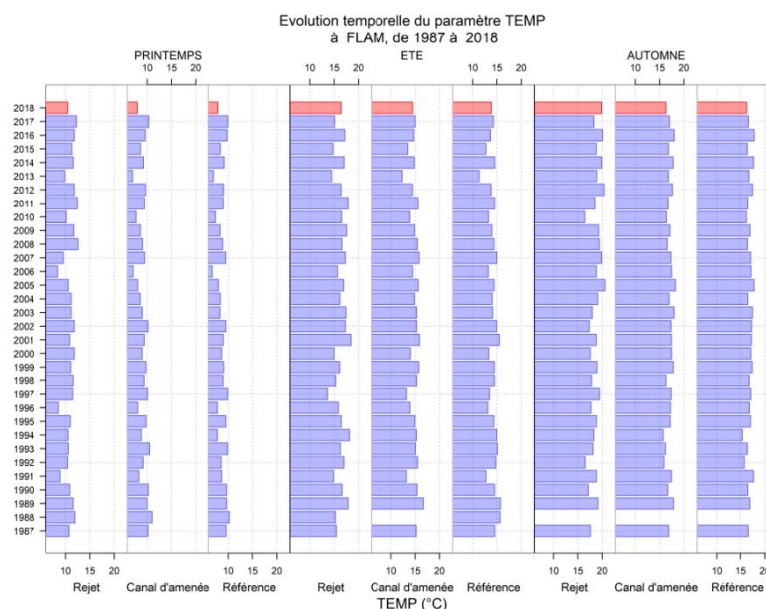


Figure B-5 : Distribution par année des mesures de Température de l'eau réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée depuis le début de la surveillance écologique du CNPE.

La Figure B-6 illustre que le CNPE est situé dans un secteur où le brassage naturel des eaux limite les phénomènes de stratification de la colonne d'eau. Les réchauffements de surface sont donc limités, ce qui explique une variabilité limitée de la température sur ce site.

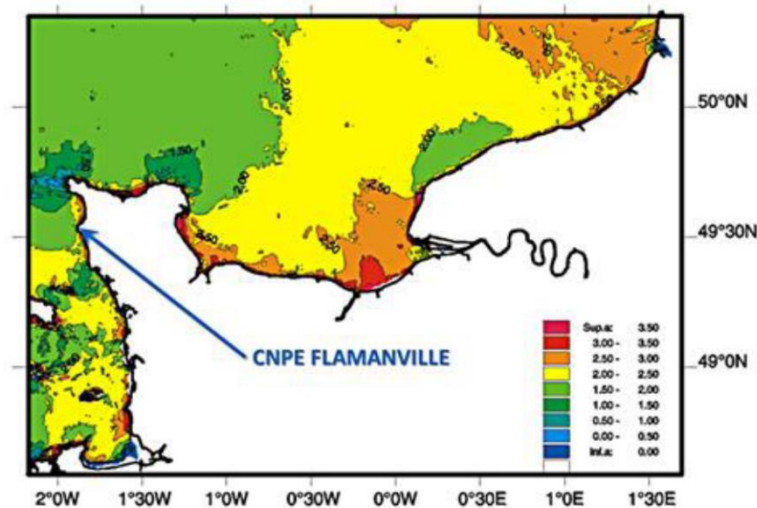


Figure B-6 : Évolution spatiale du paramètre de stratification " H/u^3 " (Simpson et Hunter, 1974), en Manche réalisée à l'aide d'un modèle hydrodynamique 2D (Ifremer DEL/AO-LERN). Les faibles valeurs ($< 2,0$) traduisent un brassage important de la colonne d'eau limitant les possibilités de stratification. Au contraire, les valeurs fortes ($> 3,0$) traduisent des zones propices, en été, à avoir une stratification de la colonne d'eau apparaître.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE



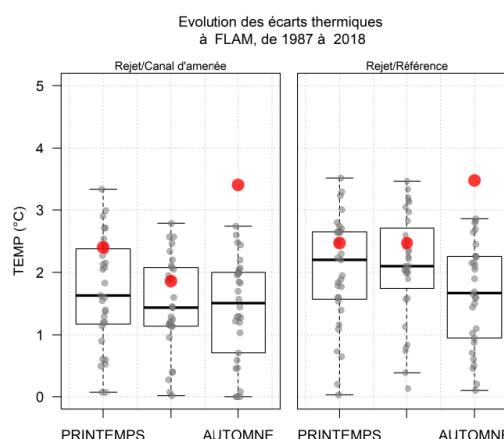
Tableau B-2 : probabilité "p-value" associée aux tests d'hypothèse de comparaison de moyenne pour la Température sur l'ensemble de la surveillance.
("W" : test de wilcoxon ; "T" : test t de Student ; P-Value > 0.05, différence non-significative).

Période prise en compte : 1987 – 2018	Printemps		Été		Automne	
	Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
Canal d'amenée/Référence	T	< 0.01	T	< 0.01	W	< 0.01
Canal d'amenée/Rejet	T	< 0.01	T	< 0.01	T	< 0.01
Référence/Rejet	T	< 0.01	T	< 0.01	T	< 0.01

La comparaison des moyennes de température par points montre des différences significatives de manière systématique entre tous les points. S'il paraît comme une évidence que le point "rejet" se distingue des 2 autres de manière systématique pour le paramètre température, la différence entre le point "canal" et "référence" peut sembler moins "intuitive". Cependant, les travaux de Malherbe et Manoha (1977)¹³ ont pu montrer que le caractère alternatif des courants de marée était susceptible de ramener à la côte de l'eau réchauffée et d'induire ainsi une élévation de la température d'environ 1° C devant la centrale. Les vents de secteur nord peuvent également avoir une influence dans l'advection des masses d'eau réchauffée vers le canal d'amenée. Les travaux de modélisation du panache thermique réalisés par Violeau et Dribault (1997)¹⁴ montrent une élévation potentielle de température sur le canal d'amenée par le panache du rejet, à la pleine mer aussi bien en morte-eau qu'en une vive-eau moyenne. Selon le flot ou le jusant, le panache thermique s'affine et s'allonge davantage vers le sud que vers le nord. Toutefois, quelle que soit la marée, les résultats issus de la modélisation montrent que l'impact thermique lié au *Rejet* d'eau échauffée de la centrale reste géographiquement très localisé. Les mesures et observations faites durant les campagnes de surveillance sont en accord avec les résultats de la modélisation.

B.1.3.2 ÉCARTS THERMIQUES DU REJET

Figure B-7 : Distributions des écarts thermiques entre les stations, Rejet / Canal d'amenée, Rejet / Référence surface et Rejet / Référence mi profondeur depuis 1987. Le point rouge représente la valeur obtenue en 2018.



¹³ MALHERBE (J.F.) et MANOHA (B.), 1977.- Centrale de Flamanville - Avis C.- Influence courantologique et thermique.- EDF, Dir. Equipement édit., Paris.

¹⁴ VIOLEAU, D., DRIBAUT, P. 1997.- Centrale de Flamanville, calcul 3D d'impact thermique pour la configuration actuelle (2 tranches de 1300MW) ». Note technique EDF, Département Laboratoire National d'Hydraulique. 68 pp.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE



Sur l'ensemble des campagnes de 2018, les écarts de température enregistrées entre la station *Rejet* et les autres stations *Canal* et *Référence* ont été comprises entre 1.86°C (été) et 3.5°C (automne).

La température mesurée au point *Rejet* dépend en grande partie de la proportion de mélange des eaux issues du *Rejet* avec les eaux côtières. Cette proportion peut être estimée d'après la formule suivante :

$$\pi = \frac{t^{\circ}Rejet - t^{\circ}Canal}{t^{\circ}SC - t^{\circ}Canal} \quad (1)$$

π représente la proportion d'eau échauffée potentielle. $t^{\circ}Rejet$, $t^{\circ}Canal$ et $t^{\circ}SC$ représentent respectivement les températures au point *Rejet* (en surface, à la verticale du *Rejet* en mer), au point *canal* (également en surface) et à la sortie du condenseur (mesures EDF). Le dénominateur de l'équation (1) correspond à l'échauffement maximal des eaux pompées. Par arrêté, cet échauffement ne doit pas excéder 15 °C (Malherbe et Manoha, 1977)¹⁵. Les proportions d'eau échauffée et les taux de dilution théoriques qui en découlent sont présentés dans le Tableau B-3. L'exigence sur l'échauffement thermique est bien respectée.

Tableau B-3 : *Echauffements de l'eau de mer calculés à Flamanville en 2018 et taux de dilution*
(en gras les valeurs utilisées pour le calcul)

2018	Canal		Sortie Condenseur EDF		Rejet		CALCUL		
	T°C Ifremer	T°C EDF	T°C T1 (nord)	T°C T2 (sud)	T°C Ifremer	T°C Rejet-Canal	SC-Canal	Ratio	Taux
26-mars	8.60	8,7	8,7	21,8	11	2,4	13,2	0,18	81,8
21-juin	14.84	15,1	15,1	28,2	16,7	1,86	13,36	0,14	86,1
17-oct	16.62	16,9	16,9	28,5	20,2	3,4	11,88	0,29	71,4

Les taux de dilution en 2018 sont compris entre 71 et 86% et démontrent un important pouvoir de dilution du milieu.

¹⁵ MALHERBE, J.F. & MANOHA, B. 1977 - « Centrale de Flamanville-Avis C ; Influence courantologique et thermique ». Electricité De France, Direction des études et recherches, HE041/77.013

B.1.4 SALINITÉ

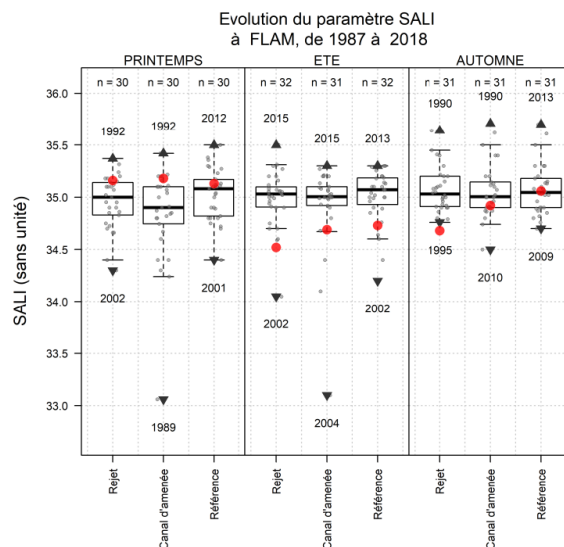


Figure B-8 : Mesures de Salinité (SALI) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'amenée au cours de l'année, mis en perspective de toutes les mesures réalisées depuis le début de la surveillance écologique du CNPE (voir Figure B-3 pour détail des boxplots). L'intégralité des données acquises est présentée dans l' ANNEXE B-1 (p.62).

La dispersion des valeurs de salinités mesurées en 2018 est contenue entre 34,52 et 35,18. Au printemps les valeurs sont très similaires de la côte vers le large (de 35,1 à 35,2), révélant une certaine homogénéité de la zone. À *contrario*, en été comme en automne, un léger gradient de la côte vers le large apparaît, révélant une influence de l'eau douce plus marquée à la côte. La campagne d'été (21-juin) révèle des niveaux de salinité parmi les plus bas. L'emprise du phénomène, mesurable sur tous les points, est large. Ces variations relèvent donc de la variabilité du milieu.

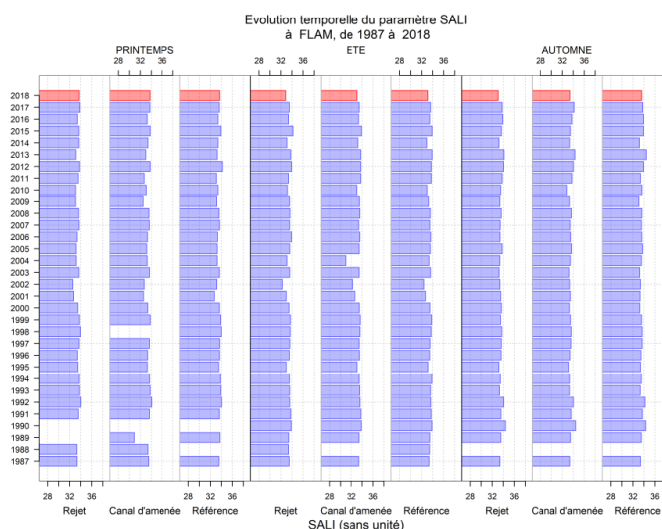


Figure B-9 : Distribution par année des mesures de Salinité réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'amenée depuis le début de la surveillance écologique du CNPE.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE



Tableau B-4 : probabilité "p-value" associée aux tests d'hypothèse de comparaison de moyenne pour la Salinité sur l'ensemble de la surveillance.
(*"W"* : test de wilcoxon ; *"T"* : test t de Student ; P-Value > 0.05, différence non-significative).

Période prise en compte : 1987 – 2018 (N~31)	Printemps		Été		Automne	
	Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
Canal d'amenée/Référence	W	< 0.01	W	0.01	W	0.49
Canal d'amenée/Rejet	W	0.26	W	0.24	W	0.85
Référence/Rejet	T	0.01	T	0.25	T	0.47

L'intégration des mesures réalisées en 2018 ne modifie pas les résultats basés sur la période 1987-2017. En 2018, Les seules différences significatives apparaissent entre les points "référence" (large) et "canal" au printemps et en été. Le caractère confiné du canal d'amenée et les déversements terrigènes qu'il est possible d'y observer peuvent être à l'origine de ces différences qui ne sont plus perceptibles en fin d'été/début d'automne.

En dehors du cas particulier des couples *Référence/Rejet* et *Canal/Rejet* au printemps, aucune différence significative entre les autres points n'apparaît pour le paramètre Salinité. Si la centrale peut, elle-même, être amenée à rejeter de l'eau douce, ces rejets ne représentent qu'un faible volume (par an et par tranche), par rapport aux volumes d'eau de mer utilisés pour le refroidissement. La probabilité d'une influence du CNPE sur les variations de salinités mesurées sur la série pluriannuelle apparaît comme très limitée.

B.1.5 OXYGÈNE DISSOUS

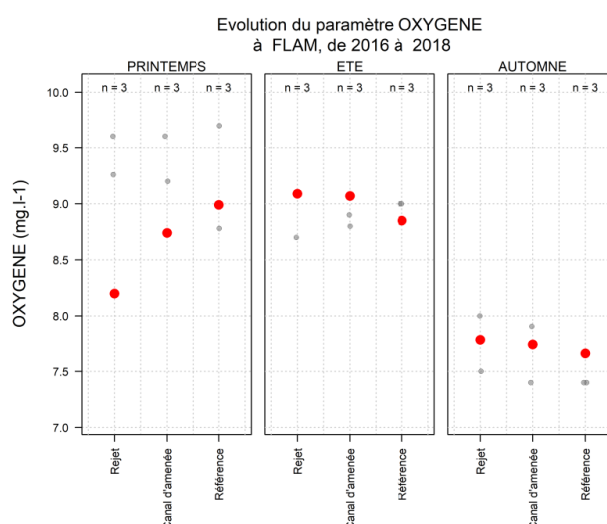


Figure B-10 : Mesures de l'Oxygène Dissous réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'amenée au cours de l'année, mis en perspective de toutes les mesures réalisées depuis le début de la surveillance écologique du CNPE. L'intégralité des données acquises est présentée dans l'ANNEXE B-1 (p.62).

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE



Le paramètre Oxygène dissous n'est suivi que depuis 2016. De nombreux facteurs sont susceptibles d'influer la teneur en oxygène du milieu, qu'ils soient de nature physique (température, salinité, hydrodynamisme), chimiques (oxydation) ou biologiques (phénomènes de respiration et de photosynthèse). Ce paramètre contribue à l'évaluation de la qualité des masses d'eau littorales dans le cadre de la DCE.

Les variations spatiales de l'oxygène sont peu marquées entre les stations de surveillance (Figure B-10). Le profil saisonnier en 2018 est conforme à ce qui peut être attendu (valeurs les plus élevées en début de cycle, puis diminuant avec le développement des organismes hétérotrophes consommateurs d'oxygène) et restent proche de la valeur de référence¹⁶ pour la DCE qui se situe à 8,33 mg/L en Manche Atlantique (source : site www.envlit.ifremer.fr).

Le nombre de mesures d'oxygène dissous observées depuis 2016 (n=3) n'est pas encore suffisamment important pour permettre réaliser une analyse de comparaison de moyenne comme cela est proposé pour les autres paramètres.

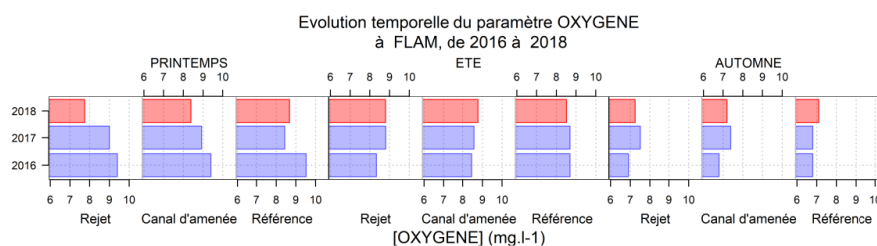


Figure B-11 : Distribution par année des mesures d'oxygène dissous réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'amenée depuis le début de la surveillance écologique du CNPE.

¹⁶ https://envlit.ifremer.fr/documents/outres_documents/fiches_descriptives/element_de_qualite_oxygene_dissous

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE



B.1.6 AMMONIUM

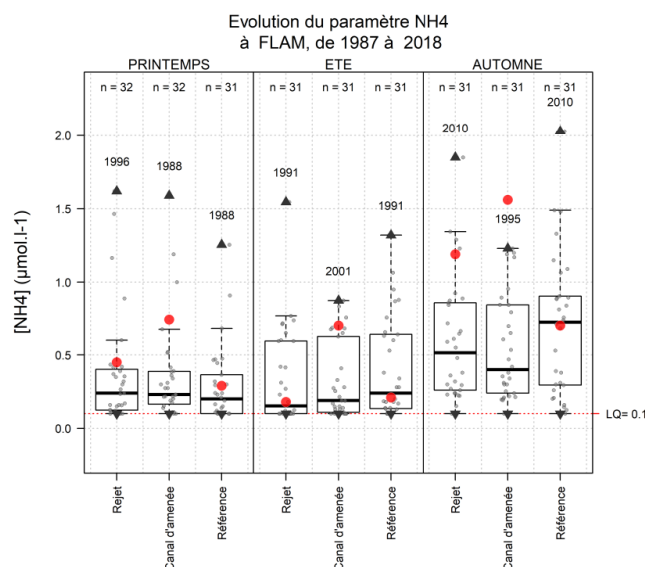


Figure B-12 : Mesures d'Ammonium ([NH₄]) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée au cours de l'année, mis en perspective de toutes les mesures réalisées depuis le début de la surveillance écologique du CNPE (voir Figure B-3 pour détail des boxplots). L'intégralité des données acquises est présentée dans l' ANNEXE B-1 (p.62).

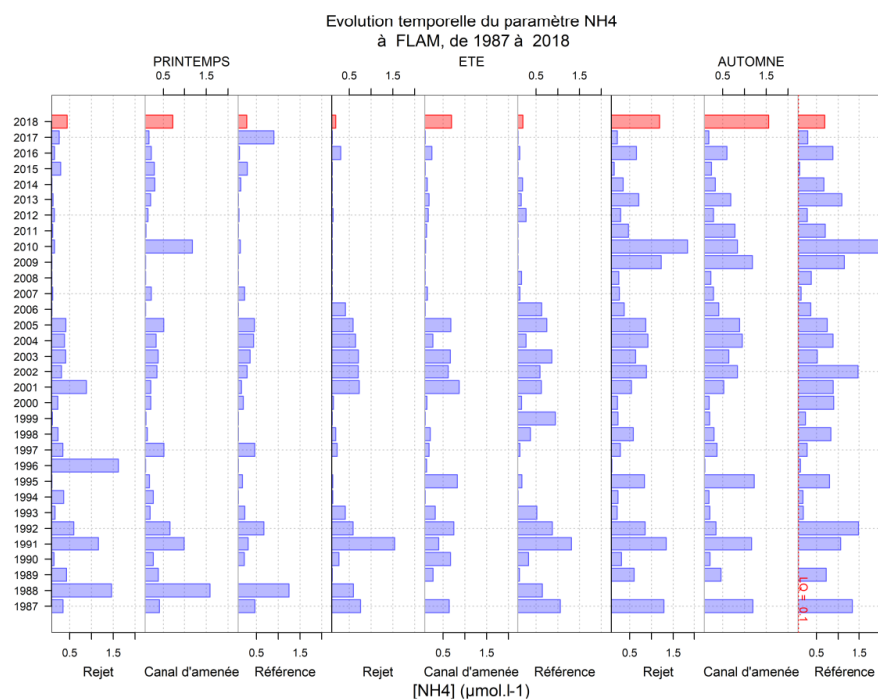


Figure B-13 : Distribution par année des mesures d'Ammonium ([NH₄]) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée depuis le début de la surveillance écologique du CNPE.

Au cours des campagnes 2018, les plus fortes teneurs en ammonium ont été observées à la station *Canal* à l'automne avec 1.56 μM . Les plus faibles ont été enregistrées durant l'été entre les points *Référence* (0.21 μM) et le point *Rejet* (0.18 μM). Quelle que soit la saison, le point canal révèle systématiquement les valeurs les plus élevées. Les valeurs mesurées en automne sur le point Canal relèvent du record historique. Comme l'illustre la Figure B-13, les concentrations en ammonium depuis 1987 présentent une très forte variabilité interannuelle sur l'ensemble des points. Les différences de concentrations observées en 2018 comparées aux autres années s'inscrivent dans cette distribution très variable.

Tableau 3.2.6 : probabilité "p-value" associée aux tests d'hypothèse de comparaison de moyenne pour l'Ammonium sur l'ensemble de la surveillance.
("W" : test de Wilcoxon ; "T" : test t de Student ; P-Value > 0.05, différence non-significative).

Période prise en compte :	Printemps		Été		Automne	
	Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
1987 – 2018 (N=31)						
Canal/Référence	W	< 0.01	W	0.31	W	0.19
Canal/Rejet	W	0.14	W	0.39	W	0.16
Référence/Rejet	W	0.37	W	0.04	T	0.08

Les différences significatives distinguent le point *Référence* avec, ponctuellement, le point *Canal* (au printemps) et le point *Rejet* (en automne).

Ces différences mettent en perspective un gradient côte-large lorsque les stocks de nutriments ne sont pas limités (Figure B-1, page 33). Aucune différence significative entre les autres points n'apparaît pour le paramètre Ammonium. Ce résultat est cohérent avec la variabilité naturelle du milieu et ne peut être imputable au fonctionnement du CNPE.

B.1.7 NITRITE ET NITRATE

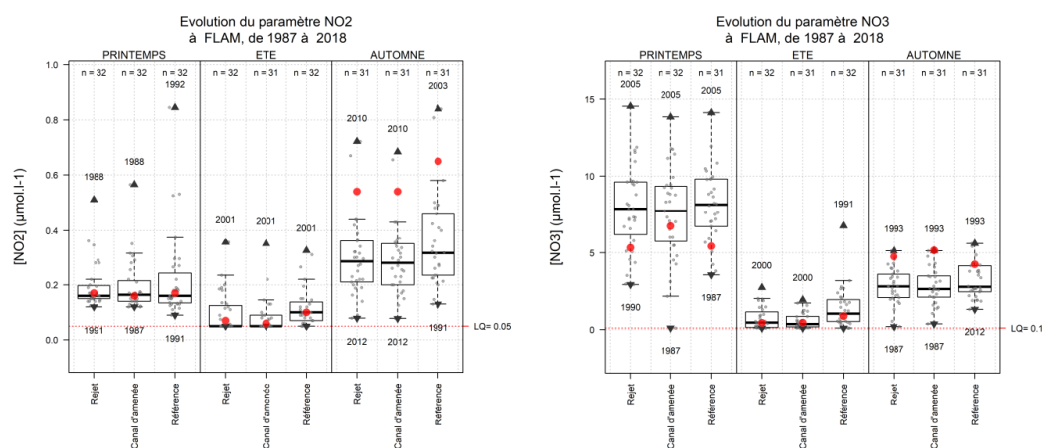


Figure B-14 : Mesures de Nitrites [NO₂] et Nitrates [NO₃] réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'amenée au cours de l'année, mis en perspective de toutes les mesures réalisées depuis le début de la surveillance écologique du CNPE (voir Figure B-3 pour détail des boxplots). (LQ NO₂=0,02 μM ; LQ NO₃=0,1 μM). L'intégralité des données acquises est présentée dans l'ANNEXE B-1 (p.62).

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE



En 2018, les plus fortes concentrations en nitrite sont observées à l'automne sur l'ensemble de la zone d'étude, avec des valeurs spatialement homogènes et variant entre 0,54 et 0,65 μM . Au cours du printemps, les concentrations mesurées sont, sur tous les points, proches de la médiane historique. Les plus faibles valeurs sont quant à elles mesurées au cours de l'été avec 0,07 μM au point *Rejet* et 0,06 μM au point *Canal*. Par comparaison avec les distributions interannuelles (Figure B-15), au cours de l'été 2018, seule la valeur de concentration en nitrites de la station Rejet se détache nettement. Celle-ci représente dorénavant la valeur la plus faible historiquement mesurée.

Bien que sensiblement inférieures à la médiane, les valeurs de nitrate mesurées au printemps sont les plus fortes, toutes stations confondues (entre 5,33 μM et 6,74 μM). Les valeurs estivales sont les plus faibles observées au cours de l'année alors qu'en automne elles remontent sensiblement illustrant la reconstitution des stocks de nutriments. Ainsi, ces tendances sont conformes au cycle saisonnier classique et sont liées principalement au cycle biologique du phytoplancton qui se développe au printemps consommant l'azote, qui s'épuise courant l'été et se recharge à l'automne avec l'apport de cours d'eau.

En comparaison avec la distribution interannuelle, les valeurs d'automne appartiennent aux 25% des valeurs les plus fortes observées.

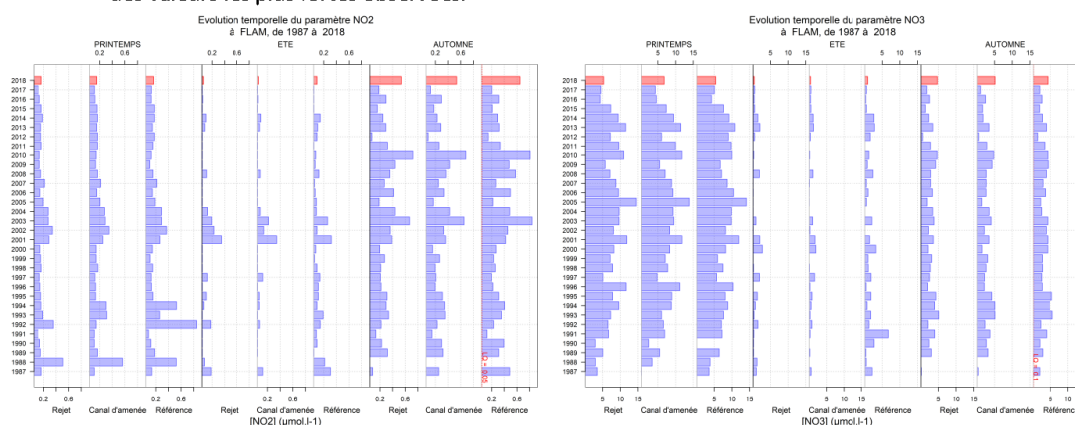


Figure B-15 : Distribution par année des mesures de concentration en nitrites ([NO₂], *haut*) et nitrates ([NO₃], *bas*) Réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée depuis le début de la surveillance écologique du CNPE.

Tableau B-5 : probabilité "p-value" associée aux tests d'hypothèse de comparaison de moyenne pour les Nitrite (NO₂) et Nitrate (NO₃) sur l'ensemble de la surveillance. ("W" : test de wilcoxon ; "T" : test t de Student ; P-Value > 0.05, différence non-significative).

Période prise en compte : 1987 – 2018 (N=31)		Printemps		Été		Automne	
		Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
Nitrite (NO ₂)	Canal /Référence	W	0.85	W	< 0.01	T	< 0.01
	Canal /Rejet	W	0.62	W	0.01	W	0.08
	Référence/Rejet	W	0.78	T	< 0.01	W	< 0.01
Nitrate (NO ₃)	Canal /Référence	W	0.27	W	< 0.01	T	0.01
	Canal /Rejet	W	0.14	W	0.01	T	0.55
	Référence/Rejet	T	0.54	W	< 0.01	T	0.01

Des différences significatives sont perceptibles en été et à l'automne entre le point *Référence* (large) et les points *Rejet* et *Canal* (côtiers). Ils traduisent un gradient saisonnier dans la distribution des nutriments azotés en période estivale et automnale. Le caractère "non-significatif" associée aux autres saisons témoigne d'un résultat cohérent avec la variabilité naturelle du milieu, qui ne peut être imputable au fonctionnement du CNPE.

Les points *Rejet* et *Canal* se distinguent en période estivale pour les 2 paramètres Nitrite et Nitrate. Les environnements morpho-dynamiques (bathymétrie, hydrodynamisme, nature des fonds, ...etc.) diffèrent de manière trop importante entre ces deux points pour que ces différences soient directement imputables au fonctionnement du CNPE.

B.1.8 PHOSPHATE ET SILICATE

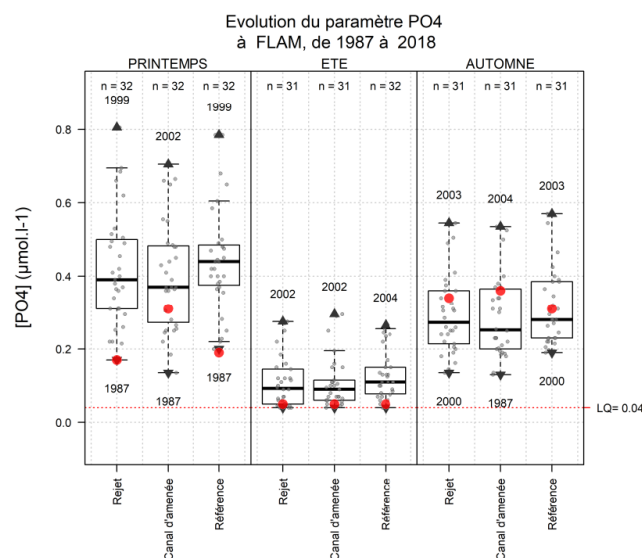


Figure B-16 : Mesures de phosphates ([PO4]) réalisées aux 3 points *Référence*, *Rejet* et *Canal d'aménée* au cours de l'année, mis en perspective de toutes les mesures réalisées depuis le début de la surveillance écologique du CNPE (voir Figure B-3 pour détail des boxplots). (LQ PO4=0,04 µM). L'intégralité des données acquises est présentée dans l'ANNEXE B-1 (p.62).

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE

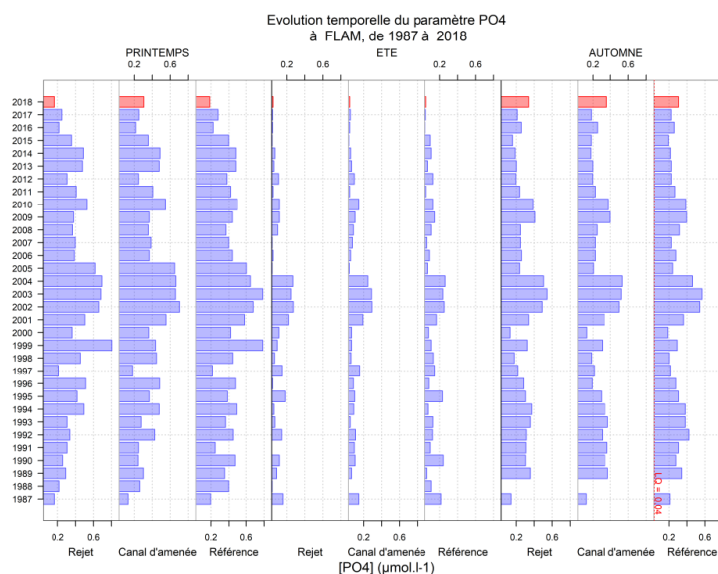


Figure B-17 : Distribution par année des mesures de concentration en phosphates ([PO4]) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'amenée depuis le début de la surveillance écologique du CNPE.

Sur le plan spatial, les mesures de phosphate sont relativement homogènes entre les points (Figure B-16). D'un point de vue saisonnier, les concentrations de phosphate suivent une progression classique avec les plus fortes valeurs au printemps (entre 0,2 à 0,3 µM), chutant en été (0,05 µM) (consommation) et augmentant de nouveau à l'automne (entre 0,3 et 0,4 µM). Elles s'établissent, au printemps et en été, à des niveaux qui se situent toutefois dans la partie basse de la série historique.

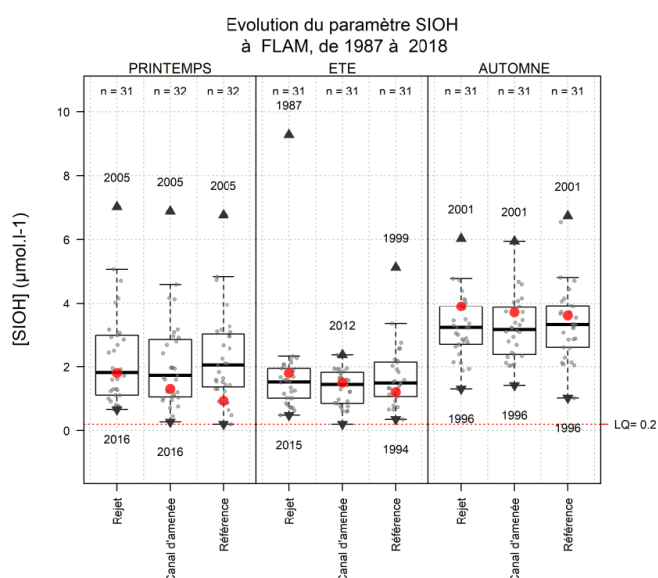


Figure B-18 : Mesures de Silicates ([SIOH]) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'amenée au cours de l'année, mis en perspective de toutes les mesures réalisées depuis le début de la surveillance écologique du CNPE (voir Figure B-3 pour détail des boxplots). L'intégralité des données acquises est présentée dans l'ANNEXE B-1 (p.62).

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE

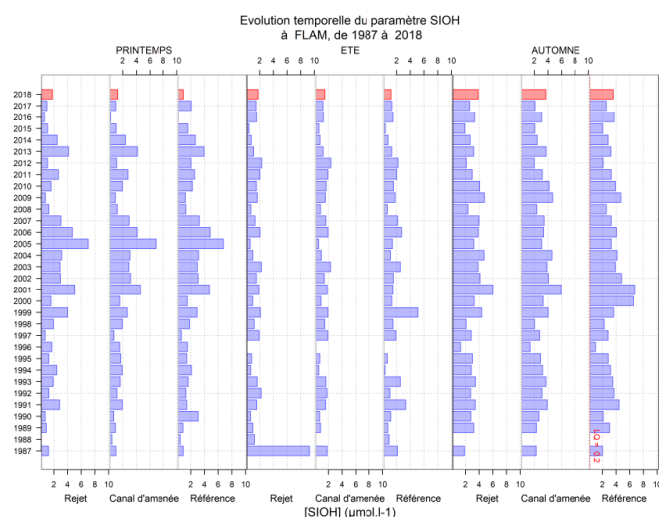


Figure B-19 : Distribution par année des mesures de concentration en silicates ([SIOH]) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'amenée depuis le début de la surveillance écologique du CNPE.

À l'image des autres nutriments, les niveaux de silicates sont relativement homogènes entre les points. La saisonnalité est faiblement marquée avec des niveaux sans excès de part et d'autre des médianes (entre 0.9 et 1.8 μM au printemps et en été). Les stocks automnaux sont bien reconstitués atteignant 3.9 μM (les $\frac{3}{4}$ des valeurs observées depuis le début de la surveillance de ce paramètre sont inférieures à ces niveaux).

Tableau B-6 : probabilité "p-value" associée aux tests d'hypothèse de comparaison de moyenne pour les Phosphate et Silicate sur l'ensemble de la surveillance. ("W" : test de wilcoxon ; "T" : test t de Student ; P-Value > 0.05, différence non-significative).

Période prise en compte : 1987 – 2018 (N~31)		Printemps		Été		Automne	
		Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
Phosphate (PO ₄)	Canal /Référence	W	0.01	W	0.04	T	0.01
	Canal /Rejet	W	0.28	T	0.72	W	0.36
	Référence/Rejet	W	0.02	T	0.01	T	0.01
Silicate (SIOH)	Canal /Référence	W	0.38	W	0.06	W	0.12
	Canal /Rejet	W	0.01	W	0.05	T	0.35
	Référence/Rejet	W	0.31	W	0.63	W	0.25

Pour le phosphate les seules différences significatives s'observent entre le point "référence" (large) et les points "canal" et "rejet" (côtiers). Elles traduisent un gradient côte-large perceptible à toute saison. Le CNPE peut représenter une source de phosphate pour l'environnement. Les circuits de refroidissement de l'îlot nucléaire sont alimentés en eau déminéralisée conditionnée au phosphate trisodique (Na₃PO₄). L'utilisation de ce réactif chimique s'élève en moyenne à 0,5 T/an (source EDF). Les purges des circuits peuvent alors occasionner des rejets de phosphate dans l'environnement. À l'échelle des 30 dernières années, l'absence de différence significative entre le point "rejet" et "canal" semble montrer que cette source éventuelle de phosphate n'est pas perceptible.

Concernant les Silicates, seul le couple Canal/Rejet montre une différence significative au cours du printemps.

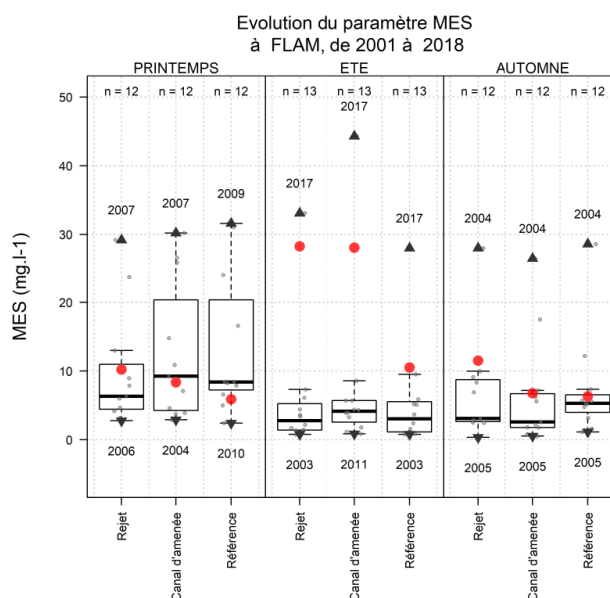
B.1.9 TURBIDITÉ - MATIÈRE EN SUSPENSION

Les conclusions de la synthèse hydrobiologique pluriannuelle du site électronucléaire de Flamanville¹⁷ a conduit, en 2012, au remplacement du paramètre "Matières en Suspension" par la "Turbidité". Ce changement anticipait une modification attendue de la réglementation.

Quatre ans plus tard, aucune décision en ce sens n'ayant été publiée et pour se conformer aux textes toujours en vigueur, il a été demandé de reprendre le suivi du paramètre MES. Les mesures de Turbidité ont toutefois été maintenues dans une perspective comparative des 2 paramètres.

Des valeurs élevées de concentrations en MES peuvent être liées à des apports terrigènes, ou à des remises en suspensions induites par de fortes conditions hydro-climatiques. L'année 2017 avait été marquée par des valeurs records observées durant l'été sur les 3 points sans que cette particularité n'ait pu être reliée à un évènement identifié. Il avait également été rappelé que si ces valeurs avaient un caractère exceptionnellement élevées pour le site de Flamanville, elles n'avaient rien d'exceptionnel en Manche sur les autres CNPE. L'interrogation essentielle, en 2017, résidait dans le fait que ces fortes valeurs estivales de MES n'étaient pas retranscrites à travers le paramètre Turbidité (NTU) alors que ce dernier était cohérent avec les mesures réalisées dans ce même secteur pour la DCE.

Bien que plus limitée géographiquement cette particularité qui caractérisait 2017 s'observe à nouveau en 2018. Avec des teneurs en MES atteignant 28.2 mg/L^{-1} en été, les résultats 2018 représentent près de 10 fois la médiane historique sur les 2 points *Canal* et *Rejet*. Contrairement à 2017, le large (point *Référence*, 10.5 mg/L^{-1}) semble relativement préservé du phénomène.



¹⁷ DREVES Luc, LAMPERT Luis, ABERNOT Chantal, MARTIN Jocelyne, ARZEL Pierre, DUMAS Franck, LATROUITE Daniel, SCHLAICH Ivan, WOEHLING Daniel (2006). Synthèse hydrobiologique du site électronucléaire de Flamanville. DOP/LER/06.03. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/6405/>

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE



Figure B-20 : Mesures de Matières en Suspension (MES) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée au cours de l'année, mis en perspective des mesures réalisées entre 2001 et 2018 (voir Figure B-3 pour détail des boxplots). (LD MES=0,01 mg/L). L'intégralité des données acquises est présentée dans l'ANNEXE B-1 (p.62).

Aux autres saisons (printemps et automne), les niveaux de MES sont plus en adéquation avec la variabilité interannuelle habituelle. Bien que la variabilité spatiale soit limitée, le gradient décroissant habituel de la côte vers le large se dessine à toutes les saisons.

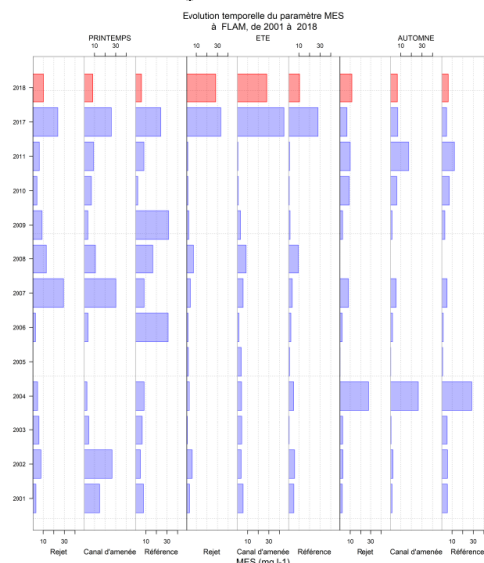


Figure B-21 : Distribution par année des mesures de Matière en Suspension (MES) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée depuis le début de la surveillance écologique du CNPE.

Depuis 2016, la turbidité est mesurée en complément des Matières en suspension. Le nombre de données ($N < 10$) est encore trop insuffisant pour permettre une représentation en boxplot. Les données sont toutefois présentées sous la forme d'un simple nuage de points permettant d'apprécier les mesures de l'année en regard des mesures déjà réalisées (Figure B-22).

Deux particularités attirent l'attention. D'une part, les fortes valeurs de MES mesurées à la côte (Canal et Rejet) en été ne sont pas retranscrites à travers le paramètre de Turbidité. D'autre part, le point référence se distingue à l'automne par une valeur de turbidité (10.8 NTU) se détachant sensiblement des valeurs mesurées à la côte (de l'ordre de 2 NTU). Dans l'absolu, cette différence doit cependant être relativisée dans la mesure où la valeur de 10.8 NTU reste très inférieure à des niveaux de turbidité pouvant être classiquement rencontré en Manche.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE

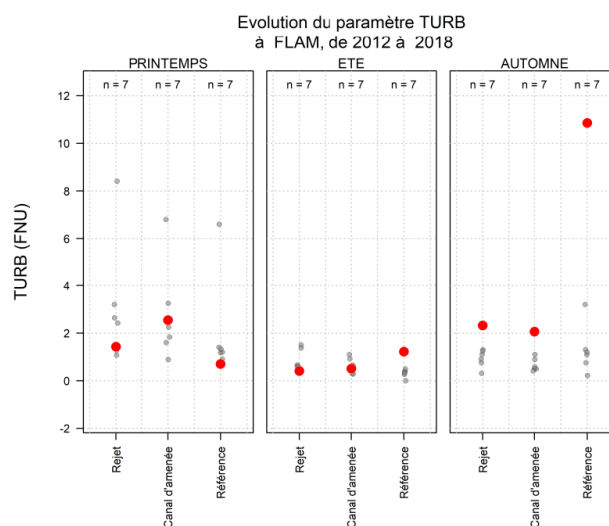


Figure B-22 Mesures de Turbidité (NTU) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'amenée au cours de l'année, mis en perspective des mesures réalisées en 2016 et 2018 (avec seulement 2 ans de recul, le nombre de données historiques est insuffisant pour une représentation sous forme de Boxplot). L'intégralité des données acquises est présentée dans l'ANNEXE B-1 (p.62).

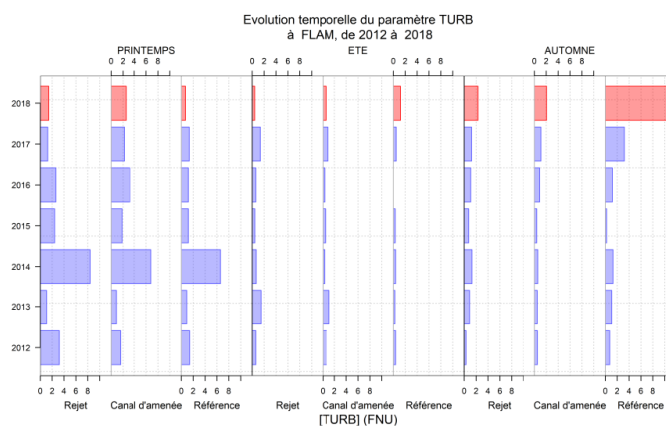


Figure B-23 : Distribution par année des mesures de Matière en Suspension (MES) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'amenée depuis le début de la surveillance écologique du CNPE.

Tableau B-7 : probabilité "p-value" associée aux tests d'hypothèse de comparaison de moyenne pour les MES sur l'ensemble de la surveillance. ("W" : test de wilcoxon ; "T" : test t de Student ; P-Value > 0.05, différence non-significative).

Période prise en compte : 1987 – 2018 (N=31)		Printemps		Été		Automne	
		Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
Matières en suspension (MES)	Canal /Référence	T	0.86	W	0.15	T	0.45
	Canal /Rejet	W	0.62	W	0.05	W	0.08
	Référence/Rejet	T	0.43	W	0.72	T	0.92



L'année 2018 conduit à ce que plus aucune différence significative ne s'observe entre les 3 points de suivi et ceci quel que soit la saison. La distinction qui caractérisait encore les point Rejet et Canal en été en 2017 est aujourd'hui gommée. Ce changement est très probablement à mettre en relation avec les fortes valeurs mesurées ces deux dernières années sur les points côtiers sans que l'origine n'en soit clairement établie. Le caractère "non-significatif" étendu à tous les points et toutes les saisons témoigne d'un résultat cohérent avec la variabilité naturelle du milieu, qui ne peut être imputable au fonctionnement du CNPE.

B.1.10 HYDRAZINE ET ETHANOLAMINE

Depuis 2016, les analyses des paramètres Hydrazine et Ethanolamines sont réalisées par le laboratoire SGS (Rouen). Les méthodes mises en œuvre reposent sur une analyse en chromatographie ionique avec détection conductimétrique.

Si la limite de détection (LD) reste la même d'une série d'analyses à l'autre (i.e. d'une campagne de surveillance à l'autre), les "interférences" des échantillons influent la LQ rendue. Ces interférences sont liées à la grande proximité des pics d'absorption de l'Ethanolamine et du Sodium (très présent en eau de mer). Elles nécessitent, pour chaque échantillon, de recalculer le seuil de quantification en fonction du retour à la ligne de base du signal. Ainsi, la limite de quantification pour l'Ethanolamine est variable d'une série à l'autre (de 20 à 50 mg.L⁻¹). Les résultats montrent de manière systématique des niveaux inférieurs à la LQ pour ces 2 paramètres.

Tableau 3.2.10 : Synthèse des résultats analytiques pour les paramètres hydrazine et Ethanolamine dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE de Flamanville

		REFERENCE	REJET	CANAL
AVRIL	Hydrazine ($\mu\text{g L}^{-1}$)	<0.02 (LQ)	<0.02 (LQ)	<0.02 (LQ)
	Ethanolamine (mg L^{-1})	<50 (LQ)	<50 (LQ)	<50 (LQ)
JUN	Hydrazine ($\mu\text{g L}^{-1}$)	<0.02 (LQ)	<0.02 (LQ)	<0.02 (LQ)
	Ethanolamine (mg L^{-1})	<20 (LQ)	<20 (LQ)	<20 (LQ)
SEPTEMBRE	Hydrazine ($\mu\text{g L}^{-1}$)	<0.02 (LQ)	<0.02 (LQ)	<0.02 (LQ)
	Ethanolamine (mg L^{-1})	<20 (LQ)	<20 (LQ)	<20 (LQ)

En 2018, l'ensemble des concentrations d'Ethanolamine obtenues sont inférieures à la LQ qui est de 50 mg/L pour les échantillons analysés au printemps et de 20mg/L en été et en automne. Il en est de même pour l'hydrazine, la LQ étant de 20 $\mu\text{g/L}$ lors des trois campagnes.

B.1.11 MISE EN PERSPECTIVE DES RÉSULTATS AVEC LA DCE

LA DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU (DCE) :

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE, 2000/60/CE) établit le principe d'une politique communautaire dans le domaine de l'eau en vue d'une meilleure gestion des milieux aquatiques. Elle s'applique à l'ensemble des pays membres de l'Union Européenne. Reposant sur un calendrier commun, elle fixe comme objectif général la restauration et le maintien du bon état écologique et chimique de l'ensemble des écosystèmes aquatiques (incluant les eaux marines côtières).

En aval des 5 grands bassins hydrographiques métropolitains, les eaux littorales (côtières et estuariennes) ont été découpées en unités géographiques cohérentes (masses d'eau) selon des critères géomorphologiques (i.e. hydrodynamiques et sédimentologiques).

Pour exemple, le littoral du bassin Seine-Normandie, accueillant 3 des 5 CNPE littoraux, a ainsi été découpé en 19 masses d'eau côtières (MEC) et 8 masses d'eau de transition (MET). L'article 8 de la DCE prévoit la mise en œuvre d'un programme de surveillance des masses d'eau, de manière à "dresser un tableau cohérent et complet de l'état des eaux au sein de chaque bassin hydrographique".

LE CONTRÔLE DE SURVEILLANCE DCE

Le contrôle de surveillance vise à donner une image globale de l'état d'une ou plusieurs masses d'eau représentatives des différentes typologies présentes sur le district hydrographique, et des pressions qui s'y exercent. Ce contrôle est appliqué depuis 2007 dans le bassin Seine-Normandie sur des paramètres permettant de qualifier l'état biologique, l'état hydromorphologique, l'état physico-chimique et l'état chimique. Les données sont acquises et analysées selon des méthodes de référence et des procédures standardisées.

Au-delà de cette évaluation, l'objectif de cette surveillance vise à également identifier les masses d'eau en risque de non-respect des objectifs environnementaux afin d'y appliquer des mesures opérationnelles dans le but d'atteindre le bon état écologique, et à évaluer les tendances des paramètres mesurés en fonction de l'évolution des pressions.

LA SURVEILLANCE RÉGLEMENTAIRE DES CNPE DE BORD DE MER

Bien antérieur à la mise en œuvre de la DCE, le suivi des 5 CNPE littoraux, initié à la fin des années 1970, s'est organisé pour répondre spécifiquement aux attentes et préoccupations locales. Les stratégies mises en œuvre (e.g. points de suivis, fréquences, paramètres, compartiment) ont régulièrement évolué pour s'adapter aux contraintes et/ou au contexte de chaque CNPE, contrairement à la DCE pour laquelle les exigences de standardisation, d'homogénéisation et de normalisation ont toujours constitué un objectif principal des stratégies mises en œuvre. Bien que reposant sur des stratégies différentes, une première approche intégrative des suivis réalisés dans le cadre du suivi IGA et DCE est proposé ici.

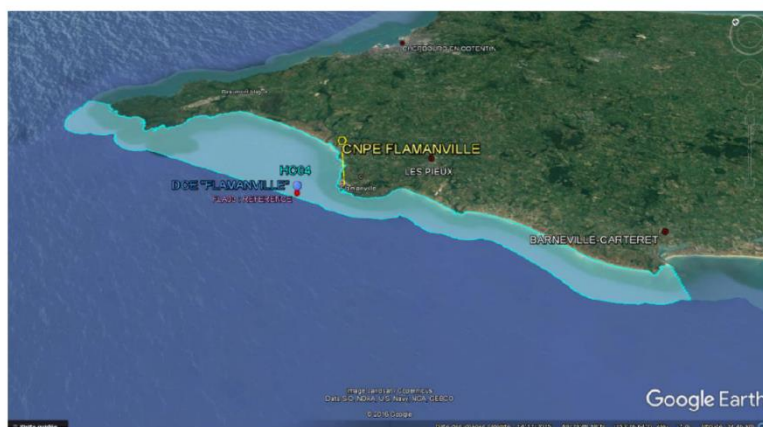
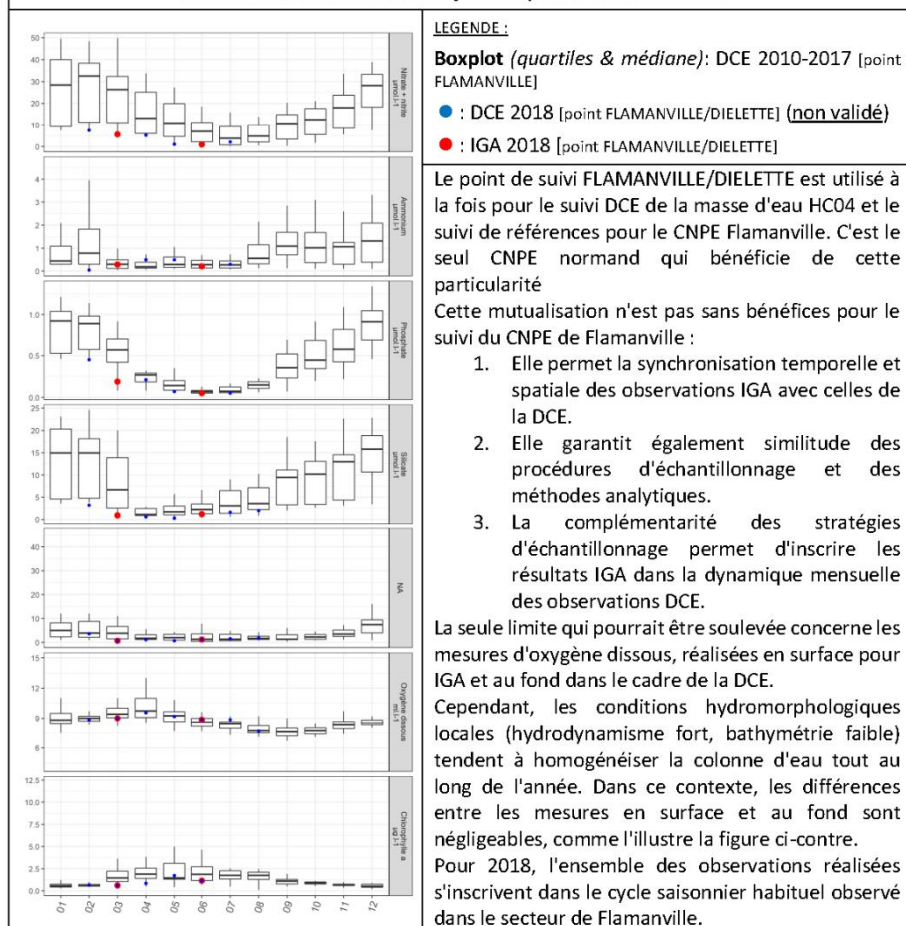


Figure 3.2.14 : localisation du point Référence FLAMANVILLE, support mutualisé pour le suivi DCE de la masse d'eau HC04 et le suivi de références pour le CNPE Flamanville.



B.1.12 CONCLUSIONS

Pour 2018, les **paramètres suivis** dans le cadre de la surveillance du compartiment pélagique ne présentent pas de profils atypiques en regard de ce qui est habituellement observé. Les différences spatiales entre les points de suivis (et le point *Référence* en particulier) mettent le plus souvent en évidence un gradient côte-large caractéristique de la variabilité naturelle du milieu à Flamanville.

La **température** de l'eau de mer relevées à proximité du CNPE est basse au printemps et légèrement inférieure aux médianes historiques en été et en automne. Les **salinités** les plus faibles ont été mesurées au cours de l'été et révèle un léger gradient de la côte vers le large trahissant une probable influence terrigène à la côte. Pour la 3^{ème} année, des mesures d'**oxygène dissous** sont réalisées. Les concentrations relevées sont proches de la valeur de référence attendue en Manche Atlantique et aucun dysfonctionnement (état d'hypoxie ou d'anoxie) n'a été observé sur l'ensemble de la zone d'étude au cours de cette année.

En 2018, les **sels nutritifs** montrent des concentrations élevées d'ammonium à la côte (point Canal à toute saison). En automne, les Nitrites révèlent des niveaux qui sans être exceptionnels n'en demeurent pas moins élevés (dans les 10% les plus forts). Pour le reste, nitrates, phosphates, silicates, le cycle saisonnier attendu (Figure B-1) des sels nutritifs est respecté et conforme à ce qui est observé sur les côtes de la Manche Orientale, avec des fortes concentrations au printemps, restreintes pendant l'été suite à l'utilisation des stocks par le phytoplancton suivi par une nouvelle augmentation au cours de la période automnale liée aux processus de régénération et aux apports par les bassins versants.

Pour la seconde année consécutive, des concentrations estivales élevées en **MES** ont été observées, cette fois plutôt limitées à la côte (*Canal, Rejet*). Comme en 2017, les mesures de **turbidité** par néphélométrie, mise en place depuis 2016, ne corroborent pas les niveaux de MES observé en été. En dehors de ce cas particulier la variabilité spatiale pour ces paramètres est conforme à ce qui est généralement observé sur le littoral. Sur les stations plus côtières et donc moins profondes, la remise en suspension de particules du fond, les apports continentaux par les bassins versants ainsi que des biomasses phytoplanctoniques généralement plus élevées, peuvent expliquer ces variations observées le long d'un gradient côte/large.

Concernant les **éléments chimiques (Hydrazine et Ethanolamine)**, les concentrations sont systématiquement restées inférieures à la limite de quantification sur l'ensemble de la zone et ceci au cours des trois périodes d'échantillonnage.

Les données relatives au compartiment hydrologique acquises en 2018 dans le cadre du programme de surveillance écologique du CNPE de Flamanville mettent en évidence un échauffement de l'eau aux abords du Rejet. Cette perturbation thermique reste cependant géographiquement très limitée, du fait d'un pouvoir de dilution important du milieu comme en témoignent les taux de dilution recalculés (> 75%). Les autres paramètres suivis présentent des valeurs et des variations expliquées par la saisonnalité, l'environnement climatique et géomorphologique.

Ainsi, les rejets du CNPE n'affectent pas de façon générale la distribution et les variations saisonnières des paramètres étudiés autres que la température. Les caractéristiques hydrologiques intrinsèques du milieu n'apparaissent donc pas modifiées de manière sensible et significative.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE



B.1.13 ANNEXE

Les résultats acquis au cours des différentes campagnes de surveillance pour l'année 2018 sur le site de Flamanville sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les LQ sont définies dans l'ANNEXE B-1 (ci-dessous).

ANNEXE B-1 : Récapitulatif des résultats de surveillance physico-chimique et chimique pour l'année 2018 à Flamanville

DATE	PARAMÈTRE	REFERENCE	REJET	CANAL
26-mars	Température (°C)	8.53	11	8.6
	Salinité	35.13	35.16	35.18
	MES (mg/L)	5.91	10.22	8.38
	Turbidité en NTU	0.7	1.43	2.54
	Oxygène dissous (mg/L)	8.99	8.2	8.74
	Nitrate (μM)	5.43	5.33	6.74
	Nitrite (μM)	0.17	0.17	0.16
	Ammonium (μM)	0.29	0.45	0.74
	Phosphate (μM)	0.19	0.17	0.31
	Silicate (μM)	0.93	1.8	1.3
	Hydrazine (μg L ⁻¹)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
	Ethanolamine (mg L ⁻¹)	< 50	< 50	< 50
21-juin	Température (°C)	14.23	16.7	14.84
	Salinité	34.73	34.52	34.69
	MES (mg/L)	10.52	28.26	28.07
	Turbidité en NTU	1.22	0.41	0.51
	Oxygène dissous (mg/L)	8.85	9.09	9.07
	Nitrate (μM)	0.88	0.45	0.46
	Nitrite (μM)	0.1	0.07	0.06
	Ammonium (μM)	0.21	0.18	0.7
	Phosphate (μM)	0.05	0.05	0.05
	Silicate (μM)	1.2	1.8	1.5
	Hydrazine (μg L ⁻¹)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
	Ethanolamine (mg L ⁻¹)	< 20	< 20	< 20
17-oct	Température (°C)	16.55	20.02	16.62
	Salinité	35.06	34.68	34.92
	MES (mg/L)	6.33	11.51	6.79
	Turbidité en NTU	10.853	2.32	2.06
	Oxygène dissous (mg/L)	7.66	7.78	7.74
	Nitrate (μM)	4.25	4.76	5.16
	Nitrite (μM)	0.65	0.54	0.54
	Ammonium (μM)	0.7	1.19	1.56
	Phosphate (μM)	0.31	0.34	0.36
	Silicate (μM)	3.6	3.9	3.7
	Hydrazine (μg L ⁻¹)	< 0.02	< 0.02	< 0.02
	Ethanolamine (mg L ⁻¹)	< 20	< 20	< 20

PHYTOPLANKTON

Rapport

Gaëlle Courtay (LERN),
Tania Hernández Fariñas (LERN)

Prélèvements et mesures *in situ*

Gaëlle Courtay (LERN),
Sylvaine Françoise (LERN),
Laure Lamort (LERN)
Frank Maheux (LERN),
Olivier Pierre-Duplessix (LERN),
Benjamin Simon (LERN),

Dénombrements

Gaëlle Courtay (LERN),
Sylvaine Françoise (LERN)

Mesures PAM

Sylvaine Françoise (LERN)
Gaëlle Courtay (LERN),

Traitements et images satellites

Francis Gohin (Ifremer/Dyneco)
Sylvaine Françoise (LERN),
Gaëlle Courtay (LERN),

Codes de programmation de traitement des données

Tania Hernández Fariñas (LERN)
Sylvaine Françoise (LERN)

Illustrations et statistiques

Tania Hernández Fariñas (LERN)
Sylvaine Françoise (LERN)

Expertise thématique *Phytoplankton*

Tania Hernández Fariñas (LERN)

B.2 PHYTOPLANCTON

Les communautés phytoplanctoniques, premier maillon de la chaîne trophique, se caractérisent par une grande diversité d'organismes microscopiques que l'on peut regrouper par taille : le picophytoplancton (taille < 2 µm), le nanophytoplancton (taille comprise entre 2 et 20 µm) et le microphytoplancton (taille > 20 µm). Ces peuplements sont appréhendés à travers différents paramètres :

- **Chlorophylle *a*** : présente chez tous les organismes autotrophes, la chlorophylle *a* est un bon estimateur de la biomasse de phytoplancton.
- **Production primaire** : représente la production potentielle maximale d'un peuplement *in vivo* en condition optimum. Elle permet également d'estimer l'état physiologique du peuplement. Cette approche intègre l'ensemble du peuplement (toutes tailles confondues).
- **Composition floristique** : l'identification et le dénombrement des espèces qui composent le microphytoplancton permet d'en caractériser la structure et la diversité.

Ces paramètres (photosynthèse, assemblages d'espèces, biomasses) sont gouvernés à la fois par des facteurs physiques (conditions environnementales telles que la température, la lumière, ...) et des facteurs nutritionnels, telles que la concentration en sels nutritifs (azote, phosphate et silicate). La première source de variabilité pour ces facteurs, physiques et nutritionnels relèvent de la variabilité saisonnière. Les facteurs nutritionnels sont en outre étroitement liés aux apports terrestres (fleuves, cours d'eau) et dans une moindre mesure aux apports atmosphériques qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique.

Dans les eaux tempérées françaises les teneurs maximales en sels nutritifs (ou nutriments) sont observées en hiver (notamment les silicates, source nutritive principale de la famille des Diatomées pour structurer leur squelette externe (frustule). Ainsi, au printemps (augmentation de la luminosité et de la température) les Diatomées vont profiter de ces stocks hivernaux de silice pour dominer la communauté phytoplanctonique.

B.2.1 STRATÉGIE DE SURVEILLANCE

Les mesures de chlorophylle *a* ont été initiées en 1987 (début de la surveillance) et perdurent de manière ininterrompue depuis.

Les dénombrements de cellules phytoplanctoniques ont également été initiés au début de la surveillance. D'abord réalisés de manière partielle (dénombrement limité aux espèces dominantes), depuis 2001, les flores sont dites "totales" (dénombrements exhaustifs sur l'ensemble du peuplement). Cette stratégie est toujours mise en œuvre aujourd'hui.

Enfin, si les premières tentatives de mesure de la Productivité Primaire remontent aux origines de la surveillance (1987) les modalités ont profondément évolué au cours de la surveillance avec l'abandon définitif de la méthode d'incubation dite "Carbone 14" en 2007 pour être remplacée par des mesures directes in-situ.

Plus récemment, l'imagerie satellitaire est venue enrichir les moyens d'appréhender l'activité des populations de phytoplancton à des échelles plus grandes. À partir d'images de la couleur de la surface l'océan, les concentrations en chlorophylle peuvent être estimées (la proportion de lumière bleue et rouge absorbée par l'eau renseigne sur les niveaux d'activité photosynthétique qui eux même sont représentatifs de la concentration en chlorophylle). Bien



que cette approche ne fasse pas partie de la stratégie de surveillance réglementaire des CNPE nous la proposons en complément des mesures in-situ dans la mesure où elle permet de replacer les résultats de la surveillance dans un contexte plus large à la fois spatial, mais également temporel (saisonnier).

Conformément aux modalités mises en œuvre dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE de Flamanville, les 3 stations échantillonnées pour le suivi du Phytoplancton sont les mêmes que celles définies pour l'hydrologie, la physico-chimie et la chimie (Figure 0-1, page 12).

B.2.2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'ensemble des prélèvements d'eau en vue de l'étude du phytoplancton sont réalisés au moyen d'une Bouteille à prélèvement (type Niskin). Les mesures de production primaire reposent sur 3 réplicas, réalisés à chaque point de prélèvement.

Tableau B-8 : Récapitulatif des paramètres de suivi du compartiment « phytoplancton ».

Paramètres [CODE Q²]	Nb. Échantillons.	Stations	Fréquence
Détermination et dénombrement des espèces [FLORTOT]	1 en Surface. (3 réplicats Prod. Primaire)	3 stations : CANAL REJET REFERENCE	3 camp./an - Printemps - Été - Automne
Chlorophylle <i>a</i> [CHLOROA]			
Phéopigments [PHEO]			
Production primaire [rETR, YMAX]			

B.2.2.1 CHLOROPHYLLE *A* ET PHÉOPIGMENTS

Les mesures de la chlorophylle *a* sont réalisées sur des échantillons d'eau brute issus de la bouteille de prélèvement, conservés au frais en glacière et à l'abri de la lumière jusqu'au retour au laboratoire.

La concentration en Chlorophylle *a* est mesurée par la méthode spectrophotométrique monochromatique de Lorenzen (1967). Un échantillon d'un litre environ est filtré aussitôt après le prélèvement sur une membrane en fibre de verre type GF/F (Whatman). Les filtres sont ensuite congelés à l'obscurité jusqu'au dosage. L'extraction des pigments chlorophylliens dans 10 mL d'acétone à 90% (v/v 90/10) pendant 18 heures à l'obscurité. Après centrifugation à 3000 tours/min pendant 15 minutes, le surnageant est placé dans une cuve de 5 cm de trajet optique. L'absorption est alors mesurée à différentes longueurs d'onde, dans un premier temps sans acidification pour la Chlorophylle *a*, puis après acidification pour les phéopigments (Aminot et Kérouel, 2004).

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANKTON



Tableau B-9 : Références analytiques normalisées pour la mesure de biomasse de phytoplancton.

Paramètre [Code paramètre]	Méthode analytique normalisée [Code SANDRE]	Limite de Quantification *	Précision **
Chlorophylle α [CHLOROA]	Fluorimétrie Aminot et Kérouel 2004 [530]	0,5 µg/L	Incertitude élargie minimale de 60% au niveau « LQ » Incertitude élargie ≤ 50% au niveau « 3 x LQ »
Phéopigments [PHEO]	Fluorimétrie Aminot et Kérouel 2004 [530]	0, µg/L	Incertitude élargie minimale de 60% au niveau « LQ » Incertitude élargie ≤ 50% au niveau « 3 x LQ »

* Avis relatif aux limites de quantification des couples « paramètre-matrice » de l'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques du 21 Janvier 2012 / NOR : DEVL1131786V

** Arrêté du 27 Octobre 2011 portant modalités d'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et les milieux aquatiques au titre du code de l'environnement / NOR : DEVL1128052A

B.2.2.2 PRODUCTION PRIMAIRE

La production primaire est un paramètre qui fait partie de la surveillance depuis ses débuts (années 1980). Elle a d'abord été appréhendée selon la méthode dite "d'intégration de C^{14n} ". Lourde et coûteuse à mettre en œuvre, à compter de 2007 lui a été préféré une méthode plus simple et finalement beaucoup plus performante reposant sur des mesures *in vivo*. La conséquence la plus notable réside dans les changements de métriques entre les deux méthodes, ne permettant pas la continuité de la série historique.

Les informations de production primaire viennent enrichir et compléter celles apportées par les biomasses chlorophylliennes ou les flores totales. La production primaire appréhende le peuplement de phytoplancton dans toutes ses dimensions et tout particulièrement en intégrant les fractions du peuplement composées de Pico et de Nanophytoplancton.

Les mesures de production primaire sont réalisées sur des échantillons d'eau brute issus de la bouteille de prélèvement et traités et analysés directement à bord du bateau.

La méthode mise en œuvre pour l'évaluation des paramètres de production primaire n'est pas encore normalisée à ce jour (i.e. intégrée au référentiel SANDRE). Son principe repose sur une mesure directe des variations de fluorescence intracellulaire des cellules phytoplanctoniques au moyen d'un fluorimètre modulé (Pulse amplitude Modulated –PAM– Walz) embarqué (Thompson et al., 2007 ; Kromkamp et al., 2008 ; Schmitt-Jansen et al., 2008 ; Napoléon et al., 2012)¹⁸. Les résultats bruts sont enregistrés pour être exploités au retour au laboratoire.

¹⁸ Thompson, Peter A., Stéphane Pesant, et Anya M. Waite. 2007. « Contrasting the vertical differences in the phytoplankton biology of a dipole pair of eddies in the south-eastern Indian Ocean ». *Deep-Sea Research II*, no 54:1003–1028.

Kromkamp, Jacco C., Nicole A. Dijkman, Jan Peene, Stefan G.H. Simis, et Herman J. Gons. 2008. « Estimating phytoplankton primary production in Lake IJsselmeer (The Netherlands) using variable fluorescence (PAM-FRRF) and C-uptake techniques ». *European Journal of Phycology* 43 (4):327–44. <https://doi.org/10.1080/09670260802080895>

Schmitt-Jansen, Mechthild, et Rolf Altenburger. 2008. « Community-level microalgal toxicity assessment by multiwavelength-excitation PAM fluorometry ». *Aquatic Toxicology* 86 (1):49–58. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.10.001>

Napoléon, Camille, Virginie Raimbault, Liliane Fiant, Philippe Riou, Sébastien Lefebvre, Luis Lampert, et Pascal Clauquin. 2012. « Spatiotemporal dynamics of physicochemical and photosynthetic parameters in the central English Channel ». *Journal of Sea Research* 69:43–52. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2012.01.005>

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANKTON



L'analyse des résultats bruts permet de calculer 2 paramètres :

- ***rETR*** : correspond à la capacité maximale de production primaire de l'échantillon, et par extension à l'estimation de production potentielle maximale du peuplement *in vivo*.
- ***Y_{max}*** : valeur calculée de l'efficacité quantique maximum du photosystème II". Ce paramètre donne une indication de Etat.

Tableau B-10 : Échelle d'interprétation de l'indice de qualité physiologique (*Y_{max}*).

Valeur de <i>Y_{max}</i>	Interprétation
≥ 0,6	Très bon état physiologique.
0,5 à 0,6	Bon état
0,4 à 0,5	Etat moyen
0,3 à 0,4	Mauvais état
< 0,3	Très mauvais état

B.2.2.3 DÉNOMBREMENT DU PHYTOPLANKTON

Les flores totales (dénombrements à l'espèce) sont réalisées sur des échantillons d'eau brute, issus de la bouteille de prélèvement, fixés au Lugol acide puis conservés au frais en glacière et à l'abri de la lumière jusqu'au retour au laboratoire.

La détermination et le comptage des espèces s'effectuent avec un microscope inversé à contraste de phase. Pour s'assurer d'un intervalle de confiance au maximum de 20%, un minimum de 100 cellules doivent être dénombrées (Lund et al., 1958 ; Neaud-Masson, 2015)¹⁹. Les résultats sont exprimés en nombre de cellules par litre.

Tableau B-11 : Références analytiques normalisées pour le dénombrement du phytoplancton.

Paramètre	Méthode analytique normalisée	Limite de Quantification	Précision
Dénombrement	NF EN 15972 Qualité de l'eau - Guide pour l'étude quantitative et qualitative du phytoplancton marin EN 15204 Qualité de l'eau – Norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée (méthode Utermöhl)	100	< 20 % si nombre cellules > 100.

19 Lund, J.W.G., Kipling, C. & Le Cren, E.D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting, *Hydrobiologia*, 11 (2) : 11: 143. <https://doi.org/10.1007/BF00007865>

Neaud-Masson Nadine (2015). Observation et dénombrement du phytoplancton marin par microscopie optique photonique - Spécifications techniques et méthodologiques appliquées au REPHY. Document de méthode. R.INT.ODE/DYNECO/VIGIES/15-13. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00292/40293/>



B.2.2.4 TÉLÉDÉTECTION SATELLITAIRE

Les images satellite de la chlorophylle *a* sont produites par l'Ifremer (algorithme OC5, Gohin et al., 2002 & 2011)²⁰ à partir de séries d'acquisition de réflectance obtenues par les caméras SeaWiFS, MERIS, MODIS et VIIRS. Les moyennes mensuelles sont calculées à partir des images des caméras MODIS et VIIRS. Toutes ces séries ont été traitées avec le même algorithme et sont mises à disposition par le projet de recherche S3 EUROHAB²¹.

Les observations satellites de l'année en cours (fréquence mensuelle) sont à mettre en perspective de la synthèse mensuelle moyenne calculée sur la période 2011-2016 (plan de gestion en cours pour la DCE). Les 2 approches, échelle annuelle ou interannuelle, reposent sur le même principe. Pour l'année en cours, toutes les images d'un même mois sont moyennées. Pour la période historique, toutes les images du même mois de chaque année sont prises en compte pour calculer la valeur moyenne mensuelle interannuelle. Les observations de l'année étudiée peuvent ainsi être mises en perspective du niveau moyen pluriannuel de distribution de la chlorophylle *a* en Manche évaluée pour la période du dernier plan de gestion DCE (2011-2016).

B.2.2.5 TRAITEMENT ET EXPLOITATION DES DONNÉES

Les traitements et exploitation des données acquises s'articulent autour de 2 principes :

- Une représentation graphique : La mise en perspective de la variabilité spatiale (entre les points) et saisonnière (entre les campagnes) des résultats observés au cours de l'année, avec la variabilité interannuelle observée historiquement depuis que le paramètre est suivi dans le cadre de la surveillance (peut remonter aux début des années 1980)²².

Toutes ces dimensions sont combinées sous une seule et même représentation graphique, le boxplot, dont le principe est rappelé ci-dessous (Figure B-24)

Les années pour lesquelles des valeurs records ont été observées sont identifiées directement sur le graphique, sauf pour les années où les valeurs minimum observées correspondent à des seuils (LD ou LQ) de nature analytique.

- Une approche statistique : les résultats observés durant l'année en cours sont intégrés dans la série historique avec l'objectif d'évaluer si des différences significatives entre les points se dégagent (en particulier entre les points d'entrée et de sortie du CNPE). Pour cela, des tests de comparaisons de moyennes pour données appariées ont été proposés au début des années 2000. Ils sont remis à jour chaque année.

Pour chaque paramètre concerné, le choix du test statistique le plus approprié est conditionné par l'analyse de la distribution de la différence entre les valeurs prises en

²⁰ Gohin, F., Druon, J. N., and Lampert, L. 2002. A five channel chlorophyll concentration algorithm applied to SeaWiFS data processed by Seadas in coastal waters, International Journal of Remote Sensing, 23, 1639-1661, doi:10.1080/01431160110071879.

Gohin, F. 2011. Annual cycles of chlorophyll-a, non-algal suspended particulate matter, and turbidity observed from space and in-situ in coastal waters, Ocean Sci., 7, 705-732, doi:10.5194/os-7-705-2011, 2011. Open Access version : <http://www.ocean-sci.net/7/705/2011/os-7-705-2011.pdf>

²¹ <https://interreg5a-fce.eu/fr/actualites-et-evenements/actualites/projet-s3-eurohab-va-surveiller-la-proliferation-dalgues-toxiques-depuis-lespace/>

²² La stratégie analytique d'un même paramètre peut avoir changé au cours de la surveillance au point d'empêcher la continuité historique de la série. Ainsi, pour la composition floristique, les flores sont dites "Totales" (dénombrement exhaustif) seulement depuis 1993. Auparavant elles n'étaient que partielles et ne permettait pas d'appréhender la communauté de microphytoplancton dans son ensemble.

considération pour le test (point A vs point B). L'étude de cette distribution est réalisée à l'aide du test de Shapiro-Wilks. Lorsque la distribution est normale, le test T de Student pour données appariées est utilisé. Dans le cas contraire (distribution non normale), la comparaison des données est réalisée à l'aide du test de Wilcoxon pour données appariées. L'interprétation de ces tests est faite au seuil de risque de 5%. Si la valeur de "*p-value*" obtenue est inférieure à 0.05, le risque de faire une erreur en concluant que la différence est "significative" est limitée (< 5%). Si par contre la valeur de "*p-value*" reste supérieure à la valeur de 0.05, alors les différences observées ne sont pas considérées comme significatives.

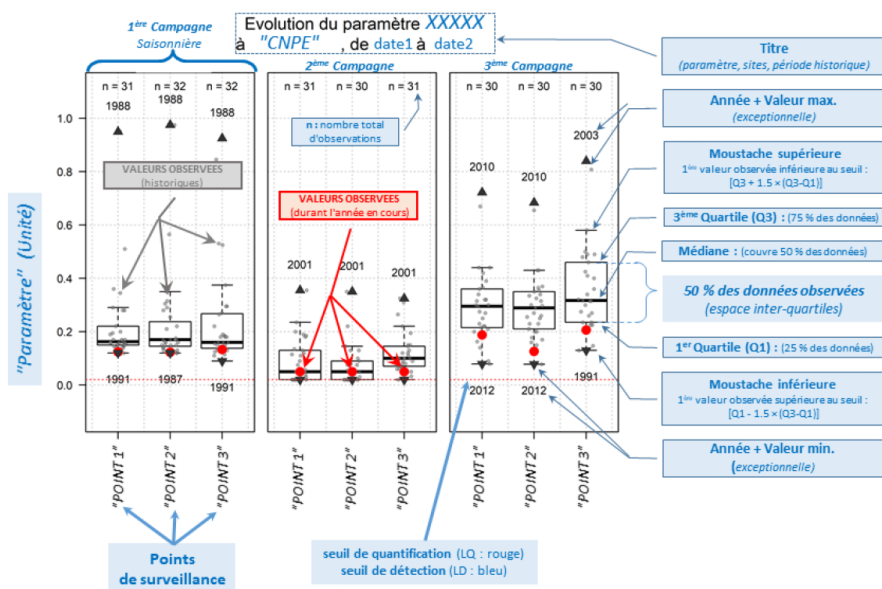


Figure B-24 : Description des graphiques de type "Boxplot" utilisés pour présenter les résultats de la surveillance annuelle en perspective de l'ensemble des observations historiques de la surveillance.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANKTON

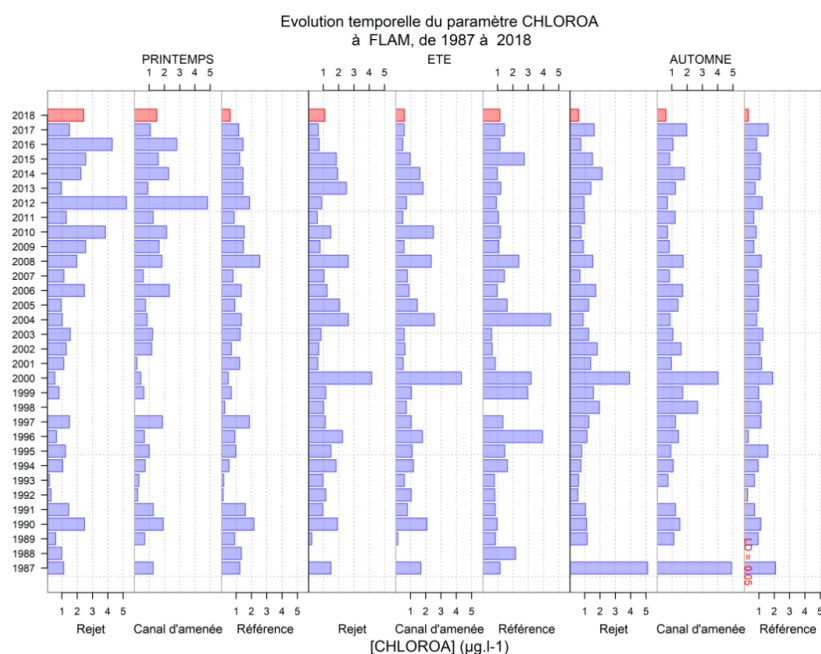


Figure B-26 : Distribution par année des mesures de concentration en Chlorophylle a (CHLOROA) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée depuis le début de la surveillance écologique du CNPE.

Au printemps, une différence significative est observée pour la chlorophylle a entre les couples rejet/référence et rejet/canal. Le point rejet se distingue en 2018 des autres points par sa plus forte productivité en chlorophylle a , mais sans être pour autant exceptionnelle. Une différence significative est observée en été entre les points Rejet et Canal. Ce résultat met en perspective une certaine hétérogénéité entre les points côtiers en été. En automne, une différence significative est observée entre le point Référence (au large) et les points Rejet et Canal (à la côte), ce qui est représentatif d'un gradient côte-large en automne. Ce résultat est cohérent avec la variabilité naturelle du milieu.

Tableau B-12 : probabilité "p-value" associée aux tests d'hypothèse de comparaison de moyenne pour la Chlorophylle a . ("W": test de Wilcoxon ; "T": test t de Student ; P-Value > 0.05, différence non-significative).

Période prise en compte :	Printemps		Été		Automne	
	Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
1987 – 2018 (N=31)						
Référence/Rejet	W	0,04	T	0,68	W	<0,01
Référence/Canal	W	0,42	T	0,11	W	<0,01
Rejet/Canal	W	<0,01	W	<0,01	T	0,7

B.2.4 TÉLÉDETECTION SPATIALE

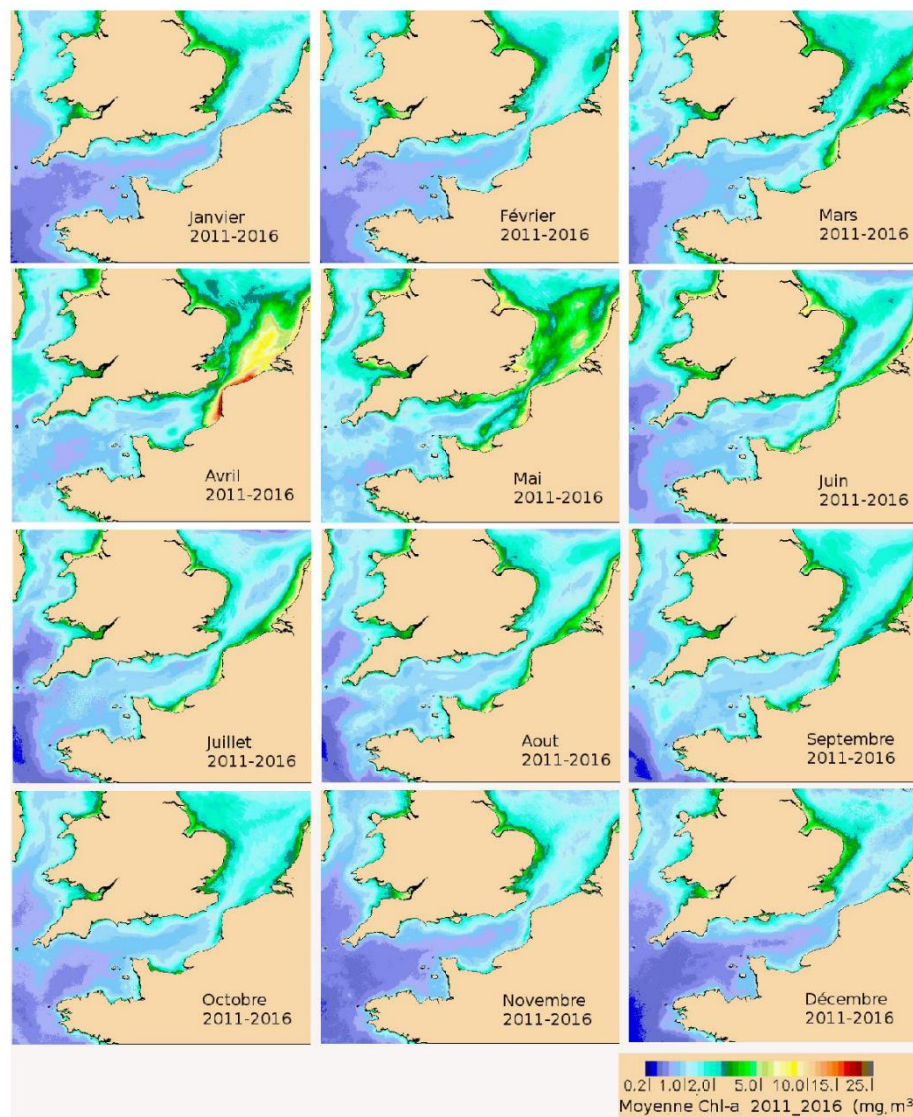


Figure B-27 : Distribution moyenne mensuelle de la chlorophylle *a* en Manche entre 2011 et 2016 obtenue après traitement des images satellite des caméras SeaWiFS, MERIS, MODIS et VIRRS.

Sur la période de référence 2011-2016 en Manche et Mer du Nord (Figure B-27), le maximum de chlorophylle *a* est détecté en avril. Sur les côtes normandes et particulièrement en baie de Seine, la répartition et la concentration en chlorophylle *a* ont tendance à être stables d'avril à septembre et ne montrent pas de décroissance de chlorophylle *a* entre le bloom printanier et le bloom automnal. Sur la côte ouest du département de la Manche, la concentration en chlorophylle *a* est globalement stable du printemps jusqu'à l'automne, avec tout de même une légère diminution des concentrations observées en juin et juillet.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANKTON



En 2018 (Figure B-28), la dynamique annuelle de la chlorophylle *a* est similaire à la dynamique de la période de référence 2011-2016. Le maximum de chlorophylle *a* est détecté en mai pour la zone Manche-Mer du Nord avec le bloom printanier s'étendant d'avril à juin. Le bloom automnal est peu marqué en 2018 (concentrations en chlorophylle *a* relativement stables de juin à septembre). Sur la côte Ouest de la Manche un premier maximum est observé en avril ($<2\text{mg/m}^3$), suivi d'une légère diminution de la chlorophylle *a* en juin et juillet ($<1\text{mg/m}^3$) puis d'un deuxième maximum en août-septembre ($<2\text{mg/m}^3$).

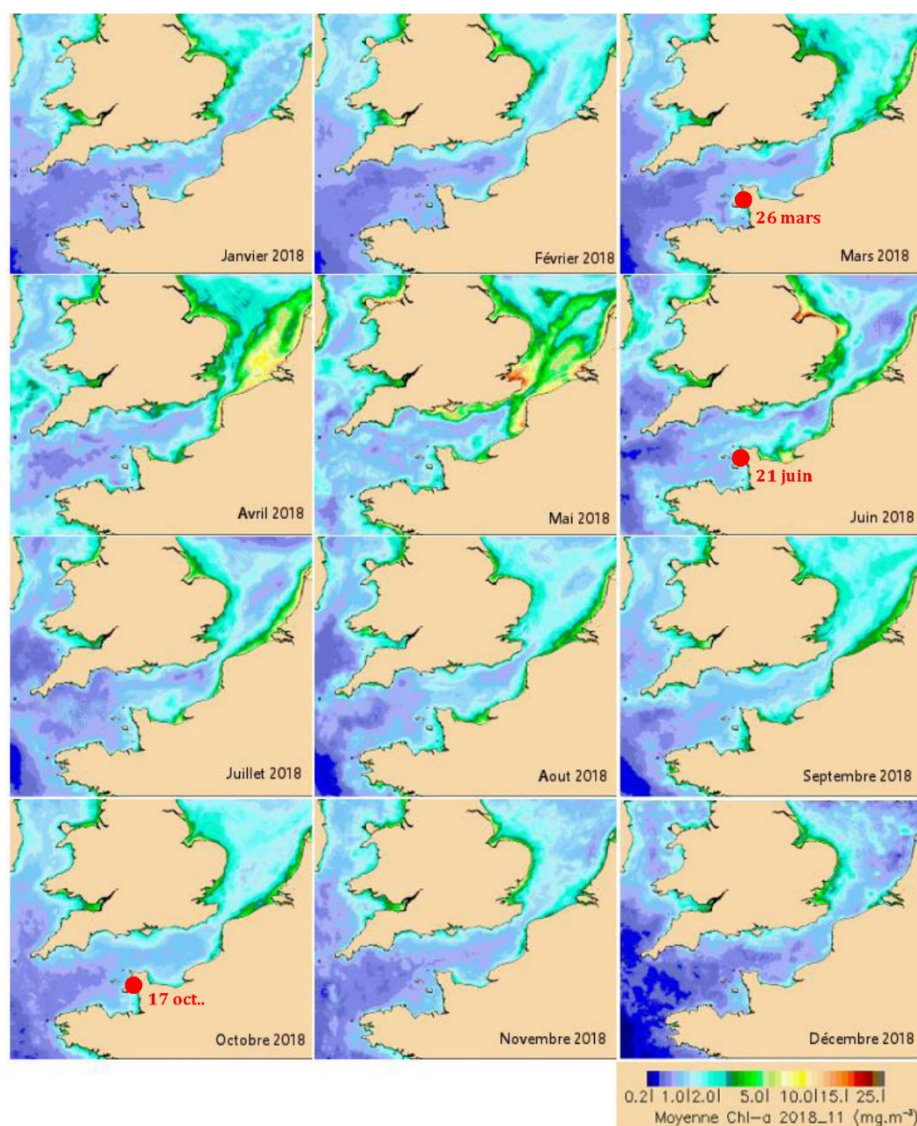


Figure B-28 : Distribution mensuelle moyenne de la chlorophylle *a* en Manche pour l'année en cours obtenue après traitement des images satellite des caméras SeaWiFS, MERIS, MODIS et VIIRS. En rouge : la localisation du CNPE et la date de l'échantillonnage.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANKTON



B.2.5 PRODUCTION PRIMAIRE

Analyses *in-situ* de la production primaire (rETR)

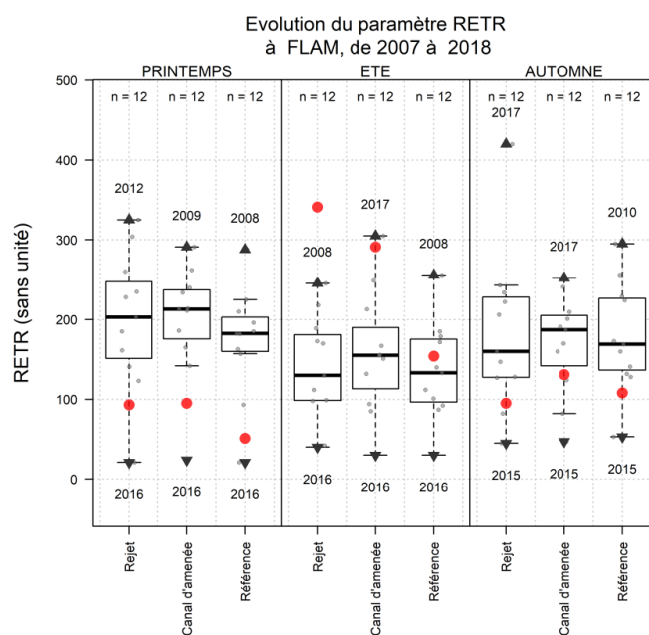


Figure B-29 : Mesures de Production Primaire (rETR) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée au cours de l'année, mise en perspective de toutes les données observées depuis le début de leur acquisition dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE (voir Figure B-24 pour détail des boxplots).

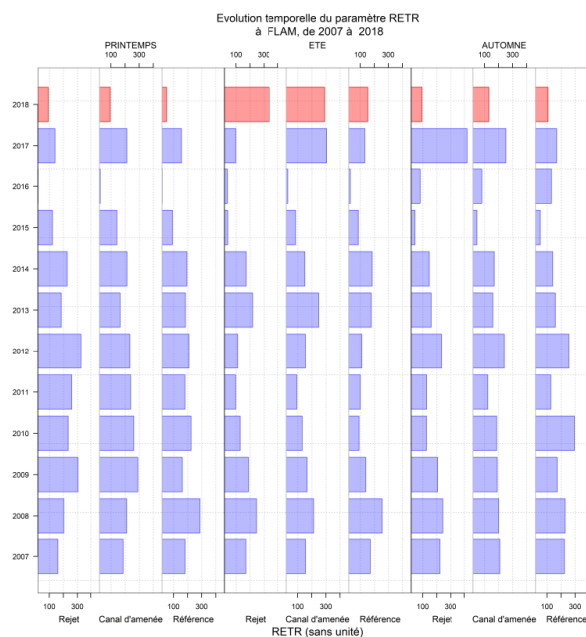


Figure B-30 : Distribution par année des mesures de rETR réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée depuis le début de la surveillance écologique du CNPE.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANKTON



Sur le plan spatial, et au regard des valeurs mesurées en 2018, les valeurs observées sont relativement homogènes sur les 3 points au printemps (entre 50 et 100) ainsi qu'en automne (entre 90 et 140). Au cours de l'été, les valeurs à la côte (entre 291 et 341) sont bien plus élevées qu'au large (154) (Figure B-29).

Du point de vue historique (Figure B-30), l'année 2018 présente des valeurs très faibles au printemps aux points Canal et Référence sans être les plus faibles valeurs observées depuis 2007. À l'inverse, la valeur observée en été au point Rejet est la plus forte valeur observée à ce point et à cette saison depuis le début du suivi du paramètre rETR en 2007.

Tableau B-13 : probabilité "p-value" associée aux tests d'hypothèse de comparaison de moyenne pour le paramètre rETR (Production Primaire). ("W" : test de wilcoxon ; "T" : test t de Student ; P-Value > 0.05, différence non-significative).

Période prise en compte : 1987 – 2018 (N=31)	Printemps		Été		Automne	
	Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
Référence/Rejet	T	0,13	W	0,62	W	0,76
Référence/Canal	T	0,14	T	0,12	T	0,66
Rejet/Canal	W	0,89	W	1	W	0,92

Aucune différence significative n'est observée pour le paramètre rETR entre les trois points d'échantillonnage (Tableau B-13). Ce résultat est cohérent avec la variabilité naturelle du milieu et ne peut être imputable au fonctionnement du CNPE.

Analyse *in-situ* de l'efficacité quantique maximale (Ymax)

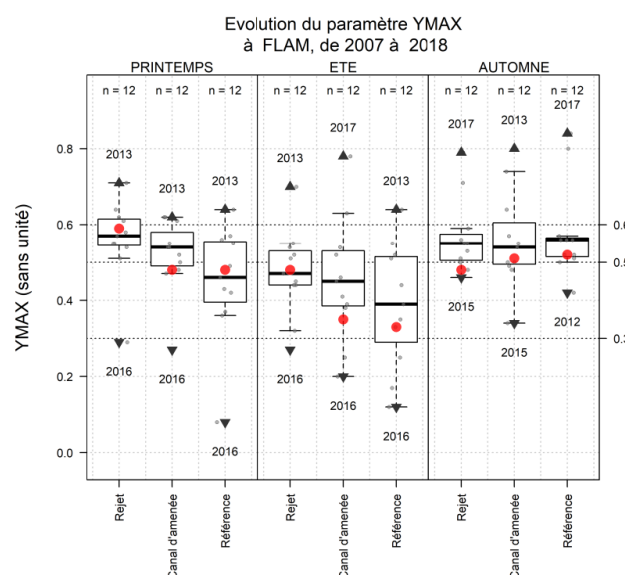


Figure B-31 : Mesures du paramètre YMAX (Etat physiologique du peuplement) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée au cours de l'année, mise en perspective de toutes les données observées depuis le début de leur acquisition dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE (voir Figure B-24 pour détail des boxplots).

D'un point de vue spatial et saisonnier (Figure B-31), l'état physiologique global du peuplement de phytoplancton (toutes tailles confondues) se révèle plutôt bon au printemps et en automne sur tous les points (valeur proche de 0,5). La situation paraît se dégrader durant l'été au Canal

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANKTON



comme au point Référence (valeurs en baisse sensible autour de 0,3). Les communautés phytoplanctoniques sont par contre dans un bon état physiologique au point Rejet (0,48, particularité peut-être en lien avec la valeur de rETR de 341).

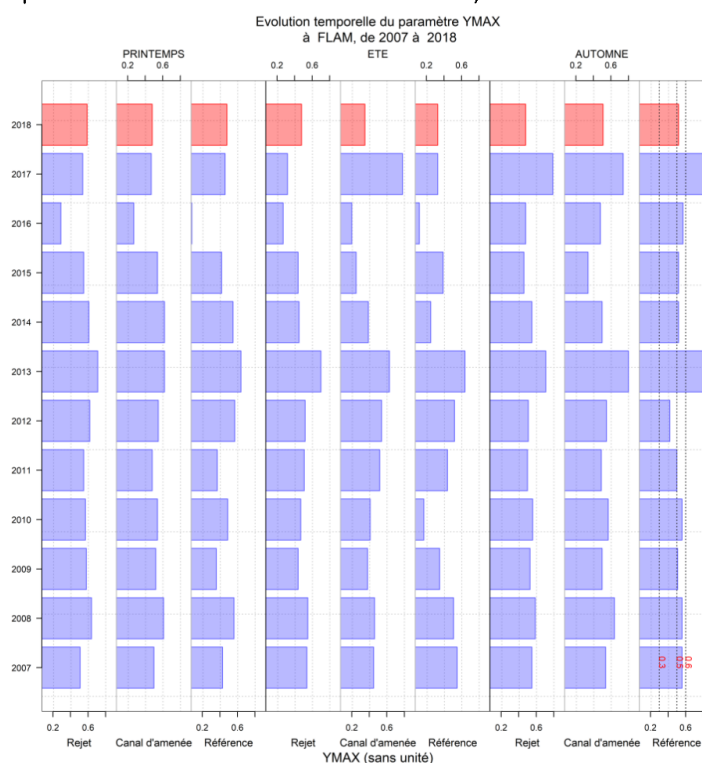


Figure B-32 : Distribution par année des mesures de YMAX réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée depuis le début de la surveillance écologique du CNPE.

D'un point de vue historique (Figure B-32), sur tous les points et à toutes les saisons, les valeurs de Ymax observées cette année sont conformes aux observations habituelles.

Tableau B-14 : probabilité "p-value" associée aux tests d'hypothèse de comparaison de moyenne pour le paramètre YMAX (Production Primaire). ("W" : test de wilcoxon ; "T" : test t de Student ; P-Value > 0.05, différence non-significative).

Période prise en compte :	Printemps		Été		Automne	
	Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
Référence/Rejet	T	<0,01	T	0,01	T	0,38
Référence/Canal	T	0,01	T	0,2	T	0,45
Rejet/Canal	T	<0,01	W	0,06	T	0,8

Une différence significative est observée pour le paramètre Ymax au printemps entre les trois points et en été entre les points Référence et Rejet. Ces résultats mettent en perspective une forte hétérogénéité entre les points au printemps et un gradient côte-large sensible au point Rejet en été. Aucune différence significative entre les autres points en été et en automne n'apparaît pour le paramètre Ymax. Ce résultat est cohérent avec la variabilité naturelle du

milieu. Il ne peut être imputable au fonctionnement du CNPE sur les paramètres de production primaire.

B.2.6 POPULATIONS PHYTOPLANKTONIQUES

Le peuplement dans son ensemble

La première manière d'appréhender le microphytoplancton réside dans le dénombrement global des cellules qui le composent. Les abondances du microphytoplancton en 2018 (exprimées à l'échelle logarithmique) sont présentées dans la Figure B-33.

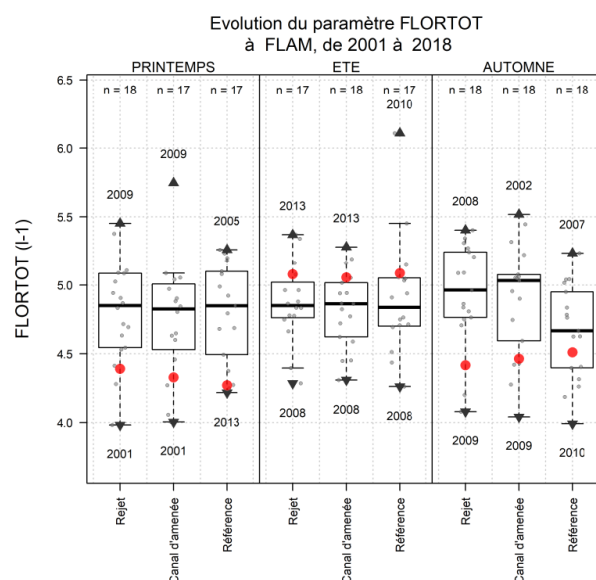


Figure B-33 : Abondances totales (Log_{10} (nombre de cellules/L)) dénombrées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'amenée au cours de l'année, mise en perspective de toutes les données observées depuis le début de leur acquisition dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE (voir Figure B-24 pour détail des boxplots).

Sur le plan spatial, les valeurs observées sont très homogènes sur les trois points et ceci quel que soit la saison. Le cycle saisonnier se révèle plus marqué.

D'un point de vue historique, les populations phytoplanctoniques observées au printemps sont relativement peu abondantes. En été, les fortes valeurs d'abondance montrent un enrichissement des populations, puis à nouveau un appauvrissement à l'automne.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANKTON

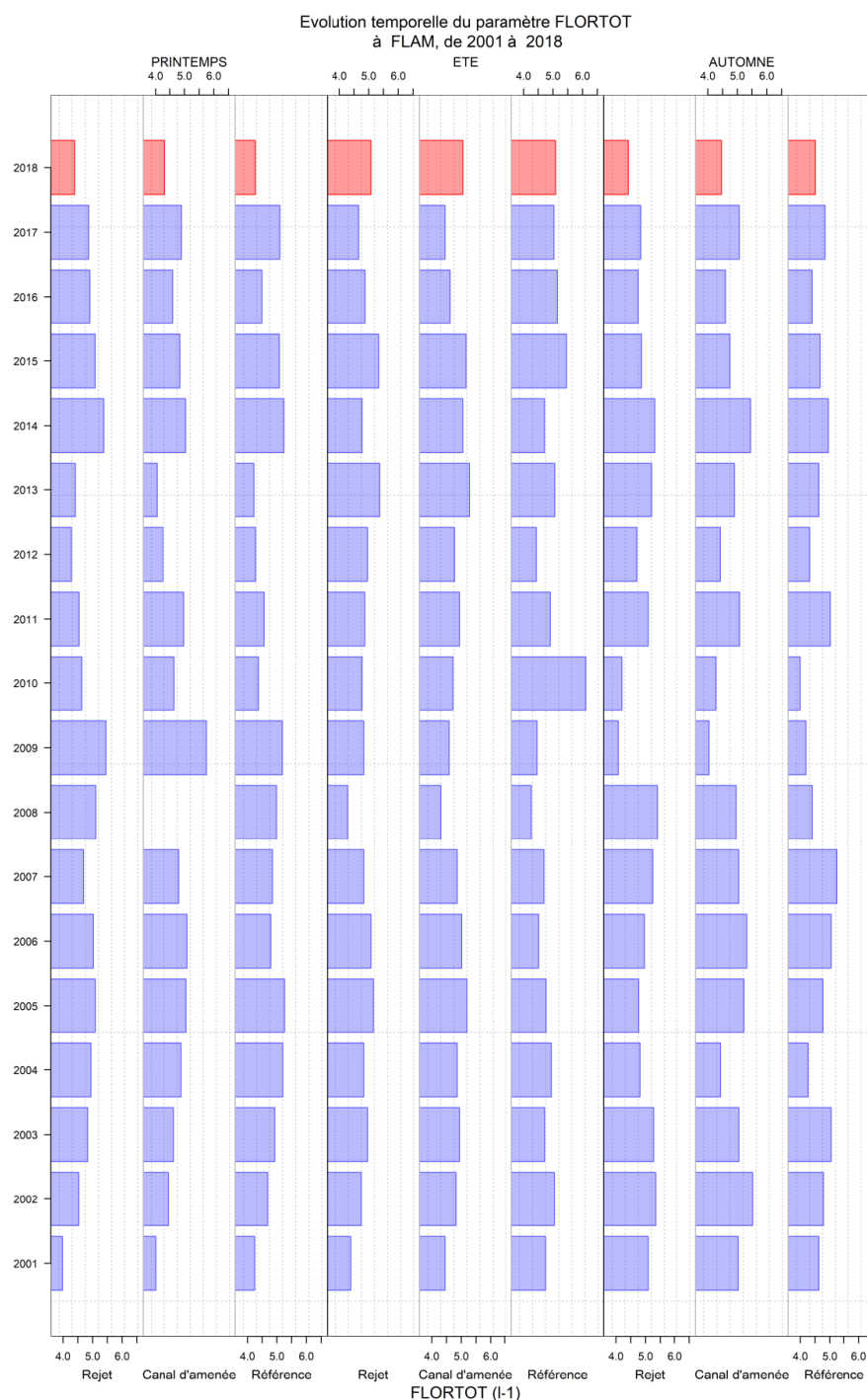


Figure B-34 : Distribution par année des mesures de YMAX réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée depuis le début de la surveillance écologique du CNPE.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANCTON



Une différence significative est observée en automne pour les abondances microphytoplanctoniques entre les points *Référence* et *Rejet* et entre les points *Référence* et *Canal* (Tableau B-15). Ces résultats mettent en perspective un gradient côte-large en automne. Aucune différence significative entre les autres points n'apparaît pour les abondances microphytoplanctoniques. Ce résultat est cohérent avec la variabilité naturelle du milieu et ne peut être imputable au fonctionnement du CNPE sur le paramètre suivi.

Période prise en compte : 1987 – 2018 (N=31)	Printemps		Été		Automne	
	Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
Référence/Rejet	T	0.39	W	0.91	W	< 0.01
Référence/Canal	W	0.68	W	0.87	W	< 0.01
Rejet/Canal	W	0.68	T	0.18	T	0.91

Tableau B-15 : probabilité "p-value" associée aux tests d'hypothèse de comparaison des abondances de microphytoplancton. ("W" : test de wilcoxon ; "T" : test t de Student ; P-Value > 0.05, différence non-significative).

Concernant le dénombrement du phytoplancton, le principal objectif est de détecter, depuis la mise en service de la centrale, un éventuel déséquilibre dans les successions phytoplanctoniques. La succession des ces assemblages, est gouvernée principalement par la variabilité saisonnière. La croissance cellulaire du phytoplancton peut être limitée par deux principaux types de facteurs, l'un physique l'autre nutritionnel. Les facteurs physiques telles que la lumière, la température sont essentiellement liés à la variabilité saisonnière. Les facteurs nutritionnels, s'ils sont indirectement saisonniers sont particulièrement liés aux apports de sels nutritifs par les rivières, les eaux de ruissellement, les eaux souterraines ou l'atmosphère (sels azotés, phosphates, silicates) qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique.

Dans les eaux tempérées françaises, les teneurs maximales en nutriments et notamment en silice, utilisées pour la structuration du frustule par les diatomées, sont atteintes en hiver. Le maximum phytoplanctonique est largement dominé par les diatomées durant le printemps, période d'augmentation de l'éclairement et de l'élévation de la température.

Les dinoflagellés, bien que minoritaires sont capables de développements rapides qui peuvent conduire à des perturbations majeures de l'écosystème. Les plus fortes dominances de dinoflagellés sont en général observées en automne, au moment où (1) les nutriments ont été largement assimilés par les diatomées et (2) la masse d'eau est plus stable.

L'étude du ratio entre les diatomées et les dinoflagellés permet ainsi d'appréhender le microphytoplancton d'une autre manière pour détecter d'éventuels déséquilibres dans les communautés microphytoplanctoniques.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANKTON

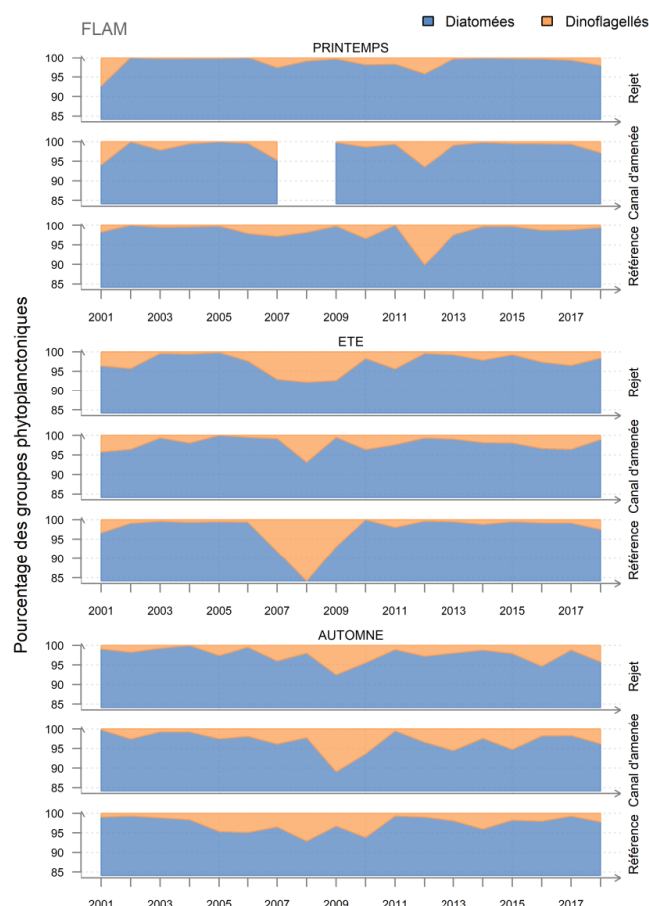


Figure B-35 : Contributions (en pourcentage) des deux principaux groupes phytoplanctoniques (diatomées et dinoflagellés) aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée au cours de l'année et mise en perspective de toutes les données observées depuis le début de leur acquisition dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE. Les zones en blanc représentent des données manquantes.

Concernant les diatomées et les dinoflagellés (microphytoplancton) uniquement (Figure B-35), les diatomées dominent largement la communauté phytoplanctonique au printemps (plus de 95 % de diatomées sur les trois points en 2018), période d'augmentation de l'éclairement et de l'élévation de la température. Les dinoflagellés, bien que minoritaires dans les eaux atlantiques, sont capables de développements rapides et peuvent conduire à des perturbations majeures de l'écosystème. Les plus fortes dominances sont généralement observées en été et en automne (moins de 5% de dinoflagellés sur les trois points en 2018), quand les concentrations en sels nutritifs sont plus faibles, et lorsqu'il existe une relative stabilité verticale de la colonne d'eau (i.e stratification thermique ou haline).

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANKTON

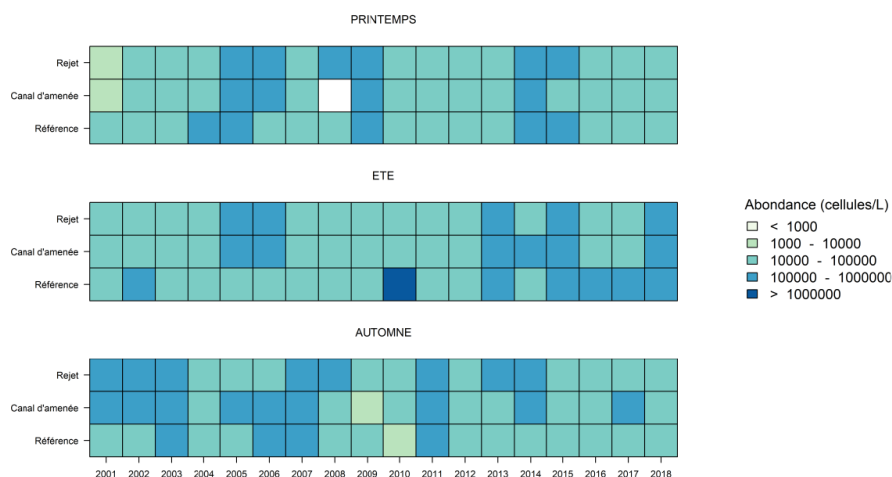


Figure B-36: Abondance (cellules/L) des diatomées aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée au cours de l'année et mise en perspective de toutes les données observées depuis le début de leur acquisition dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE.

Les comptages phytoplanctoniques indiquent que depuis 2001 les abondances de diatomées sont généralement comprises entre dix mille et un million de cellules par litre, et montrent une forte hétérogénéité spatio-temporelle (Figure B-36). Occasionnellement, de plus faibles concentrations en diatomées (entre mille et dix mille cellules par litre) ont été observées notamment aux points côtiers au printemps 2001 et aux points *Canal* et *Référence* en automne des années 2009 et 2010 respectivement. De manière exceptionnelle, il a été dénombré au point *Référence* pendant l'été 2010 plus d'un million de diatomées par litre.

Au cours de l'année 2018 les dénombrements sont homogènes entre la côte et le large, avec plus de diatomées dénombrées en été qu'au printemps et en automne. Cette année encore les dénombrements ont fait état de concentrations en diatomées comprises dans la gamme des valeurs régulièrement observées.

Comme le démontre la Figure B-37, les abondances de dinoflagellés observées depuis 2001 sont nettement inférieures à celles associées aux diatomées. Les dénombrements de dinoflagellés effectués depuis 2001 montrent des abondances toujours inférieures à dix mille cellules par litre sur tous les points à toutes les saisons, avec une tendance légèrement plus faible au printemps. En 2018 les concentrations en dinoflagellés sont comprises dans la gamme des valeurs régulièrement observées.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANCTON

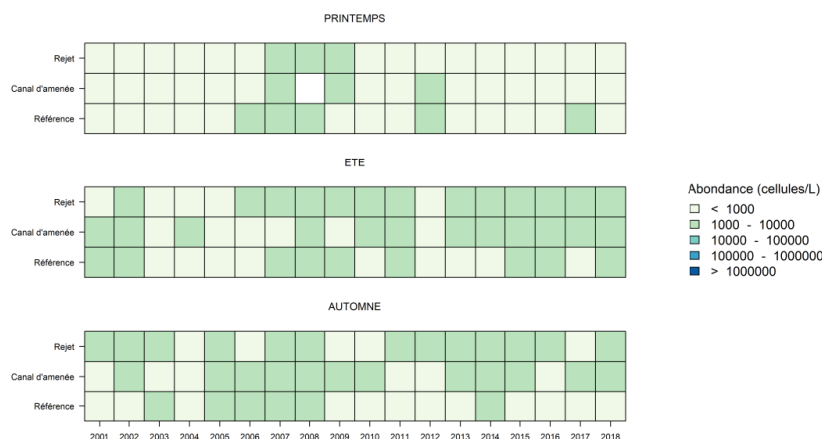


Figure B-37: Abondance (cellules/L) des dinoflagellés aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée au cours de l'année et mise en perspective de toutes les données observées depuis le début de leur acquisition dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE.

L'essentiel du microphytoplancton est donc composé par des diatomées sur les zones côtières de l'Atlantique nord-est. Cependant il faut garder à l'esprit que bien souvent la fraction nanophytoplanctonique (espèces algales dont la taille est comprise entre 2 μm et 20 μm), difficilement accessible par microscopie optique, peut devenir majoritaire, tant par son abondance que sa biomasse (Lampert, 2001)²³.

Les taxons structurants

En 2018, les cryptophyceae (nanophytoplancton) sont la classe algale dominante au printemps sur les points côtiers et en automne sur tous les points. Les diatomées dominent la communauté phytoplanctonique à plus de 74 % au printemps sur le point référence et en été sur les trois points.

Les trois espèces majoritaires de diatomées identifiées en 2018 sont (dans l'ordre décroissant de dominance) *Guinardia dilicata*, *Brockmanniella brockmannii* et *Skeletonema sp.* Pour les dinoflagellés, les groupes *Diplopsalis* + *Diplopleta* + *Diplopsalopsis* + *Preperidinium* + *Oblea* et *Prorocentrum micans* + *arcuatum* + *gibbosum* + *scutellum* sont plus importants que la classe des *Dinophyceae*, notamment en été. Les autres types de cellules planctoniques dénombrées sont dominées par les *Cryptophyceae*, les *Euglenia* et les *Eutreptiaceae*, toujours par ordre décroissant de dominance.

²³ LAMPERT, L. 2001. Dynamique saisonnière et variabilité pigmentaire des populations phytoplanctoniques dans l'Atlantique Nord (Golfe de Gascogne). Thèse de troisième cycle, Université de Bretagne Occidentale. 328 pp.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANKTON

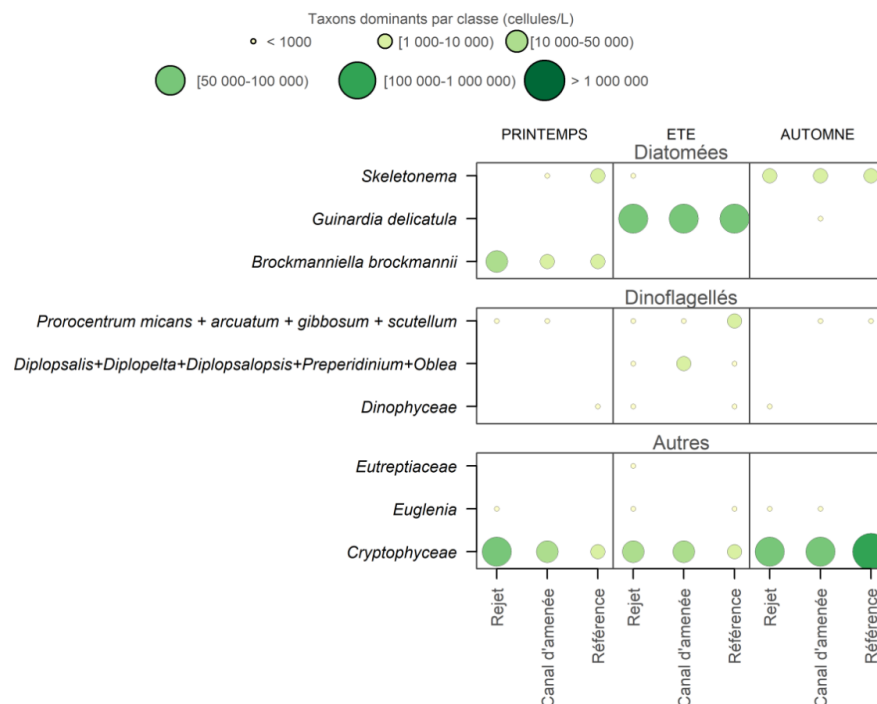


Figure B-38 : Abondance (cellules/L) des taxons dominant la communauté phytoplanctonique aux 3 points Référence, Rejet et Canal d'aménée au cours de l'année 2018. Les espaces en blanc témoignent de l'absence du taxon lors du dénombrement.

En 2018, la structure des communautés phytoplanctoniques est conforme à ce qui est généralement observé sur les trois points à chaque saison (i.e. dominance des *cryptophyceae* et des diatomées, dinoflagellés minoritaires). Au printemps, la dominance des *cryptophyceae* est plutôt décroissante de la côte vers le large alors qu'en automne les *cryptophyceae* sont plus nombreuses au large avec une abondance comprise entre cent mille et un million de cellules par litre. En été, la diatomée *Guinardia delicatula* domine la communauté phytoplanctonique de manière homogène sur les trois points avec une abondance comprise entre cinquante et cent mille cellules par litre.

B.2.7 BILAN DES RÉSULTATS OBTENUS AUX POINTS CANAL D'AMENÉE ET REJET

Le calcul du déficit de chlorophylle *a*, de production primaire et d'abondance phytoplanctonique au point Rejet par rapport au point Canal d'amenée se calcule au moyen de l'équation ci-dessous :

$$\frac{(V_r - V_c) \times 100}{V_c}$$

Où V_c et V_r représentent respectivement la valeur (chlorophylle *a*, production primaire ou abondance microphytoplanctonique) observée au Canal d'amenée et au point Rejet.

En utilisant les valeurs de 2018 pour les trois paramètres précités, les déficits obtenus sont présentés dans le Tableau B-16. Une valeur négative exprime un déficit au point Rejet par rapport au point Canal d'amenée.

Tableau B-16 : Déficits des trois paramètres étudiés entre les points Canal d'amenée et Rejet.

Campagne	Chlorophylle <i>a</i>	Microphytoplancton	Production primaire potentielle
PRINTEMPS	62	50.45	-2.11
ETE	81.67	22.92	17.18
AUTOMNE	-1.64	2.56	-27.48

Le microphytoplancton ne montre pas de déficit au point rejet par rapport au point canal en 2018. La chlorophylle *a* au point rejet est en déficit par rapport au point canal à l'automne uniquement, alors que la production primaire montre un déficit au printemps et en automne.

Ces différences peuvent s'expliquer par deux phénomènes, l'un à caractère spatial et l'autre temporel. Les caractéristiques de la masse d'eau du Rejet peuvent résulter du mélange des eaux des points Canal et Référence. D'autre part, le temps de transit de l'eau de mer entre le Canal et le Rejet est de quelques heures, alors que les prélèvements sont faits à 30 minutes d'intervalle. On ne peut donc exclure que les différences entre les valeurs observées relèvent essentiellement de variabilité spatiale et temporelle naturelle qui caractérise le milieu marin.

B.2.8 CONCLUSIONS

Que ce soit au travers des indicateurs de biomasse (chlorophylle *a*, télédétection) ou de productivité primaire (rETR et Ymax), l'activité phytoplanctonique en 2018 ne se distingue pas particulièrement de celle des années précédentes. Au point rejet, le maximum de biomasse a été observé au printemps avec un peuplement phytoplanctonique en bon état écologique. En été, ce point enregistre la plus forte valeur de production primaire depuis 2007.

Sur le plan de la composition et de l'organisation du peuplement, les abondances de microphytoplancton sont cohérentes avec celles observées les années précédentes. Le gradient d'abondance de la côte vers le large en automne observé chaque année se confirme. Le microphytoplancton apparaît toujours dominé à plus de 95 % par les diatomées, les dinoflagellés atteignant difficilement 5 % en période estivale. On peut noter la présence structurante et

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANKTON



dominante des *Cryptophyceae* (nanophytoplancton) lors des campagnes réalisées au printemps et en automne.

La succession des communautés phytoplanctoniques observées à proximité du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2018 est conforme à ce qui est historiquement observé. La variabilité spatiale observée entre les stations est principalement liée à l'évolution des conditions environnementales (e.g. concentrations en sels nutritifs, lumière, turbulence...) le long du gradient côte large.

Le cycle saisonnier du phytoplancton ainsi que la structure des communautés phytoplanctoniques observés en 2018 ne présentent pas de caractéristiques pouvant être reliée à l'activité du CNPE de Flamanville.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANKTON



B.2.9 ANNEXE

Les résultats acquis au cours des différentes campagnes de surveillance pour l'année 2018 sur le site de Flamanville sont présentés dans l'ANNEXE B-2 ci-dessous. Les LQ sont définies dans les Tableau B-9 et Tableau B-11.

ANNEXE B-2 : Récapitulatif des résultats de surveillance pour l'année 2018 à Flamanville

Campagne	Date	Station	Chl <i>a</i> (µg/L)	rETR	Ymax	Abond.(cell./L)	Phéo. (µg/L)
PRINTEMPS	26 mars 2018	Canal	1,5	95	0,48	55900	0,26
		Référence	0,6	51	0,48	20300	0,09
		Rejet	2,43	93	0,59	84100	0,44
ETE	21 juin 2018	Canal	0,6	291	0,35	128300	0,09
		Référence	1,15	154	0,33	129600	0,16
		Rejet	1,09	341	0,48	157700	0,22
AUTOMNE	17 oct. 2018	Canal	0,61	131	0,51	97800	0,09
		Référence	0,3	108	0,52	136000	0,12
		Rejet	0,6	95	0,48	100300	0,45

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : PHYTOPLANKTON



MICROBIOLOGIE

Rédaction

Michel ROPERT	(LERN)
Laure LAMORT	(LERN)
Charlotte MARY	(LERN)

Prélèvements

Laboratoire départemental Frank Duncombe, Caen.

Analyses

Laboratoire départemental Frank Duncombe, Caen.

Expertise microbiologie

Dominique Hervio Heath (SG2M-LSEM)



B.3 MICROBIOLOGIE

Un suivi de l'évolution du compartiment bactérien a été mis en œuvre depuis 1987 sur le CNPE de Flamanville. Il repose sur le dénombrement des germes aérobies revivifiables et sur l'identification et le dénombrement des vibrions halophiles potentiellement sensibles aux modifications du milieu, engendrées par le fonctionnement de la centrale. Les mesures ne concernent que les vibrions capables d'être cultivés à 37°C, ces bactéries marines pouvant présenter des caractères pathogènes pour l'homme.

Les vibrions halophiles sur le territoire français

Les vibrions halophiles sont des bactéries anaérobies facultatives, à Gram négatif, hôtes naturels du milieu marin et plus particulièrement des eaux côtières et estuariennes du monde entier. Parmi les 135 espèces de *Vibrio* recensées à ce jour dont 68 sont validées, seules quelques-unes sont associées à des pathologies chez l'homme. Les 12 espèces aujourd'hui considérées comme pathogènes, sont réparties en deux groupes, les vibrions dits cholériques, responsables du choléra et appartenant aux sérogroupes O1 et O139 de l'espèce *Vibrio cholerae*, et les vibrions non cholériques appartenant aux sérogroupes non-O1 et non-O139 de l'espèce *V. cholerae* et à 11 autres espèces du genre *Vibrio*. La majorité des vibrioses humaines concerne principalement quatre espèces : *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* et *V. alginolyticus* (Quilici & Robert-Pillot 2011)²⁴. Les autres espèces telles que nommées dans la publication de Quilici et Robert-Pillot (2011) et décrites comme pathogènes sont rarement isolées (*Vibrio fluvialis*, *Vibrio hollisae*²⁵ et *Vibrio mimicus*) ou elles ne sont isolées que très ponctuellement (*V. carchariae*, *V. cincinnatiensis*, *V. damsellae*²⁶, *V. furnissii* et *V. metschnikovii*).

Les infections à vibrions sont généralement de deux types, les infections intestinales (gastroentérites) et extra-intestinales (septicémie, infections cutanées, otites). Dans la majorité des cas, ces infections sont associées à un contact direct avec de l'eau de mer ou à la consommation de produits de la mer. Elles surviennent pendant les mois les plus chauds de l'année, de mai à octobre, quand la température de l'eau de mer augmente et favorise la croissance des vibrions halophiles.

Parmi les vibrions non cholériques responsables des cas d'infections humaines identifiés en France entre 1995 et 2009, les espèces isolées étaient : *V. cholerae* (sérogroupes non-O1/non-O139 ; n=69) ; *V. alginolyticus* (n=25), *V. parahaemolyticus* (n=23) ; *V. vulnificus* (n=13) ; *V. fluvialis* (n=2) et *V. hollisae* (n=2)². Tous les cas reportés se sont manifestés sous la forme de cas isolés. La notion de contact avec l'eau de mer, de consommation récente de produits de la mer, et/ou de voyage à l'étranger a été établie pour 90% d'entre eux (Quilici et Robert-Pillot, 2011).

²⁴ Quilici, M. L., et A. Robert-Pillot. 2011. Infections à vibrions non cholériques. Elsevier Masson Consult, maladies infectieuses [8-026-F-15].

²⁵ Suite à une modification de la nomenclature, l'espèce *Vibrio hollisae* est aujourd'hui appelée *Grimontia hollisae* (Thompson et al., 2003) – Fabiano L. Thompson, Bart Hoste, Katrien Vandemeulebroecke & Jean Swings. 2003. Reclassification of *Vibrio hollisae* as *Grimontia hollisae* gen. nov., comb. nov. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology.

²⁶ Suite à une modification de la nomenclature, l'espèce *Vibrio damsela* est désormais appelé *Photobacterium damsela* (Rivas et al., 2013) – RIVAS, A.G., LEMOS, M.L. & OSORIO, C.R. 2013. *Photobacterium damsela* susp. Damselae, a bacterium pathogenic for marine animals and humans. Front. Microbiol. 4, 283p.



En milieu marin, plusieurs facteurs écologiques influencent le cycle biologique des vibrions halophiles, parmi lesquels, la température, la salinité, la concentration en matière organique et en nutriments, des sédiments et du plancton utilisé comme support. Les vibrions cultivables à 37°C sont fortement corrélés à la température de l'eau de mer. Cette relation est bien décrite dans la littérature pour les pathogènes humains mais également pour les vibrions totaux, et ceci pour des analyses basées à la fois sur les méthodes de quantification culturales ou non culturales (Deter *et al.* 2010a; Oberbeckmann *et al.* 2010)²⁷. La température de l'eau de mer contribue ainsi à la saisonnalité des apparitions de vibrions non cholériques. Une relation positive entre la chlorophylle *a* et les vibrions a été mise en évidence sur les côtes françaises (Deter *et al.* 2010b)²⁸.

B.3.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

B.3.1.1 PRÉLÈVEMENTS

Conformément à la stratégie mise en place pour le site de Flamanville, les travaux de surveillance ont été réalisés en morte-eau, autour de la pleine mer les **26 mars, 21 juin et 17 octobre** 2018. Les prélèvements ont été effectués à bord de la vedette de la SNSM par le laboratoire en charge des analyses²⁹ simultanément aux prélèvements hydrologiques réalisés pour les autres paramètres de surveillance à bord du N/O DELPHY (Ifremer LERN). Les échantillons d'eau ont été prélevés au moyen de flacons stériles (pour la recherche des vibrions halophiles ces flacons contiennent 20 mg de thiosulfate de sodium). Ils sont ensuite maintenus au froid à l'aide de blocs eutectiques (température comprise entre 5°C et 10°C) pendant leur transport jusqu'au laboratoire pour analyses et analysés dans les 6h.

Les points échantillonnés ont été les suivants :

- **Canal** (situé à l'entrée du canal d'amenée de la centrale ; il préfigure l'eau pompée en entrée du circuit de refroidissement dans le milieu.),
- **Rejet** (situé dans les turbulences des rejets : les prélèvements sont réalisés sur le point présentant la plus grande différence de température avec le point du large (masse d'eau non impactée),
- **Référence** (situé au large du point *rejet*, considéré comme non influencé par le rejet du CNPE).

²⁷ Deter, J., Lozach, S., Veron, A., Chollet, J., Derrien, A. et Hervio-Heath, D. (2010a) Ecology of pathogenic and non-pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* on the French Atlantic coast. Effects of temperature, salinity, turbidity and chlorophyll *a*. Environmental Microbiology 12, 929-937.

Oberbeckmann, S., Wichels, A., Wiltshire, K.H. et Gerds, G. 2010. Occurrence of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio alginolyticus* in the German Bight over a seasonal cycle. Antonie Van Leeuwenhoek 100, 291-307.

²⁸ Deter J., Lozach, S., Derrien, A., Véron, A., Chollet, J. and Hervio-Heath, D. (2010b) Chlorophyll *a* might structure a community of potentially pathogenic culturable Vibrionaceae. Insights from a one-year study of water and mussels surveyed on the French Atlantic coast. Environmental Microbiology Reports 2, 185-191.

²⁹ LABEO, Caen

Les stratégies déployées sont présentées dans le tableau suivant (Tableau B-17) :

Tableau B-17 : Échantillonnage réalisé à chaque saison (i.e. printemps, été et automne) par le prestataire.

Stations	Niveau d'échantillonnage	Germes aérobies revivifiables	Vibrions halophiles
Canal	Surface (0-1m)	2 × 250 ml	2 × 1000 ml
Rejet	Surface (0-1m)	2 × 250 ml	2 × 1000 ml
Référence	Surface (0-1m)	2 × 250 ml	2 × 1000 ml

B.3.1.2 ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

Dénombrement des germes aérobies revivifiables sur milieu de Zobell.

Le protocole analytique utilisé est le suivant :

- Étalement au râteau sur milieu de Zobell (0,1 mL d'échantillon est déposé dans 5 boîtes soit un résultat dans 0,5 mL. Celui-ci est multiplié par 2 pour avoir un résultat dans 1 mL),
- Dénombrement après incubation à $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 9 à 10 jours.
- Les teneurs en germes revivifiables sont exprimées en n/mL, n correspondant au nombre de germes revivifiables.

Identification et dénombrement des vibrions halophiles (méthode EDF)

Jusqu'en 2003, l'identification et le dénombrement des vibrions halophiles étaient réalisés selon une méthode interne au Laboratoire Régional de Rouen. En 2004 et 2005, cette méthode a été doublée d'une nouvelle méthode préconisée par EDF et mise au point en collaboration avec l'Institut Pasteur de Lille. Finalement, à partir de 2006, la méthode ancienne est abandonnée au profit de celle préconisée par EDF. Cette nouvelle méthode devient alors la méthode de référence. Elle se généralise à l'ensemble des centrales nucléaires de bord de mer et doit ainsi permettre une comparaison entre les différents sites (Procédure Technique DRD/P77/Vib³⁰ – 18/06/2007).

Le protocole analytique utilisé est le suivant :

- Filtration de 10 mL, 100 mL et 1000 mL (et de 1 mL, 10 mL, 100 mL et 1000 mL pour les campagnes de juin et septembre) sur membrane (47 mm) en acétate de cellulose de porosité 0,45 μm ,
- Dépôt des membranes (filtres) sur un milieu TCBS (Thiosulfate, Citrate, Bile et Saccharose, type DIFCO) et incubation à $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 18 à 24 h,
- Lecture des boîtes,
- Incubation 24 h à $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$, afin d'accentuer la différenciation des colonies et de permettre le dénombrement (colonies dont la taille est supérieure à 1 mm),
- Nouvelle lecture des boîtes, dénombrement et description des différents morphotypes,
- Repiquage et isolement de deux colonies pour chaque morphotype sur gélose TCBS et incubation à $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 24 h,
- Repiquage des colonies en milieu Zobell et incubation à $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 24 h,

³⁰ Procédure technique DRD/P77/Vib (révision le 18/06/2007 – Tournon A. et R. Delesmont). Recherche et dénombrement de Vibrio sp. et de dix espèces de Vibrio, dans les eaux marines et estuariennes.



- Identification des colonies isolées (i.e. coloration de Gram, test oxydase, identification par méthode Api 20^E). Si suspicion de *V.cholerae* : test d'halophilie par galerie en NaCl 0 à 10% (0, 3, 6, 8 et 10 %) et tests d'agglutination aux anticorps anti-O1 et anti-O139. Les souches *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* et *V. cholerae* dont le pourcentage d'identification est supérieur à 90% (API 20^E) sont expédiées au Laboratoire Santé, Environnement et Microbiologie (LSEM, Ifremer Brest) pour confirmation moléculaire d'identification (PCR).

Les teneurs de vibrions halophiles, en Unité Formant Colonie (UFC) par litre, sont calculées selon la formule :

$$[\text{Vibrio/L}] \text{ en UFC/L} = N \times 1000 \times 1/V \times 1/d.$$

N : nombre de colonies identifiées comme étant des *Vibrio*.

1000 : le litre de départ, en mL.

V : volume filtré, en mL.

d : dilution effectuée si nécessaire avant filtration, sur les eaux présumées fortement chargées en *Vibrio* (1 mL dilué au dixième pour filtrer 10 mL).

B.3.1.3 ANALYSES STATISTIQUES³¹

Un traitement statistique a été réalisé pour les germes revivifiables (depuis 1992) et pour les vibrions halophiles (depuis 2004). Il permet de comparer les données enregistrées aux points *référence*, *rejet* et *canal* et ainsi de mettre en évidence d'éventuelles différences entre chacun de ces points à long terme. Pour cela, des tests de comparaisons de moyennes pour données appariées ont été utilisés. Pour chaque paramètre, un test de normalité (Shapiro-Wilk) a été réalisé au préalable. Lorsque la distribution est normale, le test T de Student pour données appariées est utilisé. Dans le cas contraire (distribution non normale), la comparaison des données est réalisée à l'aide du test de Wilcoxon pour données appariées.

Ces tests permettent de déterminer une valeur de probabilité associée *p-value*. Si la *p-value* est inférieure à 0,05, il existe une différence significative entre les deux séries de données. À l'inverse, si la *p-value* est supérieure à 0,05 nous ne pouvons pas conclure à une différence significative au seuil de 95 %.

³¹ Cette procédure statistique (nature des tests, seuils, conditions) relève d'une concertation étroite avec EDF au début des années 2000. Elle est depuis reproduite chaque année. La question de sa pertinence a été soulevée en 2016 par EDF.



B.3.2 RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS DES MESURES MICROBIOLOGIQUES

Les résultats acquis au cours des différentes campagnes sur le site de Flamanville sont présentés dans le Tableau B-18.

Tableau B-18 : Récapitulatif des résultats de microbiologie pour l'année 2018 sur le site de FLAMANVILLE. Les vibrions halophiles, sont considéré comme identifiés lorsque les souches présentent un pourcentage d'identification > 90%.

		Canal	Rejet	Réf.Surf
PRINTEMPS	Germes revivifiables (germes/mL)	236	188	46
	V. halophiles totaux (V. sp. UFC/L)	5	5	<1
	V. halophiles Identifiés (%ID>90%) UFC/L	-	2 Va	-
	Confirmation PCR (Vv, Vp, Vc)	-	-	-
ETE	Germes revivifiables (germes/mL)	288	146	50
	V. halophiles totaux (V. sp. UFC/L)	8	<1	<1
	V. halophiles Identifiés (%ID>90%) UFC/L	6 Va	-	-
	Confirmation PCR (Vv, Vp, Vc)	-	-	-
AUTOMNE	Germes revivifiables (germes/mL)	616	310	198
	V. halophiles totaux (V. sp. UFC/L)	80	60	<1
	V. halophiles Identifiés (%ID>90%) UFC/L	10 Va 15 Vp	10 Va	-
	Confirmation PCR (Vv, Vp, Vc)	Vp non confirmé par PCR	-	-

Va = *Vibrio alginolyticus* ; Vf = *Vibrio fluvialis* ; Vv = *Vibrio vulnificus* ; Vp = *Vibrio parahaemolyticus* ; Vc = *Vibrio cholerae*. Vibrions totaux : identification < 90% ;

Concernant l'identification des vibrions halophiles, seules sont prises en compte les souches présentant un pourcentage d'identification supérieur à 90% selon la méthode mise en œuvre (galerie API 20E) (i.e. %ID > 90%). Les degrés d'identification peuvent être considérés comme bon (ID>=90% et T>=0.25), très bon (ID >=99% et T>=0.50) et/ou excellent (ID >=99.9% et T>=0.75).

B.3.3 GERMES AÉROBES REVIVIFIABLES

B.3.3.1 VARIATIONS SPATIALES ET SAISONNIÈRES DES GERMES AÉROBES REVIVIFIABLES

Au cours de suivi mené en 2018, les abondances observées en germes aérobies revivifiables ont été les plus fortes en automne (octobre). Comprises entre 310 et 616 germes/mL, elles représentent des niveaux deux à trois fois supérieurs à ceux observés au printemps (mars) et en

début d'été (juin). Sans surprise, un net gradient décroissant de la côte vers le large se dégage sur le plan spatial. Les variations observées restent cependant relativement limitées à une échelle logarithmique. Elles sont peu significatives du point de vue écologique.

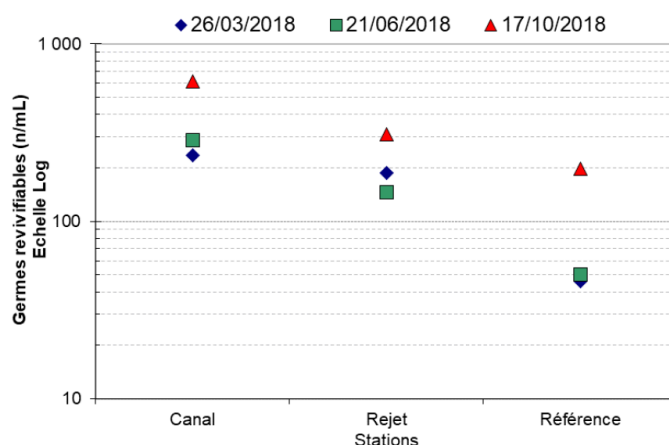


Figure B-39 : Évolution des quantités de germes revivifiables (nombre par mL) en 2018.

B.3.3.2 VARIATIONS INTERANNUELLES DES GERMES AÉROBES REVIVIFIABLES

Les abondances observées en 2018, en toutes saisons, sont relativement stables et dans la gamme de variabilité observée depuis 1987 (Figure B-40). L'intégration des résultats 2018 confirme la tendance observée depuis plusieurs années selon laquelle les plus fortes quantités de germes revivifiables s'observent au point canal (le plus proche de la côte).

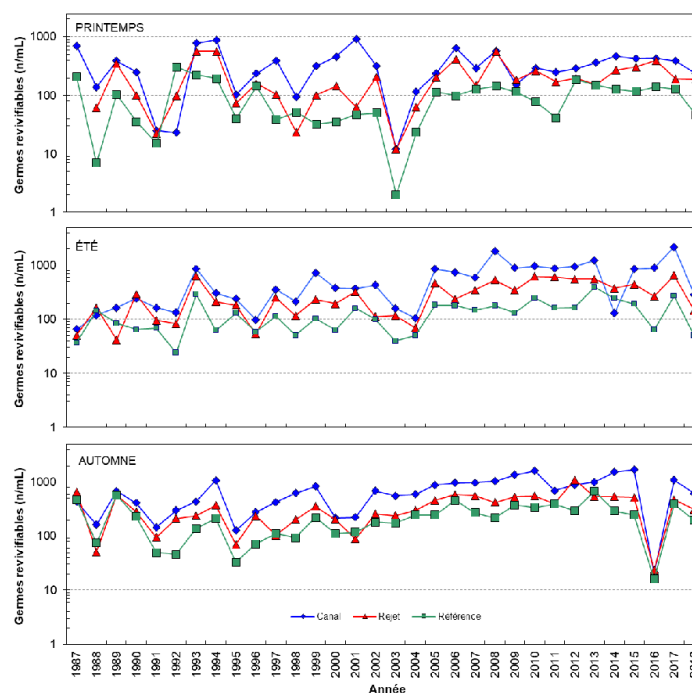


Figure B-40 : Évolution des abondances de germes aérobies revivifiables (nombre par mL) depuis 1987.

La Figure B-41 présente sous forme de *boîtes à moustaches* la dispersion des abondances de germes aérobies revivifiables enregistrées depuis 1987.

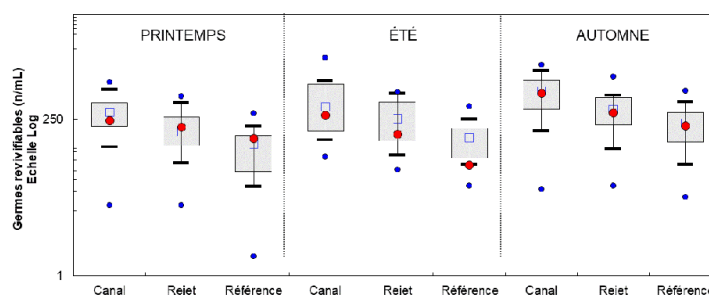


Figure B-41 : Distributions des abondances en germes revivifiables (nombre par mL) dénombrés depuis 1987. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (■) ; les moustaches, 80 % des valeurs (└┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2018 (●).

En 2018, les valeurs des abondances en germes aérobies revivifiables au printemps sont dans la gamme des 50% des valeurs observées depuis 1987 sur les trois points. Le point *Référence* se distingue au cours de l'été par des niveaux relativement bas (50 Germes/mL, parmi les 20% des valeurs les plus basses de la série). L'automne se caractérise quant à lui par des niveaux d'abondances très proches de la médiane historique quel que soit le point observé. L'année 2018 ne présente donc pas de situation particulière dans le domaine des germes revivifiables.

Les médianes pluriannuelles confirment l'existence d'un gradient décroissant marqué de la côte vers le large quel que soit la saison. Les valeurs observées en 2018 s'inscrivent de nouveau dans cette tendance.

B.3.3.3 APPROCHE STATISTIQUE

Le Tableau B-19 présente les résultats des tests statistiques réalisés sur les nombres de germes aérobies revivifiables relevés depuis 1987.

Tableau B-19 : Probabilité associée p des tests statistiques pour les germes revivifiables sur milieu de Zobell – Test de Wilcoxon

Période prise en compte : 1987 – 2018 (N~30)	Printemps		Été		Automne	
	Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
Canal/Rejet	W	< 0.01	W	< 0.01	T	< 0.01
Canal/Référence	T	< 0.01	W	< 0.01	W	< 0.01
Rejet/Référence	W	< 0.01	T	< 0.01	W	< 0.01

p-value <0,05 = différence significative ; p-value >0,05 = différence non significative

À toutes les saisons, les différences observées entre le point *Référence* et les points *Canal* ou *Rejet* sont significatives. Elles traduisent le gradient décroissant de la côte vers le large.

L'absence systématique de différence significative entre les points *Canal* et *Rejet* confirme également qu'une influence éventuelle du fonctionnement du CNPE n'est pas perceptible.

B.3.4 VIBRIONS HALOPHILES

B.3.4.1 DÉNOMBREMENT DES VIBRIONS HALOPHILES EN 2018

La Figure B-42 présente l'abondance des vibrions halophiles cultivés à 37°C au cours des différentes périodes et sur chacune des stations observées en 2018. Au printemps, les abondances sont très faibles sur l'ensemble de la zone avec moins de 5 UFC/L sur les points *Canal* et *Rejet*. Les valeurs les plus élevées (60 à 80 UFC/L) sont observées sur ces mêmes points en octobre. Ces niveaux ne se distinguent pas de ceux caractérisant ce secteur ces quatre dernières années.

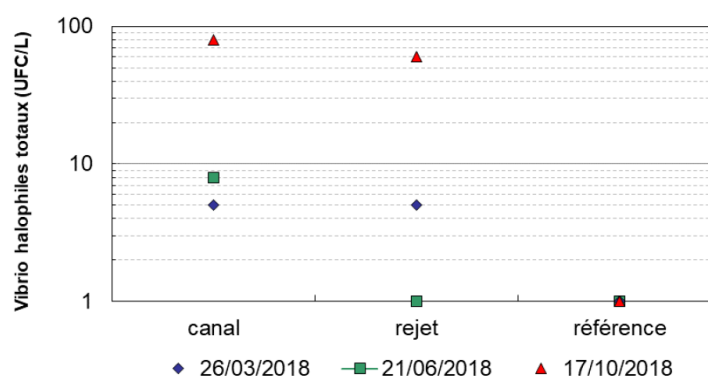


Figure B-42 : Abondances de vibrions halophiles cultivables à 37°C et identifiés en 2018 sur le site de Flamanville.

B.3.4.2 APPROCHE STATISTIQUE

Le Tableau B-20 présente les résultats des tests statistiques réalisés sur les dénombrements de vibrions halophiles enregistrés depuis 2004 (mise en œuvre de la méthode "EDF" de dénombrement des vibrions halophiles).

Tableau B-20 : Probabilité associée p des tests statistiques pour les vibrions halophiles – Test de Wilcoxon
(n=12 pour chaque point et chaque saison)

Période prise en compte : 1987 – 2018 (N~30)	Printemps		Été		Automne	
	Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
Canal/Rejet	W	0.11	W	0.06	W	< 0.01
Canal/Référence	W	0.01	W	0.01	W	< 0.01
Rejet/Référence	W	0.1	W	0.01	W	< 0.01

p-value <0,05 = différence significative ; p-value >0,05 = différence non significative

Les différences significatives distinguent de manière systématique le point *Référence* du point *Canal* à toutes les saisons. Le couple *Rejet/Référence* se distingue en été et en automne. Enfin, le couple *Canal/Rejet*, bien spatialement proches en zone côtière, montrent des différences sensibles en Automne. Elles traduisent un gradient décroissant de la côte vers le large durant ces périodes de l'année. Ces différences révèlent un gradient marqué depuis la côte (*Canal*) vers le large (*Référence*) qui masque tout effet éventuel lié à l'échauffement des eaux au point rejet. Dans ce contexte, l'impact éventuel du fonctionnement du CNPE n'est pas perceptible.

B.3.4.3 IDENTIFICATION DE VIBRIONS HALOPHILES EN 2018

Depuis 2004, seule la méthode de détermination EDF est utilisée (Procédure Technique DRD/P77/Vib). Néanmoins, les résultats obtenus avec l'ancienne méthode, interne au laboratoire de Rouen en charge des analyses à l'époque, ont permis d'identifier les chroniques d'apparition des différentes espèces de vibrions halophiles sur le site de Flamanville depuis 1992. Jusqu'en 1995, les espèces de vibrions halophiles ont été quasiment absentes. À partir de 1995, la présence de *Vibrio alginolyticus* est de plus en plus fréquente lors des campagnes d'été et d'automne et est observée systématiquement en automne au point *Canal*. L'espèce *Vibrio vulnificus* est sporadiquement observée en 1997 et 2002 lors des campagnes estivales et automnales, notamment aux points *Rejet* et *Référence*. *Vibrio parahaemolyticus* n'a été observé dans les eaux proches du CNPE de Flamanville qu'en 2006 (automne), 2007 (été et automne) et 2014 (Automne).

Les résultats obtenus avec la méthode EDF, depuis 2004, sont présentés dans le Tableau B-21.

En 2018, *V. alginolyticus* a été identifié à toutes les saisons uniquement dans la zone côtière (*Canal* et *Rejet*). Il s'agit de la seule espèce identifiée systématiquement chaque année dans les eaux proches de la centrale depuis 2004. C'est la seconde fois depuis 2004 que les premiers vibrions de l'année sont observés sur le point *Rejet* (comme en 2014).

Si la présence de *V. parahaemolyticus* a été suspectée sur le point *Canal* en automne (méthode biochimique), la méthode moléculaire (PCR) n'a pas permis de confirmer l'identification des isolats à cette espèce.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : MICROBIOLOGIE

Tableau B-21 : Identification des espèces de vibrions halophiles par la nouvelle méthode, par saison et par point de 2004 à 2018.
(P : printemps ; E : été ; A : automne)

B.3.5 CONCLUSIONS

En ce qui concerne les germes aérobies revivifiables, l'année 2018 ne se démarquent pas dans la série historique. Les niveaux observés sont dans la médiane des observations réalisées depuis plus de 20 ans. Elles sont plutôt à la baisse par rapport aux niveaux atteints en 2017. La même tendance s'observe au large comme sur les points côtiers *Rejet* et *Canal*.

Le cycle saisonnier des vibrions halophiles observé en 2018 est assez conforme à ce qui est connu sur ce site. Les points les plus côtiers (*Canal*, *Rejet*) sont préférentiellement propices au développement des vibrions cultivables au cours de l'année. La seule particularité notable en 2018 réside dans l'apparition précoce au printemps des premiers vibrions sur le point *Rejet*, à des niveaux relativement faibles (5 UFC/L). Une telle situation est assez rare et ne s'était produite qu'en 2014.

Le peuplement de vibrions est largement dominé par l'espèce *V. alginolyticus* quel que soit la saison. L'identification des quelques *V. parahaemolyticus* pressentis n'a pas été confirmée par les méthodes moléculaires (PCR).

L'étude de l'ensemble des paramètres (Germes aérobies revivifiables et *Vibrio* spp.) du compartiment microbiologique n'a pas mis en évidence, au cours de l'année 2018, de modifications significatives du milieu pouvant être mises en relation avec l'activité du CNPE de Flamanville.

ZOOPLANCTON

Rédaction :

Elvire Antajan (LER – BL)

Prélèvements et mesures *in situ*

Gaëlle Courtay (LERN),
Sylvaine Françoise (LERN),
Laure Lamort (LERN)
Frank Maheux (LERN),
Olivier Pierre-Duplessix (LERN),
Benjamin Simon (LERN),

Analyses :

Elvire Antajan (LER – BL)
Rémy Cordier (LER – BL)
Sophie Schmitt (DYNECO/Pelagos)
Florian Caradec DYNECO/Pelagos)

Expertise thématique zooplancton

Elvire Antajan (LER – BL)



B.4 ZOOPLANKTON

Le zooplancton (du grec *zoon* = animal et *planao* = errer passivement) regroupe l'ensemble des organismes vivants de nature animale vivant en suspension dans l'eau et dont la capacité de nage ne leur permet pas de lutter contre les courants ou d'éviter un obstacle. Le zooplancton est hétérotrophe, c'est à dire qu'il se nourrit de matière vivante, notamment de phytoplancton. Il occupe ainsi une position clé dans la chaîne alimentaire pélagique en permettant le transfert de l'énergie organique produite par le phytoplancton vers les niveaux trophiques supérieurs que sont les poissons, les crustacés benthiques, les oiseaux et les mammifères marins.

Les changements détectables dans l'abondance ou la composition des espèces du zooplancton peuvent refléter des changements fondamentaux dans l'environnement océanique affectant le phytoplancton. Comme un grand nombre d'espèces de zooplancton a une durée de vie relativement courte et qu'elles peuvent avoir un taux de croissance élevé, elles réagissent rapidement aux perturbations environnementales (changements climatiques, pollutions ponctuelles et prédation) qui influencent l'abondance, la diversité et le cycle saisonnier du zooplancton.

B.4.1 MATÉRIELS ET MÉTHODES

En 2018, les trois campagnes de prélèvements ont eu lieu les 26 mars, 21 juin et 17 octobre. Lors de chaque campagne, trois points ont été étudiés :

- Le point *canal* (situé à l'entrée du canal d'amenée de la centrale)
- Le point *rejet* (situé dans les turbulences du rejet)
- Le point *référence* (situé au large, au-delà de la zone d'influence de la centrale)

Les échantillons zooplanctoniques ont été collectés à l'aide d'un filet à plancton de type WP2 (ouverture 0,25 m², hauteur 261 cm, cylindro-conique, vide de maille 200 µm – Fraser 1968³²). Le filet est descendu jusqu'à environ trois mètres au-dessus du fond puis est ramené à la surface à une vitesse de 1 m s⁻¹. Un volumètre est attaché à l'entrée du filet afin de connaître précisément le volume d'eau filtré. Pour chaque point de prélèvement deux traits de filet à plancton ont été effectués. L'un des deux échantillons collectés est aussitôt filtré à bord sur des soies et congelé afin d'évaluer la biomasse sestonique (mesure du poids sec et composition en carbone et azote), l'autre échantillon est conservé dans un flacon d'un litre pré-rempli d'une sauce de conservation formolée (concentration finale : 0,9 % ; Mastail et Battaglia 1978³³, Lelièvre et al. 2012³⁴) en vue du dénombrement des espèces animales.

B.4.1.1 MESURE DE LA BIOMASSE SESTONIQUE

Les prélèvements au filet à plancton destinés à la mesure de la biomasse sestonique ont été filtrés immédiatement à bord sur des soies de 100 µm pré-pesées, congelées et transportées au laboratoire. Selon la concentration en biomasse plusieurs soies peuvent être nécessaires pour un même échantillon. Ces soies ont ensuite été séchées dans une étuve à 60 °C pendant 48 heures. Les soies comportant le plancton séché ont alors été pesées et les poids secs, ou biomasses du seston, déduits. Le poids sec récolté et le volume filtré permettent d'évaluer le poids sec (mg) par unité de volume (m³).

32 Fraser JH (1968) Smaller mesozooplankton, report of Working Party No.2. In: Tranter DJ (ed), Standardization of zooplankton sampling methods at sea, Part II. Monogr. Oceanogr. Methodol. 2, Zooplankton Sampling. UNESCO (United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization) Press, Paris, pp 153-159.

33 Mastail M, Battaglia A (1978) Amélioration de la conservation des pigments du zooplancton. Cons. Inter. Explor. Mer (CIEM), Comité de l'Océanographie biologique, L : 20.

34 Lelièvre S, Antajan E, Vaz S (2012) Comparison of traditional microscopy and digitized image analysis to identify and delineate pelagic fish egg spatial distribution. Journal of Plankton Research, 34(6): 4.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : ZOOPLANKTON



Les échantillons de poids sec ont par la suite été broyés pour être analysés au CHN LECO pour les dosages de carbone (C) et d'azote (N). L'expression des résultats est obtenue en poids carbone (mg C) ou d'azote (mg N) par unité de volume (m^3).

Le poids sec mesuré et le volume filtré permettront d'évaluer le poids sec (mg) par unité de volume (m^3).

B.4.1.2 ANALYSE TAXINOMIQUE DU PLANCTON

Les prélèvements zooplanctoniques destinés au dénombrement des espèces animales sont rincés sur un tamis de 200 μm afin d'éliminer le formol et les particules les plus fines qui gênent le comptage du zooplancton. En fonction de la concentration de l'échantillon celui-ci est fractionné en sous-échantillons à la boîte de Motoda (Motoda 1983)³⁵. Le sous-échantillon est alors analysé au ZooScan, un système d'imagerie numérique permettant la numérisation des prélèvements du zooplancton en milieu liquide et utilisant l'analyse d'image pour détecter, compter et mesurer le zooplancton (Gorsky et al. 2010)³⁶. L'emploi des méthodes automatiques de classification d'objets permet de classer rapidement les organismes en grands groupes faunistiques. Le nombre d'individus comptés est ensuite ramené au volume total de l'échantillon (ind. m^{-3}).

La bibliographie utilisée pour l'identification des zooplanctons est très variée et inclue notamment : les fiches d'identification du plancton CIEM - (1939 - 1986), un manuel d'identification du zooplancton côtier (Todd *et al.*, 1996)³⁷, et des clés de détermination pour des groupes spécifiques tels que les copépodes pélagiques (Rose, 1933)³⁸ ou les larves de décapodes (Martin, 2001)³⁹ par exemple.

B.4.1.3 DISPONIBILITÉ DES DONNÉES DEPUIS LE DÉBUT DE LA SÉRIE

Le suivi du zooplancton dans le milieu marin proche du site de Flamanville n'a pas été régulier depuis son origine en 1976, autant dans le temps que dans l'espace (Tableau B-22).

Tableau B-22 : Stratégie du suivi zooplanctonique à Flamanville depuis 1976

Périodes	Nb de stations	Fréquence	Réplicas	Données manquantes	Remarques
1976-1978	4	Mensuelle	max. 10	1 station le 09/1976 et le 03/1978	Stations abandonnées
1983-1986	2	Mensuelle	max. 3	1 point le 04/1985	Février à novembre dans le meilleur des cas ; stations abandonnées
1987-1991	4	Saisonnier (printemps, été, automne)	non	1988, 1990 et 1992	Stations actuelles plus une station Contrôle
1993-présent	3	Saisonnier (printemps, été, automne)	non	Automne en 1999 et été en 2007	Station Contrôle abandonnée

³⁵ Motoda S (1959). Devices of simple plankton apparatus. Memoirs. Faculty of Fisheries. Hokkaido University 7, 73-94.

³⁶ Gorsky, G., Ohman, M. D., Picheral, M., Gasparini, S., Stemmann, L., Romagnan, J. B., Cawood, A., Pesant, S., Garcia-Comas, C. and Prejger F. (2010). Digital zooplankton image analysis using the ZooScan integrated system. J. Plankton Res., 32, 285–303

³⁷ Todd CD, Laverrack MS, Boxshall GA (1996) Coastal marine zooplankton – a practical manual for students. Cambridge University Press, pp. 106.

³⁸ Rose M (1933). Faune de France, 26. Copépodes pélagiques. Ed. Lechevalier, Paris, pp. 374.

³⁹ Martin J (2001). Les larves des crustacés décapodes des côtes françaises de la Manche. IFREMER, France, pp. 175.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : ZOOPLANKTON



Le nombre de stations de prélèvements, leur localisation et la fréquence des prélèvements a changé au cours du temps. Au final les trois stations suivies actuellement le sont depuis 1987 et ce avec la même fréquence et le même engin de collecte (filet à plancton de type WP2). Au regard de l'évolution de la stratégie du suivi zooplanctonique sur le site de Flamanville depuis 1976 (fréquence d'échantillonnage, choix et localisation des stations), il est recommandé de ne prendre en compte dans les analyses des comparaisons annuelles que les années allant de 1987 à nos jours pour les trois stations actuellement suivies.

B.4.2 BIOMASSE SESTONIQUE

On appelle seston, l'ensemble des particules en suspension dans l'eau qu'elles soient d'origine minérales ou organiques. Dans les eaux du large ou dans des milieux oligotrophes, peu turbides, le seston récolté avec un filet à plancton est essentiellement constitué de zooplancton et sa biomasse peut donc être assimilée à celle du zooplancton. Par contre dans les eaux côtières, souvent peu profondes (< 40 m), avec un fort hydrodynamisme le seston comprend également une part non négligeable de sables, vases, débris végétaux, etc. due à la remise en suspension des sédiments dans la colonne d'eau. Dans ce cas il est difficile d'attribuer la biomasse sestonique à celle du zooplancton.

B.4.2.1 VARIATIONS SPATIALES ET TEMPORELLES EN 2018

Lors des trois campagnes annuelles, la biomasse sestonique a varié entre 7,7 et 78,3 mg·m⁻³, respectivement aux points *référence* en octobre et *canal* en mars (). La biomasse sestonique présentait des valeurs décroissantes de la côte (*canal-rejet*) vers le large (*référence*), sauf en juin, où la biomasse au point *référence* était plus importante. Au printemps la biomasse sestonique au point *canal* était quasi 9 fois plus importante qu'au point *référence*.

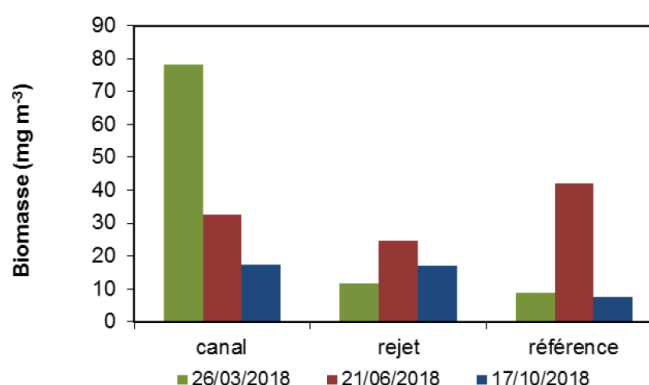


Figure B-43 : Évolution de la biomasse sestonique (poids sec) au cours des trois campagnes de surveillance 2018

Cette année encore la biomasse sestonique et l'abondance zooplanctonique n'étaient pas corrélées, puisque les abondances en mars, juin et octobre étaient, elles, plus importantes au large qu'à la côte (cf. figure 3.5.4). Le rapport C/N, calculé d'après les teneurs en carbone et azote du seston, peut servir à caractériser un compartiment, tel que le zooplancton (rapport C/N ~ 4-5 ; Mauchline, 1998)⁴⁰ ou le phytoplancton (C/N ~ 6-7 ; Biddanda & Benner, 1997)⁴¹. Mis à part les prélèvements de mars aux points canal et référence, dont le rapport C/N indiquait plutôt une prépondérance du zooplancton dans la

40 Mauchline, J. (1998). The biology of calanoid copepods. *Advances in Marine Biology* 33: 1-710

41 Biddanda B. and Benner R. (1997). Carbon, Nitrogen, and Carbohydrate Fluxes During the Production of Particulate and Dissolved Organic Matter by Marine Phytoplankton. *Limnology and Oceanography*, Vol. 42, No. 3 (May, 1997), pp. 506-518

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : ZOOPLANKTON



composition du seston (4,2), pour les autres prélèvements le rapport était systématiquement plus important (5,3 à 9,6). Les rapports C/N les plus importants correspondent également à des pourcentages en azote plus faibles (Figure B-44). Une forte proportion de matière minérale dans les récoltes peut expliquer ces faibles pourcentages et donc un rapport C/N plus élevé.

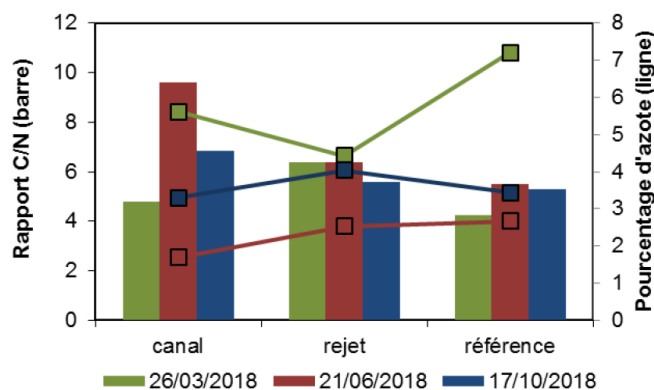


Figure B-44 : Rapport C/N et pourcentage d'azote dans le seston au cours des trois campagnes de surveillance 2018

B.4.2.2 VARIATIONS INTERANNUELLES

Les biomasses sestoniques de mars au point *canal* et juin au point *référence* étaient en effet parmi les plus élevées enregistrées depuis 1987 (Figure B-45). Les plus fortes dispersions de valeurs de la série 1987-2018 sont observées aux points *canal* et *rejet*, traduisant ainsi la forte variabilité interannuelle des biomasses sestoniques sur ces deux points côtiers et peu profonds, davantage soumis à la remise en suspension des sédiments.

B.4.2.3 APPROCHE STATISTIQUE

Pour vérifier si la biomasse sestonique est significativement différente entre les points de prélèvement pour une saison donnée, une analyse de variance à un critère de classification (ANOVA one-way) a été appliquée par saison sur la série temporelle après normalisation des variables par transformation log (x+1) et vérification de l'homogénéité des variances (test de Bartlett). Les résultats des tests statistiques sur l'ensemble des valeurs acquises depuis 1987 sont présentés dans le Tableau B-23.

Tableau B-23 : Probabilité associée *p* des tests statistiques sur la biomasse sestonique de 1987 à 2018

COMPARAISON	PRINTEMPS	ÉTÉ	AUTOMNE
n	88	83	84
p	0,876	0,647	0,120

($p < 0,05$ = différence significative ; n = nombre de données)

Quelle que soit la saison, les biomasses sestoniques ne présentent pas de différence significative entre les points *canal*, *rejet* et *référence*.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : ZOOPLANCTON

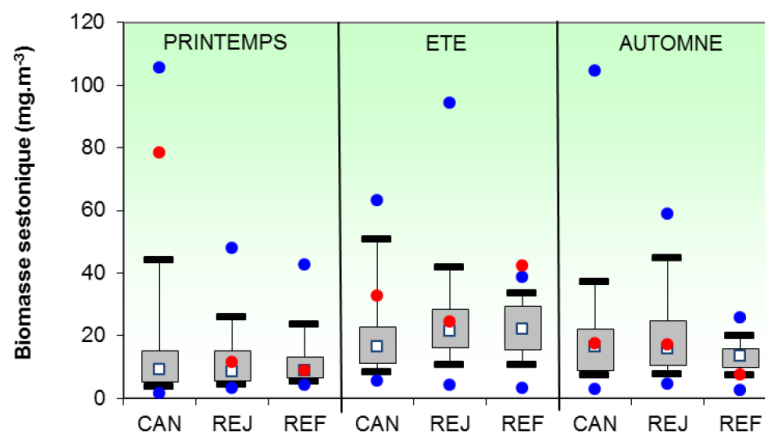


Figure B-45 : Évolution de la biomasse sestonique (poids sec) de 1987 à 2018. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (■) ; les moustaches, 90 % des valeurs (┘). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2018 (●).

B.4.3 ABONDANCES ZOOPLANCTONIQUES GLOBALES

B.4.3.1 VARIATIONS SPATIALES ET TEMPORELLES EN 2018

Les dénombrements zooplanctoniques effectués en 2018 sont présentés sur la Figure B-46, et sont exprimés en nombre d'individus par m^3 d'eau de mer. L'abondance la plus importante a été observée en juin au point *référence* avec 1 017 ind. $\cdot m^{-3}$ et la plus faible en juin au point *canal* avec 172 ind. $\cdot m^{-3}$. Contrairement à la biomasse sestonique, les abondances de zooplancton présentaient un gradient croissant de la côte vers le large. Ce gradient était toutefois davantage marqué en été.

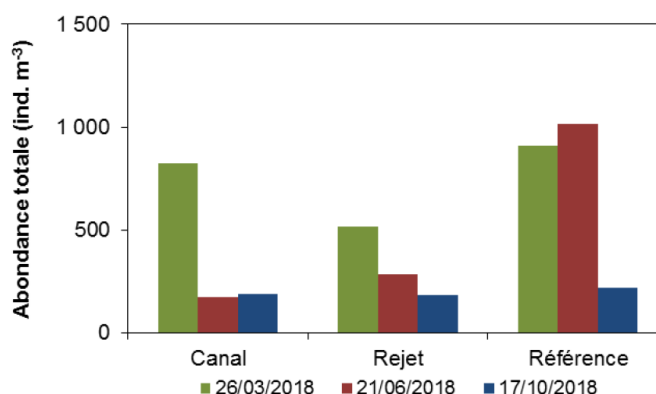


Figure B-46 : Évolution de l'abondance zooplanctonique totale à Flamanville en 2018

B.4.3.2 VARIATIONS INTERANNUELLES

L'évolution de l'abondance zooplanctonique observée depuis 1987 à Flamanville (Figure B-47

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : ZOOPLANKTON



) montre que si les abondances printanières 2018 étaient proches de la médiane historique, celles de juin (à l'exception du point *référence*) et octobre se situaient parmi les 10% des valeurs les plus faibles observées depuis 1987.

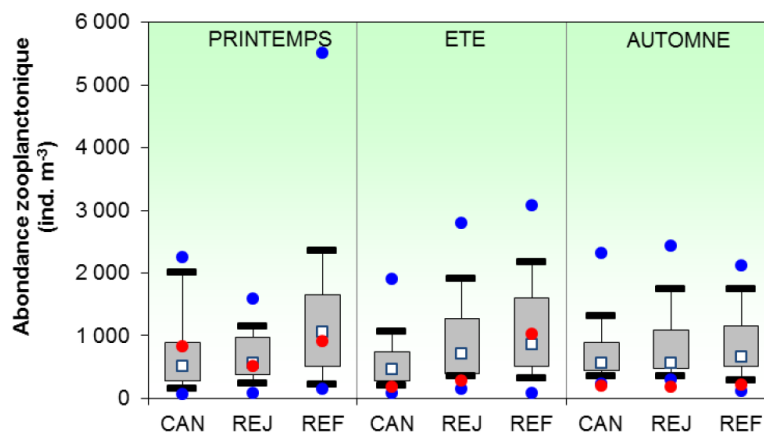


Figure B-47 : Évolution de l'abondance zooplanctonique à Flamanville de 1987 à 2018. Le point central représente la médiane (\square) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (\square) ; les moustaches, 90 % des valeurs (\top). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (\bullet). Le point rouge représente la valeur 2018 (\bullet).

B.4.3.3 APPROCHE STATISTIQUE

Pour comparer les abondances zooplanctoniques entre les points *canal*, *rejet* et *référence* à chaque saison, une analyse de variance à un critère de classification (ANOVA one-way) a été appliquée sur la série temporelle après normalisation des variables par transformation $\log(x+1)$ et vérification de l'homogénéité des variances (test de Bartlett). Les résultats des tests statistiques sur l'ensemble des valeurs acquises depuis 1987 sont présentés dans le tableau 3.5.4.

Tableau B-24 : *Probabilité associée p des tests statistiques sur les abondances zooplanctoniques par saison de 1987 à 2018*

COMPARAISON	PRINTEMPS	ÉTÉ	AUTOMNE
<i>n</i>	83	81	81
<i>p</i>	0,035	0,007	0,833

($p < 0,05$ = différence significative ; *n* = nombre de données)

Les résultats des tests indiquent que, sur l'ensemble de la série, les abondances zooplanctoniques automnales ne sont pas significativement différentes d'un point à l'autre. Par contre, au printemps et en été l'ANOVA montre une différence significative d'abondance selon les points de prélèvement. Une analyse post-hoc de comparaison multiple (test de Tukey) montre que, dans les deux cas, c'est la moyenne des abondances au point *canal* qui est significativement inférieure à celle du point *référence*. En été la moyenne des abondances au point *canal* est également significativement inférieure à celle du point *rejet*.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : ZOOPLANKTON



B.4.4 ÉTUDE FAUNISTIQUE

B.4.4.1 VARIATIONS SPATIO-TEMPORELLES DE L'HOLOPLANKTON ET DU MÉROPLANKTON

Un certain nombre d'espèces accomplissent l'intégralité de leur cycle biologique (œufs, larves, adultes) au sein du milieu pélagique ; ce sont les espèces holoplanctoniques. Les crustacés copépodes représentent généralement une part importante de cette fraction. Selon la saison, s'y ajoutent quelques espèces moins abondantes ou présentes à certaines saisons seulement, appartenant à d'autres embranchements comme les appendiculaires et les chaetognathes. D'autres organismes holoplanctoniques comme les crustacés péracarides (mysidacés, cumacés, gammaridés et isopodes) les cladocères et les cténophores ont été quasi absents des prélèvements lors des trois campagnes de 2018 (Tableau B-25).

Abondance zooplancton (N.m ⁻³)	26 mars 2018			21 juin 2018			17 octobre 2018		
	Canal	Rejet	Référence	Canal	Rejet	Référence	Canal	Rejet	Référence
	N.m ⁻³ %	N.m ⁻³ %	N.m ⁻³ %	N.m ⁻³ %	N.m ⁻³ %	N.m ⁻³ %	N.m ⁻³ %	N.m ⁻³ %	N.m ⁻³ %
Copépodes	33 80	31 80	122 69	145 91	245 89	797 82	150 93	151 85	152 79
Appendiculaires	8 18	8 20	54 31	12 8	32 11	158 16	11 7	12 7	35 18
Chaetognathes	1 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	5 3	4 2
Péracarides	0 0	0 0	0 0	2 1	0 0	4 0	0 0	10 5	0 0
Cladocera	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	4 0	0 0	0 0	0 0
Ctenophora	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	4 0	0 0	0 0	1 0
total holoplancton	41 5	39 8	176 19	160 93	277 98	966 95	161 85	177 97	192 89
Larves de décapodes	4 1	7 1	7 1	2 17	2 33	24 46	11 38	0 0	2 8
Larves de cirripèdes	626 80	361 76	583 80	0 0	5 67	16 31	0 0	0 0	0 0
Larves de bryozoaires	128 16	86 18	108 15	4 33	0 0	0 0	0 0	0 0	14 57
Cnidaires	13 2	3 1	1 0	2 17	0 0	4 8	0 0	0 0	2 6
Larves de mollusques	1 0	10 2	15 2	2 17	0 0	8 15	9 31	0 0	5 22
Larves de polychètes	8 1	9 2	14 2	0 0	0 0	0 0	4 15	5 100	0 1
Larves d'échinodermes	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 5
Oeufs et larves de poissons	1 0	0 0	3 0	2 17	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Chélicérates	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	4 15	0 0	0 0
total méroplancton	781 95	475 92	732 81	12 7	7 2	51 5	28 15	5 3	25 11
total zooplancton	823	515	907	172	284	1017	189	182	217

Tableau B-25 : Abondance et dominance des principaux groupes zooplanctoniques à Flamanville en 2018

Par opposition à l'holoplancton, le méroplancton constitue la fraction temporaire du zooplancton, il regroupe les organismes dont seule une partie du cycle vital est planctonique. Il s'agit principalement de larves à vie pélagique émises par de nombreuses espèces à phase adulte benthique errante (crabes, annélides...) ou fixée : annélides, mollusques (moules...) et crustacés cirripèdes, nombreux sur l'éstran rocheux. Le méroplancton est aussi constitué de phases pélagiques d'espèces fixées (méduses, qui représentent les phases sexuées libres de cnidaires). Il est donc de fait plus abondant au printemps, pendant les périodes de reproduction des espèces benthiques.

Si la proportion entre holo- et méroplancton diffère selon la saison, elle était par contre relativement homogène entre les points de surveillance à chacune de nos campagnes (Figure B-48). Au printemps 2018, le méroplancton représentait 81 à 95 % du zooplancton total alors qu'en été et en automne il en représentait moins de 15 %. Cette fraction était essentiellement composée de larves de cirripèdes (80 %) et de bryozoaires (16 %).

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : ZOOPLANKTON

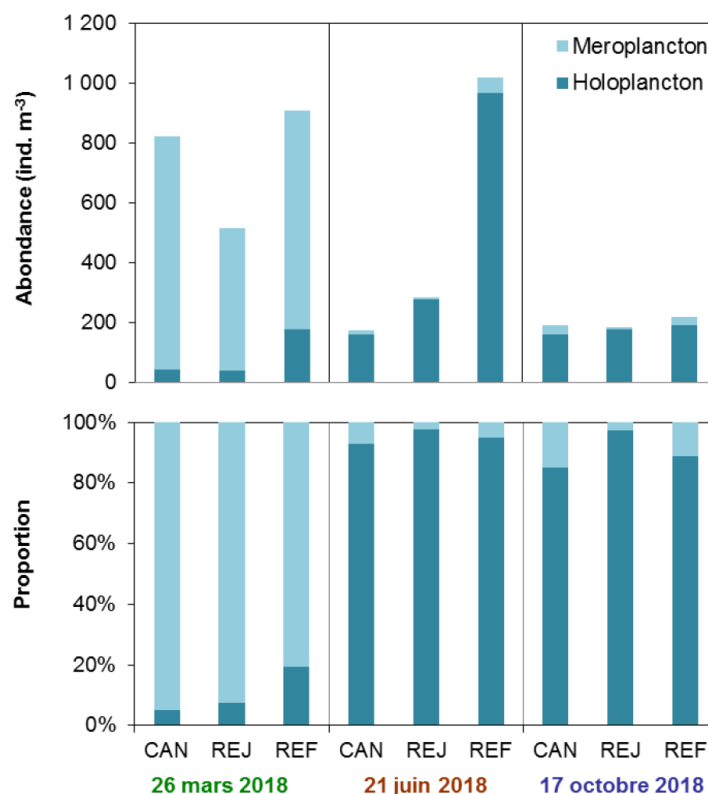


Figure B-48 : Abondance et proportion de l'holoplancton et du méroplancton à Flamanville en 2018

B.4.4.2 VARIATIONS SPATIO-TEMPORELLES DES PRINCIPAUX TAXONS EN 2018

L'holoplancton

• Les copépodes :

Les copépodes, qui constituaient le taxon dominant de l'holoplancton, ont montré la même évolution saisonnière que celui-ci (Figure B-49). En été et en automne les copépodes représentaient 82 à 93 % des abondances holoplanctoniques (Tableau B-25). L'évolution interannuelle de l'abondance totale en copépode depuis 1987 montre que ce groupe taxinomique est généralement peu abondant au printemps par rapport à l'été et à l'automne et que les abondances varient selon un gradient croissant de la côte vers le large. Toutefois, en 2018, l'abondance automnale au point référence était parmi les plus faibles valeurs observées depuis 1987.

Pour comparer les abondances de copépodes entre les points canal, rejet et référence à chaque saison, une analyse de variance à un critère de classification (ANOVA one-way) a été appliquée sur la série temporelle après normalisation des variables par transformation $\log(x+1)$ et vérification de l'homogénéité des variances (test de Bartlett). Les résultats des tests statistiques sur l'ensemble des valeurs acquises depuis 1987 sont présentés dans le tableau 3.5.6.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : ZOOPLANKTON

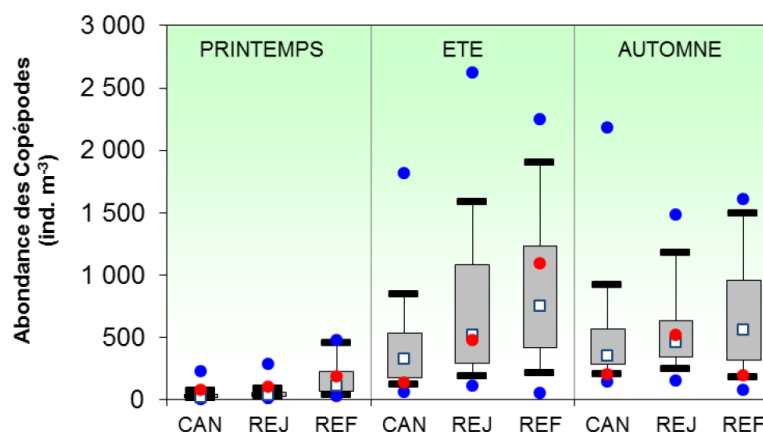


Figure B-49 : Évolution de l'abondance des copépodes à Flamanville de 1987 à 2018. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (■) ; les moustaches, 90 % des valeurs (┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur 2018 (●).

Tableau B-26 : Probabilité associée p des tests statistiques sur les abondances de 1987 à 2018

COMPARAISON	PRINTEMPS	ÉTÉ	AUTOMNE
n	83	81	81
p	0,000	0.015	0.47

($p < 0,05$ = différence significative ; n = nombre de données)

Les résultats des tests indiquent que, sur l'ensemble de la série, les abondances automnales des copépodes ne sont pas significativement différentes d'un point à l'autre. Par contre, au printemps et en été l'ANOVA montre une différence significative d'abondance selon les points de prélèvement. Une analyse post-hoc de comparaison multiple (test de Tukey) montre que, dans les deux cas, c'est la moyenne des abondances au point canal qui est significativement moins importante que celles des points rejet et référence. Cette analyse montre aussi une différence significative des abondances entre les points rejet et référence au printemps.

L'indice de diversité de Shannon (Figure B-50) consiste en une mesure de la diversité tenant compte de la richesse spécifique (S , nombre total d'espèces observées), mais aussi de la proportion représentée par chaque espèce au sein de la communauté. Sa valeur varie entre 0, si la communauté ne contient qu'une seule espèce, et $\log_2(S)$, si toutes les espèces contiennent le même nombre d'individus. Cet indice était assez bas dans les eaux environnant le CNPE de Flamanville (généralement $\leq 2,4 \text{ Bit. ind}^{-1}$) en regard du nombre d'espèces de copépodes présent dans nos échantillons (entre 3 et 11). Comme souvent en milieu côtier tempéré, les échantillons étaient caractérisés par une ou deux espèces de copépodes représentant 54 à 82 % du peuplement alors que plusieurs espèces n'étaient représentées que par quelques individus. La diversité tend à augmenter quand on va vers le large. En effet, en s'éloignant de la côte la profondeur augmente et les volumes d'eau filtrés par le filet à plancton sont plus importants, permettant la collecte d'espèces plus rares.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : ZOOPLANKTON

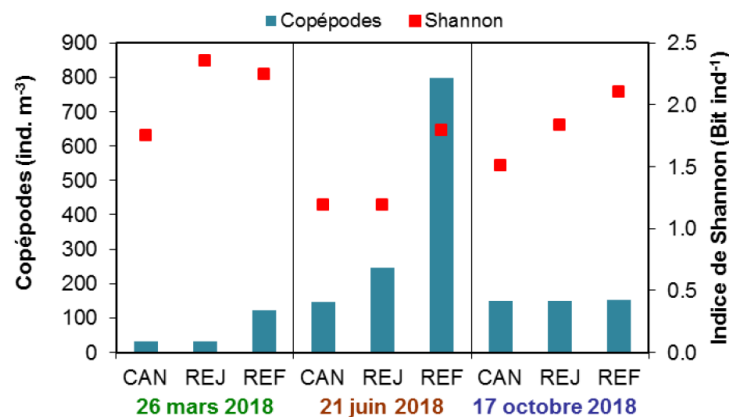


Figure B-50 : Abondance des copépodes (adultes et copépodites) et diversité spécifique à Flamanville en 2018

Parmi les principales espèces de copépodes présentes sur le site de la centrale de Flamanville on a trouvé (Figure B-51) :

- ✓ *Acartia sp.*
Le genre *Acartia* était principalement présent dans nos échantillons aux mois de juin et octobre (respectivement, 65 et 25 % des copépodes). Il est dans cette région principalement représenté par l'espèce *A. clausi* plutôt estivale et automnale.
- ✓ *Temora longicornis* :
Cette espèce est habituellement présente toute l'année avec un maximum entre avril et mai. Comme pour *Acartia* et *Centropages* elle était principalement présente en juin (12 % des copépodes), avec une nette augmentation des abondances de la côte vers le large.
- ✓ *Centropages sp.*
Le genre *Centropages*, représentait 10 % des copépodes en juin. Il est dans cette région principalement représenté par l'espèce *C. hamatus*, également plutôt estivale.
- ✓ *Pseudocalanus elongatus* et *Paracalanus parvus* :
Espèce généralement printanière et estivale, *P. elongatus*, était surtout présente lors des campagnes de mars et juin. Lors de ces campagnes les abondances étaient deux à six fois moins importantes à la côte (*canal* et *rejet*) par rapport au point *référence*. Espèce plutôt estivale et automnale, *P. parvus*, était dominante en octobre. Elle succède généralement à *P. elongatus* dans les communautés planctoniques des milieux côtiers tempérés.
- ✓ *Euterpina acutifrons* :
Espèce caractérisant généralement les communautés automnales de copépodes en milieu côtier, *E. acutifrons* était néanmoins présent au printemps. Elle représentait 37 et 30 % des copépodes respectivement en mars et octobre. Cette espèce est de plus petite taille que les autres espèces précédemment citées et à un mode de vie étroitement lié aux sédiments ce qui explique qu'elle soit souvent plus abondante au point *canal*. En général seuls les adultes (surtout des femelles) sont collectés dans la colonne d'eau avec les filets à plancton, soit que les copépodites soient trop petits et passent à travers la maille du filet, soit qu'ils vivent trop près du fond pour être collectés.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : ZOOPLANCTON

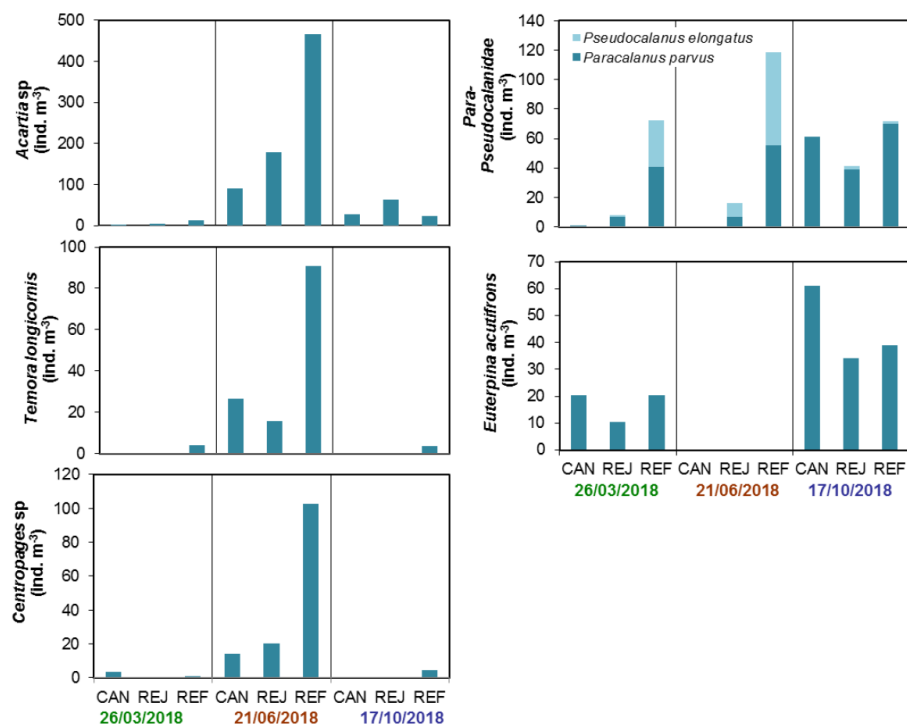


Figure B-51 : Abondances des principales espèces de copépodes à Flamanville en 2018

• Les autres espèces holoplanctoniques (Figure B-52)

Les appendiculaires, représentés par l'espèce *Oikopleura dioica*, étaient le deuxième groupe dominant de l'holoplancton, notamment en mars (23 % ; tableau 3.5.5), même si la plus forte abondance a été observée en juin au point référence (158 ind. m⁻³).

Les chaetognathes, représentés par l'espèce *Parasagitta setosa*, étaient très peu présents cette année.

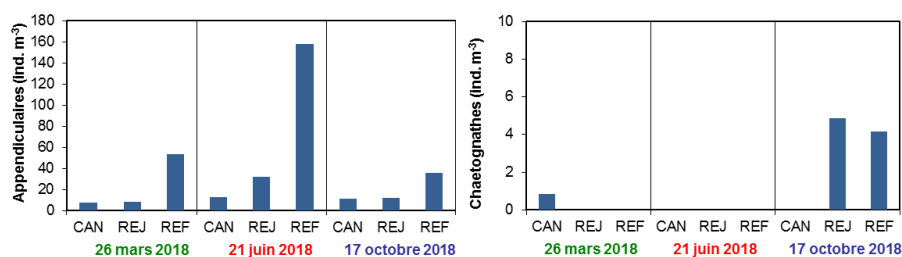


Figure B-52 : Abondances des appendiculaires et des chaetognathes à Flamanville en 2018

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : ZOOPLANKTON



Le méroplancton

Les stades larvaires des espèces appartenant à différents embranchements ou classes ont été dénombrés au cours des trois campagnes de prélèvement (Figure B-53).

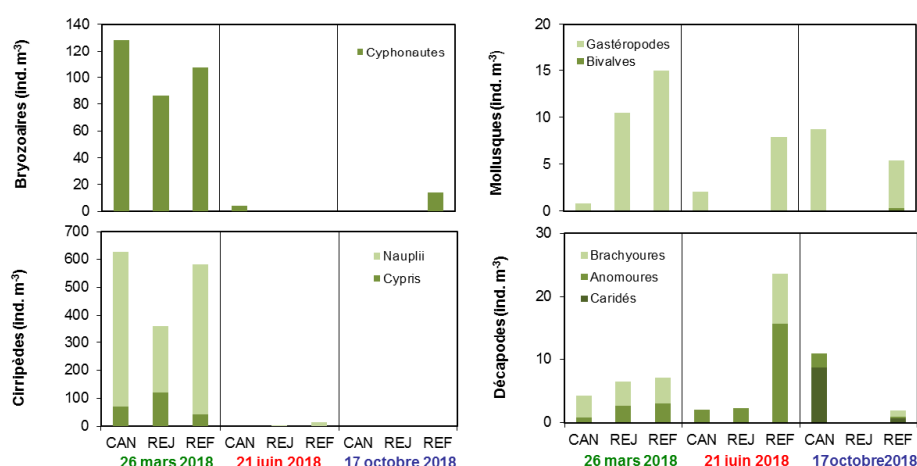


Figure B-53 : Abondance des espèces méroplanctoniques à Flamanville en 2018

- Embranchement des arthropodes, classe des crustacés, ordre des cirripèdes :
Les cirripèdes, dont font partie les balanes, sont des crustacés qui, à l'état adulte, vivent fixés sur les rochers et les substrats durs. Ils constituent une part importante des 'salissures' ('fouling'). Les larves, essentiellement les stades nauplii, sont émises en grande quantité et constituent un maillon important de la chaîne alimentaire. Les larves de cirripèdes étaient essentiellement printanières représentant plus de 80 % du méroplancton (soit ~70 % du zooplancton total) et étaient moins abondantes au point *rejet*.
- Embranchement des bryozoaires :
Les larves cyphonautes de bryozoaires étaient, comme les larves de cirripèdes, essentiellement présentes au printemps (16 % des méroplanctontes) et un peu moins abondantes au point *rejet*.
- Embranchement des mollusques :
Les larves de mollusques (principalement de gastéropodes) étaient peu présentes lors des trois campagnes de prélèvement (<17 %). Leur distribution était très variable selon les saisons.
- Embranchement des arthropodes, classe des crustacés, ordre des décapodes :
Les décapodes étaient aussi très peu abondants lors des trois campagnes de prélèvement. Les abondances les plus fortes ont été observées au point *référence* en juin (~24 ind. m⁻³). Leur distribution était très variable selon les saisons.

B.4.5 CONCLUSIONS

Les données historiques acquises depuis 1987 indiquent que la biomasse sestonique ne montre pas de différences significatives entre les points de prélèvement quelle que soit la saison considérée, alors que les abondances printanières et estivales paraissent significativement plus faibles au point *canal* par rapport au point *référence*. Cependant, la biomasse sestonique ne reflète pas fidèlement les observations d'abondances zooplanctoniques. Les rapports C/N du seston (> 7 au point *canal*), en lien avec des biomasses en azote plus faibles, montrent bien la difficulté qu'il y a à déduire, ou estimer, la biomasse du zooplancton, *sensus stricto*, à partir de ce type d'analyse. La contamination des échantillons filtrés par des débris minéraux et végétaux ou coquilliers (notamment aux points *canal* et *rejet*) est trop aléatoire pour pouvoir avoir une estimation fiable

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : ZOOPLANKTON



de la biomasse zooplanctonique. Au mieux, cette analyse nous donne-t-elle une appréciation de la charge particulaire (seston > 100 µm) sur le site de la centrale de Flamanville lors des prélèvements.

En 2018, les abondances zooplanctoniques estivales et automnales étaient plus faibles que ce qui est habituellement observé sur le site de surveillance depuis 1987. Toutefois, les variations d'une année à l'autre sont à interpréter avec précaution car du fait du faible pas d'échantillonnage il est difficile d'interpréter des variations interannuelles. Les résultats acquis lors des trois campagnes pélagiques sont davantage destinés à mettre en évidence les variations zooplanctoniques spatiales sur le site du CNPE.

La composition et la succession des espèces restent classiques. Le méroplancton dominant la communauté zooplanctonique au printemps, représentait cette année plus de 80 % du zooplancton total du fait de la prolifération des larves pélagiques de cirripèdes (balanes) et de bryozoaires. L'holoplancton dominait largement le zooplancton en été et à l'automne (82 à 93 %). Comme toujours en milieu côtier tempéré, il était essentiellement caractérisé par les copépodes. La diversité spécifique de ce groupe était assez faible (≤ 2.4 Bit. ind⁻¹) et composé en général de moins d'une dizaine d'espèces dont une seule peu représenter entre 54 et 82 % du peuplement. Les copépodes appartenant à l'ordre des calanoides, typiquement pélagiques (*Acartia*, *Temora*, *Centropages*, *Paracalanus*, et *Pseudocalanus*) sont les plus abondants, notamment au large, mais à la côte *Euterpina acutifrons*, copépode harpacticoïde pélagique, est également très présent.

Chacune des espèces zooplanctoniques observées cette année respectent, pour ce que peut montrer cette analyse de trois campagnes annuelles, leur répartition saisonnière habituelle et sont caractéristiques des milieux tempérés de la Manche et de la baie sud de la Mer du Nord. Aux trois périodes d'observations, les valeurs enregistrées au niveau du rejet en mer s'inscrivent dans l'intervalle de celles des points *canal* et *référence*. L'influence des rejets du CNPE de Flamanville n'est donc pas décelable par la variabilité spatio-temporelle de la population zooplanctonique.

LE DOMAINE PÉLAGIQUE : ZOOPLANCTON



B.4.6 ANNEXE

ANNEXE B-3 : Récapitulatif des résultats de 2018 pour l'étude de la biomasse sestonique et du zooplancton

PARAMETRES		CANAL	REJET	REFERENCE
26 MARS 2018	Poids sec (mg. m ⁻³)	78.3	11.6	9.0
	Poids de carbone (mg. m ⁻³)	21.138	3.271	2.738
	Poids d'azote (mg. m ⁻³)	4.399	0.512	0.645
	Abondance holoplancton (ind. m ⁻³)	41	39	176
	Abondance méroplancton (ind. m ⁻³)	781	475	732
	Abondance zooplancton totale (ind. m ⁻³)	823	515	907
21 JUIN 2018	Poids sec (mg. m ⁻³)	32.6	24.6	42.2
	Poids de carbone (mg. m ⁻³)	5.285	3.959	6.225
	Poids d'azote (mg. m ⁻³)	0.551	0.623	1.128
	Abondance holoplancton (ind. m ⁻³)	160	277	966
	Abondance méroplancton (ind. m ⁻³)	12	7	51
	Abondance zooplancton totale (ind. m ⁻³)	172	284	1017
17 OCTOBRE 2018	Poids sec (mg. m ⁻³)	17.5	17.2	7.7
	Poids de carbone (mg. m ⁻³)	3.952	3.852	1.393
	Poids d'azote (mg. m ⁻³)	0.577	0.692	0.264
	Abondance holoplancton (ind. m ⁻³)	161	177	192
	Abondance méroplancton (ind. m ⁻³)	28	5	25
	Abondance zooplancton totale (ind. m ⁻³)	189	182	217

LE DOMAINE PÉLAGIQUE



LE DOMAINE BENTHIQUE

Rédaction :

Aurélie Foveau (ODE/LITTORAL/LER-BN)

Prélèvements et analyses réalisés à l'Ifremer par

Chantal Le Gac-Abernot (ODE/LITTORAL/LER-BO)

Aurélie Foveau (ODE/LITTORAL/LER-BN)

Jean-Dominique Gaffet (ODE/DYNECO/LEBCO)

Manuel Rouquette (ODE/LITTORAL/LER-BN)

C LE DOMAINE BENTHIQUE

La surveillance du domaine benthique réalisée uniquement au niveau intertidal concerne l'étude

- d'une part du **phytobenthos**, concrétisée par le suivi d'une population de *Fucus serratus* sur l'estran de Diélette.
- d'autre part du **zoobenthos**, au travers des populations de crustacés cirripèdes : estran de Diélette, Cap de Flamanville (sites du Quédoy et du Sémaphore) et de la Pointe du Rozel (Figure C-1).



Figure C-1 : Localisation de la radiale d'étude de *Fucus serratus* sur le platier de Diélette et des stations d'échantillonnage des cirripèdes

C.1 PHYTOBENTHOS INTERTIDAL

La population de *Fucus serratus* du platier de Diélette, située au nord de la Centrale électronucléaire de Flamanville dans la zone d'influence de la tache thermique, fait l'objet d'une surveillance depuis 1977. Étudiée une première fois d'août 1977 à août 1978, elle est suivie en continu depuis mars 1983, en fin d'hiver et en fin d'été. Une observation est réalisée également en fin de printemps depuis 1995, afin de préciser le cycle annuel de ces algues sur ce site.

C.1.1 BIOLOGIE DE L'ESPÈCE

L'espèce *Fucus serratus* fait partie de l'embranchement des Chromophytes, classe des Phéophycées, ordre des Fucales, famille des Fucacées, genre *Fucus*, espèce *serratus* (Figure C-2). Elle est sujette aux facteurs naturels (climatiques, hydrauliques) qui peuvent modifier la dynamique du peuplement (installation, développement, arrachage, etc.). Au début des années 80, l'hypothèse a été émise que cette espèce pourrait également être un indicateur des perturbations éventuelles induites par les rejets de la Centrale sur le macrophytobenthos local. Celles-ci pourraient être de plusieurs ordres : évolutions différées de la croissance estivale et de la dépopulation hivernale, déplacement saisonnier et quantitatif de la fertilité des pieds, évolution géographique de la population. Cette hypothèse est aujourd'hui nuancée du fait de l'influence avérée du réchauffement climatique.

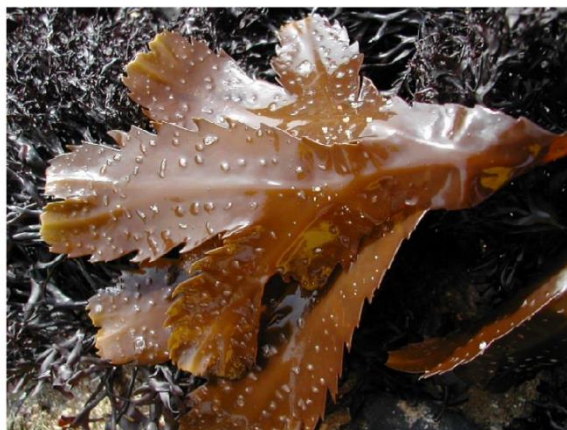


Figure C-2 : Extrémité d'un thalle de *Fucus serratus*

- **Description** : algue brune fixée au substrat. Thalle plat à bords dentés. Algue pérennante.
- **Répartition géographique** : de la Scandinavie au Portugal, et côtes est et ouest de l'Amérique du Nord.
- **Répartition bathymétrique** : algue intertidale. Forme une ceinture qui occupe la majeure partie du médiolittoral sous la ceinture à *Fucus vesiculosus*, jusqu'aux laminaires. Apte à supporter des expositions régulières à l'air et une déshydratation partielle. On ne trouve pas de *Fucus* en Méditerranée, sauf en mer Adriatique où on trouve *Fucus virsoides* du fait de l'existence de petites marées. Assez tolérante vis-à-vis des températures. Milieux battus et abrités.
- **Reproduction** : reproduction sexuée uniquement. Aux extrémités du thalle apparaissent des renflements ou réceptacles pourvus de nombreuses cryptes fertiles ou conceptacles (Figure.C-3). Cycle simple de type monogénétique, ne mettant en jeu qu'une seule

génération, commun à toutes les fucales. Pieds mâles et pieds femelles diploïdes (2n chromosomes). Les premiers se reconnaissent en période de maturité à la couleur orangée des réceptacles. Les réceptacles femelles sont verdâtres. Ces réceptacles libèrent les gamètes dans le milieu extérieur en période hivernale (gamètes femelles ou oosphères à l'intérieur du gamétocyste ou oogone ; gamètes mâles ou anthéridies). La fusion des gamètes (oogamie : gamète femelle immobile et gamète mâle flagellé) donne un œuf ou zygote d'où sera issu un nouvel individu.

À la fin de la période de reproduction, les réceptacles vidés des gamètes qu'ils contenaient deviennent gélatineux et sont attaqués par des champignons et des herbivores. Cette partie de la fronde se nécrose sur toute sa longueur jusqu'à la rencontre d'une autre ramification restée à l'état végétatif et dont la cellule apicale n'a pas été détruite par la formation de réceptacles. L'individu va se reconstituer à partir des frondes restantes sur lesquelles renaîtront d'autres ramifications.

La reproduction suit un cycle saisonnier comportant différentes phases : initiation, maturation des réceptacles et libération des gamètes. La période de fertilité varie d'un site à un autre.



Figure.C-3 : *Fucus serratus*. Réceptacles contenant les gamétocytes mâles ou femelles

- **Croissance** : croissance apicale peu rapide. Elle serait de l'ordre de 25cm/an en moyenne. La lumière, la température, la durée d'immersion, l'exposition agissent sur la croissance.
- **Cycle saisonnier** : l'intensité lumineuse, la température et la concentration en sels nutritifs agissent sur la croissance et la reproduction. La densité varie en fonction de la saison. Au printemps, le nombre de jeunes individus est beaucoup plus élevé qu'en hiver et témoigne d'un fort recrutement à cette période.
- **Durée de vie** : elle varie de 2 à 5 ans. C'est le degré d'exposition qui conditionne la composition en âge des populations. Ces dernières sont d'autant plus jeunes que le site est battu par les vagues, ce qui est le cas de Flamanville.
- **Causes de mortalité** : elles sont liées aux conditions hydrodynamiques, et au broutage intensif effectué par les gastéropodes, surtout sévère dans les premiers stades de vie de la plante.

- **Utilisation** : cette algue est utilisée, soit directement comme engrais dans les champs, soit après transformation en farines végétales, engrais, sans oublier l'extraction d'alginate.

C.1.2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

C.1.2.1 ÉVOLUTION DU STOCK

En mars et en septembre, des prélèvements réguliers sont effectués depuis 1983 dans trois secteurs de référence de la population de *Fucus serratus* sur le platier de Diélette. Ces secteurs, très proches les uns des autres mais situés à des niveaux bathymétriques légèrement différents, ont été choisis dans des zones à densité algale faible (secteur 1), forte (secteur 2), et moyenne (secteur 3). La moyenne de dix quadrats de 0,5 m x 0,5 m prélevés au hasard dans chaque secteur fournit ainsi une estimation de la biomasse algale locale (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).



Figure C-4 : Prélèvements des algues pour évaluation des biomasses (quadrat 50 cm x 50 cm)

C.1.2.2 BAGUAGES SUR RADIALES

Sur la radiale repérée, dix points, espacés l'un de l'autre de dix mètres, sont échantillonnés. En chaque point, dix pieds de *Fucus serratus* sont bagués d'un collier numéroté de couleur blanche, serré entre le disque basal et la première dichotomie (Figure C-5). Seuls les pieds pouvant soutenir une bague sont considérés. C'est pourquoi toute une catégorie, parmi les plus jeunes individus ayant une longueur inférieure à 20 cm, n'est pas prise en compte dans ces mesures.

En mars 1983, 394 pieds de *Fucus serratus* ont ainsi été bagués. Parmi ceux-ci, 21 seulement ont été retrouvés en mars 1985. Deux nouvelles radiales ont été considérées en mars 1985 dans une zone centrale où la végétation est plus dense. 286 pieds ont été bagués.

La méthodologie est ensuite la même pour le baguage de 300 pieds en 1987, de 287 en 1989, de 248 en mars 1991, de 250 en mars 1993, de 200 en mars 1994 et 1995, et de 100 de mars 1996 à mars 2014. Depuis mars 2015, 90 individus sont bagués en raison de la diminution importante de la densité de *Fucus serratus* au niveau de la radiale. Le baguage systématique

LE DOMAINE BENTHIQUE : PHYTOBENTHOS INTERTIDAL



d'un nouveau lot d'individus chaque année depuis 1993 permet ainsi un suivi plus serré de cette population algale.

Pour chaque série de baguages, l'observation s'effectue généralement pendant deux ans, au bout desquels la population étudiée disparaît en quasi-totalité.



Figure C-5 : Baguages de cent pieds de *Fucus serratus* en mars

C.1.2.3 PARAMÈTRES MESURÉS

Au cours des missions de mars et de septembre, trois paramètres sont mesurés sur chaque individu de *Fucus serratus* :

- La longueur (L) exprimée en cm et mesurée du disque basal au sommet de la dernière dichotomie
- Le diamètre (\varnothing) en cm : le diamètre maximal est mesuré à la base, juste au-dessus de l'épatement formé par le système de fixation
- La fertilité, avec 2 niveaux d'appréciation :
 - l'absence (stade 0) ou la présence (autres stades) de conceptacles fertiles à l'extrémité des frondes (Figure.C-3), donnant une première indication sur le pourcentage de thalles fertiles ;
 - En cas de présence de conceptacles fertiles, une différenciation en 4 stades (« faible maturité » stade 1 à « forte maturité » stade 4) permettant d'estimer le taux moyen de fertilité du lot examiné.

En juin, les mesures réalisées sur les algues baguées concernent uniquement ce dernier paramètre afin d'évaluer le niveau de développement du cycle de reproduction.

C.1.2.4 PLANNING 2018

Les missions se sont déroulées les 3-4 mars, 14-15 juin et 09-10 septembre 2018.



C.1.3 EVALUATION DU STOCK DE FUCUS SERRATUS

La biomasse annuelle moyenne de *Fucus serratus* évaluée en 2018 sur le platier de Diélette reste, comme en 2017, à son minimum (38 g de poids sec par 0,25 m²) (Figure C-6).

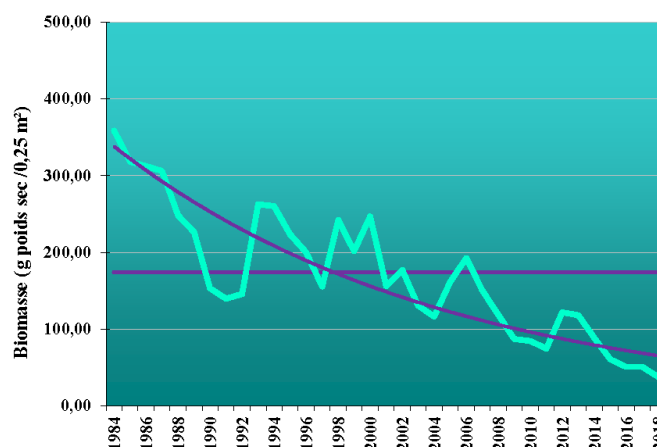


Figure C-6 : En vert clair, évolution des biomasses annuelles moyennes de *Fucus serratus* depuis 1983 (en grammes de poids sec/0,25m²) ; en mauve, droite moyenne et courbe de tendance de 1983 à 2018

Les valeurs observées en mars et septembre restent faibles et largement inférieures aux moyennes (Figure C-7).

Conformément au développement de l'espèce, la biomasse algale reste plus forte en fin d'été qu'en fin d'hiver (Tableau C-1 et Figure C-7).

Tableau C-1 : Biomasses de *Fucus serratus* (en grammes de poids sec/0,25m²)

Biomasse (g poids sec / 0,25 m ²)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Mars	44	47	45	31	27	32	10
Septembre	200	189	132	90	74	69	65

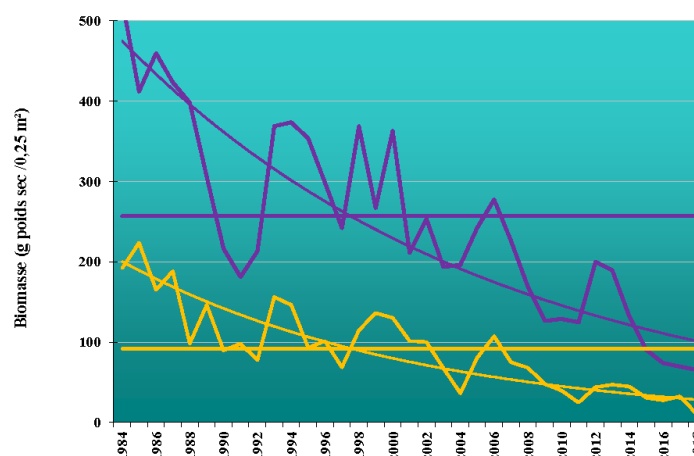


Figure C-7 : Evolution des biomasses de *Fucus serratus* depuis 1983 (en g poids sec/0,25m²) en mars (ligne brisée ORANGE) et en septembre (ligne brisée VIOLETTE); moyennes (droites) et courbes de tendance.

LE DOMAINE BENTHIQUE : PHYTOBENTHOS INTERTIDAL

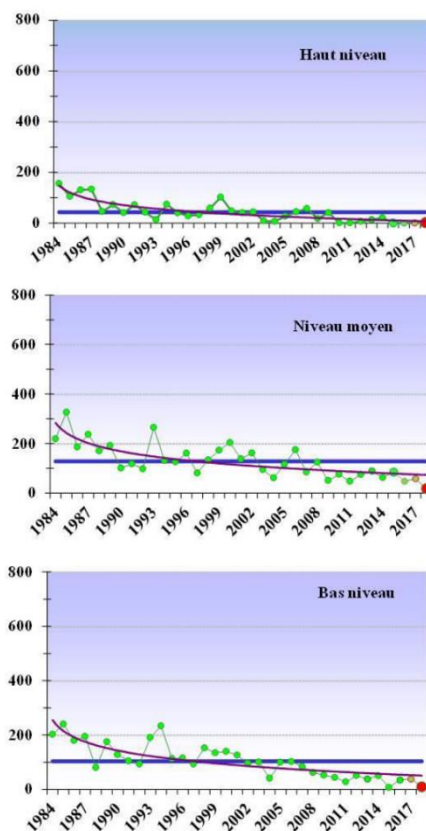


C'est dans la partie centrale de la radiale que les fucales restent les plus denses (Tableau C-2 et Figure C-8).

Tableau C-2 : Biomasses moyennes de *Fucus serratus* aux abords du Cap de Flamanville en grammes de poids sec/0,25m²

Radiale <i>Fucus serratus</i>	Mars 2018	Moyenne mars 1984/2018	Septembre 2018	Moyenne septembre 1983/2018
Haut niveau	2	43	20	86
Niveau moyen	19	128	136	374
Bas niveau	10	104	39	311

A- MARS



B- SEPTEMBRE

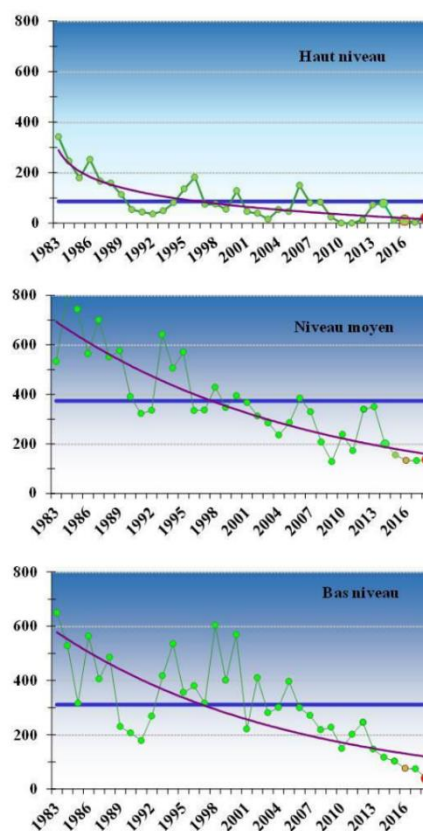


Figure C-8 : Evolution des biomasses de *Fucus serratus* aux différents niveaux de la radiale. A : En mars ; B : en septembre. En vert, les poids secs en g/m² ; en rouge, les valeurs de 2018 ; en bleu, la biomasse moyenne calculée sur la période d'observation ; en mauve, la courbe de tendance.

Comme les années précédentes, la partie supérieure de la radiale reste dépeuplée, la biomasse de *Fucus serratus* observée en 2018 est quasi nulle dans cette zone (Figure C-9).

LE DOMAINE BENTHIQUE : PHYTOBENTHOS INTERTIDAL



Figure C-9 : Le haut de la radiale de *Fucus serratus* en mars 2018

Au niveau central de la radiale où la population de *Fucus serratus* reste la plus abondante (Figure C-10), les biomasses évaluées en mars et en septembre 2018 restent dans les valeurs minimales observées depuis 1984.



Figure C-10 : Radiale *Fucus serratus*, mars 2017

Depuis quelques années, la partie inférieure de la radiale est aussi en régression. La valeur de fin d'été, en baisse depuis plusieurs années, est la plus basse observée depuis 1984 (Figure C-8).

Plusieurs facteurs peuvent interférer pour conduire à cette diminution :

- ✓ un réchauffement global des eaux qui peut avoir un effet sur les populations algales en général
- ✓ des modifications hydrodynamiques (en partie aux aménagements du port de Diélette) pouvant conduire à (i) un moindre apport des propagules de *Fucus*, (ii) une modification des apports de sable sur l'estran.
- ✓ La fréquentation du site par les pêcheurs à pieds. Bien qu'ils n'arrachent pas les algues, leurs opérations de retournement des pieds pour trouver les espèces-cibles peuvent à la longue les fragiliser.
- ✓ ne pas exclure que les méthodes de suivi impliquent des échantillonnages par prélèvement. La surveillance elle-même contribue donc, dans une certaine mesure, à la pression qui s'exerce sur la seule population algale de la zone n'est pas à négliger.

C.1.4 DÉNOMBREMENT DES ALGUES BAGUÉES

La perte des pieds de *Fucus serratus* bagués en mars 2018 atteint 31% en septembre, valeur inférieure à la moyenne qui est de 34 % de perte six mois après la pose des bagues. Le maximum atteint 54 % (1989) et le minimum 13 % (2007) (Figure C-11).

Le taux moyen de dépopulation 2 ans après la pose des bagues s'élève à 92%. Les causes de ce dépeuplement (ou de la perte des bagues sur les algues) sont diverses : vieillissement des algues, action de la houle, broutage par des gastéropodes, action humaine par l'arrachage lors de pêche à pied...

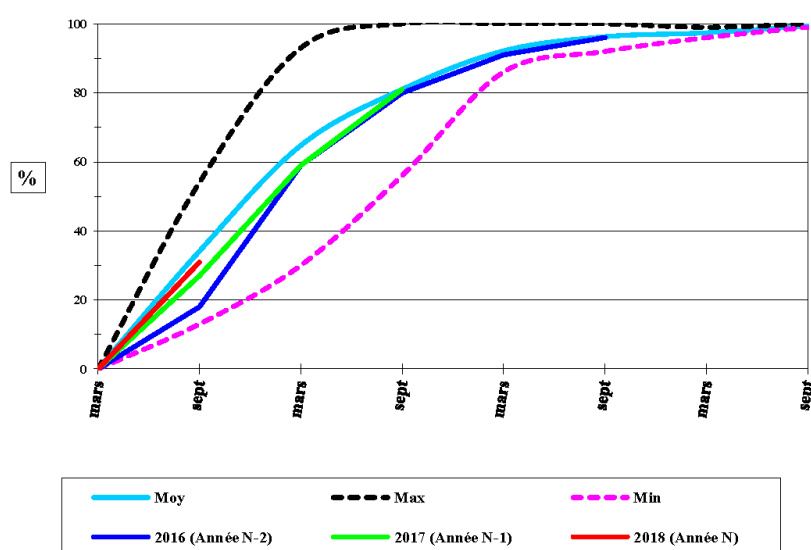


Figure C-11 : Dépopulation des individus bagués. Lots bagués en mars 2016, 2017, 2018 (en rouge) et moyenne de 1983 à 2018.

C.1.5 BIOMÉTRIE DES ALGUES BAGUÉES

Les principales mesures relevées sur les pieds de *Fucus* sont présentées sur le schéma ci-contre (Figure C-12).

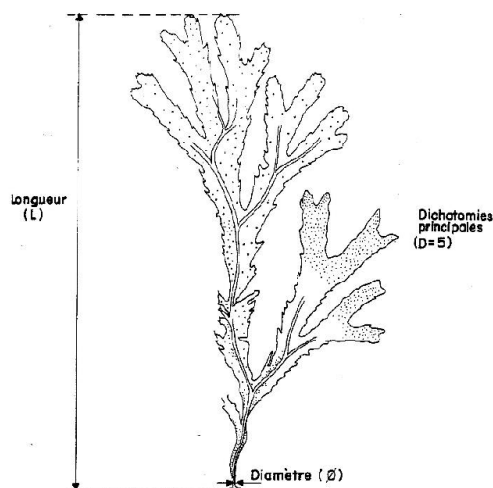


Figure C-12 : *Fucus serratus*. Paramètres mesurés

C.1.5.1 DIAMÈTRE DES STIPES

Les diamètres des stipes de *Fucus serratus* bagués en 2018 atteignent en moyenne 4,8 mm en mars et 5,1 mm en fin d'été. Ce sont parmi les valeurs les plus faibles enregistrées depuis 1983 (Figure C-13).

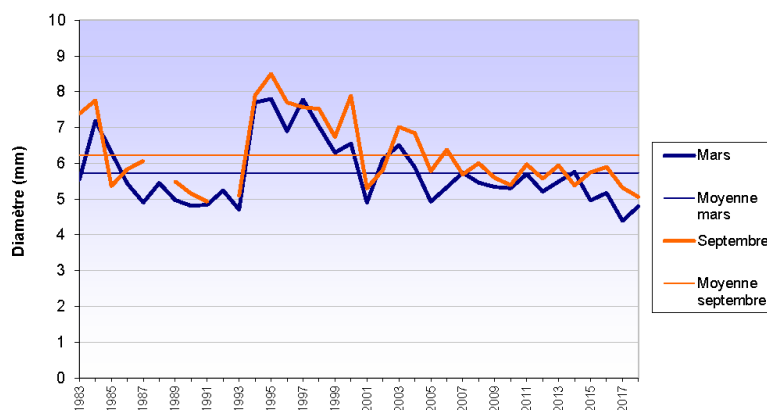
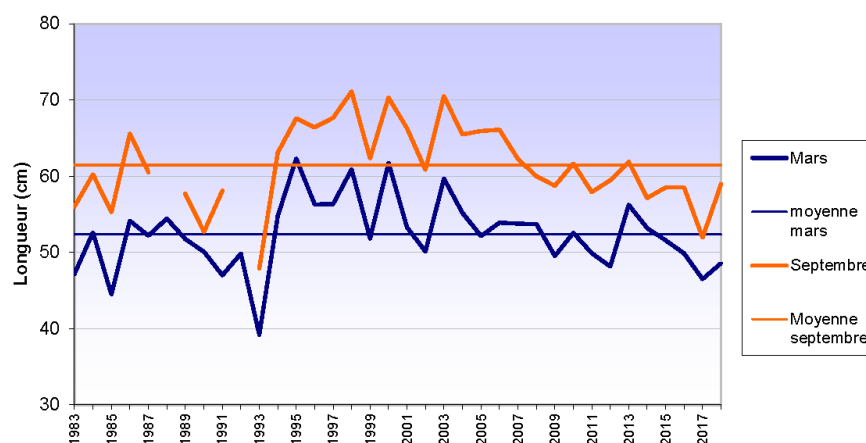


Figure C-13 : Diamètre des stipes de *Fucus serratus* en mars et en septembre

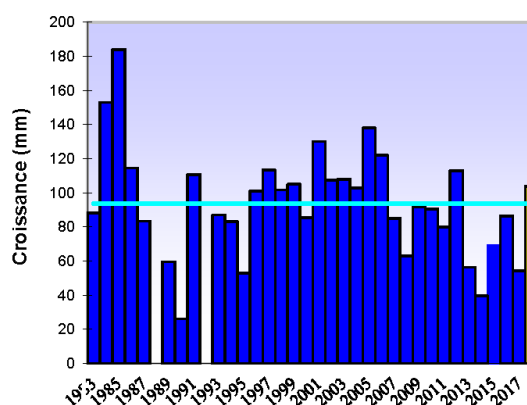
C.1.5.2 LONGUEUR DES THALLES

Les longueurs moyennes des individus bagués en 2018 atteignent 52,4 cm en mars et 61,5 cm en septembre. Elles sont inférieures aux moyennes calculées sur la période 1983 à 2018 (Figure C-14).

LE DOMAINE BENTHIQUE : PHYTOBENTHOS INTERTIDAL

Figure C-14 : Longueur moyenne des thalles de *Fucus serratus* en mars et en septembre

De mars à septembre 2018, la longueur des thalles de *Fucus serratus* bagués en mars 2018 s'est accrue en moyenne de 10,4 cm, la moyenne calculée sur la période 1983-2018 atteint 9,8 cm. Les valeurs s'échelonnent de 2,6 cm en 1990 à 18,4 cm en 1985 (Figure C-15).

Figure C-15 : Croissance moyenne des thalles de *Fucus serratus* de mars à septembre. Valeur 2018 en jaune.

C.1.6 FERTILITÉ

La reproduction suit un cycle saisonnier comportant différentes phases : initiation, maturation des réceptacles et libération des gamètes dans le milieu extérieur en période hivernale.

La fertilité est évaluée en fonction du pourcentage de thalles de *Fucus serratus* présentant des conceptacles. Ces conceptacles renferment des organes mâles ou femelles, selon les individus, plus ou moins fertiles tout au long de l'année (Figure C-16).

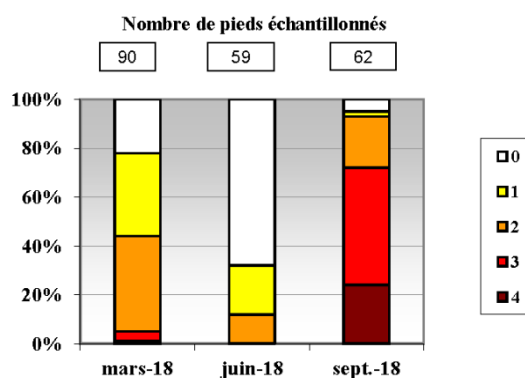
Figure C-16 : Emission des gamètes mâles d'un thalle de *Fucus serratus*

L'examen visuel de ces zones permet de nuancer la fertilité en cinq stades différents, de l'absence totale de réceptacles (stade 0) à la présence sur chaque fronde de réceptacles terminaux à maturité (stade 4).

C.1.6.1 RÉSULTATS 2018

Lot bagué en mars 2018 :

En mars 2018, 78 % des thalles de *Fucus serratus* présentent des signes de fertilité (70 % en 2017, 68 % en 2016), 32 % en juin (83 % en 2017, 48 % en 2016) et 95 % en septembre (94 % en 2017, 96 % en 2016) (Figure C-17 et Figure C-18).

Figure C-17 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus* bagués en 2018

En septembre, la fertilité des thalles de *Fucus serratus* est plus importante en pourcentage mais également au niveau de la maturité des conceptacles, ceci conformément au développement du cycle de reproduction sur ce site.

C.1.6.2 VARIATIONS ANNUELLES

Les pourcentages de *Fucus serratus* plus ou moins fertiles évalués en mars, juin et septembre 2018 restent dans la gamme des valeurs habituellement observées depuis 1983 sur ce site.

LE DOMAINE BENTHIQUE : PHYTOBENTHOS INTERTIDAL



- En mars 2018, le pourcentage de pieds fertiles est supérieur à la moyenne saisonnière (78 % vs 64 %, Figure C-18).

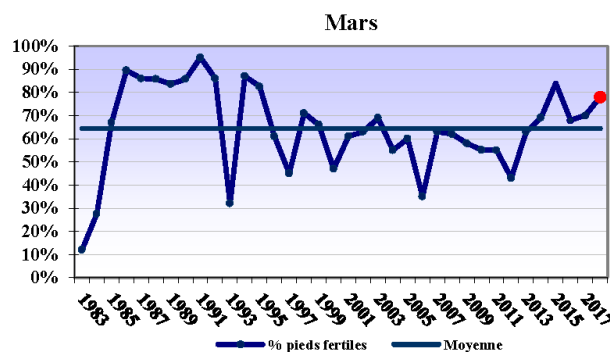


Figure C-18 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus*. Valeur 2018 en rouge.

- En juin 2018, le pourcentage de thalles plus ou moins fertiles subit une forte baisse (32 %, Figure C-19).

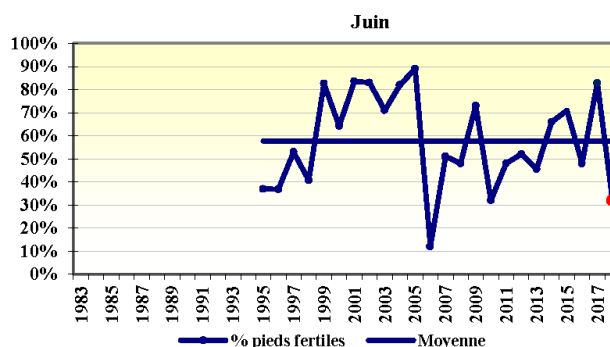


Figure C-19 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus*. Valeur 2018 en rouge.

- En septembre 2018, le pourcentage de thalles fertiles reste élevé (95 %) et supérieur à la moyenne (91 %). Depuis 2003, les valeurs restent stables (Figure C-20).

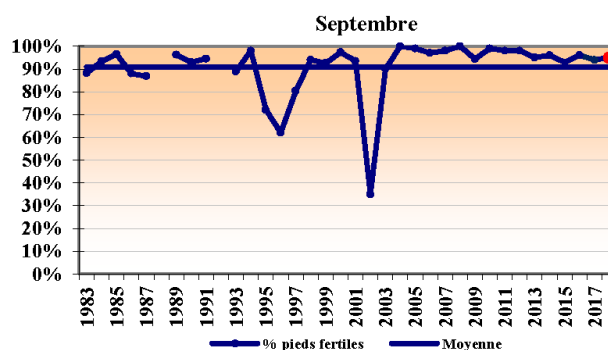


Figure C-20 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus*. Valeur 2018 en rouge.

Nos observations régulières de cette population de *Fucus serratus* de Diélette en fin d'hiver, printemps et fin d'été nous permettent de suivre le déroulement de son cycle de reproduction. Les mois de mars

LE DOMAINE BENTHIQUE : PHYTOBENTHOS INTERTIDAL



et juin correspondent à une période charnière entre deux cycles de reproduction. La fertilité décroît, le cycle s'achève, puis un nouveau cycle de reproduction débute. Les données enregistrées en fin d'hiver sur la période 1983 à 2018 oscillent entre 12 et 95 % (respectivement en 1983 et 1991), la moyenne est de 64 %.

En juin, la moyenne calculée sur la période 1995 à 2018 atteint 58 %, elle avoisine celle de mars sur la même période (64 %).

En septembre, le développement de la fertilité est généralement important. Le pourcentage moyen calculé sur la période 1995 à 2018 atteint alors 91 %. Le niveau de maturation des gamètes est alors plus élevé qu'en fin d'hiver et printemps (Figure C-21).

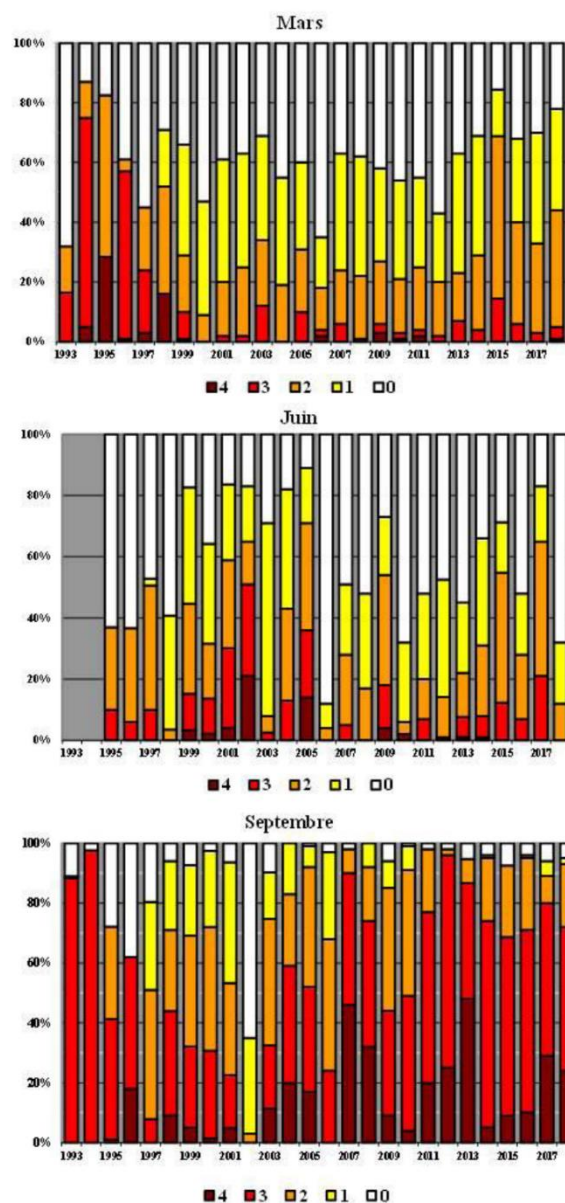


Figure C-21 : Evolution des différents stades de la fertilité des pieds de *Fucus serratus*

LE DOMAINE BENTHIQUE : PHYTOBENTHOS INTERTIDAL



Les taux moyens de fertilité sont calculés à partir des pourcentages des quatre niveaux de maturité de *Fucus serratus*. En mars 2018, le pourcentage atteint 27 %, valeur proche de la moyenne observée depuis 1993 (32 %). En juin, le taux moyen de fertilité est élevé, il atteint 11 % alors que la moyenne est de 27 % à cette période de l'année. En septembre 2018, le taux de fertilité est de 71 %, il est également supérieur à la moyenne (60 %).

Les moyennes de ces taux, calculées sur la période 1993 à 2018 atteignent habituellement des valeurs comparables en mars et en juin, respectivement 28 et 27 % (Figure C-22).

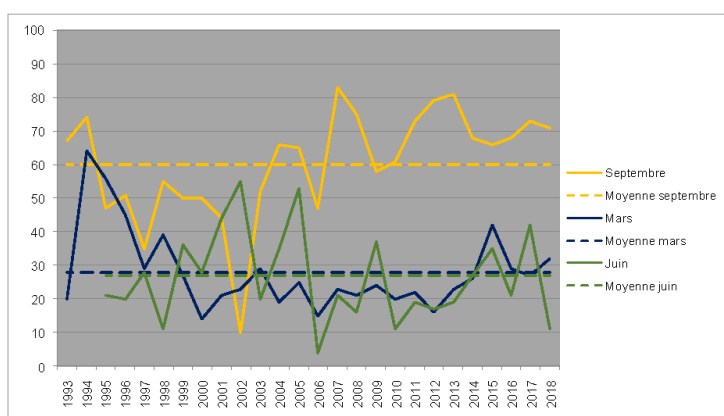


Figure C-22 : Évolution du taux moyen de fertilité des pieds de *Fucus serratus* depuis 1993

C.1.7 CONCLUSION POPULATION FUCUS SERRATUS FLAMANVILLE

La biomasse annuelle moyenne de *Fucus serratus* évaluée en 2018 sur le platier de Diélette reste, comme en 2017, à son minimum. Les valeurs observées en mars et en septembre restent faibles et largement inférieures aux moyennes. Conformément au développement de l'espèce, la biomasse algale reste plus forte en fin d'été qu'en fin d'hiver toutefois l'écart entre ces valeurs saisonnières se réduit.

Les pourcentages de *Fucus serratus* plus ou moins fertiles évalués en mars, juin et septembre 2018 restent dans la gamme des valeurs habituellement observées depuis 1983 sur ce site.

Le développement de la fertilité de *Fucus serratus* de la radiale de Diélette reste conforme aux cycles observés depuis 1983. Le peuplement du platier de Diélette présente des caractères de fertilité toute l'année avec une période de maturité plus importante qui s'étendrait principalement d'août à janvier, ce que confirment nos observations faites au cours de l'année 2018, avec en fin d'été un large pourcentage de thalles fertiles.

Les paramètres biologiques suivis à travers la population de *fucus* de Diélette ne permettent pas de détecter d'influence du rejet ou de l'activité du CNPE.

C.1.8 COMPARAISON AVEC D'AUTRES POPULATIONS DE FUCALES

Un suivi similaire est réalisé en Seine-Maritime depuis 1994 dans le cadre de la surveillance de la centrale nucléaire de Paluel et dans le Nord Finistère, sur la grève du Vougot (commune de Guissény) depuis 2005 (Figure C-23). Ainsi, un état comparatif de ces populations de fucales est établi en trois points, très éloignés l'un de l'autre, représentatifs de la frontière Atlantique/Manche-Ouest (Guissény), de la Manche Centrale toujours sous régime océanique dominant (Flamanville) et de la Manche-Est sous régime plus continental (Paluel) (Drévès *et al.*, 2009).

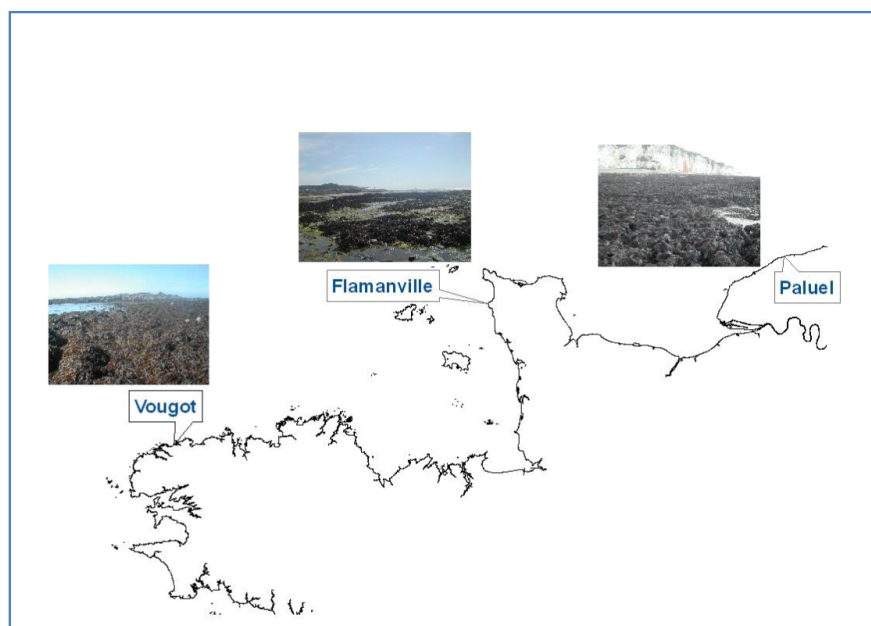


Figure C-23 : Localisation des 3 sites de prélèvements de *Fucus serratus*

4.1.2.1 BIOMASSES

Les données acquises permettent une comparaison des valeurs annuelles enregistrées en fin d'hiver et en fin d'été afin de préciser si les tendances observées (diminution des biomasses annuelles et augmentation des biomasses entre la fin de l'hiver et la fin de l'été) sont générales ou caractéristiques d'un site.

Les biomasses de *Fucus serratus* évaluées **en mars 2018** sont en hausse à Guissény mais en baisse à Flamanville et Paluel. À cette période de l'année, c'est à Guissény que les biomasses restent les plus fortes et à Flamanville les plus faibles depuis 2008 (moyennes sur la période 2005 à 2018 en grammes de poids sec par 0,25 m² : 48 g à Flamanville, 63 g à Paluel, 154 g à Guissény) (Figure C-24).

En septembre 2018, les biomasses observées aux trois sites sont en baisse. La valeur à Flamanville reste la biomasse la plus faible observée et atteint une nouvelle valeur minimale, inférieure à celle de Paluel (Figure C-25).

Les moyennes sur la période 2005 à 2018 atteignent alors 98 g à Paluel, 151 g à Flamanville et 253 g à Guissény (en grammes de poids sec par 0,25 m²).

LE DOMAINE BENTHIQUE : PHYTOBENTHOS INTERTIDAL

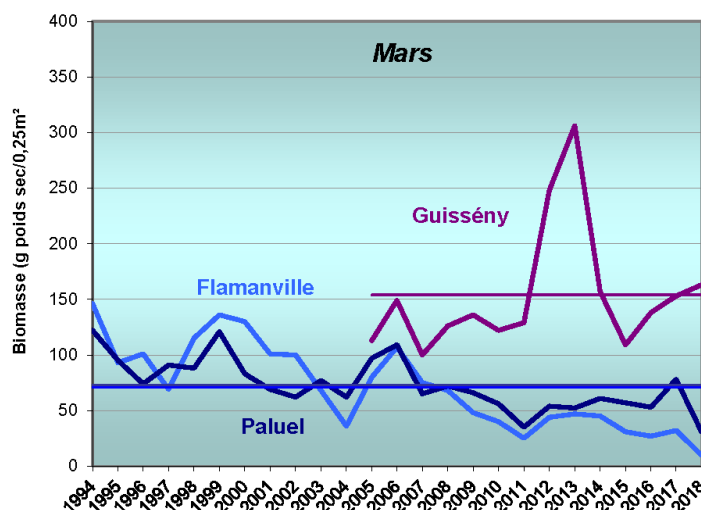


Figure C-24 : Évolution des biomasses moyennes de *Fucus serratus* en fin d'hiver – Droite bleue : biomasse moyenne 1994 à 2018 à Flamanville, droite mauve : biomasse moyenne 2005 à 2018 à Guissény, droite bleue foncée : biomasse moyenne 1994 à 2018 à Paluel.

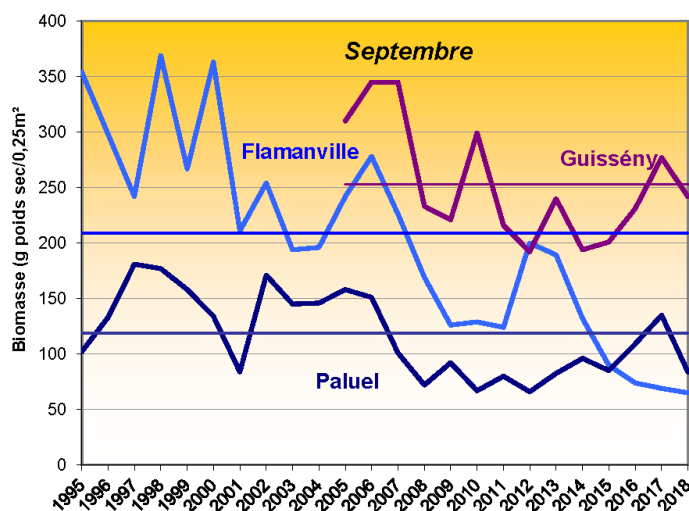


Figure C-25 : Évolution des biomasses moyennes en fin d'été. Droite bleue : biomasse moyenne 1994 à 2018 à Flamanville, droite mauve : biomasse moyenne 2005 à 2018 à Guissény, droite bleue foncée : biomasse moyenne 1994 à 2018 à Paluel.

Généralement, suite à la croissance des thalles, les biomasses algales sont plus fortes en fin d'été qu'en fin d'hiver. À Flamanville et à Guissény, cette différence saisonnière a toujours été bien marquée.

À Paluel, l'écart entre les valeurs de mars et de septembre est moins prononcé, les croissances algales printanières et estivales sont plus faibles qu'à Flamanville et qu'à Guissény.



Globalement, la population de Flamanville est au plus bas, nous constatons la diminution de ses biomasses depuis le début des observations. En revanche les populations de Paluel et de Guissény ont tendance à se maintenir au cours de temps.

4.1.2.2 FERTILITÉ

À Guissény et à Flamanville, les fertilités des populations de *Fucus serratus* sont évaluées en mars, juin et septembre. A Paluel, ces évaluations ont lieu en mars et septembre, excepté en 2013 où une mission a été exceptionnellement organisée fournissant ainsi des nouvelles indications sur ce site à cette période de l'année.

Globalement, les pourcentages de thalles fertiles en fin d'hiver restent beaucoup plus faibles à Paluel que sur les autres sites : 19 % en moyenne sur la période 2005 à 2018 alors qu'ils atteignent 61 % à Flamanville et 66 % à Guissény (Figure C-26).

En septembre, les valeurs à Paluel sont comparables à celles de Guissény respectivement 81 % et 80 % en moyennes calculées sur la période 2005 à 2018. À Flamanville, elles demeurent particulièrement élevées : 93 % de la population échantillonnée présente des signes de fertilité (Figure C-28).

► **Mars 2018**, comme les années précédentes, la population de *Fucus serratus* de Paluel présente un pourcentage d'algues fertiles beaucoup plus faible que celles de Flamanville et de Guissény. Ce pourcentage est légèrement inférieur à la moyenne (Figure C-26 et Tableau C-3).

Tableau C-3 : Pourcentages de thalles de *Fucus serratus* fertiles en 2018.

Thalles fertiles 2018	Guissény	Flamanville	Paluel
Mars	80	78	18
Juin	67	32	-
Septembre	87	95	73

Les valeurs ont augmenté à Flamanville ainsi qu'à Guissény. A Paluel, la biomasse est restée stable : le pourcentage de pieds fertiles est le même qu'en 2017.

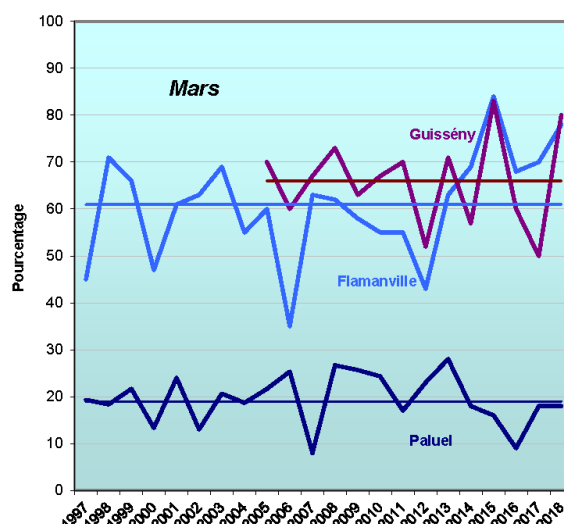


Figure C-26 : Évolution des pourcentages de thalles fertiles en mars. Droite bleue : moyenne 1997 à 2018 à Flamanville, droite mauve : moyenne 2005 à 2018 à Guissény, droite bleu foncée : moyenne 1997 à 2018 à Paluel.

LE DOMAINE BENTHIQUE : PHYTOBENTHOS INTERTIDAL



► **Juin 2018**, la population de *Fucus serratus* de Flamanville présente une forte diminution du pourcentage de thalles fertiles (baisse à 32 %). À Guissény, ce pourcentage a légèrement augmenté et est quasiment égal à la valeur moyenne calculée sur la période 2005 à 2018 (Figure C-27 et Tableau C-3).

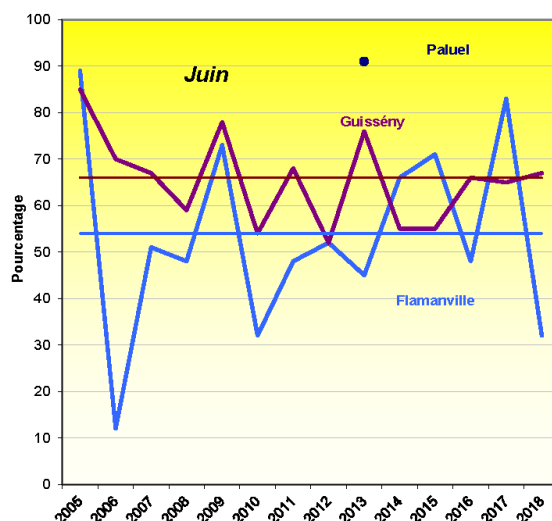


Figure C-27 : Évolution des pourcentages de thalles fertiles en juin. Droite bleue : moyenne 2005 à 2018 à Flamanville, droite mauve : moyenne 2005 à 2018 à Guissény, point bleu foncé : relevé fait à Paluel en 2013.

► **Septembre 2018**, les pourcentages de thalles fertiles restent élevés sur les trois sites, particulièrement à Flamanville, comme généralement observé à cette période de l'année (Figure C-28 et Tableau C-3).

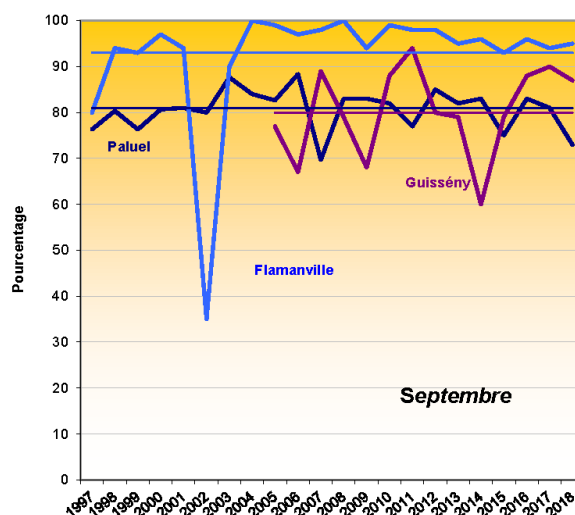


Figure C-28 : Évolution des pourcentages de thalles fertiles en septembre. Droite bleue : moyenne 1997 à 2018 à Flamanville, droite mauve : moyenne 2005 à 2018 à Guissény droite bleu foncée : moyenne 1997 à 2018 à Paluel.



Les périodes de maturation des Fucales varient donc d'une population à une autre,

- ⇒ À Paluel, un développement de la fertilité plus faible en mars.
- ⇒ À Flamanville, un fort pourcentage de Fucales plus ou moins fertiles en septembre,

Ces particularités géographiques indiquent qu'il existe des décalages du cycle de reproduction de *Fucus serratus* d'un secteur à un autre.

4.1.2.3 CONCLUSION – COMPARAISON DES POPULATIONS

La population de *Fucus serratus* observée près du CNPE de Flamanville depuis 1983 est au plus bas, nous constatons la diminution de ses biomasses depuis de nombreuses années. En revanche la population de Guissény et de Paluel a tendance à se maintenir ces dernières années.

Globalement, la tendance observée depuis 1994 pour les populations normandes et depuis 2005 pour la population bretonne est une baisse des biomasses. Ce phénomène est plus marqué à Flamanville. Plusieurs hypothèses sont proposées afin d'expliquer cette réduction des populations algales, qui ne se limite pas aux côtes normandes : réchauffement climatique (hausse des températures de l'air et de l'eau de mer, insolation plus importante lors des marées basses), fréquence des tempêtes, modification de la direction de la houle, multiplication des patelles qui se nourrissent de ces végétaux...⁴².

A Diélette, la radiale de *Fucus serratus* se situe sur un substrat de base composé de petits galets. La surface couverte par ces particules granulométriques est parfois modifiée par des apports plus importants de sable. Cette pellicule sédimentaire ne permet plus la fixation des pieds de *Fucus* et peut occasionner par abrasion la fragilisation des pieds déjà fixés.

Les populations de Fucales sont beaucoup plus denses et étendues sur les estrans de Paluel et de Guissény que dans ce secteur du Cotentin où elles se font plus rares.

Comme les années précédentes, la population de *Fucus serratus* de Paluel présente en fin d'hiver un pourcentage d'algues fertiles beaucoup plus faible que celles de Flamanville et de Guissény. Néanmoins, en fin d'été, les pourcentages de thalles fertiles restent élevés sur les trois sites, particulièrement à Flamanville comme généralement observé à cette période de l'année.

La comparaison des valeurs annuelles enregistrées à Paluel, Flamanville et Guissény indique qu'il existe des décalages de maturation des thalles de *Fucus serratus* d'un secteur à un autre.

Ainsi en fin d'hiver, le nombre de fucales fertiles est nettement inférieur à Paluel que sur les autres sites. En fin d'été, ce nombre est nettement supérieur à Flamanville.

Les pourcentages de *Fucus serratus* fertiles observés à Flamanville et à Paluel au cours des missions de mars, juin et septembre 2018 sont conformes aux valeurs moyennes observées sur ces sites depuis 1997.

42DREVES L. (coordinateur), LAMPERT L., ABERNOT-LE GAC C., MARTIN J., ARZEL P., DUMAS F., LATROUITE D., SCHLAICH I., WOEHLING D., (2006) – Synthèse hydrobiologique du site électronucléaire de Flamanville – Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/06.03, mars 2006, 386 p. / Modifications de la distribution des populations benthiques page 284

C.2 ZOOBENTHOS DES SUBSTRATS DURS INTERTIDIAUX

Le développement des peuplements animaux de mode battu traduit la forte intensité des actions hydrodynamiques de ce secteur côtier. Au Cap de Flamanville, constitué d'une succession d'éperons rocheux granitiques, les peuplements sont essentiellement représentés par une ceinture de crustacés cirripèdes à *Semibalanus balanoides* (précédemment dénommé *Balanus balanoides*).

À la pointe du Rozel, constituée d'un vaste platier de dalles de schistes, les peuplements sont représentés par une ceinture (largeur : 200 m) à *Semibalanus balanoides* prolongée en bas niveaux par une ceinture (largeur : 50 m) à *Balanus perforatus*.

L'étude de Surveillance, menée depuis 1983, a pour objectif de contrôler les variations d'abondance des principales espèces de cirripèdes à la pointe du Rozel (Figure C-1) ainsi qu'au droit du sémaphore du cap de Flamanville (point SEM) ; cette étude est complétée par une évaluation sommaire des densités des principales espèces accompagnatrices et par un suivi de la recolonisation du substrat par les cirripèdes.

À partir de 1993, deux points de mesures sont ajoutés aux précédents, un dans l'anse de Quédoï située immédiatement au sud de la centrale (Figure C-29), l'autre près du port de Diélette (platier rocheux au nord du nouveau port de plaisance).

Cette ceinture, dominée par *Semibalanus balanoides*, comprend également d'autres espèces de cirripèdes comme *Austrominius modestus* (précédemment nommé *Elminius modestus*), *Chthamalus stellatus*, et *Chthamalus montagui*.



Figure C-29 : Quédoï, station la plus proche de la centrale

C.2.1 BIOLOGIE DES CIRRIPÈDES

Les cirripèdes, balanes ou anatifes, font partie de la classe des crustacés. Ces crustacés très particuliers, très différenciés et très nombreux, ont la particularité de se fixer au terme de leur vie larvaire planctonique. L'éclosion des œufs, qui incubent à l'abri de la muraille (cas des balanes) ou du *capitulum* (cas des anatifes), donne naissance à des larves nageuses de type *nauplius*. Ces dernières se

transforment en cypris qui, au bout de quelques semaines se fixent sur un support (rochers, épaves, coques de bateau, etc.) et à un niveau bathymétrique spécifique.

Habitat

Les larves se fixent sur tout support disponible non encore colonisé. Les zones battues, peu propices au développement des macroalgues, se prêtent particulièrement bien à leur fixation.

Reproduction

Les individus sont hermaphrodites. Les œufs très nombreux (entre 10|000 et 20|000 chez les *Balanidae* Leach, 1817) sont incubés à l'intérieur de la muraille, dans la cavité comprise entre le manteau et la masse viscérale. Après maturation des œufs, les larves sont libérées dans le milieu marin. Leur fixation sur le substrat varie selon les espèces : fin d'hiver, courant de printemps pour les balanes ; fin d'été pour les chthamales.

Alimentation

Les crustacés cirripèdes sont des microphages. Ils se nourrissent de fines particules qu'ils filtrent grâce à leurs appendices transformés en cirres.

Croissance

Comme pour tous les crustacés, leur croissance s'effectue par mues successives, tout au moins pour les organes internes.

Prédation

Les populations de balanes subissent la prédation de mollusques gastéropodes (pourpres, etc.), de l'avifaune, etc.

C.2.2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

À la pointe du Rozel, quatre points de la radiale R4 sont échantillonnés dans la ceinture à *Semibalanus balanoides* à raison d'un point par strate. Au cap de Flamanville, les trois points "sémaphore" (ou SEM ; depuis 1983), "Quédoy" et "Diélette" (à partir de 1993) sont retenus comme représentatifs de l'ensemble de la ceinture à l'exception de la frange supérieure.

C.2.2.1 DENSITÉ

En septembre, la densité des cirripèdes est évaluée à l'aide de quadras de 0,05 m x 0,05 m (8 à 10 quadras par point) sur le terrain et également photographiés à l'aide d'un appareil numérique (Figure C-30). La qualité de l'image obtenue permet ultérieurement non seulement d'apprécier les densités présentes, mais également de déterminer les différentes espèces. Le pourcentage de recouvrement du substrat par ces crustacés est évalué *in situ*.



Figure C-30 : Photo numérique utilisée pour évaluer les différentes espèces de cirripèdes (support de 0,05 m x 0,05 m)



Figure C-31 : Echantillon de roche rapporté en laboratoire pour l'évaluation des différentes espèces de cirripèdes

C.2.2.2 FAUNE ASSOCIÉE

Les densités des principales espèces accompagnatrices sont évaluées à chaque point à partir d'une surface unitaire de $1/16 \text{ m}^2$ (quadra $0,25 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$). Elles sont récoltées par grattage (4 par point), puis déterminées et comptées au laboratoire (Figure C-32).

Le genre *Patella* étant aisément déterminable à l'œil nu sur le terrain, des dénombrements complémentaires sont réalisés *in situ*, à raison de 12 comptages (même quadra $1/16 \text{ m}^2$) à chaque point.



Figure C-32 : Grattage de cirripèdes pour évaluation de la faune associée

C.2.2.3 RECOLONISATION DU SUBSTRAT

Les points Rozel (n°2), Sémaphore, Quédoy et Diélette servent également à une étude de recolonisation du substrat par les cirripèdes (Figure C-33).

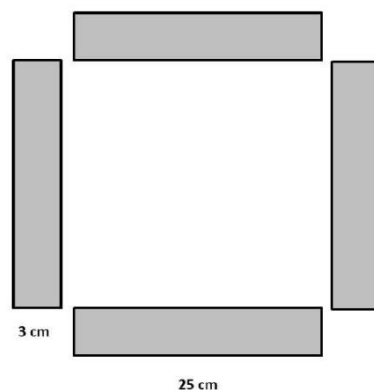


Figure C-33 : Quadrats pour l'étude du recrutement des cirripèdes

Dans ce but, des comptages puis des grattages sont réalisés sur les mêmes séries de quadrats (75 cm^2) à trois périodes de l'année, en fin d'hiver (mars - avril), fin de printemps (juin) et fin d'été (septembre). Ceci permet de cerner l'importance de la fixation des recrues selon les saisons et d'établir le bilan global de recolonisation annuelle. Afin de limiter l'invasion des surfaces mises à nu par les espèces d'épifaune vagile (patelles, littorines) les quadrats rectangulaires sont de faible largeur ($3 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$). Les quadrats sont regroupés par quatre, schéma et photo ci-dessus. Quatre quadrats (de 75 cm^2) sont disposés à Diélette, à Quédoy et au Sémaphore, 16 quadrats au Rozel.

C.2.2.4 PLANNING 2018

Les missions se sont déroulées les 3-4 mars, 14-15 juin et 09-10 septembre 2018.

C.2.3 ETUDE DE RECOLONISATION PAR LES CIRRIPEDES

C.2.3.1 RÉSULTATS 2018

La recolonisation notée lors d'une mission donnée est le résultat du recrutement saisonnier en cours, diminué d'une mortalité (non quantifiée) intervenue entre la date de fixation des cypris (larves métamorphosées) sur le substrat et la date d'observation.



Figure C-34 : Recrutement printanier de *Semibalanus balanoides* en mars 2017

En 2018, le recrutement des cirripèdes atteint 722 individus par 75 cm², moyenne obtenue à partir des valeurs observées au Rozel, au Sémaphore, à Quédoy et à Diélette. Cette valeur reste est la sixième la plus importante du relevé et bien supérieure à la moyenne calculée sur la période 1983 à 2018 qui atteint 468 individus. Le maximum atteint 2259 individus par 75 cm² en 1986, le minimum 55 individus par 75 cm² en 1990 (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

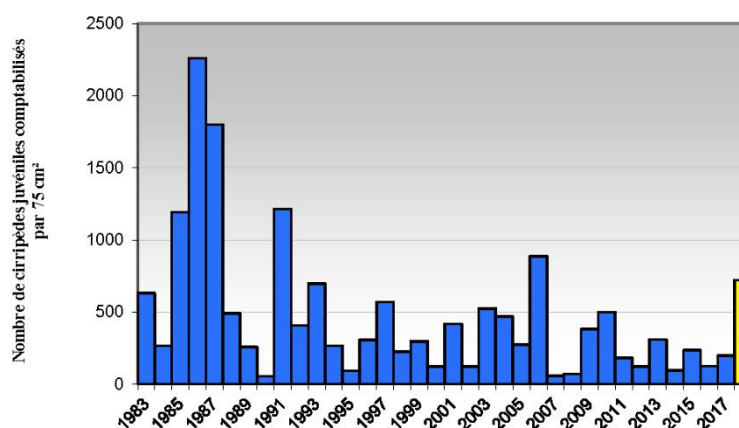


Figure C-35 : Recrutement annuel (moyenne des recrutements comptabilisés en mars, juin et septembre aux 4 stations sur les quadrats de 75 cm²)

Le recrutement printanier, comptabilisé lors des missions en juin et/ou quelquefois en mars si la métamorphose des cirripèdes est précoce, peut représenter selon les années, jusqu'à 99 % du phénomène annuel toutes stations confondues. Les comptages réalisés au premier semestre 2018 représentent 99 % du recrutement annuel.

LE DOMAINE BENTHIQUE : ZOOBENTHOS DES SUBSTRATS DURS INTERTIDEAUX



Ce recrutement concerne principalement *Semibalanus balanoides*, dont la reproduction a lieu principalement en hiver, quand la température de l'eau de mer est inférieure à 14 °C. Les larves se fixent en fin d'hiver et début de printemps.

Le recrutement estival, beaucoup plus faible, concerne en priorité les espèces *Chthamalus montagui* et *Chthamalus stellatus*.

À toutes les stations, les cirripèdes juvéniles sont relativement plus nombreux en 2018 qu'en 2017. Le recrutement est le plus faible à Diélette et plus important au Sémaphore et ce depuis 2011 (Tableau C-4).

Tableau C-4 : Nombre de cirripèdes métamorphosés, comptabilisés par 75 cm² en 2018

Recrutement	Rozel	Sémaphore	Quédoy	Diélette
Comptages mars	1	8	4	3
Comptages juin	646	994	684	543
Comptages septembre	1	4	2	2
Bilan annuel	647	1005	690	546

C.2.3.2 RECRUTEMENT ET TEMPÉRATURE DE L'AIR

Une relation entre la température de l'air et l'importance du recrutement printanier du mois le plus froid de l'année a été mise en évidence (Drévès, 1993 ; température moyenne de l'air et/ou de l'eau du mois le plus froid de l'année ; Tableau C-5 et Figure C-36). Plus les températures hivernales sont basses, plus le recrutement de *Semibalanus balanoides* est important. C'est à cette période de l'année que s'opère la libération des larves de *Semibalanus balanoides* dans le milieu marin. La température du milieu a donc une influence sur cette étape de la reproduction.

Tableau C-5 : Température mensuelle minimale de l'air au Cap de La Hague (1983-2018), source Météo France, et de l'eau de mer à Flamanville (1986-2018), source EDF. Les années sont classées selon les valeurs croissantes des températures de l'air

	Air	Eau		Air	Eau		Air	Eau
1986	2,20	6,80	1984	6,40		2000	7,65	9,53
1987	2,90	7,21	2012	6,53	9,09	1989	7,80	8,28
1985	4,10		2005	6,54	8,38	2017	7,80	9,72
1991	4,41	7,44	1992	6,56	8,64	1999	7,88	9,31
1997	4,86	7,88	1993	6,56	8,74	1995	8,00	9,67
2010	5,08	7,84	2015	6,60	9,04	2016	8,00	9,82
1983	5,20		2003	6,96	8,70	1998	8,06	9,28
1996	5,80	8,12	1988	7,20	8,41	2008	8,07	9,80
2018	6,00	8,55	2011	7,22	9,05	2002	8,33	9,88
2009	6,01	8,25	1994	7,24	8,65	2014	8,56	9,33
2013	6,03	7,76	2001	7,42	8,92	1990	8,70	8,86
2006	6,20	7,92	2004	7,61	8,71	2007	9,20	10,20

Les valeurs 2018 confirment cette hypothèse, la température mensuelle minimale de l'air atteint 6,0°C en février, valeur inférieure à la moyenne calculée sur la période 1983 à 2018 (6,7°C). Les températures relativement fraîches en 2018 ont pu favoriser la reproduction de *Semibalanus balanoides*.



LE DOMAINE BENTHIQUE : ZOOBENTHOS DES SUBSTRATS DURS INTERTIDIAUX



Moyenne des 4 stations

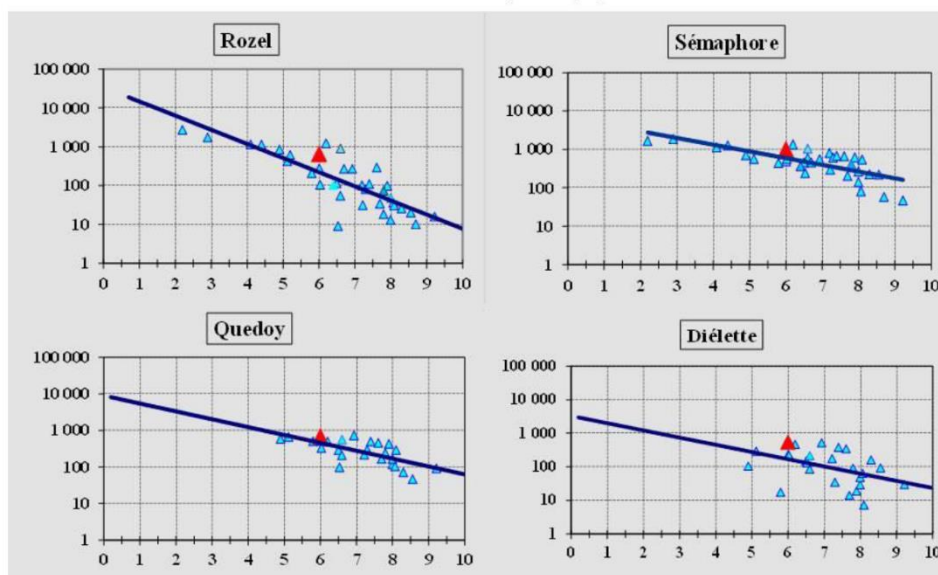
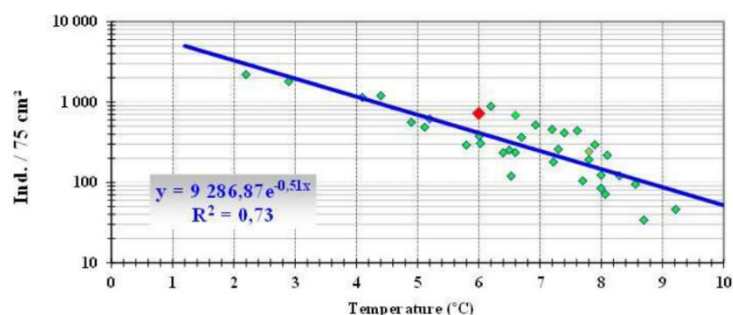


Figure C-36 : Recrutement printanier des crustacés cirripèdes aux abords de Flamanville sur la période 1983/2018 (nombre d'individus par 75 cm², exprimé en fonction de la température mensuelle moyenne de l'air du mois le plus froid de l'hiver [°C]). Le recrutement 2018 est figuré en rouge.

C.2.4 EVALUATION DES DENSITÉS DE CIRRIPIÈDES

La densité moyenne de cirripèdes évaluée en septembre 2018 est stable. Cette moyenne calculée à partir des valeurs enregistrées au Rozel, au Sémaphore, à Quédoy et à Diélette atteint 16|869 individus par m², valeur minimale observée depuis 1983. La moyenne calculée sur la période 1983 à 2018 atteint 37|318 individus par m² (Figure C-37).

LE DOMAINE BENTHIQUE : ZOOBENTHOS DES SUBSTRATS DURS INTERTIDEAUX

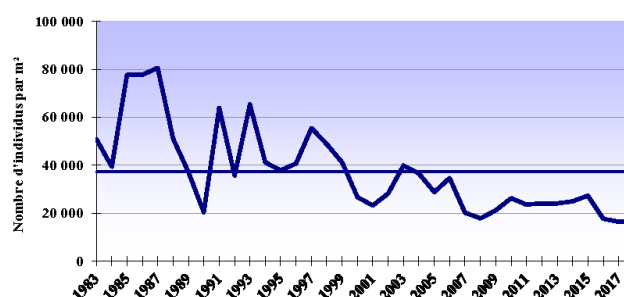


Figure C-37 : Moyenne annuelle des densités de cirripèdes aux quatre stations et valeur moyenne depuis 1983

L'observation des densités depuis 1983 montre des variations importantes d'une station à l'autre pouvant s'expliquer par l'étendue de la colonisation de la roche (influence de la nature du substrat et de son exposition) et l'importance du recrutement (surtout printanier) d'autre part.

Généralement les populations sont plus développées en niveau inférieur de la ceinture à cirripèdes. *Semibalanus balanoides*, espèce dominante à Flamanville y est plus abondante.

Les densités moyennes annuelles observées en 2018 au Rozel, au Sémaphore, à Quédoy et à Diélette restent faibles (Figure C-38).

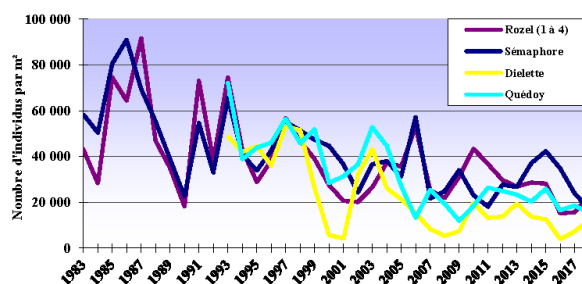


Figure C-38 : Evolution des densités moyennes de cirripèdes aux différentes stations

Depuis quelques années, la densité de cirripèdes observée à Diélette reste la plus faible des valeurs échantillonnées (Tableau C-6).

C'est au Sémaphore que les densités moyennes de cirripèdes restent les plus fortes malgré une baisse des valeurs pour la seconde année consécutive.

Tableau C-6 : Densités globales des cirripèdes en 2018 (nombre d'individus par m²)

Stations	2018 Densité par m²	Recouvrement substrat	Recouvrement substrat	Moyenne 1983/2018* 1993/2018
		Niveau supérieur	Niveau inférieur	
Sémaphore*	16 873	85 %	85 %	41 434
Rozel*	22 925	5 à 95 %	2 à 85 %	38 557
Diélette	12 489	40 %	20 %	22 641
Quédoy	15 188	65 %	75 %	32 179

C.2.5 POURCENTAGES ET DENSITÉS DES DIFFÉRENTES ESPÈCES DE CIRRIPÈDES

Au niveau du domaine intertidal de ce secteur du nord-ouest Cotentin, quatre espèces de cirripèdes sont en compétition pour l'espace, à savoir :

Semibalanus balanoides, *Chthamalus stellatus*, *Chthamalus montagui* et *Austrominius modestus*, précédemment nommé *Elminius modestus* (Figure C-39 et Figure C-40). Occasionnellement à ce niveau de l'estran, quelques spécimens de *Balanus perforatus* peuvent être rencontrés. Les proportions des différentes espèces de cirripèdes sont calculées à chaque station.

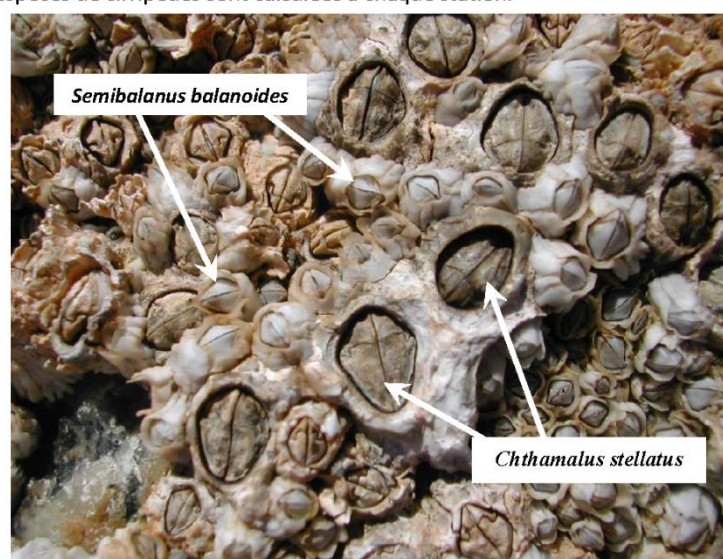


Figure C-39 : Cirripèdes à la station du Sémaphore

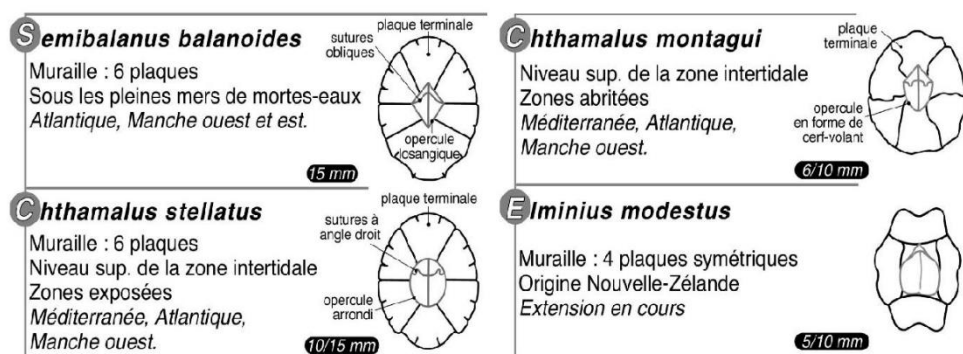


Figure C-40 : Les différentes espèces de cirripèdes rencontrées dans la région de Flamanville
(*Elminius modestus* nommé à présent *Austrominius modestus*)



C.2.5.1 RÉSULTATS 2018

En 2018, avec une légère augmentation, *Semibalanus balanoides* reste l'espèce dominante dans la région de Flamanville depuis le début des observations. En 2018, *Semibalanus balanoides* représente en moyenne 87 % des cirripèdes présents sur ces estrans (Figure C-41).

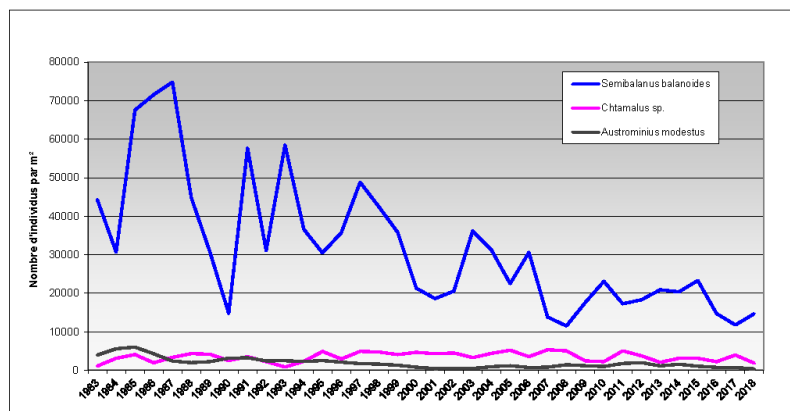


Figure C-41 : Densités des quatre espèces de cirripèdes depuis 1983 aux abords de Flamanville (moyennes Rozel, Sémaphore, Quédoy et Diélette)

Cette espèce représente 93 % des cirripèdes au Rozel, 96 % à Diélette, 84 % au Sémaphore, et 72 % à Quédoy (Figure C-43 et Figure C-44). Les densités de *Semibalanus balanoides* diminuent au Sémaphore mais sont à nouveau en augmentation à Quédoy (Figure C-42).

Le genre *Chthamalus*, représenté par *Chthamalus montagui* et *Chthamalus stellatus*, est beaucoup moins abondant que l'espèce précédente sur les estrans de Flamanville. Ses densités moyennes restent relativement stables depuis 1983 (Figure C-41). C'est au Sémaphore et à Quédoy que *Chthamalus montagui* et *Chthamalus stellatus* restent les plus denses. Ces espèces sont cependant en légère diminution en 2018 (Figure C-42).

En 2018, 11 % des cirripèdes observés aux abords du CNPE de Flamanville appartiennent à ce genre. *Chthamalus montagui* et *Chthamalus stellatus* comptabilisent en 2018, 27 % du total des cirripèdes à Quédoy, 15 % au Sémaphore, 3 % à Diélette et 2 % au Rozel (Figure C-43 et Figure C-44). Depuis le début des études, l'importance des Chthamales observés est minimale au Rozel (3 % en moyenne), faible à Diélette (5 %), points où le substrat est schisteux. Elle est plus élevée en bas du Sémaphore (14 %) et maximale à Quédoy (29 %), points où le substrat est granitique. Ces deux points présentent également la particularité d'être les plus proches de la centrale.

La présence d'*Austrominius modestus* (précédemment nommé *Elminius modestus*) dans le peuplement reste faible (2 %) en 2018. Elle reste néanmoins constante (Figure C-41 et Figure C-42).

C'est au Rozel que cette espèce est plus fréquente, 4 % en 2018 seulement 1 % à Diélette et au Sémaphore et >1 % à Quédoy (Figure C-43 et Figure C-44).

Cette espèce invasive, originaire de Nouvelle-Zélande, a été introduite en Manche pendant la seconde guerre mondiale. Elle prolifère dans les milieux abrités et les zones estuariennes où elle est en compétition avec d'autres espèces de Balanes. Les stations échantillonnées près du CNPE de Flamanville ne présentent pas les conditions favorables à son développement.

LE DOMAINE BENTHIQUE : ZOOBENTHOS DES SUBSTRATS DURS INTERTIDUAUX

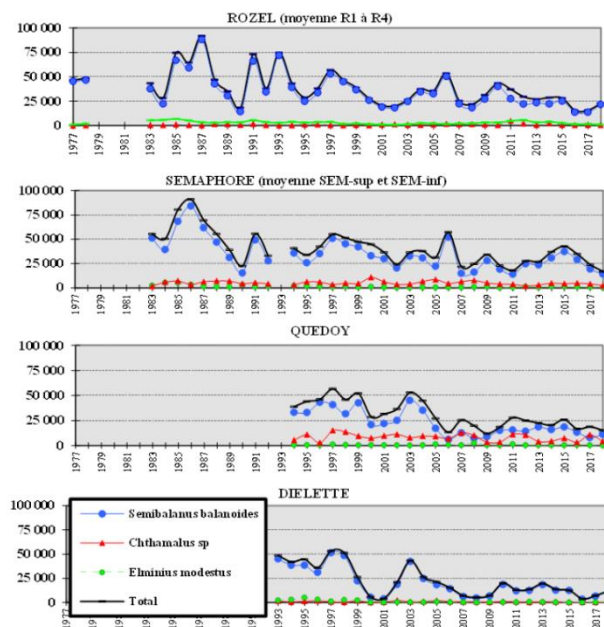


Figure C-42 : Evolution des densités des quatre espèces de cirripèdes

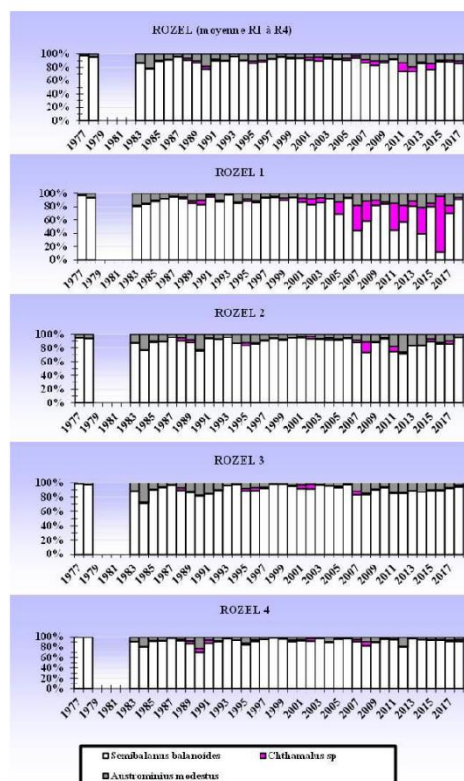


Figure C-43 : Evolution en % des quatre espèces de cirripèdes à la pointe du Rozel depuis 1977
(Les deux espèces de Chthamales ont été regroupées au niveau du genre)

LE DOMAINE BENTHIQUE : ZOOBENTHOS DES SUBSTRATS DURS INTERTIDIAUX

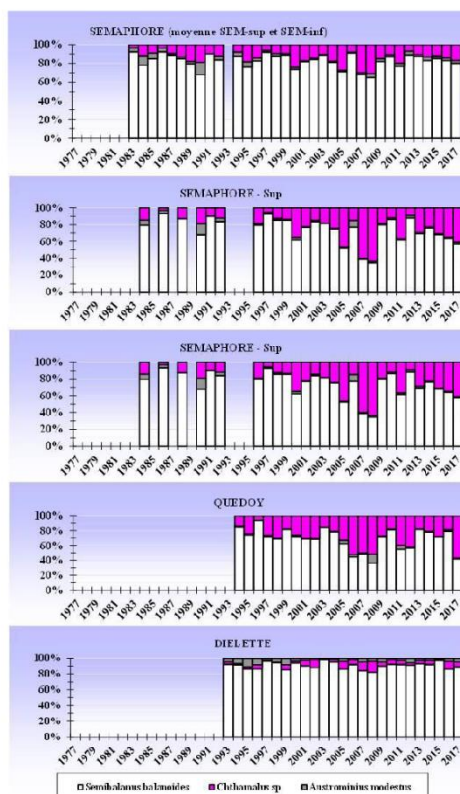


Figure C-44 : Evolution en % des quatre espèces de cirrèdes au cap de Flamanville depuis 1983
(Les deux espèces de Chthamales ont été regroupées au niveau du genre)

C.2.5.2 INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE

C'est dans la partie supérieure des ceintures de cirrèdes que se développent *Chthamalus montagui* et *Chthamalus stellatus*, espèces plus méridionales, supportant mieux des hausses de températures et une dessiccation plus longue que *Semibalanus balanoides* mais supportant moins les hivers rigoureux.

Au cours des périodes étudiées, les densités de *Semibalanus balanoides* décroissent en fonction de l'élévation de la température moyenne annuelle de l'air, confortant la relation établie entre recrutement printanier et rigueur hivernale.

En tout état de cause, l'impact des variations météorologiques (ici, la température de l'air qui agit sur celle de l'eau) semble donc dominant, par rapport à d'autres facteurs, sur les fluctuations d'abondance des cirrèdes dans ce secteur de l'ouest-Cotentin.

C.2.6 EVALUATION DES DENSITÉS DES PRINCIPALES ESPÈCES ACCOMPAGNATRICES



Campepea hirsuta



Nereidae



Melarhaphé neritoides



Littorina saxatilis



Lasaea adansonii



Amphipodes

Les cirripèdes abritent une microfaune abondante et variée.

Ainsi, l'analyse des prélèvements effectués en septembre nous révèle différentes espèces de Gastéropodes (*Littorina saxatilis*, *Melarhaphé neritoides*), de Bivalves (*Lasaea adansonii* précédemment nommé *Lasaea rubra*), d'Annélides polychètes, d'Amphipodes, d'Isopodes (*Campepea hirsuta*) et même d'Acariens.

Ce sont les stations 3 et 4 du Rozel et au Sémaphore que les espèces accompagnatrices sont les plus abondantes en cette fin d'été 2018.

La diversité est la plus importante à la station 4 du Rozel (Tableau C-7).

Les densités d'espèces accompagnatrices, observées aux différentes stations, sont supérieures à celles de 2017. Elles sont du même ordre de grandeur que celles observées en 2011 et 2013.

LE DOMAINE BENTHIQUE : ZOOBENTHOS DES SUBSTRATS DURS INTERTIDEAUX

Tableau C-7 : Faune associée aux cirripèdes, nombre d'individus par m², septembre 2018

	Rozel 1	Rozel 2	Rozel 3	Rozel 4	Sémaphore	Quédoy	Diélette
ANNELIDES							
Nereidés				32			
Spionidés				16			
Syllidés				32			
MOLLUSQUES							
Bivalves							
Lasaeidés							
<i>Lasaea adansoni</i> (<i>rubra</i>)	16	64	808	764	742		112
<i>Modiolus barbatus</i>				16	16		
Gastéropodes							
Patellidés							
<i>Patella</i>	136	37	76	92	78	136	32
Littorinidés							
<i>Littorina saxatilis</i>	16	24	76	104	124	56	112
<i>Melarhaphe neritoides</i>	96	184	200	172	210	280	80
Trochidés							
<i>Gibbula pennanti</i>	80	24					
<i>Gibbula umbilicalis</i>	32						
Chitonidés	16						
CRUSTACES							
Amphipodes	208		21	16	32	32	
Sphaeromatidés							
<i>Campecopea hirsuta</i>	80	440	1252	452	986	328	40
ARTHROPODES							
<i>Anurida maritima</i>							
Insectes							
larves de Diptères	16	128	1204	1736	816		320
Arachnidés							
<i>Acarina</i>		1520	3180	2700			240
Total individus 2018	696	2421	6817	6132	3004	832	936
Total individus 2017	15	489	698	1458	1150	223	69
Total individus 2016	1	890	618	1381	1537	553	32
Total individus 2015	32	1648	3184	2208	2128	532	257
Total individus 2014	40	1152	1777	3159	1240	392	217
Total individus 2013	1424	2042	3136	6432	1948	693	849
Total individus 2012	80	1235	1622	2996	2072	608	540
Total individus 2011	486	2936	2144	9208	1776	624	1508

Les prélèvements réalisés dans la partie inférieure de la population de cirripèdes, plus dense, restent plus diversifiés et abondants que ceux des niveaux supérieurs soumis à une dessiccation plus

LE DOMAINE BENTHIQUE : ZOOBENTHOS DES SUBSTRATS DURS INTERTIDUAUX



importante. Ainsi, sur la radiale du Rozel, 696 individus par m^2 ont été comptabilisés au niveau supérieur (Rozel 1), alors que 6817 et 6132 individus ont été observés aux niveaux inférieurs (Rozel 3 et 4).

La présence de *Patella* spp. reste stable depuis 1983 (Figure C-45).

Les abondances de *Lasaea adansoni* (précédemment *Lasaea rubra*) sont très irrégulières avec des pics importants en 1987, 1997 et 2004. Les valeurs de 2018 présentent une augmentation.

La densité moyenne de *Melarhaphé neritoides* observée en 2018 est en légère augmentation par rapport à 2017.

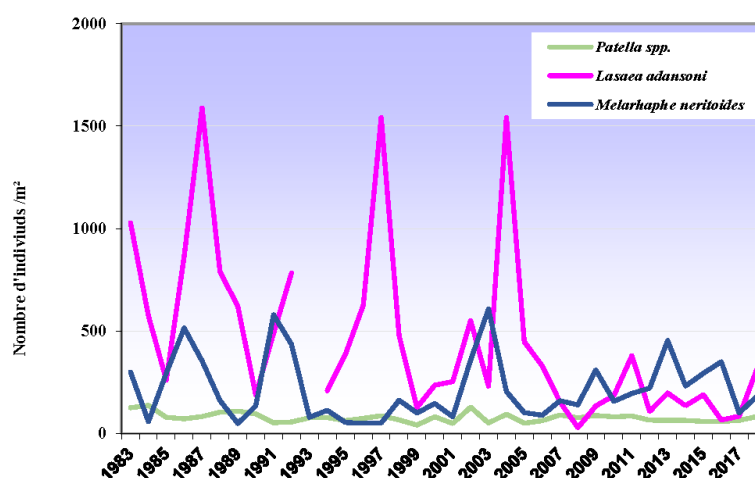


Figure C-45 : Evolution des densités des principaux mollusques présents dans les populations de cirrripèdes (moyennes des 4 stations suivies) de 1983 à 2018

Les densités de *Littorina saxatilis* en chute depuis 1985 restent au plus bas depuis quelques années. En 2018, cette espèce voit ses densités augmenter à nouveau à Diélette et à Quédoy. Très abondante au Sémaphore au début de la surveillance, la baisse de ses densités depuis 1985 est remarquable (Figure C-46).

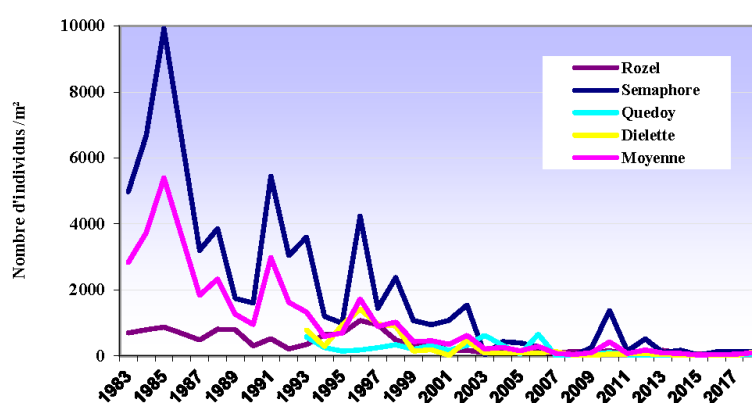


Figure C-46 : Evolution des densités de *Littorina saxatilis* associées aux cirrripèdes de 1983 à 2018



C.2.7 CONCLUSION - POPULATION DE CIRRIPIÈDES

Le **recrutement** des cirripèdes évalué près du CNPE de Flamanville en 2018 est en augmentation. Les cirripèdes juvéniles sont relativement plus nombreux en 2018 qu'en 2017 à toutes les stations. En 2018, le recrutement est le plus faible à Diélette et reste le plus important au Sémaphore (et ce depuis 2011).

La **densité** moyenne de cirripèdes évaluée en septembre 2018 se maintient dans des valeurs basses, bien qu'elles augmentent à nouveau à Diélette et au Rozel. C'est d'ailleurs à ce site qu'elle devient la plus élevée, dépassant le Sémaphore, qui avait les densités moyennes de cirripèdes les plus fortes jusqu'en 2017.

Les températures relativement fraîches en 2018 ont pu favoriser la reproduction et le développement de *Semibalanus balanoides*. Malgré une diminution de ses densités depuis 1983, cette espèce reste néanmoins dominante sur les estrans de la région de Flamanville depuis le début des observations.

Le genre *Chthamalus*, représenté par *Chthamalus montagui* et *Chthamalus stellatus*, est beaucoup moins abondant que *Semibalanus balanoides* sur les estrans de Flamanville. Ses densités moyennes restent relativement stables depuis 1983. C'est au Sémaphore et à Quédoy que ces espèces restent les plus denses. Ces espèces sont cependant en légère diminution en 2018.

La présence d'*Austrominius modestus* dans le peuplement reste faible et néanmoins constante. Elle est plus fréquente au Rozel.

C.3 CONCLUSION

Concernant les Fucales de Diélette et les Cirripèdes de la région de Flamanville, les résultats des observations faites au cours de l'année 2018 n'indiquent pas d'influence directe des rejets de la centrale.

DOMAINE HALIEUTIQUE



LE DOMAINE HALIEUTIQUE

Étude et rapport

Christophe Loots (HMMN/LRHBL)

Ivan Schlaich (HMMN/LRHPB)

Prélèvements et mesures *in situ*

Josselin Caboch (HMMN/LRHBL),

Sophie Parrad (HMMN/LRHPB),

Jérôme Quinquis (HMMN/LRHPB)



D DOMAINE HALIEUTIQUE

D.1 LARVES DE CRUSTACÉS

Deux espèces de crustacés d'intérêt économique et caractéristiques du site de Flamanville sont actuellement suivies, l'araignée de mer (*Maja brachydactyla*) et le homard (*Homarus gammarus*). Ces deux espèces sont rencontrées en quantité non négligeable à Flamanville contrairement aux autres CNPE.

D.1.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

D.1.1.1 HISTORIQUE

Le suivi réalisé à Flamanville en ce qui concerne les larves de crustacés peut être divisé en trois périodes, une période 1977-1979 pendant laquelle a été menée l'étude avant-projet, une période 1983-1986 qui correspond à la 1ère phase après implantation du CNPE et la période depuis 1987 qui correspond à la 2ème phase après implantation et au suivi actuel. Les points et les mois échantillonnés ainsi que les espèces identifiées ont été différents suivant les trois périodes. Entre 1977 et 1979, six points étaient échantillonnés régulièrement entre février et décembre et toutes les espèces de crustacés et d'ichtyoplancton étaient identifiées. Entre 1983 et 1986, cinq points étaient échantillonnés (certains communs à la 1ère période) de mars à décembre (1983) puis d'avril à septembre (1984) et enfin de juin à septembre (1985-1986) et toutes les espèces étaient identifiées sauf en 1986 où seuls l'araignée et le homard l'ont été.

Depuis 1987, quatre points (Figure 0-1, page 12), différents de ceux suivis auparavant, sont échantillonnés entre juin et septembre, un point *canal* situé au niveau du canal d'amenée de la centrale, un point *rejet* situé au niveau des eaux de rejet de la centrale et deux points situés plus au large, un point *référence* commun au domaine pélagique et le *point 3*. La période d'échantillonnage est adaptée au suivi de la dynamique saisonnière de l'araignée de mer et le homard est également suivi. Depuis 1997, six missions sont réalisées. La date de la première campagne est déterminée en fonction de la date d'éclosion de l'araignée de mer, qui peut être prédite selon Martin et Planque (2006)⁴³ en fonction de la température de l'eau entre février et mai enregistrée quotidiennement à l'entrée de la centrale depuis sa mise en fonctionnement (mesure E.D.F. "source amont site"). Dans la mesure du possible, la date des campagnes est choisie en fonction des coefficients de marée les plus faibles et, au moins pour les points *canal* et *rejet* très proches l'un de l'autre, les mesures sont faites aux alentours de la renverse de courant (généralement renverse de flot qui a lieu environ trois heures après la pleine mer du port de Saint-Malo ; ANNEXE D-1, page 165).

43 Martin, J., Planque, B., 2006. Variability in the onset of hatching of *Maja brachydactyla* Balss, 1922 (Brachyura: Majidae) in the English channel in relation to sea temperature. Invertebrate Reproduction and Development 49 (3), 143-150.

D.1.1.2 MÉTHODES DE PRÉLÈVEMENT

Les larves d'araignée de mer sont collectées avec un filet bongo muni de deux filets cylindro-coniques (longueur de 3 m ; diamètre d'ouverture de 61 cm ; maille de 500 μ m ; Smith et Richardson, 1977⁴⁴). Un dépresseur en V de 40 kg environ assure la plongée et la stabilité de l'engin en pêche. Deux traits en double-oblique (descente jusqu'au fond puis remontée à la surface) à la vitesse de 2 nœuds sont réalisés. Pour chaque trait, le contenu des deux collecteurs est mélangé et chaque trait est considéré comme un réplicat.



Figure D-1 : Configuration du filet bongo avec les volucompteurs et collecteurs

Les larves de homard sont collectées à l'aide d'un filet neuston (Nichols et al., 1980⁴⁵) d'ouverture rectangulaire (L=2m; l=0,80 m) muni d'un filet conique de 3 mètres de longueur et de 1250 μ m de maille. Un trait est réalisé en sub-surface à la vitesse de 2 nœuds.



Figure D-2 : Déploiement du filet neuston

Les volumes filtrés (V_f) sont calculés à partir des indications de volucompteurs kc-denmark montés à l'entrée des filets selon la formule :

$$V_f = NTrs \times \alpha \times S$$

avec NTrs le nombre de tours de volucompteur,
 α le coefficient de conversion du volucompteur ($\alpha = 0,3$)
et S la surface d'ouverture du filet.

La température et la salinité de surface ont été enregistrées à l'aide d'une sonde de marque

44 Smith, P.E., Richardson, S. 1977. Standard techniques for pelagic fish egg and larval surveys. FAO Fisheries Technics Pap. 175:100 pp.

45 Nichols, J.H., Bennet, D.B., Lawrence, A., 1980. A study of some problems relating to quantitative sampling of lobster larvae, *Homarus gammarus* (L.) - Cons. Inter. Explor. Mer, Comité des Crustacés, L : 14.



Ysi.

D.1.1.3 CONSERVATION, IDENTIFICATION ET DÉNOMBREMENT

Les échantillons collectés sont conservés dans des flacons de deux litres pré-remplis d'une sauce de conservation formolée (concentration finale, 0,9 % ; Mastail et Battaglia 1978⁴⁶, Lelièvre et al. 2010⁴⁷). Les larves d'araignée de mer et de homard sont identifiées et comptées par stade sous loupe binoculaire sur tout l'échantillon. Trois stades (deux stade zoés et le stade mégalo) sont déterminés pour l'araignée de mer et quatre pour le homard (trois stades zoés et le stade mégalo). Le nombre d'individus comptés est ensuite ramené au volume total de l'échantillon (ind.m⁻³).

L'identification est faite d'après Martin (2001)⁴⁸.

D.1.1.4 PLANNING 2018

En 2018, les 6 campagnes prévues se sont déroulées aux dates suivantes (annexe 5.1) :

- ✓ 05 juillet
- ✓ 27 juillet,
- ✓ 09 août
- ✓ 23 août,
- ✓ 06 septembre
- ✓ et 25 septembre.

D.1.2 L'ARAINÉE DE MER (*M. BRACHYDACTYLA*)

Les abondances des larves d'araignée de mer en 2018 sont présentées dans la Figure D-3 et l'ANNEXE D-2 (p.166)

En 2018, le pic d'abondances de larves a été bien cerné par l'échantillonnage et a été observé lors de la campagne du 09 août. Les abondances les plus fortes ont été observées lors des campagnes du 27 juillet et du 09 août. Lors de ces deux campagnes, ce sont principalement des stades zoés qui ont été observés, en plus grande abondance au point *référence* pour le 27 juillet et au *point 3* pour le 09 août. Les abondances étaient très faibles voire nulles aux points *canal* et *rejet*. Des quantités très faibles du stade mégalo ont été observées tout au long de la saison.

L'évolution des abondances des larves d'araignée de mer sur le site du CNPE de Flamanville depuis 1987 sont présentées en Figure.

Pour le stade zoé, les abondances sont clairement supérieures au *point 3* et au point *référence*. Pour ces derniers, l'année 2018 montre des abondances semblables à celles observées ces dernières années

46 Mastail, M., Battaglia, A. 1978. Amélioration de la conservation des pigments du zooplancton. Cons. Inter. Explor. Mer (CIEM), Comité de l'Océanographie biologique, L : 20.

47 Lelièvre, S., Verrez-Bagnis, V., Jérôme, M., Vaz, S. 2010. PCR-RFLP analyses of formalin-fixed fish eggs for the mapping of spawning areas in the Eastern Channel and Southern North Sea. Journal of Plankton Research 32, 1527-1539.

48 Martin, J. 2001. Les larves de crustacés décapodes des côtes françaises de la Manche. Identification, période, abondance. IFREMER, France, 175 pp.

DOMAINE HALIEUTIQUE : LARVES DE CRUSTACÉS



et qui sont parmi les plus élevées de toute la série. Aux points *canal* et *rejet*, les abondances en 2018 restent très faibles par rapport aux autres points comme depuis le début du suivi actuel.

Pour le stade mégaloïpe, les abondances observées depuis 1987 sont clairement supérieures au *point 3* et au *point référence*. L'année 2018 montre des abondances équivalentes à 2017 et qui sont dans une tendance légèrement supérieure depuis ces trois dernières années. Elles restent néanmoins inférieures aux maximums observés depuis le début de la série, notamment au *point 3* et *référence*.

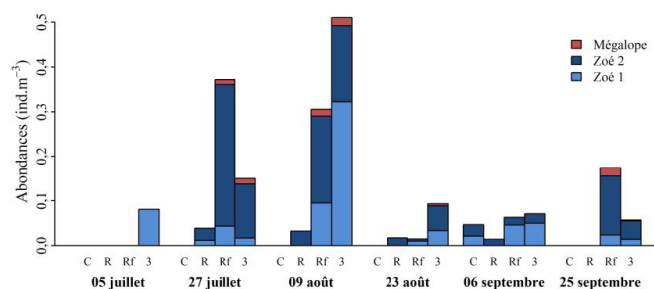


Figure D-3 : Abondances totales (moyennes des deux répliqués en ind.m⁻³) des larves d'araignée de mer sur le site du CNPE de Flamanville en 2018 en fonction de la date, du point de prélèvement (C., canal; R., rejet; Rf., référence; 3, Point 3) et du stade développement

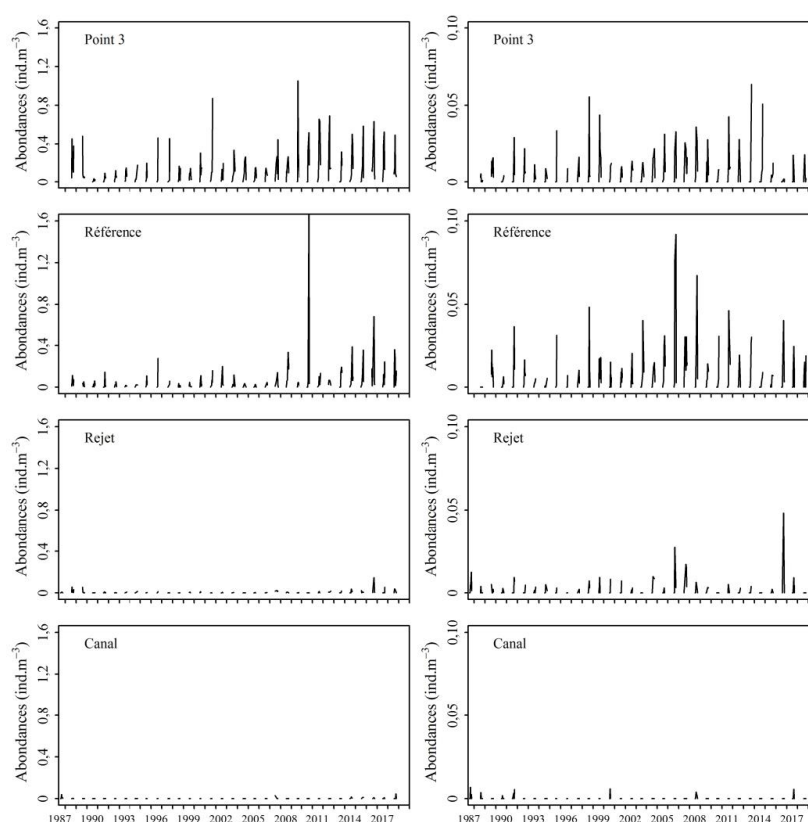


Figure D-4 : Evolution des abondances (ind.m⁻³) des stades zoé (gauche) et mégaloïpe (droite) d'araignée de mer aux points canal, rejet, référence et point 3 depuis 1987 sur le site du CNPE de Flamanville

DOMAINE HALIEUTIQUE : LARVES DE CRUSTACÉS



D.1.3 LE HOMARD (*H. GAMMARUS*)

Les abondances des larves de homard en 2018 sont présentées dans la Figure D-5 et l'ANNEXE D-3 (p.167).

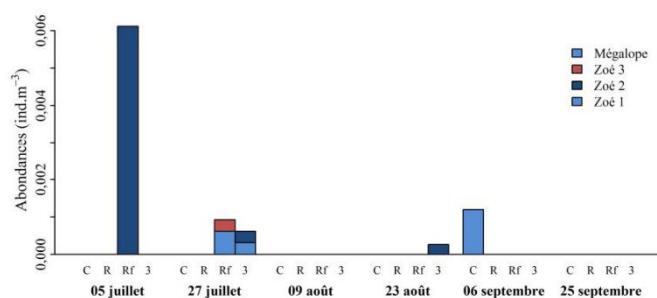


Figure D-5 : Abondances ind.m⁻³) des larves de homard sur le site du CNPE de Flamanville en 2018 en fonction de la date, du point de prélèvement (C., canal; R., rejet; Rf., référence; 3, Point 3) et du stade développement.

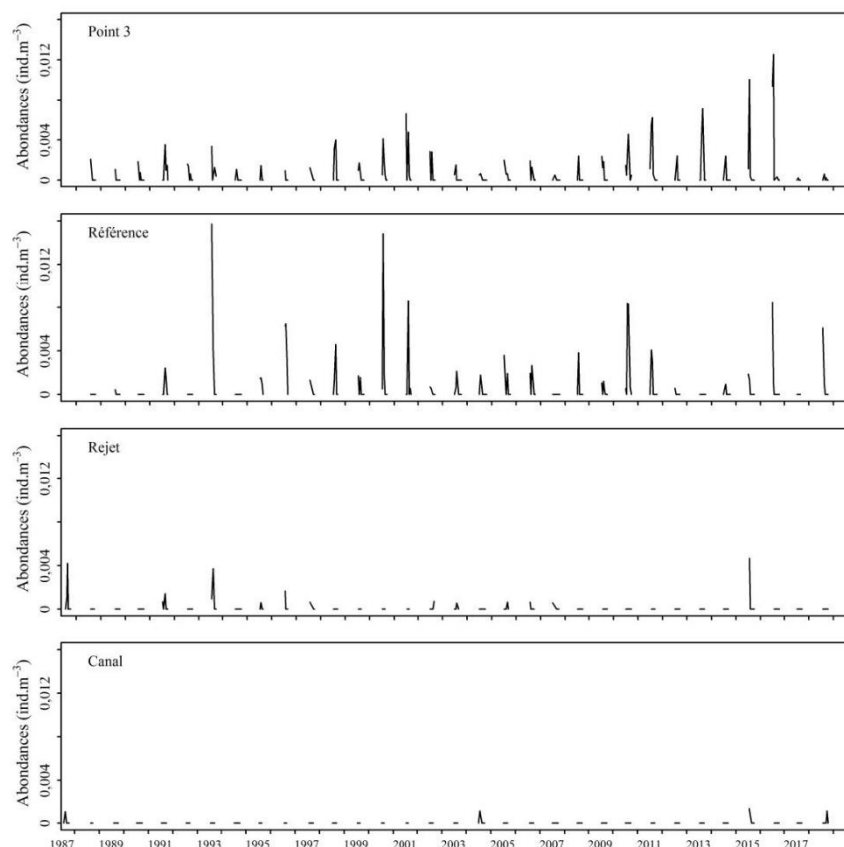


Figure D-6 : Evolution des abondances (ind.m⁻³) des larves de homard aux points canal, rejet, référence et point 3 depuis 1987 sur le site du CNPE de Flamanville



En 2018, de très faibles abondances ont été observées. Les quelques individus observés l'ont été majoritairement aux points *référence* et *point 3* et il s'agissait majoritairement de stades zoés. Un seul individu de stade mégalope a été trouvé lors de la campagne du 06 septembre.

L'évolution des abondances de homard sur le site du CNPE de Flamanville depuis 1987 sont présentées en Figure D-6

Comme pour 2017, les abondances observées en 2018 au *point 3* sont les plus faibles de la série. Au point *référence*, les abondances de 2018 sont supérieures à celles de 2017 et sont dans la tendance haute. Aux deux autres points, les abondances sont très faibles.

D.1.4 CONCLUSION

Pour l'araignée de mer, l'année 2018 montre comme les années précédentes des abondances plus fortes au *point 3* et *référence*. Pour les zoés, l'année 2018 montre des abondances similaires à 2017 et confirme la tendance des plus fortes abondances observées depuis ces dernières années sur l'ensemble de la série. Pour les mégaloopes, l'année 2018 montre des abondances également similaires à 2017 mais qui restent dans la tendance basse observée depuis 2015.

Pour le homard, l'année 2018 confirme les faibles abondances déjà observées en 2017 pour le *point 3*, contrairement au point *référence* où les abondances étaient plus élevées qu'en 2017. Il s'agit là de la deuxième année consécutive avec les abondances les plus faibles de la série au *point 3*. Si un biais dû à la période d'échantillonnage centrée sur l'araignée de mer n'est pas à exclure, il est fort probable que les abondances observées en 2018 soit réellement plus faibles que celles observées avant 2017.

DOMAINE HALIEUTIQUE : LARVES DE CRUSTACÉS



D.1.5 ANNEXES

ANNEXE D-1 : Caractéristiques des campagnes d'échantillonnage des larves d'araignée de mer et de homard sur le site du CNPE de Flamanville en 2018

Date	Point	Réplicat	Heure du prélèvement	Température surface (°C)	Salinité surface	Durée du trait (min)	Volume filtré (m³)
05 juillet	Canal	1	15:47	16,9	30,0	1	1,70
		2					1,53
		N	15:56			8	124,25
	Rejet	1	15:17	22,4	30,0	2	4,92
		2					5,43
		N	15:27			9	145,97
	Référence	1	14:33	16,0	34,8	4	10,43
		2					10,43
		N	14:48			15	326,93
	Point 3	1	13:40	15,7	34,7	3	12,30
		2					12,38
		N	13:54			15	314,86
27 juillet	Canal	1	11:17	18,1	34,8	2	47,84
		2					62,43
		N	11:26			8	1304,09
	Rejet	1	10:42	18,6	34,8	3	87,88
		2					91,44
		N	10:55			11	1889,18
	Référence	1	09:58	17,5	34,8	3	100,43
		2					78,12
		N	10:05			15	3244,54
	Point 3	1	09:05	17,1	34,7	4	118,33
		2					122,23
		N	09:16			16	3231,27
09 août	Canal	1	10:03	18,1	34,9	1	21,53
		2					21,88
		N	10:06			11	1316,15
	Rejet	1	09:31	19,4	35,0	5	62,77
		2					58,53
		N	09:41			10	1652,73
	Référence	1	08:55	18,1	34,8	3	98,90
		2					100,52
		N	09:01			15	2845,83
	Point 3	1	08:05	17,6	34,6	3	112,22
		2					110,52
		N	08:14			16	1756,48
23 août	Canal	1	10:18	18,5	32,9	1	26,30
		2					27,14
		N	10:24			8	1536,92
	Rejet	1	09:37	18,6	34,5	1	60,90
		2					56,49
		N	09:44			11	2153,98
	Référence	1	08:42	18,5	34,7	3	100,68
		2					103,23
		N	08:57			15	3348,28
	Point 3	1	07:41	18,1	34,6	3	113,65
		2					122,91
		N	07:52			17	3804,29
06 septembre	Canal	1	20:15	18,0	34,9	1	39,87
		2					58,44
		N	20:25			8	835,41
	Rejet	1	20:40	19,2	35,0	2	70,91
		2					73,54
		N	20:50			11	1369,83
	Référence	1	19:20	17,6	35,0	3	85,59
		2					91,18
		N	19:35			15	2385,60
	Point 3	1	18:30	17,7	34,9	3	70,40
		2					70,40
		N	18:45			15	1945,88
25 septembre	Canal	1	15:15	17,1	35,2	2	102,64
		2					95,60
		N	15:37			5	1137,01
	Rejet	1	14:43	17,3	35,2	3	119,52
		2					112,81
		N	14:49			12	2576,21
	Référence	1	14:00	17,1	35,2	3	106,54
		2					105,01
		N	14:09			15	3391,11
	Point 3	1	13:05	17,2	35,2	7	218,50
		2					273,72
		N	13:20			15	3070,22

DOMAINE HALIEUTIQUE : LARVES DE CRUSTACÉS

ANNEXE D-2 : Abondances (ind.m⁻³) des larves d'araignée de mer sur le site du CNPE de Flamanville en 2018

Date	Point	Réplicat	Total zoés	Zoé stade 1	Zoé stade 2	Mégalo
05 juillet	Canal	1	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,00	0,00	0,00	0,00
		Moyenne	0,00	0,00	0,00	0,00
	Rejet	1	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,00	0,00	0,00	0,00
		Moyenne	0,00	0,00	0,00	0,00
	Réfère	1	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,00	0,00	0,00	0,00
		Moyenne	0,00	0,00	0,00	0,00
	Point 3	1	0,08	0,08	0,00	0,00
		2	0,08	0,08	0,00	0,00
		Moyenne	0,08	0,08	0,00	0,00
27 juillet	Canal	1	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,00	0,00	0,00	0,00
		Moyenne	0,00	0,00	0,00	0,00
	Rejet	1	0,02	0,02	0,00	0,00
		2	0,05	0,00	0,05	0,00
		Moyenne	0,04	0,01	0,03	0,00
	Réfère	1	0,12	0,01	0,11	0,01
		2	0,60	0,08	0,52	0,01
		Moyenne	0,36	0,04	0,32	0,01
	Point 3	1	0,17	0,02	0,15	0,01
		2	0,11	0,02	0,09	0,02
		Moyenne	0,14	0,02	0,12	0,01
09 août	Canal	1	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,00	0,00	0,00	0,00
		Moyenne	0,00	0,00	0,00	0,00
	Rejet	1	0,05	0,00	0,05	0,00
		2	0,02	0,00	0,02	0,00
		Moyenne	0,03	0,00	0,03	0,00
	Réfère	1	0,23	0,06	0,17	0,02
		2	0,35	0,13	0,22	0,01
		Moyenne	0,29	0,09	0,20	0,02
	Point 3	1	0,70	0,45	0,24	0,01
		2	0,29	0,19	0,10	0,03
		Moyenne	0,49	0,32	0,17	0,02
23 août	Canal	1	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,00	0,00	0,00	0,00
		Moyenne	0,00	0,00	0,00	0,00
	Rejet	1	0,02	0,00	0,02	0,00
		2	0,02	0,00	0,02	0,00
		Moyenne	0,02	0,00	0,02	0,00
	Réfère	1	0,01	0,00	0,01	0,00
		2	0,02	0,02	0,00	0,00
		Moyenne	0,01	0,01	0,00	0,00
	Point 3	1	0,10	0,03	0,07	0,01
		2	0,08	0,04	0,04	0,00
		Moyenne	0,09	0,03	0,06	0,00
06 septembre	Canal	1	0,03	0,03	0,00	0,00
		2	0,07	0,02	0,05	0,00
		Moyenne	0,05	0,02	0,03	0,00
	Rejet	1	0,01	0,00	0,01	0,00
		2	0,01	0,00	0,01	0,00
		Moyenne	0,01	0,00	0,01	0,00
	Réfère	1	0,09	0,06	0,04	0,00
		2	0,03	0,03	0,00	0,00
		Moyenne	0,06	0,05	0,02	0,00
	Point 3	1	0,09	0,07	0,01	0,00
		2	0,06	0,03	0,03	0,00
		Moyenne	0,07	0,05	0,02	0,00
25 septembre	Canal	1	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,00	0,00	0,00	0,00
		Moyenne	0,00	0,00	0,00	0,00
	Rejet	1	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,00	0,00	0,00	0,00
		Moyenne	0,00	0,00	0,00	0,00
	Réfère	1	0,19	0,03	0,16	0,03
		2	0,12	0,02	0,10	0,01
		Moyenne	0,16	0,02	0,13	0,02
	Point 3	1	0,04	0,01	0,03	0,00
		2	0,07	0,02	0,05	0,00
		Moyenne	0,05	0,01	0,04	0,00

DOMAINE HALIEUTIQUE : LARVES DE CRUSTACÉS

ANNEXE D-3 : Abondances (ind.m⁻³) des larves de homard sur le site du CNPE de Flamanville en 2018

Date	Point	Total zoés	Zoé stade 1	Zoé stade 2	Zoé stade 3	Mégalope
05 juillet	Canal	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Rejet	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Référence	0,0061	0e+00	0,01	0	0
	Point 3	0,0000	0e+00	0,00	0	0
27 juillet	Canal	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Rejet	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Référence	0,0009	6e-04	0,00	0	0
	Point 3	0,0006	3e-04	0,00	0	0
09 août	Canal	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Rejet	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Référence	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Point 3	0,0000	0e+00	0,00	0	0
23 août	Canal	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Rejet	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Référence	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Point 3	0,0003	0e+00	0,00	0	0
06 septembre	Canal	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Rejet	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Référence	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Point 3	0,0000	0e+00	0,00	0	0
25 septembre	Canal	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Rejet	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Référence	0,0000	0e+00	0,00	0	0
	Point 3	0,0000	0e+00	0,00	0	0



D.2 SURVEILLANCE DE LA PÊCHE CÔTIÈRE DES CRUSTACÉS

L'étude de Projet relative aux ressources halieutiques du site de Flamanville a mis en évidence l'intérêt de la pêcherie de crustacés du nord-ouest Cotentin pour la flottille artisanale travaillant au casier dans ce secteur. Les observations se poursuivent donc depuis 1980. La période retenue dans cette partie concerne les années 1985 à 2017 ainsi que les mois de juin et septembre 2018 pour lesquels le plan d'échantillonnage n'a pas varié.

D.2.1 PÊCHE PROFESSIONNELLE

Les données d'activité et de production des navires suivis dans le cadre de cette étude sont, pour des raisons de disponibilité et de validation, présentées avec un décalage d'une année par rapport à la réalisation des campagnes. Ainsi le rapport 2018 a été réalisé à partir des données extraites du SIH pour l'année 2017.

D.2.1.1 FLOTTILLE

En 2017, la flottille est répartie de la façon suivante :

- ✓ 2 bateaux à Goury,
- ✓ 9 à Dielette,
- ✓ 16 à Carteret
- ✓ 3 à Portbail,

D.2.1.2 ACTIVITÉ

Les conditions météorologiques observées dans cette zone ne permettent pas aux petits navires de travailler de façon régulière toute l'année, les obligeant souvent à rester à quai pendant la période hivernale. Ainsi sur un maximum de 33 navires armés à la pêche en 2017, 16 sont partiellement actifs au mois de janvier (Tab.5.2.1) et un navire est inactif toute l'année. Les plus gros, c'est-à-dire ceux dont la longueur est comprise entre 10 et 15 m, sont basés à Carteret et travaillent presque toute l'année. Certains d'entre eux fréquentent les zones du large ou la baie de Seine au moment de l'ouverture de la pêche à la coquille Saint Jacques. D'une manière générale la flottille fréquentant les lieux de pêche situés à proximité du CNPE de Flamanville est plutôt ancienne puisque l'âge moyen de celle-ci est supérieur à 24 ans. Ce sont souvent des petites unités en alu ou polyester dont la longueur est comprise entre 8 et 10,5 m et qui la plupart du temps, pratiquent la pêche aux casiers. Il y a donc très peu de renouvellement, et encore moins de changement important d'activité.

La pêche aux casiers à bulot, crustacés ou seiche n'est pas encadrée par un système de quotas européen et dépend des comités Régionaux des pêches. Celui de Normandie gère depuis 1985 la pêche des principales espèces de homard, tourteau, araignée, bouquet, seiche et bulot. Il fixe annuellement un nombre de licences de pêche. Ce dernier est en diminution depuis dix ans dans l'ouest Cotentin. Le Comité Régional de Normandie a fait labelliser MSC la pêcherie de homard du Cotentin en 2012 et celle du bulot en 2017 comme des pêcheries durables respectueuses de la ressource et de l'environnement.

Les problèmes de ressources en homard au début des années 2000 ainsi que la limitation du nombre de casiers par homme embarqué ont poussé les pêcheurs de crustacés ou de bulot à diversifier leur activité. Ceux qui possédaient une autre licence de pêche l'ont utilisée. Quant aux autres, ils se sont reportés vers d'autres espèces.

Ainsi, depuis cette période, les caseyeurs à gros crustacés de la zone, et en fonction des périodes de pêche, peuvent pratiquer simultanément le casier à bulot, le casier à seiche ou le filet à sole. L'interdiction de pêche dirigée vers la raie brunette instaurée en 2010 puis sa réouverture partielle en 2015 ont considérablement limité l'activité, très largement pratiquée auparavant dans le golfe

DOMAINE HALIEUTIQUE : SURVEILLANCE DE LA PÊCHE CÔTIÈRE DES CRUSTACÉS



normand-breton, du filet à raie. D'autres métiers plus confidentiels et considérés comme opportunistes peuvent venir en complément et faire qu'à certaines périodes de l'année un patron peut pratiquer jusqu'à 4 métiers dans un même mois. L'effort de pêche de cette flottille, de loin la plus importante en nombre d'unités, reste concentré dans les zones très côtières en marées de vives eaux, dans les secteurs plus larges du cap de la Hague ou des Ecréhous en marées de morte-eau. Les sorties en mer dépassent très rarement les 12 heures.

Parallèlement, il existe une dizaine de bateaux dont l'activité principale est dirigée vers le bulot. La zone de pêche fluctue au cours de l'année, mais reste assez côtière. Elle s'étend du sud de Portbail à l'anse de Sciotot et se développe aussi ces dernières années au nord de Flamanville.

Les métiers de la drague à coquille, du chalut de fond ou à perche sont pratiqués par des unités de tailles plus importantes, dépassant souvent les 11 m. Elles fréquentent pendant l'hiver principalement les petits gisements situés au large de Carteret, ceux du nord Cotentin ou de la baie de Seine pour les coquillards, le nord de Jersey pour les perchistes ou le sud de la zone exploité pour les chalutiers. Ces bateaux sont essentiellement basés à Carteret.

Les résultats présentés ici sont issus des déclarations de captures et de l'activité des navires de la base SIH Ifremer. Ces données n'étant validées que l'année n+1, nous avons choisi de privilégier l'exhaustivité des déclarations en nous basant sur l'année n.

Les périodes d'activités et de productions des principaux métiers pratiqués par la flottille travaillant aux alentours du CNPE de Flamanville concernent donc l'année 2017 et sont répertoriées dans le Tableau.

Tableau D-1 : Périodes d'activités des métiers pratiqués par la flottille du nord-ouest Cotentin (Source SIH).
(chiffre : Nombre de navires ayant pratiqué au moins une fois un métier dans le mois)

ANNÉE 2017	MOIS											
MÉTIER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Casier à crustacés	8	12	16	17	17	17	18	17	17	17	17	15
Casier à bulot	4	12	13	13	14	14	14	14	14	13	14	14
Casier à seiche				5	5	1						
Filet à sole	1											
Filet à raie	3	2	3	4	3				3	3	3	3
Palangre Divers	1	1	1		1	1			1	1	1	
Chalut de fond Sole					1				1			
Chalut à perche	1	1	1		1	2			2	1		
Drague à coquille	1	1	2	3	3					3	3	3
Bateaux inactifs	10	3	1	2	1	1	4	4	1	2	1	4
Bateaux actifs	16	23	27	27	29	28	25	25	29	27	28	25
Total	26	26	28	29	30	29	29	29	30	29	29	29



D.2.1.3 PRODUCTION

En 2017, les déclarations faites par les professionnels fréquentant le secteur de Flamanville (source SIH Ifremer) font apparaître une production de 277 tonnes de crustacés. Le plus gros des apports est composé d'araignées et de tourteaux dont les poids débarqués sont respectivement de 118 et 79 tonnes. Le homard arrive en troisième position avec 78 tonnes.

La production de buccin est de 2030 tonnes. Cette quantité est le double de ce qui avait été déclaré en 2016 et représente presque 80 % des captures totales réalisées par les navires des ports suivis dans cette étude.

D'autres espèces, parmi lesquelles on trouve : la coquille Saint-Jacques (91 T), les vénéus (47 T), les amandes (14 T), les praires (3 T) et les pétoncles (5 T) représentent la quasi-totalité des captures de bivalves en 2017.

Les céphalopodes (15 T) ont été capturés principalement d'avril à mai par les caseyeurs fréquentant la bande des 3 miles du sud de Carteret au nord de Dielette. L'ensemble des captures est représenté par la seiche dont la quantité déclarée est stable par rapport à 2016. Les fluctuations inter-annuelles sont très importantes et dépendent beaucoup de la période d'arrivée de cette espèce sur les côtes en relation avec les conditions climatiques et principalement la température printanière.

Les poissons sont essentiellement représentés par les différentes espèces de raies (24 T), mais aussi par d'autres espèces de sélaciens (roussettes, émissole) pour 22 T ou bien encore la sole (6 T) en ce qui concerne les poissons plats.

L'ensemble de ces espèces représente plus de 99 % des captures déclarées par la flottille fréquentant les secteurs de pêche du nord-ouest Cotentin.

On peut estimer qu'en 2017 la production déclarée par cette flottille est de 2500 tonnes. Elle indique une augmentation de 400 T par rapport à 2016. Toutefois cette année encore la totalité des débarquements de buccin et de crustacés n'a pas encore été enregistrée. Cette estimation basée sur les déclarations issues des journaux de bord et fiches de pêches déclaratives des captures des navires du quartier de Cherbourg et saisies par France Argi-Mer n'est donc pas, comme en 2015 et 2016 exhaustive pour l'année 2017.

D.2.2 PÊCHES EXPÉRIMENTALES

Les pêches expérimentales aux casiers ont été réalisées au cours des mois de juin et octobre 2018. Les conditions météorologiques particulièrement difficiles lors du mois d'octobre nous ont en effet poussés à reporter la campagne lors de la première semaine du mois suivant.

La première journée de campagne, le 2 octobre, fut réalisée malgré tout dans des conditions de mer compliquées dans la mesure où le vent orienté au sud-ouest soufflait encore à 60 km/h. En ce qui concerne les jours suivants, le temps était plus clément avec un maximum de 25 km/h favorisant ainsi les mensurations et la saisie des captures à bord. Les conditions météorologiques étaient plus clémentes en juin, car bien que le vent était relativement fort, jusqu'à 40 km/h, il provenait de l'est et nous permettait de travailler dans de bonnes conditions à l'abri du Cotentin.



Figure D-7 : Casiers à crustacés utilisés

D.2.2.1 MATÉRIEL ET MÉTHODE

La série historique est basée sur un échantillonnage systématique composé de 15 points de prélèvements dont les positions sont identiques depuis 1985 (Figure D-8).

En 2011 le professionnel a changé sa méthode de travail et utilise désormais des filières de 30 casiers couvrant un linéaire d'un maximum de 700 mètres. Nous avons tenu compte de ce changement en comptabilisant l'ensemble des captures réalisées sur la totalité de chacune des filières. Les filières 2 et 8 placées dans la réserve n'ont pas été modifiées et comportent toujours un maximum de 20 casiers.

La création en 2000 d'un cantonnement de 1,2 km² pour préserver une fraction du stock de homard est reconduit chaque année depuis cette date (arrêté préfectoral n° 84/2013 du 18 juin 2013) a induit un changement dans les captures et tout particulièrement dans celles réalisées à proximité du cap de Flamanville. Cette petite zone interdite à la pêche au casier, située aux abords de la centrale, fait partie intégrante du protocole d'échantillonnage des pêches expérimentales. Les filières 2 et 8 sont à l'intérieur de son périmètre, et trois autres placées au sud de la zone (3, 9 et 13) sont en périphérie immédiate. Cette mesure de gestion se traduit par une augmentation des rendements de pêche sur l'ensemble de la zone prospectée ce qui introduit depuis cette date un biais dans la série historique des campagnes.

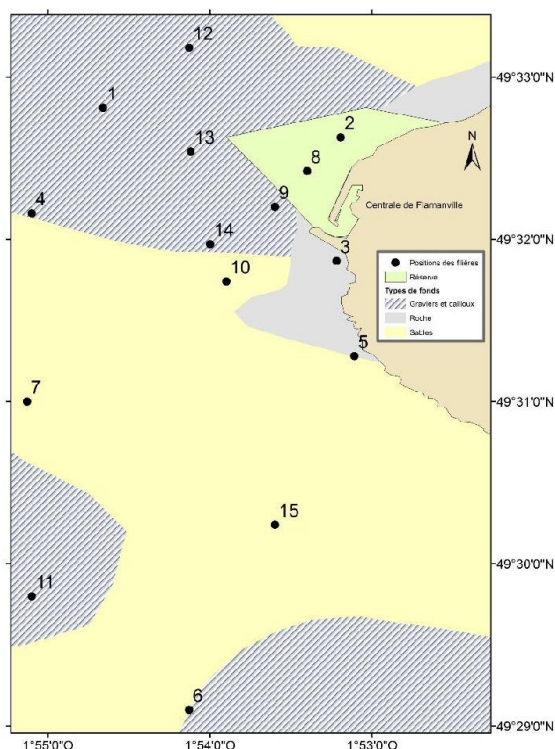


Figure D-8 : Faciès sédimentaire du site étudié (d'après Larssonneur) et localisation des points échantillonnés.

Chaque campagne comporte quatre jours de pêche consécutifs (sauf conditions météorologiques défavorables) au cours d'une marée de morte-eau.

Les 15 filières sont relevées, dans la mesure du possible, à chaque sortie.

Les casiers utilisés sont identiques à ceux employés les années précédentes. L'appât utilisé est du chinchard congelé.

Pour des raisons de représentation des données, la campagne d'octobre 2018 a été intégrée dans les graphes correspondants au suivi du mois de septembre. La prospection ayant eu lieu la première semaine du mois nous avons fait l'hypothèse que leur intégration dans la série temporelle ne posait pas de problème d'analyse.



Calendrier des sorties

En 2018 les missions en mer ont été réalisées du 5 au 8 juin et du 2 au 5 octobre. Les filières de casiers ont été positionnées la veille de chaque campagne par le pêcheur aussi bien dans la zone interdite à la navigation devant le CNPE qu'à l'extérieur de celle-ci. Le tableau 5.2.2 indique les dates des campagnes, le nombre de filières relevées chaque jour ainsi que la quantité de casiers utilisés.

Tableau 5.2.2 : Dates des campagnes 2018, nombre de filières et de casiers relevés.

Mission	Date	Nombre de filières	Nombre de casiers relevés
JUN	5	15	430
	6	15	430
	7	15	430
	8	15	430
OCTOBRE	2	15	430
	3	15	430
	4	15	430
	5	15	430

Observations réalisées

Les observations réalisées en 2018 reposent sur 3 440 casiers relevés. Le nombre d'individus capturés par casier est noté pour les espèces suivantes : homard, tourteau, araignée, étrille, buccin et paguridés. Les données biologiques prises en compte pour les crustacés (exceptés les paguridés) sont la taille, le sexe, la présence éventuelle d'œufs, la dureté de la carapace (pour l'étrille) et la maturité (pour l'araignée).

Traitement des données

Les données sont saisies en temps réel sur une tablette puis traitées à la station de Port en Bessin grâce à un logiciel de gestion de base de données. Certains indicateurs utilisés ont été développés, testés et validés au sein du groupe de travail *Indicateurs de population et de peuplement*. Ils ont fait l'objet de synthèses scientifiques (Rochet et al, 2005) ou ont été édités sous forme de bilan (J.C. Poulard et al, 2007) et retenus pour analyser l'évolution temporelle des populations des crustacés présentes dans la zone échantillonnée. Les tendances, quand elles sont significatives, sont représentées par une droite. La combinaison des différents indicateurs permet de donner un état des populations suivies pendant ces campagnes.

D.2.2.2 PRINCIPAUX RÉSULTATS

Les résultats de l'année 2018 concernent les paramètres biologiques définis au cours des années 1980 à 1985, années de référence avant la mise en service du CNPE de Flamanville. Ils sont comparés aux résultats des missions de juin et septembre des années 1985 à 2017, soit au total 34 années de campagnes.

Le poids individuel est calculé à partir de la relation taille - poids élaborée en 1983 par les biologistes du Comité Régional des Pêches et Cultures marines de Bretagne (CORPECUM), du Comité Local des Pêches de Blainville, des Stations ISTPM de Roscoff et de Ouistreham et utilisée depuis pour l'ensemble de la Manche Ouest :

$$W = aLc^b \quad \text{avec } W = \text{poids (en g)} \\ \text{et } Lc = \text{longueur céphalothoracique ou largeur du céphalothorax (mm)}$$



Homard

• Rendements

Les rendements (nombre d'individus pêchés pour 80 casiers relevés) observés en juin sont en baisse depuis trois années sur l'ensemble du secteur suivi, ce qui n'était pas arrivé depuis 2000. En ce qui concerne la campagne d'octobre, la zone située en dehors du cantonnement confirme cette tendance. Malgré tout, d'une façon générale l'abondance du homard est en dehors de quelques fluctuations temporelles en augmentation de 2000 à 2013. La mise en place du cantonnement en 2000 a certainement contribué à ce phénomène. Les rendements y sont en effet au plus haut lors de la campagne d'octobre. Les conditions météorologiques, vent d'Est en juin n'ont probablement pas favorisé les captures de homards, dans cette zone, lors de la campagne. Lors des deux campagnes, les captures moyennes ont été multipliées par 10 depuis le plus bas historique en 1987. Elles sont respectivement de 67 et 73 individus pour 80 casiers sur l'ensemble de la zone étudiée selon qu'il s'agisse des campagnes de juin et octobre. Sur l'ensemble des deux campagnes le rendement moyen est de 70,2 ind./80 casiers.

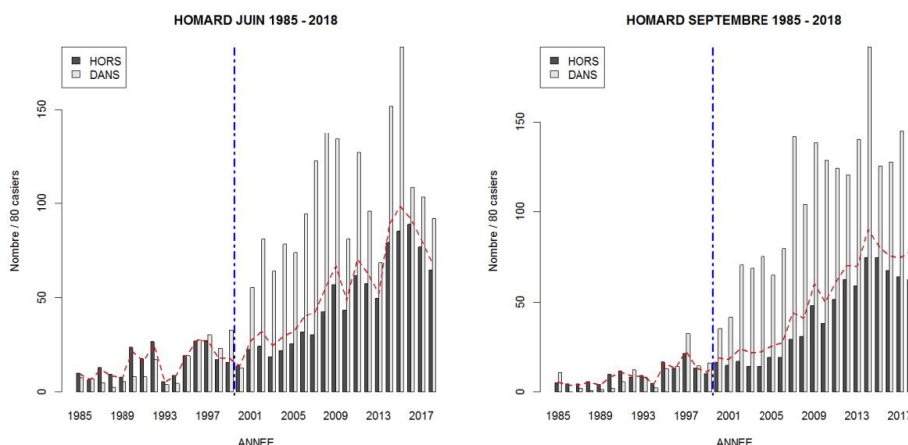


Figure D-9 : Evolution de l'abondance du homard "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (- - globale). Le pointillé bleu correspond à l'année de création du cantonnement en 2000.

Après un plus fort historique en septembre 2015, cette valeur connaît une baisse régulière depuis cette date. Elle fait suite à une longue série temporelle de plus de dix ans pendant laquelle les rendements ont augmenté de façon régulière grâce en grande partie aux bons recrutements et à la mise en place du cantonnement.

Les points de prélèvement 2 et 8 placés dans la réserve ont habituellement une productivité très nettement supérieure aux autres filières (ANNEXE D-4) et participaient jusqu'à présent, à plus du tiers à l'indice global (Figure D-9). En 2018, l'impact des filières 2 et 8 est encore plus important sur la série temporelle puisque leur contribution est supérieure à 40%.

DOMAINE HALIEUTIQUE : SURVEILLANCE DE LA PÊCHE CÔTIÈRE DES CRUSTACÉS

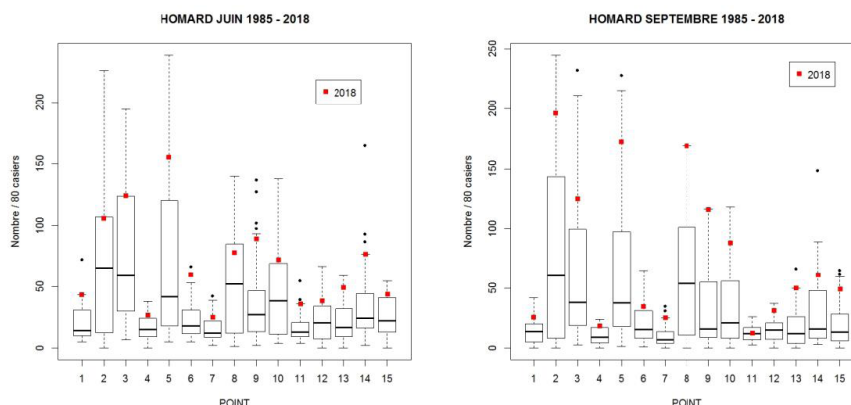


Figure D-10 : Evolution de l'abondance des homards par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-); la boîte englobe 50 % des valeurs (□); les moustaches, 80 % des valeurs (┘). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (●) indique l'année en cours.

Toutefois comme observé les dernières années, ceux situés au sud de la zone tels que les points 3 et 5 ont respectivement des rendements maximums de 124 et 172 individus pour 80 casiers en octobre. Ces filières pourtant en dehors de la réserve, représentent des rendements situés bien au-dessus de ce qui est généralement observé depuis le début de la série historique (Figure D-10). Elles ont même des rendements égaux ou supérieurs à ceux observés dans le cantonnement. La figure 5.2.3 présente une vue globale des abondances dont les plus fortes ne sont plus uniquement à l'intérieur de la réserve comme le point 2 en octobre avec 196 ind./80casiers, mais aussi au sud de celle-ci. C'est ainsi le cas des filières 9, 10 et 14 dont les abondances 2018 sont parmi les plus importantes depuis le début de la série historique. Si l'on regroupe les cinq filières placées au sud de la réserve on comptabilise plus de 45% de l'indice des captures pour 80 casiers réalisées sur l'ensemble de la zone. Les indices d'abondance les plus faibles sont observés au niveau des points 4, 7 et 11 situés au large avec moins de 25 ind./80 casiers lors de la campagne d'octobre. Toutefois, quelle que soit la campagne les rendements moyens enregistrés dans les différentes filières du large (1,4,6,7,11,12,13,15) sont souvent proches des plus hauts historiques en 2018. Elles ne représentent qu'environ 20% des captures totales lors de la campagne de juin.

• Répartition des tailles

Les profils de taille sont très proches entre les deux campagnes. La taille moyenne des homards capturés en 2018 est de 84 mm (Figure D-11). La proportion d'individus de taille commerciale en dehors des points 2 et 8 est de 30%, alors que la même proportion est de 72% dans la réserve. Les points qui comptabilisent le plus grand nombre de jeunes individus sont observés dans les filières les plus productives situées au sud de la centrale. Leur proportion représente jusqu'à 90% des captures dans les filières 3 et 5. Dans une moindre mesure les observations réalisées au niveau des filières 9, 10 et 14 sont composées à 70% par des individus dont la taille du céphalothorax est nettement inférieure à 87 mm. Depuis 2006, la taille des homards capturés a diminué en moyenne de 5mm sur l'ensemble de la zone prospectée (Figure D-11). On peut noter toutefois une légère augmentation de la taille en 2018 aussi bien en juin qu'en octobre.

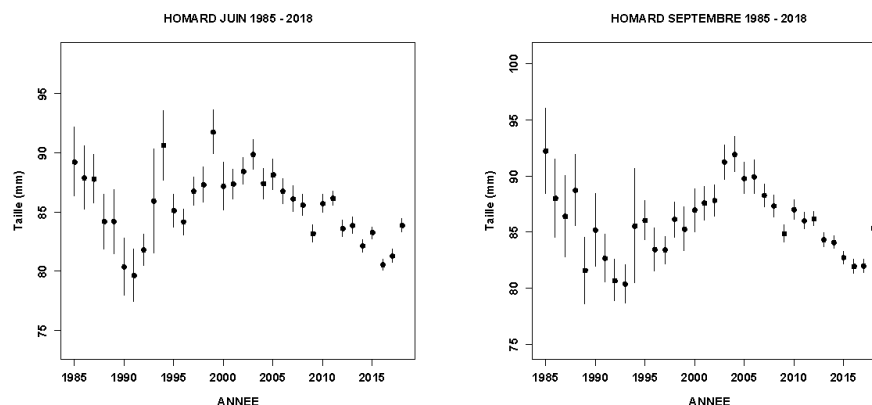


Figure D-11 : Evolution de la taille moyenne des homards depuis 1985.

- **Poids individuel**

Les relations *taille-poids* utilisées sont les suivantes :

les mâles : $a=187.10^{-6}$ et $b=3,289$

les femelles : $a=371.10^{-6}$ et $b=3,122$

Le poids moyen des homards en 2018 est de 408 g (ANNEXE D-4). Celui-ci est fortement dépendant des filières situées à la côte et dont les rendements importants sont composés d'individus dont la taille céphalothoracique moyenne est inférieure à 80 mm.

Il n'existe pas d'évolution temporelle significative de ce paramètre sur l'ensemble de la période, mais il est très probable que du fait de la sélectivité de l'engin utilisé, seuls les individus dont le poids est généralement supérieur à 200 g sont capturés (Figure D-12). La fraction la plus jeune de la population est certainement mal échantillonnée.

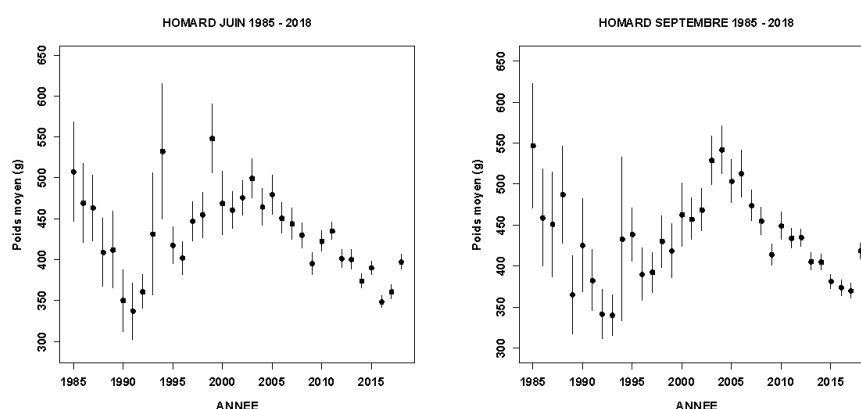


Figure D-12 : Evolution du poids moyen des homards capturés depuis 1985.

Par conséquent, l'absence de plus petits individus pourrait aussi venir du fait que le plan d'échantillonnage ne couvre pas les zones d'habitats fonctionnels généralement situées à la limite supérieure de la partie subtidale mieux adaptée à la vie benthique de cette phase juvénile. A l'instar



de ce qui est observé pour la taille, le poids moyen diminue régulièrement depuis 10 ans. En 2018 il faut toutefois noter une augmentation de 50g par rapport à l'an dernier.

• Proportion des sexes

La moyenne annuelle du pourcentage de mâles sur le nombre total de captures est restée stable d'une année à l'autre. Elle est toujours voisine de celle observée lors des années de référence : 50% des individus sont de sexe mâle en 2018. Cette proportion peut varier de 68% au niveau de la filière 11 à 26% (Annexe 2.2.1) pour la filière 12 lors de la campagne d'octobre.

La filière 8, dont les individus capturés ont une taille moyenne est de 9,7 mm, regroupe le plus grand nombre de femelles œuvées observées lors de chaque campagne.

Le tourteau (*Cancer pagurus*)

• Évolution temporelle des rendements

L'année 2018 montre des abondances différentes entre juin et octobre (Figure D-13, courbe rouge) avec des indices respectifs de 46 et 30 ind./80 casiers. Les filières situées au sud du cantonnement, à la différence des années antérieures, ne représentent plus les rendements (Figure D-14) élevés généralement observés par le passé.

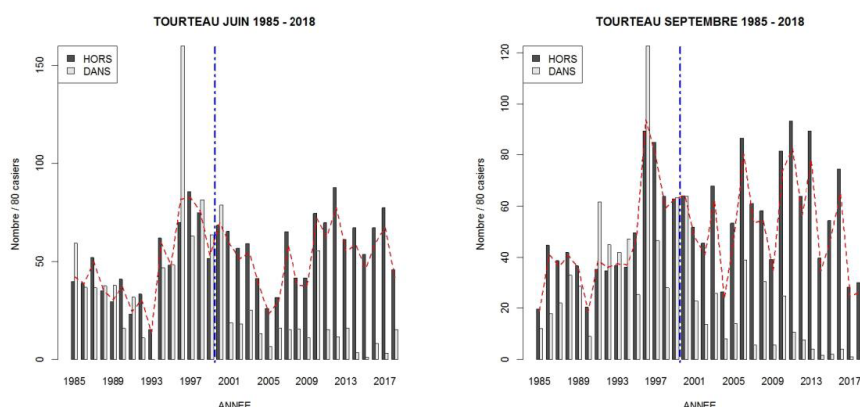


Figure D-13 : Evolution de l'abondance du tourteau "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (- - globale). Le pointillé bleu correspond à l'année de création du cantonnement en 2000.

Les filières 9, 10, 14 ont ainsi des rendements respectifs de 55, 34, 55 individus pour 80 casiers en octobre et sont proches de plus bas historiques.

Les rendements les plus faibles sont observés dans les filières situées aux points 2 et 8 dans le cantonnement (Figure D-14) et sont proches des plus bas historiques. Cette observation est aussi valable pour les filières 3 et 5 le long de la falaise, mais aussi 9 et 10 situées au sud du cantonnement (Annexe D-5).

DOMAINE HALIEUTIQUE : SURVEILLANCE DE LA PÊCHE CÔTIÈRE DES CRUSTACÉS

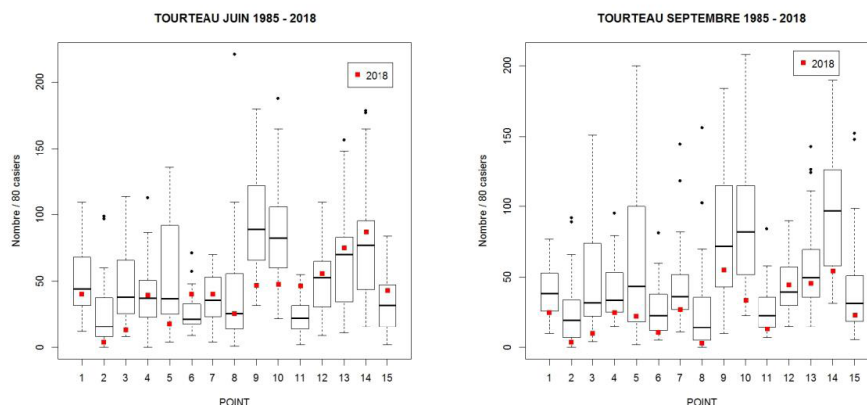


Figure D-14 : Evolution de l'abondance des tourteaux par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┘). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (●) indique l'année en cours.

- Répartition des tailles

La taille moyenne des individus capturés (largeur) lors des campagnes 2018 est de 12,3 cm. En dehors de fluctuations temporelles elle n'a pas significativement évolué depuis 1985 (Figure D-15). Par contre la campagne de juin montre une diminution significative de la taille depuis 2006 qui semble se stabiliser depuis quatre ans au niveau des plus bas historiques.

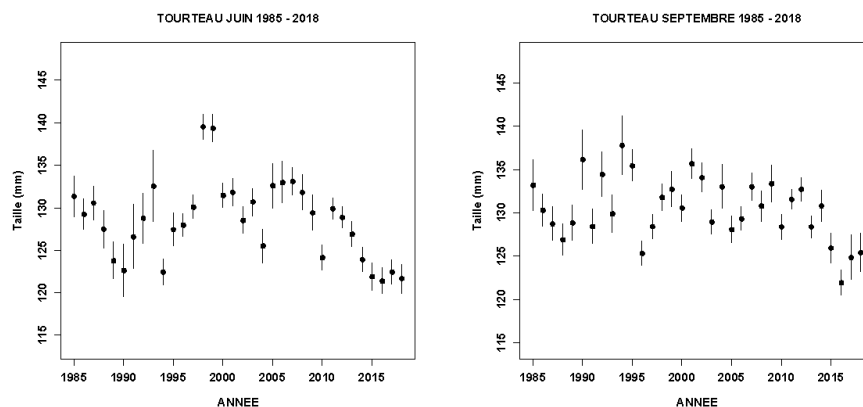


Figure D-15 : Evolution de la taille moyenne du tourteau depuis 1985.

Seuls 27% des individus capturés sont de taille commerciale en 2018. Les plus petits individus sont observés à la côte dans les filières 9, 10 ou 14, alors que les plus grands sont généralement capturés dans les filières du large par exemple aux points 4, 6, 7 ou 11.

- **Poids individuel**

Le poids moyen (g) est calculé à partir des paramètres suivants :

les mâles : $a=24.10^{-6}$ et $b=3,388$

les femelles : $a=324.10^{-6}$ et $b=2,848$

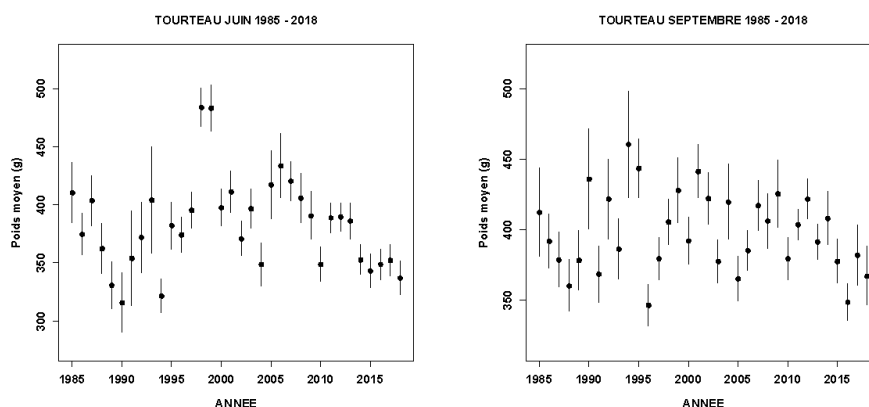


Figure D-16 : Evolution du poids moyen des tourteaux capturés depuis 1985.

Il est de 337 g sur l'ensemble des deux campagnes annuelles et n'a pas, en dehors des fluctuations temporelles, varié de façon significative depuis 1985 (Figure D-16). Par contre il semble bien qu'il y ait une tendance à la baisse sur une période beaucoup plus courte qui pourrait débuter dans les années 2005-2007.

- **Proportion des sexes**

Le sex-ratio des captures est composé à 55% de mâles (Annexe D-5) et ne varie pas entre juin et octobre.

L'araignée (*Maja brachydactyla*)

- **Évolution temporelle des rendements**

Les rendements 2018 sont de 45 individus pour 80 casiers. Ils sont supérieurs à ceux de 2017 aussi bien en juin qu'en octobre (Figure D-17).

Pour la troisième année consécutive, la campagne de juin met en évidence des captures exceptionnelles de mâles dans la réserve alors que les rendements d'octobre sont proches de ce qui est généralement observé dans ce secteur. Les filières 2, 3, 5 et 8 disposées sur des fonds essentiellement rocheux ainsi que celles situées proche de la côte, sont peu productives en octobre.

DOMAINE HALIEUTIQUE : SURVEILLANCE DE LA PÊCHE CÔTIÈRE DES CRUSTACÉS

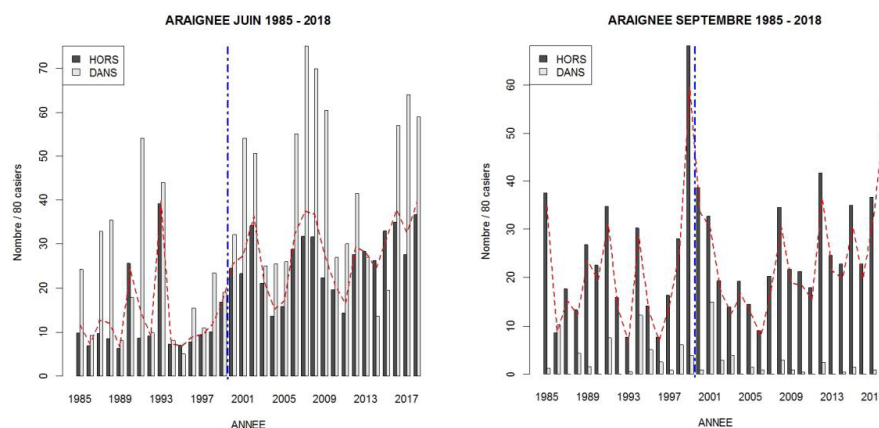


Figure D-17 : Evolution de l'abondance de l'araignée "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (- - globale). Le pointillé bleu correspond à l'année de création du cantonnement en 2000.

À contrario, les meilleurs rendements sont réalisés dans la zone exploitée par les professionnels (Figure D-18). Les captures les plus importantes sont observées lors de la campagne d'octobre dans les filières 1 et 4 au large, mais aussi 7 et 11 sur les fonds sableux situés au sud de la zone. Cela s'explique par le fait que les araignées, arrivées au printemps et après s'être réparties sur l'ensemble de la zone en juin, se regroupent et privilégient les zones sableuses situées à l'ouest ou au sud du secteur étudié lors du second semestre. Elles représentent respectivement pour ces filières des indices de 133, 212, 98 et 107 individus pour 80 casiers en 2018. En ce qui concerne la campagne de juin les observations réalisées sont toutes supérieures aux 50% des valeurs enregistrées depuis le début du suivi alors que dans le même temps la campagne d'octobre enregistre des maximums historiques situés bien au-delà de ce qui a été observé dans 80% des suivis.

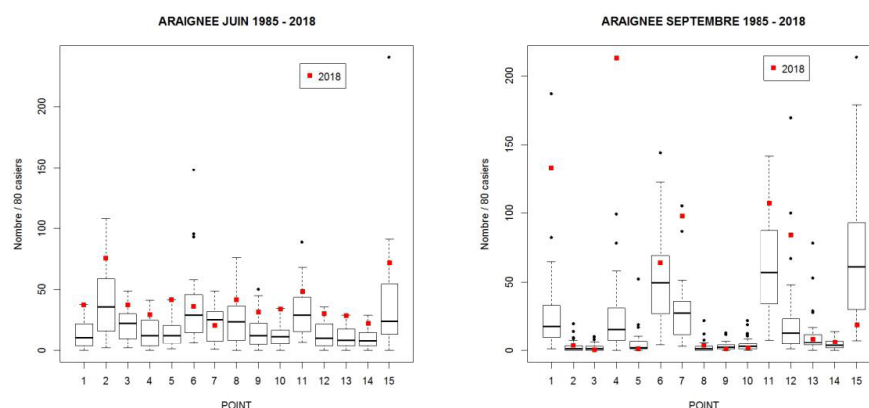


Figure D-18 : Evolution de l'abondance des araignées par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-); la boîte englobe 50 % des valeurs (□); les moustaches, 80 % des valeurs (-). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (■) indique l'année en cours.

• Répartition des tailles

La longueur céphalothoracique moyenne des araignées capturées en 2018 est de 11 cm (Figure D-19). La taille moyenne des captures est proche de ce qui est généralement observé depuis 1985, avec une petite différence cette année comme l'an passé, du fait de la présence plus importante de mâles généralement plus grands, lors de la campagne de juin. Le pourcentage d'individus de taille commerciale est de 57 % au mois de juin et de 25 % (ANNEXE D-6) en octobre. La sélectivité de l'engin utilisé ne permet pas la capture des plus gros spécimens, principalement des mâles, pêchés plutôt au filet fixe par les professionnels. Leur longueur céphalothoracique dépasse le plus souvent les 150 mm ce qui rend quasi-impossible leur capturabilité avec les casiers utilisés lors des campagnes expérimentales et dont l'ouverture de la goulotte n'est pas suffisante.

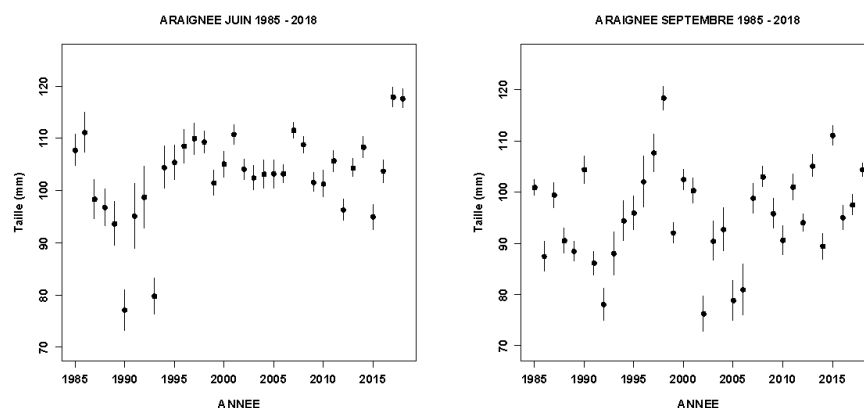


Figure D-19 : Evolution de la taille moyenne des araignées depuis 1985.

• Poids individuel

Le poids moyen est calculé à partir des paramètres suivants :

* pour les individus immatures

les mâles : $a=462.10^{-6}$ et $b=2,88$

les femelles : $a=102.10^{-5}$ et $b=2,698$

* pour les individus matures

les mâles : $a=517.10^{-7}$ et $b=3,382$

les femelles : $a=316.10^{-6}$ et $b=2,996$

La campagne de juin 2018 montre que le poids moyen (685 g) se situe dans la partie supérieure de ce qui est observé depuis les années de référence au mois de juin. La campagne d'octobre n'est pas représentative pour cette espèce dont une grande partie des individus arrivés sur la côte au printemps a été capturée pendant la période estivale regagne les eaux plus profondes au nord-ouest des îles anglo-normandes ou ce sont concentrés sur les fonds sableux. Ce qui explique entre autres, la grande variabilité interannuelle des captures à cette période de l'année sur les différents points de prélèvement.

DOMAINE HALIEUTIQUE : SURVEILLANCE DE LA PÊCHE CÔTIÈRE DES CRUSTACÉS

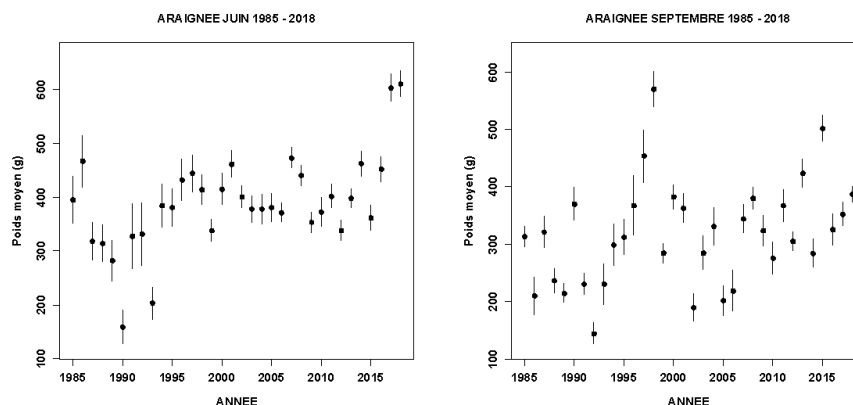


Figure D-20 : Evolution du poids moyen des araignées capturées depuis 1985.

- Proportion des sexes

La proportion de mâles est de 86% en juin (ANNEXE D-6) et met en évidence, comme l'an passé, un déséquilibre rarement observé à ce point sur l'ensemble de la zone.

L'étrille (*Necora puber*)

- Évolution temporelle des rendements

Les rendements se maintiennent à un niveau élevé et montre une tendance à la hausse depuis 2013 principalement lors de la campagne de juin (Figure D-21).

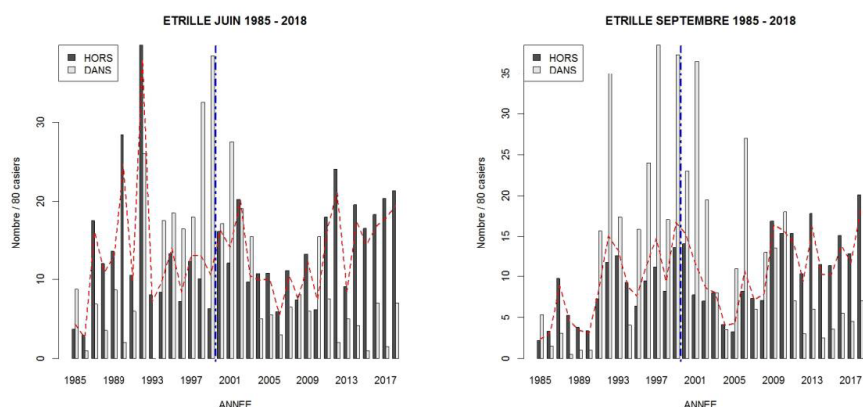


Figure D-21 : Evolution de l'abondance de l'étrille "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (- - globale). Le pointillé bleu correspond à l'année de création du cantonnement en 2000.

Cette année, ils sont respectivement de 20 et 19 individus pour 80 casiers selon qu'il s'agisse de la campagne de juin ou octobre. Les abondances sont beaucoup plus importantes dans la zone exploitée par les professionnels que dans celle interdite à la pêche.

DOMAINE HALIEUTIQUE : SURVEILLANCE DE LA PÊCHE CÔTIÈRE DES CRUSTACÉS

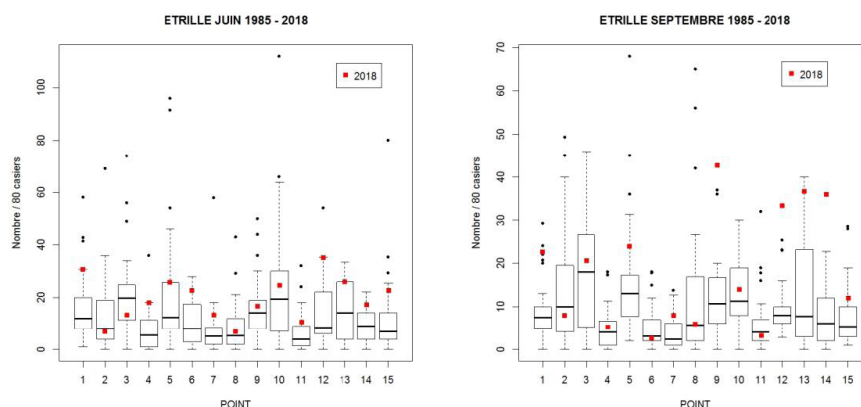


Figure D-22 : Evolution de l'abondance des étrilles par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-); la boîte englobe 50 % des valeurs (□); les moustaches, 80 % des valeurs (┘). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (●) indique l'année en cours.

Le rendement moyen le plus important est enregistré lors de la campagne de juin aux points 9 et 13 avec respectivement 43 et 37 individus pour 80 casiers (Figure D-22).

➤ Répartition des tailles

En 2018, la taille moyenne est de 50 mm. En dehors de quelques fluctuations interannuelles, l'étude des longueurs moyennes de l'étrille met en évidence une stabilité toute relative de la taille depuis une quinzaine d'années (Figure D-23) lors de la campagne de juin alors que sur une période beaucoup plus longue la tendance reste à la diminution quelle que soit la période étudiée.

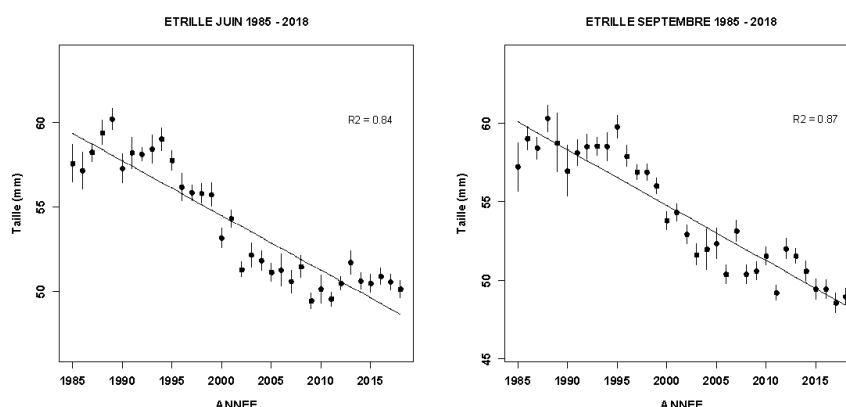


Figure D-23 : Evolution de la taille moyenne des étrilles depuis 1985.

En effet, on observe une diminution significative de la taille moyenne qui passe de 61mm en 1989 à 50 mm en 2018. C'est ainsi la seule espèce de la communauté étudiée à présenter une telle configuration sur le long terme.

La proportion d'individus dont la taille est supérieure à la taille commerciale est de 55%.

➤ Poids individuel

Le poids moyen (g) est calculé à partir des paramètres suivants :

les mâles : $a=61.10^{-5}$ et $b=3,024$

les femelles : $a=6.10^{-4}$ et $b=3,008$

Le poids moyen enregistré en 2018 est de 83 g sur l'ensemble des deux campagnes annuelles (Figure D-24). Il est proche de la valeur généralement observée depuis une quinzaine d'années lors de la campagne de juin alors qu'en septembre le poids moyen est proche du plus bas historique.

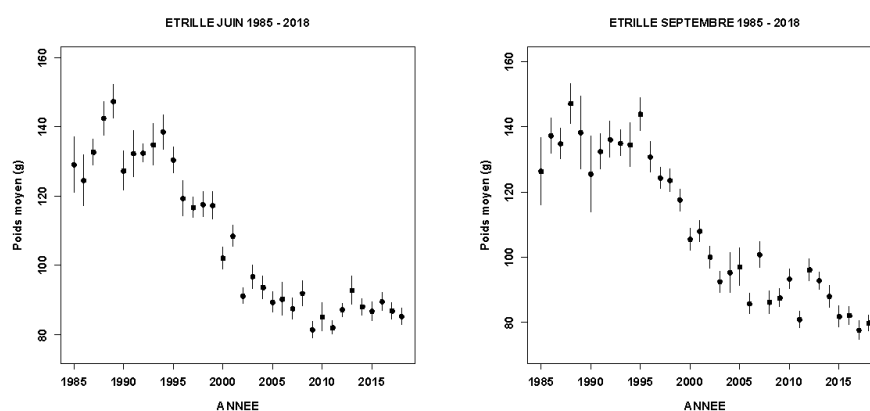


Figure D-24 : Evolution du poids moyen des étrilles capturées depuis 1985.

➤ Proportion des sexes

Comme chaque année, le sex-ratio des individus capturés (ANNEXE D-7) est déséquilibré en faveur des mâles (70%).

➤ Proportion d'individus mous

Le pourcentage d'individus en période de mue est de 16 % sur l'ensemble des deux campagnes ce qui correspond aux années précédentes.

Buccin et paguridés

Les filières 6, 7, 11 et 15 situées au sud du cap de Flamanville, représentent 83% des captures de buccins (ANNEXE D-8) lors de la campagne de juin. Très peu d'individus ont été capturés en septembre. La fraction échantillonnée se situe dans la partie supérieure du spectre de taille de la population. Ceci est dû à la sélectivité du maillage des casiers qui provoque une troncature importante de la distribution. Il permet en effet à la plupart des individus de moins de 5 cm de ressortir ou de passer au travers du maillage, principalement lors de la phase de remontée des casiers à bord du navire. Les rendements sont de 1,1 individu pour 10 casiers (Figure D-25) alors que ceux concernant les paguridés sont de 2 ind./10 casiers. Ces indices sont parmi les valeurs les plus faibles enregistrées depuis le début de la série historique.

DOMAINE HALIEUTIQUE : SURVEILLANCE DE LA PÊCHE CÔTIÈRE DES CRUSTACÉS

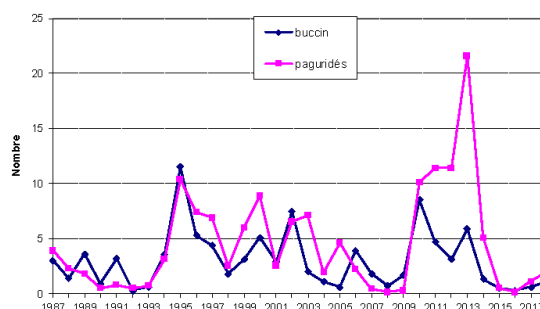


Figure D-25 : Rendements des bulots et paguridés en nombre d'individus pour 10 casiers.

D.2.2.3 ZONE DU CANTONNEMENT

Le homard

En 2018, les filières 2 et 8 ont des rendements respectifs de 106 et 78 homards pour 80 casiers lors de la campagne de juin et de 196 et 169 pour celle de début octobre. Les prélèvements réalisés au premier semestre mettent en évidence des captures plus faibles que lors de la seconde campagne dans cette zone avec des rendements souvent proches de la médiane.

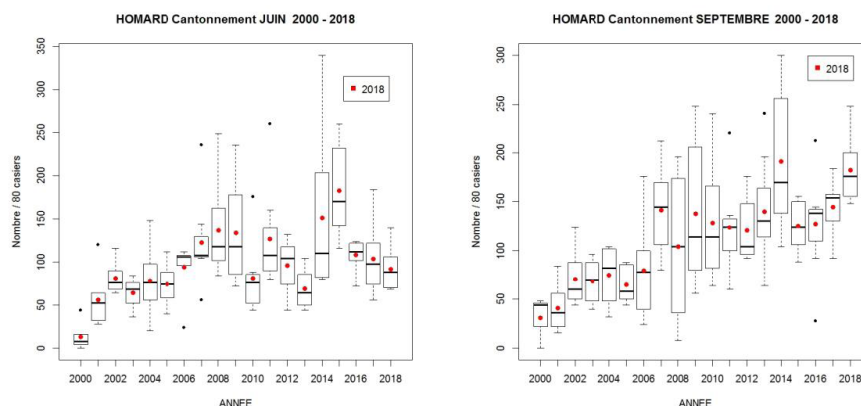


Figure D-26 : Evolution de l'abondance du homard par année de prélèvement depuis 2000. Le trait central représente la médiane (-); la boîte englobe 50 % des valeurs (□); les moustaches, 80 % des valeurs (┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (●) indique l'année en cours.

Le nombre de femelles œuvées capturées dans la réserve est de 11 ind./80 casiers lors de la campagne de juin et de 17 ind./80 casiers en octobre.

La taille moyenne γ est de 94 mm (Figure D-27) alors qu'à l'extérieur la majorité des individus ne dépasse pas les 84 mm (Figure D-11, p. 175) et sont pour la plupart immatures. Après une rapide et importante augmentation de la taille moyenne suite la création du cantonnement, il faut noter une stabilité relative de cette dernière depuis 2007.

DOMAINE HALIEUTIQUE : SURVEILLANCE DE LA PÊCHE CÔTIÈRE DES CRUSTACÉS

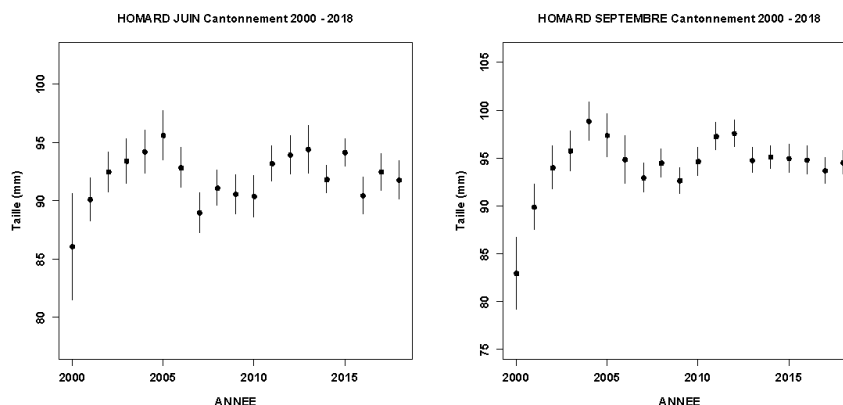


Figure D-27 : Evolution temporelle de la taille moyenne des homards dans le cantonnement depuis 2000.

- Le Tourteau

Les rendements sont particulièrement faibles cette année (Figure D-28) encore. Ils sont de 15 individus pour 80 casiers en juin et moins de quatre en octobre sur l'ensemble du cantonnement.

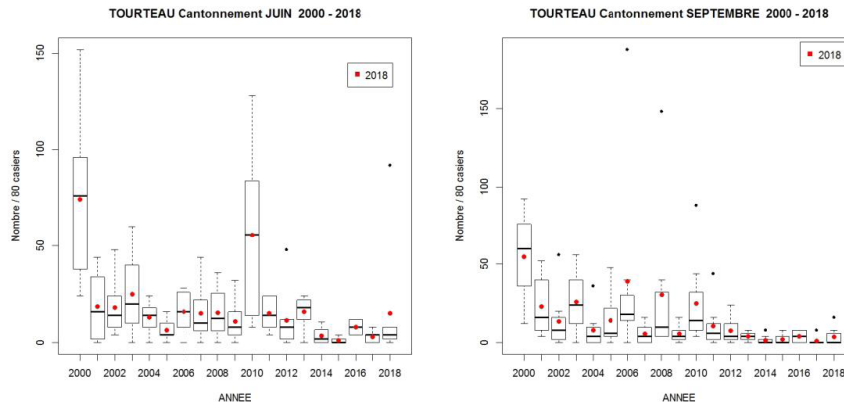


Figure D-28 : Evolution de l'abondance du tourteau par année de prélèvement depuis 2000. Le trait central représente la médiane (-); la boîte englobe 50 % des valeurs (□); les moustaches, 80 % des valeurs (┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (●) indique l'année en cours.

Ces abondances ont atteint un niveau particulièrement faible dans cette zone interdite à la pêche située juste devant le CNPE de Flamanville.

La Figure D-29 montre que la taille moyenne diminue cette année aussi bien en juin qu'en octobre. Toutefois le faible nombre d'individus capturés ne permet pas de donner à cette valeur une tendance représentative.

DOMAINE HALIEUTIQUE : CONCLUSION

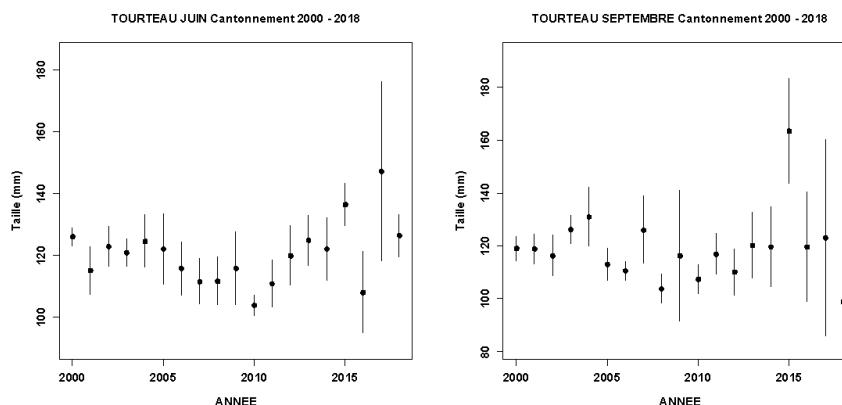


Figure D-29 : Evolution temporelle de la taille moyenne des tourteaux dans le cantonnement depuis 2000.

D.3 CONCLUSION

En ce qui concerne les **captures réalisées par les professionnels** on peut noter une augmentation significative des débarquements par rapport à 2016. Ces déclarations peuvent fluctuer annuellement en fonction du taux de retour des documents déclaratifs, mais aussi du nombre de navires qui peuvent fréquenter d'autres secteurs au cours de l'année. Bien que celui-ci soit encore perfectible, il semble qu'un nombre important de professionnels transmette de façon régulière leurs déclarations de captures. Dans la zone fréquentée par les navires de Goury à Barneville-Carteret, la production de pêche en 2017 a été d'environ 2500 tonnes. Cette quantité n'est probablement pas représentative de ce qui a été réellement débarqué dans la mesure où une partie des captures ne semble pas encore être enregistrée au moment de la rédaction du rapport 2018. Ainsi les quantités de homard n'augmentent pas alors que les professionnels indiquent encore cette année avoir réalisé une bonne saison même s'ils confirment une diminution du nombre de plus grands individus. Comme en 2015 et 2016 la diminution des captures est probablement due au retard dans la saisie des déclarations ou dans une moindre mesure de la non-exhaustivité du rendu de fiches déclaratives.

En conclusion, les variations interannuelles observées dans le domaine de la pêche côtière relèvent sans doute de phénomènes régionaux liés à un changement de stratégie des pêcheurs, à une adaptation aux besoins saisonniers de marchés ou bien encore aux variations des recrutements annuels de certaines espèces (nombre de jeunes individus constituant la nouvelle classe d'âge) dont les stocks dépassent largement l'empreinte de la zone étudiée. C'est ainsi le cas pour l'araignée qui arrive dans la golfe normand-breton à la fin du printemps ou du tourteau dont les femelles partent vers le large pour regagner les zones de ponte. **La seule analyse des statistiques de pêche provenant des déclarations de captures de la pêche professionnelle ne permet pas de conclure à un éventuel effet des rejets du CNPE de Flamanville sur cette activité.**

Depuis le début de la série temporelle des **pêches expérimentales**, les campagnes montrent que les abondances en **homard** sont cette année encore parmi les plus fortes jamais enregistrées. Ceci, même si l'on constate une légère et régulière diminution depuis trois ans en juin, a pour effet de maintenir les indices au plus haut niveau depuis 15 ans. De plus la tendance haussière est significative sur l'ensemble de la série historique. La taille moyenne est toujours inférieure à la taille marchande. Cette taille relativement faible associée à des abondances élevées ces dernières années montre qu'il existe

DOMAINE HALIEUTIQUE : CONCLUSION



un recrutement annuel important de jeunes individus capturés sur l'ensemble de la pêcherie depuis 2007. Cette évolution est amplifiée par le fait que l'engin de capture utilisé dispose d'une certaine sélectivité intrinsèque qui favorise l'échappement et provoque une troncature d'une partie de la population représentée par les plus jeunes individus dont la taille est inférieure à 70 mm. Il ne semble pas toutefois que la population profite encore cette année d'une augmentation du nombre de pré-recrues dont les densités avaient atteint des valeurs maximums en 2015-2016. Le renouvellement important de cette fraction du spectre de taille de la population, avait pour effet de maintenir la taille moyenne à un niveau bas. D'autre part l'effort de pêche important dans cette zone ne permet pas à la fraction composée des plus grands individus de se développer car ils sont rapidement pêchés dès qu'ils atteignent la taille légale de capture. Les jeunes homards représentent en 2018 un peu moins des trois quarts des captures effectuées dans cette zone exploitée par les caseyeurs. Le renouvellement régulier des individus, dans ce type d'habitat rocheux très favorable au développement des pré-recrues, pourrait provenir de la réserve, de métapopulations du Golfe normand breton par dispersion larvaire, d'une meilleure survie des larves en lien avec l'augmentation de la température ou d'une productivité accrue de la population. Nous avons en effet observé pour la première fois cette année une femelle de 72mm avec des œufs et il n'est pas rare maintenant de voir des femelles œuvées en dessous de 87mm. Il semble donc que la proportion de femelles matures augmente depuis quelques années ce qui favorise la production larvaire.

Le tourteau n'est plus la principale espèce capturée depuis plusieurs années et ceci peut être à cause de l'augmentation de l'abondance du homard dans les filières placées au sud de la réserve. Les captures exceptionnellement faibles enregistrées en octobre ont été confirmées par le professionnel qui avait, lui aussi, observé cette tendance depuis un an. Cette zone constitue pourtant un habitat favorable aux deux espèces qui cohabitent. Généralement une forte concentration en gros homards provoque un phénomène d'exclusion compétitive des tourteaux vis-à-vis probablement de la nourriture, ce qui se confirme aujourd'hui dans le cantonnement. Toutefois lorsque la concentration de tourteau dans un secteur est importante comme cela était le cas auparavant dans les filières 9, 10, 14, la compétition entre les deux espèces semblait s'équilibrer, ce qui n'est plus le cas aujourd'hui. La compétition territoriale a profité au homard dont les abondances au niveau de ces points augmentent régulièrement et dépassent cette année encore celles du tourteau.

Les araignées étaient présentes sur l'ensemble de la zone lors de la campagne du mois de juin et, comme en 2016 et 2017, des concentrations exceptionnelles de grands mâles ont été enregistrées au niveau de la filière 2 située dans la réserve. La taille des captures est proche de ce qui est observé depuis 1985 et les abondances se situent parmi les indices les plus hauts aussi bien en juin qu'en octobre.

La taille moyenne **des étrilles** capturées est toujours faible, mais semble stabilisée à 50 mm depuis plusieurs années. Elle correspond probablement au seuil de sélectivité de l'engin qui permet aux plus petits individus matures de s'échapper en partie du casier. Cette fraction de la population étant mal échantillonnée, il est difficile d'estimer son effet sur la population présente dans le secteur. Toutefois la taille moyenne relativement faible, l'absence de pêche dirigée vers cette espèce, ainsi que des abondances situées dans la partie supérieure de ce qui est observé depuis plusieurs années montent qu'il existe certainement un bon recrutement annuel. Quant à la diminution de la taille moyenne sur le long terme, il est impossible à partir des échantillons prélevés, d'avancer une explication.

Dans le cantonnement, un certain nombre de points peuvent être mis en avant :

- 1) Les trois premières années qui ont fait suite à la mise en place de la réserve ont permis de mettre en évidence une augmentation importante, régulière et significative du nombre de homards dans la zone protégée. Cette tendance est beaucoup moins évidente ces dernières

DOMAINE HALIEUTIQUE : CONCLUSION



années et semble représenter un palier situé autour des 150 individus pour 80 casiers qu'il semble difficile de franchir de façon durable. Les captures de homards sont encore importantes cette année et sont au plus haut depuis la création de la réserve. Cependant la campagne de juin montre qu'il existe une stabilité des rendements à un niveau bas tel qu'il était observé en 2004. Ces observations sont difficiles à expliquer dans la mesure où il n'existe pas de pêche dans ce secteur et que même s'il existe un peu de braconnage, celui-ci est plutôt limité.

Le nombre de femelles œuvées y est plus élevé qu'à l'extérieur. Ce qui devrait contribuer à une plus forte production de larves, favorisant selon les courants, la population de la réserve, les zones proches ainsi que la connectivité entre les populations avoisinantes.

La taille moyenne élevée montre que la population capturable dans le cantonnement est composée principalement de gros individus. Leur domination territoriale a certainement pour effet de chasser les plus jeunes vers l'extérieur. Ceci pourrait expliquer l'augmentation des abondances en homard dans les filières situées au sud de la zone. L'année 2018 confirme cette hypothèse.

- 2) Les rendements en tourteaux diminuent encore cette année et les captures deviennent insignifiantes dans cette zone. Malgré une forte houle d'ouest en juin, généralement plus favorable au déplacement des tourteaux qu'aux homards, les captures n'ont pas été représentatives de ce qui était observé précédemment en 2008 et 2010. L'absence de tourteau cette année, vient renforcer l'idée que les individus sont exclus de la zone par les homards qui cherchent un habitat susceptible de les protéger. La faiblesse des captures met aussi en évidence une compétition par rapport à la nourriture à laquelle les homards accèdent prioritairement. La population de tourteaux, qui est encore dans la réserve, ne rentre plus dans les casiers alors que le nombre de homards capturé est sensiblement identique d'une année sur l'autre.

L'étude du compartiment de la macrofaune halieutique réalisée dans le cadre de la surveillance du CNPE de Flamanville, ne permet pas de conclure à l'existence d'un effet des rejets d'eau sur la communauté des crustacés capturés pendant les campagnes expérimentales.

DOMAINE HALIEUTIQUE : ANNEXES



D.4 ANNEXES

ANNEXE D-4 : Résultats des pêches expérimentales de homard en 2018

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne (cm)	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	65	30	32	3	8,6	429	46
Filière 2	106	64	31	11	8,8	466	60
Filière 3	186	99	80	7	8,2	358	53
Filière 4	40	22	15	3	9,1	529	55
Filière 5	229	119	105	5	7,7	299	52
Filière 6	90	44	42	4	8,5	411	49
Filière 7	38	21	15	2	8,4	411	55
Filière 8	78	45	21	12	9,6	620	58
Filière 9	134	55	71	8	8,4	387	41
Filière 10	108	54	51	3	8,4	400	50
Filière 11	54	32	21	1	8,7	465	59
Filière 12	58	28	26	4	8,5	407	48
Filière 13	74	36	37	1	8,5	416	49
Filière 14	115	57	56	2	8,1	345	50
Filière 15	66	35	30	1	8,1	358	53
Sous total	1441	741	633	67	8,4	397	51

OCTOBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne (cm)	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	39	23	15	1	8,6	436	59
Filière 2	196	98	80	18	9,1	511	50
Filière 3	187	85	93	9	8,0	330	45
Filière 4	28	15	11	2	8,7	466	54
Filière 5	258	123	119	16	7,8	308	48
Filière 6	52	35	16	1	8,7	447	67
Filière 7	38	22	15	1	8,7	439	58
Filière 8	169	80	54	35	9,8	646	47
Filière 9	174	82	83	9	8,2	359	47
Filière 10	132	68	53	11	8,4	388	52
Filière 11	19	13	6		9,2	602	68
Filière 12	47	12	31	4	8,5	399	26
Filière 13	75	34	40	1	8,7	446	45
Filière 14	92	46	39	7	8,3	377	50
Filière 15	74	36	34	4	8,4	392	49
Sous total	1580	772	689	119	8,5	419	49

Total	3021	1513	1322	186	8,5	408	50%
-------	------	------	------	-----	-----	-----	-----

DOMAINE HALIEUTIQUE : ANNEXES



Annexe D-5 : Résultats des pêches expérimentales de tourteau en 2018

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Largeur céphalothoracique moyenne (cm)	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	61	37	24	12.4	336	61
Filière 2	4	3	1	10.4	162	75
Filière 3	20	10	10	11.5	243	50
Filière 4	60	37	23	13.1	396	62
Filière 5	27	13	14	11.4	259	48
Filière 6	61	30	31	13.9	464	49
Filière 7	61	43	18	12.8	394	70
Filière 8	26	26		13.0	370	100
Filière 9	71	43	28	11.1	233	61
Filière 10	72	33	39	11.2	246	46
Filière 11	70	37	33	13.0	398	53
Filière 12	84	44	40	12.9	376	52
Filière 13	113	56	57	10.8	224	50
Filière 14	131	60	71	11.0	229	46
Filière 15	65	34	31	14.3	497	52
Sous total	926	506	420	12.2	324	55

OCTOBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Largeur céphalothoracique moyenne	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	38	20	18	13.9	472	53
Filière 2	4	2	2	9.4	117	50
Filière 3	15	13	2	10.3	167	87
Filière 4	38	18	20	14.9	567	47
Filière 5	34	21	13	11.3	268	62
Filière 6	16	11	5	14.6	539	69
Filière 7	41	19	22	14.0	477	46
Filière 8	3	3		10.5	178	100
Filière 9	83	43	40	11.2	239	52
Filière 10	51	27	24	11.0	222	53
Filière 11	20	8	12	15.2	583	40
Filière 12	67	38	29	13.9	476	57
Filière 13	69	30	39	12.1	315	43
Filière 14	82	56	26	11.4	271	68
Filière 15	35	15	20	13.4	399	43
Sous total	596	324	272	12.5	357	54

Total	1522	830	692	12.3	337	55%
--------------	-------------	------------	------------	-------------	------------	------------

DOMAINE HALIEUTIQUE : ANNEXES



ANNEXE D-6 : Résultats des pêches expérimentales d'araignée en 2018

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus de taille commerciale	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	57	50	4	3	12.3	60	88
Filière 2	76	68		8	13.3	83	89
Filière 3	57	49	6	2	11.7	53	86
Filière 4	45	42	3		11.7	49	93
Filière 5	62	40	20	2	11.2	45	65
Filière 6	55	38	14	3	10.2	33	69
Filière 7	32	28	3	1	10.8	41	88
Filière 8	42	40		2	13.2	81	95
Filière 9	48	48			13.1	83	100
Filière 10	52	51	1		12.5	73	98
Filière 11	73	51	19	3	9.6	33	70
Filière 12	46	46			12.3	61	100
Filière 13	44	41	2	1	12.2	59	93
Filière 14	34	34			12.9	74	100
Filière 15	108	89	17	2	11.0	49	82
Sous total	831	715	89	27	11.8	57	86

OCTOBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus de taille commerciale	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	200	89	110	1	10.7	25	45
Filière 2	4	3	1		8.0	0	75
Filière 3	1	1			8.4	0	100
Filière 4	319	143	176		11.3	37	45
Filière 5	2	2			8.2	0	100
Filière 6	96	42	54		9.4	19	44
Filière 7	147	70	77		10.6	29	48
Filière 8	4	2	2		6.9		50
Filière 9	2	2			8.3	0	100
Filière 10	3	2	1		8.0	0	67
Filière 11	161	73	88		10.2	18	45
Filière 12	126	58	68		10.0	13	46
Filière 13	13	9	4		8.8	15	69
Filière 14	10	5	5		8.7	10	50
Filière 15	29	19	10		8.0	7	66
Sous total	1117	520	596	1	10.4	25	47

Total	1948	1235	685	28	11.0	39%	63%
--------------	-------------	-------------	------------	-----------	-------------	------------	------------

DOMAINE HALIEUTIQUE : ANNEXES



ANNEXE D-7 : Résultats des pêches expérimentales d'étrille en 2018

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	46	22	14	10	5.0	9	48
Filière 2	7	4	2	1	5.4	0	57
Filière 3	20	16	1	3	5.3	30	80
Filière 4	27	19	7	1	4.8	26	70
Filière 5	38	28	8	2	5.0	21	74
Filière 6	34	25	6	3	5.0	24	74
Filière 7	20	17	3		4.9	35	85
Filière 8	7	5	1	1	5.4	29	71
Filière 9	25	14	8	3	5.1	24	56
Filière 10	37	25	10	2	5.1	8	68
Filière 11	16	11	4	1	5.0	31	69
Filière 12	53	38	11	4	4.9	15	72
Filière 13	39	23	12	4	4.9	26	59
Filière 14	26	16	8	2	5.0	12	62
Filière 15	34	29	3	2	5.1	21	85
Sous total	429	292	98	39	5.0	20	68

OCTOBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	34	23	11		4.6	29	68
Filière 2	8	7	1		5.1	13	88
Filière 3	31	26	5		4.7	0	84
Filière 4	8	3	5		4.7	13	38
Filière 5	36	28	8		4.9	8	78
Filière 6	4	4			4.8	25	100
Filière 7	12	10	2		4.9	0	83
Filière 8	6	5	1		5.5		83
Filière 9	64	43	21		5.1	13	67
Filière 10	21	15	6		5.0	10	71
Filière 11	5	5			4.4	0	100
Filière 12	50	29	21		4.9	22	58
Filière 13	55	39	16		4.9	11	71
Filière 14	54	40	14		4.9	13	74
Filière 15	18	15	3		4.7	11	83
Sous total	406	292	114	0	4.9	13	72

Total	835	584	212	39	5.0	16%	70%
--------------	------------	------------	------------	-----------	------------	------------	------------

DOMAINE HALIEUTIQUE : ANNEXES



ANNEXE D-8 : Résultats des pêches des autres espèces en 2018

Filière	Nombre de casiers relevés			Nombre de buccins pêchés			Nombre de pagures pêchés		
	Juin	Octobre	Total	Juin	Octobre	Total	Juin	Octobre	Total
1	120	120	240	14	0	14	38	0	38
2	80	80	160	0	0	0	0	0	0
3	120	120	240	0	0	0	2	0	2
4	120	120	240	30	1	31	234	0	234
5	120	120	240	0	0	0	6	0	6
6	120	120	240	2	1	3	14	0	14
7	120	120	240	50	6	56	76	1	77
8	80	80	160	0	0	0	0	0	0
9	120	120	240	0	0	0	0	0	0
10	120	120	240	0	0	0	0	0	0
11	120	120	240	136	15	151	136	4	140
12	120	120	240	0	0	0	2	0	2
13	120	120	240	0	0	0	6	0	6
14	120	120	240	0	0	0	2	0	2
15	120	120	240	30	5	35	12	0	12
Total	1720	1720	3440	262	28	290	528	5	533



E CONCLUSION GÉNÉRALE

E.1 LES PARTICULARITÉS ENVIRONNEMENTALES

Sur le plan des températures atmosphériques, l'année 2018 se caractérise par une moyenne annuelle de l'air élevée (12,38 °C) supérieure à la moyenne enregistrée sur la période 1949-2018 (11,66 °C), résultant de moyennes mensuelles et trimestrielles généralement supérieures aux moyennes saisonnières, aux seules exceptions des mois de février et mars.

Le cumul annuel des précipitations (681 mm) apparaît comme légèrement déficitaire (-42 mm) au cumul moyen enregistré sur la période 1949-2018 (723 mm).

Le cumul d'insolation annuelle (1855 heures) est quant à lui supérieur à la moyenne annuelle enregistrée depuis 1986 (1657 heures). Les mois de juillet et d'octobre ont été particulièrement ensoleillés.

Ces conditions se sont traduites, au sein des masses d'eau littorales, par une dominante thermique classant l'année 2018 parmi les 6 années les plus chaudes, avec un écart de + 0.49 °C au-dessus de la moyenne journalière 1986-2018 (le record étant toujours détenu par l'année 2014 avec un écart à la moyenne de 1.06 °C).

E.2 LE COMPARTIMENT PÉLAGIQUE

E.2.1 HYDROLOGIE, PHYSICO-CHIMIE, CHIMIE

Pour 2018, les **paramètres suivis** dans le cadre de la surveillance du compartiment pélagique ne présentent pas de profils atypiques en regard de ce qui est habituellement observé. Les différences spatiales entre les points de suivis (et le point *Référence* en particulier) mettent le plus souvent en évidence un gradient côte-large caractéristique de la variabilité naturelle du milieu à Flamanville.

Les **températures** relevées en 2018 ne s'écartent pas de la gamme de variabilité saisonnière habituelle observée depuis 1987 sur les 3 points de suivi. Les écarts thermiques enregistrés sur les 3 points sont significatifs quel que soit la saison. Toutefois, les exigences sur l'échauffement thermique sont bien respectées, comme en témoignent les taux de dilutions calculés (> 75%). Aucune anomalie ou particularité n'est perceptible à travers le paramètre **salinité**. L'**oxygène dissous**, pris en compte depuis 2016, est cohérent avec la valeur de référence pour la DCE fixée à 8,33 mg/L pour la Manche-Atlantique.

Les concentrations saisonnières en **sels nutritifs** sont conformes au cycle saisonnier attendu et classiquement observé sur les côtes de la Manche Orientale, avec des fortes concentrations au printemps, restreintes pendant l'été suite à l'utilisation des stocks par le phytoplancton suivi par une nouvelle augmentation au cours de la période automnale liée aux processus de régénération et aux apports par les bassins versants.

Pour la seconde année consécutive, des concentrations estivales élevées en **MES** ont été observées, plus restreintes à la côte (*Canal, Rejet*). Comme en 2017, les mesures de **turbidité** par néphélométrie, mise en place depuis 2016, ne corroborent pas les niveaux de MES observés en été. En dehors de ce cas particulier la variabilité spatiale pour ces paramètres est conforme à ce qui est généralement observé sur le littoral.

CONCLUSION GÉNÉRALE : LE COMPARTIMENT PÉLAGIQUE



Concernant les **éléments chimiques (Hydrazine et Ethanolamine)**, les concentrations sont systématiquement restées inférieures à la limite de quantification sur l'ensemble de la zone et ceci au cours des trois périodes d'échantillonnage.

Les activités et rejets du CNPE n'affectent pas de façon générale la distribution et les variations saisonnières des paramètres étudiés autres que la température. Les caractéristiques hydrologiques intrinsèques du milieu n'apparaissent donc pas modifiées de manière sensible et significative.

E.2.2 PHYTOPLANCTON

Que ce soit au travers des indicateurs de biomasse (chlorophylle a, télédétection) ou de productivité primaire (rETR et Ymax), l'activité phytoplanctonique en 2018 ne se distingue pas particulièrement de celle des années précédentes. Au point rejet, le maximum de biomasse a été observé au printemps avec un peuplement phytoplanctonique en bon état écologique. En été, ce point enregistre la plus forte valeur de production primaire depuis 2007.

Sur le plan de la composition et de l'organisation du peuplement, les abondances de microphytoplancton sont cohérentes avec celles observées les années précédentes. Le gradient d'abondance de la côte vers le large en automne observé chaque année se confirme. Le microphytoplancton apparaît toujours dominé à plus de 95 % par les diatomées, les dinoflagellés atteignant difficilement 5 % en période estivale. On peut noter la présence structurante et dominante des Cryptophyceae (nanophytoplancton) lors des campagnes réalisées au printemps et en automne.

La succession des communautés phytoplanctoniques observées à proximité du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2018 est conforme à ce qui est historiquement observé. La variabilité spatiale observée entre les stations est principalement liée à l'évolution des conditions environnementales (e.g. concentrations en sels nutritifs, lumière, turbulence...) le long du gradient côte large.

Le cycle saisonnier du phytoplancton ainsi que la structure des communautés phytoplanctoniques observés en 2018 ne présentent pas de caractéristiques pouvant être reliée à l'activité du CNPE de Flamanville.

E.2.3 MICROBIOLOGIE

En 2018, les germes aérobies revivifiables ne se démarquent pas dans la série historique. La même tendance s'observe au large comme sur les points côtiers *Rejet* et *Canal*. Le cycle saisonnier des vibrions halophiles observé en 2018 est assez conforme à ce qui est connu sur ce site. Les points les plus côtiers (*Canal*, *Rejet*) sont préférentiellement propices au développement des vibrions cultivables au cours de l'année. On peut noter, en 2018, une apparition précoce au printemps des premiers vibrions sur le point Rejet à des niveaux relativement faibles (5 UFC/L). Une telle situation est assez rare et ne s'était produite qu'en 2014.

L'étude de l'ensemble des paramètres (Germes aérobies revivifiables et *Vibrio* spp.) du compartiment microbiologique n'a pas mis en évidence, au cours de l'année 2018, de modifications significatives du milieu pouvant être mises en relation avec l'activité du CNPE de Flamanville.

E.2.4 ZOOPLANCTON

En 2018, les abondances zooplanctoniques estivales et automnales étaient plus faibles que ce qui est habituellement observé sur le site de surveillance depuis 1987. Toutefois, la variabilité interannuelle est à interpréter avec précaution du fait du pas d'échantillonnage (3 × an).

La composition et la succession des espèces restent classiques. Le **méroplancton** domine la communauté zooplanctonique au printemps. Elle représente cette année plus de 80 % du zooplancton total du fait de la prolifération des larves pélagiques de cirripèdes (balanes) et de bryozoaires.

CONCLUSION GÉNÉRALE



L'**holoplancton** domine largement le zooplancton en été et à l'automne (82 à 93 %) en étant essentiellement caractérisé par les copépodes.

Chacune des espèces zooplanctoniques observées cette année respectent, pour ce que peut montrer cette analyse de trois campagnes annuelles, leur répartition saisonnière habituelle et sont caractéristiques des milieux tempérés de la Manche et de la baie sud de la Mer du Nord. Aux trois périodes d'observations, les valeurs enregistrées au niveau du rejet en mer s'inscrivent dans l'intervalle de celles des points *canal* et *référence*. **L'influence des rejets du CNPE de Flamanville n'est donc pas décelable par la variabilité spatio-temporelle de la population zooplanctonique.**

E.3 LE COMPARTIMENT BENTHIQUE

E.3.1 PHYTOBENTHOS INTERTIDAL

La biomasse annuelle moyenne de *Fucus serratus* évaluée en 2018 sur le platier de Diélette reste, comme en 2017, à ses niveaux les plus bas de la série historique. Les valeurs observées en mars et en septembre sont faibles et largement inférieures aux moyennes. Conformément au développement de l'espèce, la biomasse algale reste plus forte en fin d'été qu'en fin d'hiver. Toutefois l'écart entre ces valeurs saisonnières se réduit irrémédiablement au fil des ans, c'est particulièrement perceptible à travers les comparaisons réalisées avec les sites de Paluel (Seine-Maritime) et de Guissény (Bretagne nord).

Les pourcentages de *Fucus serratus* plus ou moins fertiles évalués en mars, juin et septembre 2018 à Flamanville restent dans la gamme des valeurs habituellement observées depuis 1983 sur ce site.

E.3.2 ZOOBENTHOS INTERTIDAL

Le **recrutement** des cirripèdes évalué à proximité du CNPE de Flamanville en 2018 est en augmentation. Les cirripèdes juvéniles sont relativement plus nombreux en 2018 qu'en 2017 à toutes les stations. Les **densités** moyennes de cirripèdes évaluées en septembre 2018 se maintiennent dans des valeurs basses, bien qu'une tendance à l'augmentation soit à nouveau perçue à Diélette ainsi qu'au Rozel.

Les températures relativement fraîches en 2018 ont pu favoriser la reproduction et le développement de *Semibalanus balanoides*. Malgré une diminution de ses densités depuis 1983, cette espèce reste néanmoins dominante sur les estrans de la région de Flamanville depuis le début des observations. Le genre *Chthamalus*, représenté par *Chthamalus montagui* et *Chthamalus stellatus*, est beaucoup moins abondant.

Quelque soit les paramètres suivis dans le domaine benthique (Fuciales de Diélette ou Cirripèdes de la région de Flamanville), les résultats des observations faites au cours de l'année 2018 ne permettent pas de mettre en évidence d'influence directe de l'activité ou des rejets de la centrale.

E.4 LE COMPARTIMENT HALIEUTIQUE

Le suivi des larves de crustacés montre que pour l'araigné de mer les stades zoé présentent des abondances similaires à 2017 et confirme la tendance des plus fortes abondances observées depuis ces dernières années. Les stades mégaloopes se situent à des niveaux bas, similaires à ce qui était observé les années précédentes.

CONCLUSION GÉNÉRALE : LE COMPARTIMENT HALIEUTIQUE



Pour la seconde année consécutive, la répartition des larves de homard montre des niveaux très bas sur le *point 3* en opposition à des abondances plus élevées sur le point *référence*. La période d'échantillonnage, centrée sur l'araignée de mer, peut être à l'origine d'un biais, mais la probabilité d'une baisse généralisée des abondance en 2018 ne peut être exclue.

L'analyse des activités de pêches professionnelles de l'année 2017 révèle une augmentation significative des débarquements conduisant à une production de pêche d'environ 2500 tonnes. Cette quantité n'est probablement pas représentative de ce qui a été réellement débarqué dans la mesure où une partie des captures ne semble pas encore être enregistrée au moment de la rédaction du rapport 2018

les variations interannuelles observées dans le domaine de la pêche côtière relèvent sans doute de phénomènes régionaux liés à un changement de stratégie des pêcheurs, à une adaptation aux besoins saisonniers de marchés ou bien encore aux variations des recrutements annuels de certaines espèces dont les stocks dépassent largement le périmètre de la zone étudiée. C'est ainsi le cas pour l'araignée qui arrive dans la golfe normand-breton à la fin du printemps ou du tourteau dont les femelles partent vers le large pour regagner les zones de ponte. **La seule analyse des statistiques de pêche provenant des déclarations de captures de la pêche professionnelle ne permet pas de conclure à un éventuel effet des rejets du CNPE de Flamanville sur cette activité.**

Les résultats acquis dans le cadre des pêches expérimentales montrent que les abondances en **homard** sont en 2018 encore parmi les plus fortes jamais enregistrées avec pour effet de maintenir les indices au plus haut niveau depuis 15 ans. Cependant la taille moyenne reste toujours inférieure à la taille marchande, ce qui tendrait à démontrer des bénéfices limités pour la population de homard. L'effort de pêche important dans cette zone ne permettrait pas à la fraction composée des plus grands individus de se développer au sein du peuplement car rapidement pêchés dès qu'ils atteignent la taille légale de capture. D'autre part il semble que la proportion de femelles matures augmente depuis quelques années (il n'est pas rare maintenant de voir de jeunes femelles œuvées en dessous de 87mm) ce qui favorise la production larvaire.

Bien que la zone de cantonnement constitue un habitat favorable aux deux espèces qui habituellement cohabitent, une compétition spatiale favorable au homard se traduit progressivement par une diminution des effectifs de **tourteaux**. A contrario, la population d'**araignées** offre des performances de croissance et d'effectifs qui lui confère en 2018 des indices parmi les plus élevés de la série historique, proches de ceux mesurés en 1985.

En conclusion, le suivi écologique et halieutique réalisé à proximité du CNPE de Flamanville en 2018, ne permet pas de mettre en évidence d'influence particulière du fonctionnement du CNPE sur les différents compartiments pélagiques, benthiques et halieutiques.

BIBLIOGRAPHIE



F BIBLIOGRAPHIE

Avertissement : Les références bibliographiques citées ci-dessous sont reprises des rapports annuels de surveillance du CNPE de Flamanville des années précédentes dans lesquels ils ont été cités au moins une fois.

ABARNOU A., 1981.- Trihalométhanes formés par chloration de l'eau de mer. *In* : 2èmes journées de la thermo-écologie, Nantes, 14-15 novembre 1979. Electricité de France Ed., 247-266.

ABARNOU, A., 1981.- Aspects chimiques de la chloration de l'eau de mer. Rapport ISTPM, 92 pp.

ABARNOU, A., GUILLAUD, J-F., MIOSSEC, L., BATT, A. 1990.- La chloration des effluents urbains avant rejet en mer. Rapports scientifiques et techniques de l'Ifremer. N°20, 167 pp.

AGOUMI, A., ENDERLE, M.J. & GRAS, R.A. 1983.- Modélisation du régime thermique de la Manche. *Oceanologica Acta*, 6, (4) 393-406

ALDEBERT (Y.), 1975.- Comparaison des rendements du "Bongo".- Rapport FAO - ISTPM.

AMINOT A., CHAUSSEPIED M. 1983.- « Manuel des analyses chimiques en milieu marin » *Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO)*, Brest, 395 pp.

AMINOT A., KEROUEL R., 2004.- Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Ed. Ifremer, 336 p.

ARBAULT S. et LACROIX N., 1975.- Essais comparatifs des pouvoirs de capture de deux filets à plancton (GULF III encasé et Bongo).- *Cons. int. Explor. Mer*, Comité des poissons pélagiques (sud), J:8.

ARMSTRONG, F.A.J., BUTLER, E.I. & BOALCH, G.T. 1972.- Hydrographic and nutrient surveys in the western English Channel during 1963 and 1964. *Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom*, 52, 915-930

BENTLEY, D. & MAILLARD-QUISTHOUDT, C. 1990 « Hydrographic and nutrient surveys in the western English Channel during 1963 and 1964 ». *Journal pour la Recherche Océanographique*, 15, (3/4) 135-141

BIGOT (J.L.), 1979.- Identification des zoés de tourteau (*Cancer pagurus*, L.) et d'étrille (*Macropipus puber*, L.).- Comparaison avec d'autres zoés de morphologie très voisine.- *Cons. int. Explor. Mer*, Comité de l'océanographie biologique, L:17.

BROUARDEL, J., RINCK, E. 1963.- « Mesure de la production organique en Méditerranée, dans les parages de Monaco, à l'aide du 14C » *Ann. Inst. Océanogr. Monaco*, n. Sér., 40 (2) :109-164.

CABIOC'H J., et AL. 1992. Guide des algues des mers d'Europe. Ed. Delachaux et Nestlé, 232 p.

COCHLAN W.P., 1986. Seasonal study of uptake and regeneration of nitrogen on the scotian shelf. . *Continental Shelf Research* 5, 555-577

DETER J., LOZACH, S., DERRIEN, A., VÉRON, A., CHOLLET, J. and HERVIO-HEATH, D. (2010a) Chlorophyll *a* might structure a community of potentially pathogenic culturable Vibrionaceae. Insights from a one-year study of water and mussels surveyed on the French Atlantic coast. *Environmental Microbiology Reports* 2, 185-191.

DETER, J., LOZACH, S., VERON, A., CHOLLET, J., DERRIEN, A. AND HERVIO-HEATH, D. (2010b) Ecology of pathogenic and non-pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* on the French Atlantic coast. Effects of temperature, salinity, turbidity and chlorophyll *a*. *Environmental Microbiology* 12, 929-937.

ERICKSON, S. J. et FREEMAN, A. E., 1978 Toxicity screening of fifteen chlorinated and brominated compounds using four species of marine phytoplankton. *In* : *Water Chlorination*. vol. 2., 307-310. Jolley et al. Ed.

BIBLIOGRAPHIE : LE COMPARTIMENT HALIEUTIQUE



FRONTIER, 1972.- Calcul de l'erreur sur un comptage de zooplancton. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 8, pp. 121-132

GENESTE C., 1999.- Infections à vibrions non cholériques : étude des cas survenus en France métropolitaine et identifiés par le Centre National de Références des vibrions et du choléra, de 1995 à 1998. *Thèse de Doctorat en Médecine*, 74 pp.

GENTILHOMME, V., LIZON, F. 1998.- « Seasonal cycle of nitrogen and phytoplankton biomass in a well-mixed coastal system (Eastern English Channel). *Hydrobiologia*. 361 : 191-199.

GOHIN, F., DRUON, J-N., LAMPERT, L., 2002. « A five channel chlorophyll concentrations applied to SeaWiFS data processed by SeaDAS in coastal waters ». *Int. J. Remote Sensing*. Vol. 23 N°8, 1639-1661.

GOHIN, F., LAMPERT, L., GUILLAUD, J-F., HERBLAND, A., NEZAN, E., 2003. « Satellite and in situ observation of the late winter phytoplankton bloom, in the northern Bay of Biscay ». *Continental Shelf Research* 23, 1117-1141.

IPCC, 2001. Climate change 2001, Synthesis report, Watson R. T. and the Core Writing Team Editors, Cambridge University Press, Cambridge U.K., New-York U.S.A., 1-111.

JOLY F., 1939.- Le Littoral du Cotentin, étude de géographie physique. in : *Annales de géographie*. 1939, t. 48, n° 273, pp 225-234.

JONES, S.R. & JEFFS, T.M. 1991.- « Near surface sea temperatures in coastal waters of the North Sea, English Channel and Irish Sea ». *Fisheries Research Data Report*, n°24

JOSSI (J.W.), MARAK (R.R.) et PETERSON (H.), 1975.- At-sea data collection and laboratory procedures.- Marmap survey I manual, Marmap Programm Office, National Marine Fisheries Service édit., Washington.

KILHAM, P., KILHAM, S.S. 1980.- « The evolutionary ecology of phytoplankton » In. Morris I. (ed.). *The physiological ecology of phytoplankton*. Pp. 571-597. *Blackwell Scientific Publications*. Oxford.

KLEIN, B. ET SOURNIA, A. 1987.- « A daily study of the diatom spring bloom at Roscoff (France) in 1985. II. Phytoplankton pigment composition studied by HPLC analysis » *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 37 : 265-275.

LAANE, R.W.P.M. 1992.- « Background concentrations of natural compounds ». *Ministry of transport, Public Works and Water Management*, Report DGW-92.033

LABRY, C., HERBLAND, A., DELMAS, D., LABORDE, P., LAZURE, P., FROIDEFOND, J-F., JEGOU, A-M., SAUTOUR, B., 2001. Initiation of winter phytoplankton blooms within Gironde plume waters in the Bay of Biscay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 212, 117-130.

LAMPERT, L. 2001.- « Dynamique saisonnière et variabilité pigmentaire des populations phytoplanctoniques dans l'Atlantique Nord (Golfe de Gascogne) ». Thèse de troisième cycle, *Université de Bretagne Occidentale*. 328 pp.

L'HELGUEN, S., MADEC, C. ET LE CORRE, P., 1993.- « Nutrition azotée du phytoplancton dans les eaux brassées de la Manche Occidentale ». *Océanologie Acta* 16, 653-660

LORENZEN, C.J. 1966.- « A method for the continuous measurements of *in vivo* chlorophyll concentrations ». *Deep-Sea Res.* 13: 223-227.

LUMBY, J.R. 1935.- « Salinity and temperature of the English Channel ». *Fishery Investigations, series II*, vol. XIV, n°3.

LUND, J.W.G., KIPLING, C., LE CREN, E.D. 1958.- « The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting ». *Hydrobiologia* 11 : 143-178

MALHERBE, J.F. & MANOHA, B. 1977.- « Centrale de Flamanville-Avis C ; Influence courantologique et thermique ». *Electricité De France, Direction des études et recherches*, HE041/77.013

BIBLIOGRAPHIE



MARTIN J. & PLANQUE B., 2006. Variability in the onset of hatching of *Maja brachydactyla* Balss, 1922 (Brachyura: Majidae) in the English channel in relation to sea temperature. *Invertebrate Reproduction and Development* 49 (3), 143-150.

<http://archimer.ifremer.fr/doc/2006/publication-1349.pdf>

MASTAIL M. & BATTAGLIA A., 1978. Amélioration de la conservation des pigments du zooplancton, *Cons. Int. Explor. Mer*, L:20.

MAUCHLINE J., 1998.- The biology of calanoid copepods. *Advances in Marine Biology* 33: 1-710

MIOSSEC L., 2002.- Les vibrions pathogènes pour l'homme : le risque associé au milieu marin en France. *Rapport scientifique et technique Ifremer*, RST. DEL/02.02/MIC. 48 pp.

MOTODA S., (1959). Devices of simple plankton apparatus. *Memoirs. Faculty of Fisheries. Hokkaido University* 7, 73-94

NICHOLS (J.H.), BENNET (D.B.) et LAWRENCE (A.), 1980.- A study of some problems relating to quantitative sampling of lobster larvae, *Homarus gammarus* (L.) - *Cons. int. Explor. Mer*, Comité des Crustacés, L:14.

OBERBECKMANN, S., WICHELS, A., WILTSHIRE, K.H. AND GERDTS, G. (2010) Occurrence of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio alginolyticus* in the German Bight over a seasonal cycle. *Antonie Van Leeuwenhoek* 100, 291-307.

PINGREE, R.D. & MADDOCK, L. 1977.- « Tidal residuals in the English Channel ». *Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom*, 57, 339-354

POULARD, J.C. & AL, SIH-C., 2007.- « Poissons et invertébrés au large des côtes de France. Indicateurs issus des pêches scientifiques ». Bilan 2004. Ifremer, Nantes, EMH : 07-001

QUÉRO, J.C. (coord.), 1998. Les fruits de la mer et plantes marines des pêches françaises. Ed. Delachaux et Nestlé, 256 p.

QUILICI, M. L., AND A. ROBERT-PILLOT. 2011. Infections à vibrions non cholériques. Elsevier Masson Consult, maladies infectieuses [8-026-F-15].

RAGUENEAU, O., DE BLAS VARELA, E., TRÉGUER, P., QUÉGUINER, B., DEL AMO, Y. 1994. « Phytoplankton dynamics in relation to the biogeochemical cycle of silicon in a coastal ecosystem of western Europe ». *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 72, 106-157.

REES, A.P., OWENS, N.J.P., HEATH, M.R., PLUMMER, D.H., ET BELLERBY, R.S., 1995.- « Seasonal nitrogen assimilation and carbon fixation in a fjordic sea loch ». *Journal of Plankton Research* 17, 1307-1324

RIOU, J. 1990.- « Modèle d'écosystèmes phytoplanctonique marin sur le littoral nord breton (Manche Occidentale) ». *Thèse de doctorat, Institut National polytechnique, Toulouse*

ROCHET, M.J., TRENKEL, V.M., BELLAIL, R., COPPIN, F., LE PAPE, O., MAHÉ, J.C., MORIN, J., POULARD, J.C., SCHLAICH, I., SOUPLET, A., Y. VÉRIN, Y., & BERTRAND, J.A., 2005. Combining indicator trends to assess ongoing changes in exploited fish communities : diagnostic of communities off the coasts of France. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 1647-1664.

ROCHET, M.J., TRENKEL, V.M., COPPIN, F., LE PAPE, O., MORIN, J., POULARD, J.C., SCHLAICH, I., Y. VÉRIN, Y., & BERTRAND, J.A., 2003. L'état des communautés exploitées au large des côtes de France. Application d'indicateurs à l'évaluation de l'impact de la pêche. 170 p.

SALOMON, J.C., BRETON, M. & GUEGUENIAT, P. 1993.- « Computed residual flow through the Dover Strait ». *Oceanologica Acta*, 16, 449-455

SHERMAN (K.) et HONEY (A.), 1971.- Size selectivity of the Gulf III and Bongo zooplankton Samplers.- *icnaf, research bulletin*, n°8 : 45-48.

SCHERRER, B. 1984.- « Biostatistique ». *Gaëtan Morin* (ed.) Québec. 850 pp.

BIBLIOGRAPHIE : LE COMPARTIMENT HALIEUTIQUE



SCHNACK (D.), 1974.- On the reliability of methods for quantitative surveys of fish larvae.- In : The early life history of Fish, Blaxter J.H.S. rédacteur, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York.

SIMPSON, J.H. & HUNTER, J.R. 1974.- « Fronts in the Irish Sea ». *Nature*, **1250**, 404-406

SMITH (E.), 1974.- Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal.- Part 4, Standard techniques for pelagic fish eggs and larvae surveys.- National Marine Fisheries Service édit., Washington.

STEEMANN NIELSEN, E. 1951.- « Measurement of the production of organic matter in the sea » *Nature*, **167** : 684.

STEEMANN NIELSEN, E. 1952.- « The use of radioactive carbon (¹⁴C) for measuring organic production in the sea » *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.* **18** : 117-140.

TAPPIN, A.D., HYDES, D.J., BURTON, J.D. & STATHAM, P.J. 1993.- « Concentrations, distributions and seasonal variability of dissolved Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Pb and Zn in the English Channel ». *Continental Shelf Research*, **13**, (8/9) 941-969.

TAYLOR, A.H. & STEPHENS, J.A. 1983.- « Seasonal and year to year changes in the temperatures of the English Channel and the Southern North Sea, 1961-1976 : a budget ». *Oceanologica Acta*, **6**, (1) 63-72

UGLEM I., 1993. Influence of shells and as substrate in culture compartments on survival, growth and claw asymmetry in large scale culture of lobsters, *Homarus gammarus* (L.). Proceedings of the First European Crustacean Conference, Paris, August 31 - September 5, 1992, (abstracts), P. Noël coord., éditions du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1993 : 165 (livret des résumés).

UTERMOHL, H. 1958.- « Zur vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.* **9** : 1-38.

VIOLEAU, D., DRIBAUT, P. 1997.- Centrale de Flamanville, calcul 3D d'impact thermique pour la configuration actuelle (2 tranches de 1300MW) ». Note technique EDF, Département Laboratoire National d'Hydraulique. 68 pp.

WILHELM G., 1995 - Contribution à l'étude de l'étrille *Necora puber* dans le Mor-Braz : données halieutiques, biologiques et pathologiques. 244pp.

WOEHLING D., LEFEBVRE A., LE FÈVRE-LEHOËRFF G. & DELESMONT R., 2005. Seasonal and longer term trends in sea temperature along the French North Sea coast, 1975 to 2002, *J. Mar. Biol. Ass., U.K.*, **85**, 39-48.

BIBLIOGRAPHIE



SITE ELECTRONUCLEAIRE DE FLAMANVILLE

RAPPORTS D'AVANT-PROJET ET DE PROJET
DU DOMAINE MARIN COTIER
1975 - 1982

PRODUITS PAR LE CNEXO

1976	BELSHER T., HAMON D., JOUAN G., CABIOCH L., RETIERE C (1976).- Etude écologique d'avant-projet sur le site de Flamanville. Rapp. CNEXO/COB/DELGMM, avril 1976, 94 p. + annexes. http://archimer.ifremer.fr/doc/1976/rapport-6404.pdf
1977	Anonyme (1977).- Etude écologique site de Flamanville I. Rapport d'avancement au 28 Février 1977. Vol. 2. Tableaux des données. Rapp. CNEXO/COB/Unité Littoral, février 1977, 481 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00005/11668/8336.pdf CHARDY P., DERRIEN E., JEZEQUEL M., LAUREC A., de LA SALLE P., (1977). - Etude écologique de projet-Site de Flamanville 1er cycle Traitements Mathématiques. Rapp. CNEXO/COB/Unité Littoral, octobre 1977, 91 p. https://w3.ifremer.fr/archimer/doc/00081/19248/16843.pdf ROMAÑA A., SERET B. (COORDINATEURS), BELSHER T., CHARDY P., de LA SALLE P., ERARD E., HAMON D., JOUAN G., LAUREC A., RYCKAERT M. (1977). - Etude écologique de Projet – Site de Flamanville – 1 ^{er} Cycle. Rapp. CNEXO/COB/Unité Littoral, octobre 1977 : <ul style="list-style-type: none">• Vol. 1 : Rapport général, 284 p. https://w3.ifremer.fr/archimer/doc/00081/19247/16842.pdf• Vol. 2 : Traitements mathématiques, 39 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1977/rapport-6398.pdf http://archimer.ifremer.fr/doc/1977/sup-6398.pdf (annexes)• Vol. 3 : Annexes, 217 p. https://w3.ifremer.fr/archimer/doc/00081/19231/16826.pdf
1979	CHARDY P., ROMAÑA A. (COORDINATEURS), ARNAL O., ARZUL G., BELSHER T., de LA SALLE P., ERARD E., GUILLAUMONT B., HAMON D., LE FEVRE-LEHOERFF G., LOARER R., RYCKAERT M., TOULARASTEL F. (1986). Etude écologique de Projet – Site de Flamanville – 2 ^e Cycle de Juin 1977 à Juin 1978. (Edition provisoire : rapp. CNEXO-ELGMM, juin 1979) Rapp. Ifremer DERO-86.22-EL <ul style="list-style-type: none">• Vol. 1 : Le domaine pélagique. Fasc. 1 : Rapport, 269 p. ; Fasc. 2 : Annexes, 168 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1979/rapport-6399.pdf http://archimer.ifremer.fr/doc/1979/sup-6399.pdf (annexes)• Vol. 2 : Le domaine benthique. 221 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1979/rapport-6400.pdf

PRODUITS PAR L'ISTPM

1976	PERODOU J.-B., PERODOU D., DAVID M., (1976). Etude d'avant projet de site en Basse-Normandie (Etude des pêches et des cultures marines) - FLAMANVILLE. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, 1976, 87 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15630/13033.pdf
1979	WOEHLING D., BATTAGLIA A., HALGAND D., MARTIN J., BIGOT J.-L., GUIRAUD B., JOFFRAUD J.-J., POULARD J.-C., BERTRAND J., TETARD A., LIORZOU B., PERONNET I., LEBLOND E., NEDELEC D. (1979). Etude halieutique de projet de site Flamanville (Manche) - Premier cycle annuel - Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, juillet 1979 Volume I - Zooplancton, 159 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15635/13038.pdf Volume II - Zooplancton. Annexes., 110 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15669/13072.pdf Volume III - Biologie halieutique, 158 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15650/13053.pdf BERTRAND J., (1979). Trois saisons de pêche aux casiers (1977 à 1979) dans le secteur de Flamanville. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Ouistreham, décembre 1979, 40 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00046/15719/13121.pdf



BIBLIOGRAPHIE : LE COMPARTIMENT HALIEUTIQUE



1981	<p>BERTRAND J., LIORZOU B., PERONNET I. (1981). Etude halieutique de projet de site - FLAMANVILLE (Manche) - Rapport sur deux cycles annuels - 11ème partie Biologie Halieutique - Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, janvier 1981</p> <p>Volume I. 113 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15631/13034.pdf</p> <p>Volume II. Annexes, 224 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15670/13073.pdf</p> <p>BERTRAND J. (1981). Étude halieutique de surveillance de site Flamanville (Manche) Surveillance de la pêche cotière des crustacés - Pêche aux casiers - - Rapport pour 1980. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Ouistreham, août 1981, 137 p.</p> <p>http://archimer.ifremer.fr/doc/00046/15720/13122.pdf</p>
1982	<p>MARTIN J., HALGAND D., WOEHLING D. (1982). Étude halieutique de projet de site FLAMANVILLE (Manche) - Rapport sur deux cycles annuels 1ère Partie - Zooplanctonologie halieutique Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, décembre 1982.</p> <p>Volume I. 119 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00046/15752/13154.pdf</p> <p>Volume II. 270 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15626/13029.pdf</p>
1983	<p>BERTRAND J. (1983). Etude halieutique de surveillance de site Flamanville (Manche) - Surveillance de la pêche cotière des crustacés - Rapport pour 1981. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Ouistreham, décembre 1983, 153 p.</p> <p>http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15633/13036.pdf</p>

RAPPORTS DE SURVEILLANCE
DU DOMAINE MARIN COTIER
PRODUITS PAR L'Ifremer DEPUIS 1983

SURVEILLANCE ECOLOGIQUE

1984	<p>PIRIOU J.Y. ET C. VIGIER, 1984. - Site de Flamanville, étude complémentaire, Biomasse algales, potentielles et en dérive. Rapp. CNEXO/DERO-86.21-EL, novembre 1984, 33 p. + annexes.</p> <p>http://archimer.ifremer.fr/doc/1985/rapport-6403.pdf</p>
1985	<p>ARNAL O, T. BELSHER, C. CHEVALIER, L. DREVES, E. ERARD, P. GENTEN, F. GRESSELIN, B. GUILLAUMONT, D. HAMON, R. LOARER, M. OBATON, J.Y. PIRIOU, J.Y. QUINTIN ET P. WALKER, 1985.- Etude de Surveillance écologique sur le site de Flamanville, <u>ANNEE 1983</u>. Rapp. CNEXO/COB/DELGMM, mars 1985, 124 p.</p> <p>http://archimer.ifremer.fr/doc/1985/rapport-6465.pdf</p>
1986	<p>GENTEN P., L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, B. GUILLAUMONT, R. LOARER, A. MENESGUEN, J.Y. PIRIOU ET J.Y. QUINTIN, 1986.- Surveillance écologique sur le site de Flamanville, <u>ANNEE 1984</u>. Rapp. Ifremer DERO-86.12 EL, 131 p.</p> <p>http://archimer.ifremer.fr/doc/1986/rapport-6466.pdf</p>
1987	<p>GUILLAUMONT B., J.P. AUFFRET, S. BERNE, F. GRESSELIN ET P. WALKER, 1987.-Surveillance écologique, Site de Flamanville, Le domaine benthique, Etude par sonar latéral et prises de vue sous-marines, <u>1983-1984</u>. Rapp. Ifremer DERO-87.05-EL, 35 p. + 14 cartes.</p> <p>http://archimer.ifremer.fr/doc/1984/rapport-6464.pdf</p>

SURVEILLANCE HALIEUTIQUE

1984	<p>LEAUTE J.P. ET C. LE BEC, 1984. - Etude de Surveillance écologique des ressources halieutiques, Site de Flamanville, Zooplanctonologie, <u>ANNEE 1983</u>. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, mai 1984, 182 p.</p> <p>http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15648/13051.pdf</p>
1985	<p>VERON G., D. MIOSEC ET P. NOEL, 1985. - Etude de Surveillance écologique des ressources halieutiques, Site de Flamanville, Surveillance de la pêche côtière. des crustacés, <u>ANNEE 1983</u>. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, janvier 1985, 151p.</p> <p>https://w3.ifremer.fr/archimer/doc/00081/19250/16845.pdf</p>
1986	<p>MARTIN J. ET D. HALGAND, 1986.- Etude de surveillance des ressources halieutiques, Site de Flamanville, Zooplanctonologie, <u>avril-octobre 1984</u>. Rapp. interne Ifremer DRV-86.008-RH, décembre 1986, 286 p.</p> <p>http://archimer.ifremer.fr/doc/1986/rapport-6407.pdf</p>
1987	<p>VERON G., D. MIOSEC, S GROS, 1987. - Etude de Surveillance écologique des ressources halieutiques, Site de Flamanville, Surveillance de la pêche côtière. des crustacés, <u>ANNEE 1984</u>. Rapp. Ifremer DRV-</p>

BIBLIOGRAPHIE



	86.008-RH, mai 1987, 121p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1987/rapport-6406.pdf
1987	MARTIN J. ET G. VERON, 1987. - Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, <u>ANNEE 1985</u> . Rapp. Ifremer DRV-87.19-RH, DERO-87.28-EL, octobre 1987, 311p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1985/rapport-6467.pdf
SURVEILLANCE ECOLOGIQUE ET HALIEUTIQUE (RAPPORT UNIQUE)	
1990	MARTIN J. {COORDINATRICE}, G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, J.Y. QUINTIN ET G. VERON, 1990. - Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, <u>ANNEE 1986</u> . -Rapp. Ifremer DRV-88.06-RH, DERO-88.14-EL, novembre 1990, 136 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1990/rapport-6468.pdf MARTIN J. {COORDINATRICE}, G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU ET J.Y. QUINTIN, 1990. -Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, <u>ANNEE 1987</u> . [Edition définitive] Rapp. Ifremer DRV-89.017-RH, DERO-89.12-EL, novembre 1990, 182 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1990/rapport-6469.pdf
1991	MARTIN J. {COORDINATRICE}, G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU ET J.Y. QUINTIN, 1991. -Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, <u>ANNEE 1988</u> . Rapp. Ifremer RIDRV-90.46-RH, RIDRO-90.14-EL, mai 1991, 134 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1991/rapport-6470.pdf MARTIN J. {COORDINATRICE}, G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU ET J.Y. QUINTIN, 1991. -Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, <u>ANNEE 1989</u> . Rapp. Ifremer RIDRV-90.47-RH, RIDRO-90.15-EL, septembre 1991, 148 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1990/rapport-6798.pdf DREVES L. {COORDINATEUR}, G. ARZUL, E. ERARD-LE DENN, J. MARTIN, D. MIOSSEC ET J.Y. QUINTIN, 1991. - Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, <u>ANNEE 1990</u> . Rapp. Ifremer DRO.EL-91.15, juillet 1991, 122 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1991/rapport-6799.pdf
1992	DREVES L. {COORDINATEUR}, G. ARZUL, E. ERARD-LE DENN, J. MARTIN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU ET J.Y. QUINTIN, 1992. -Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1991</u> . Rapp. Ifremer DEL/Brest-92.23, juin 1992, 161 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1992/rapport-6823.pdf
1993	DREVES L. {COORDINATEUR}, G. ARZUL, E. ERARD-LE DENN, J. MARTIN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU ET J.Y. QUINTIN, 1993. -Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1992</u> . Rapp. Ifremer DEL/Brest-93.14, juillet 1993, 146 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1993/rapport-6824.pdf
1994	DREVES L. {COORDINATEUR}, E. ERARD-LE DENN, M. LUNVEN, J. MARTIN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU ET J.Y. QUINTIN, 1994. -Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1993</u> . Rapp. Ifremer DEL/Brest-94.09, juin 1994, 105 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1994/rapport-6825.pdf
1995	DREVES L. {COORDINATEUR}, J.Y. QUINTIN, E. ERARD-LE DENN, M. LUNVEN, J. MARTIN ET D. MIOSSEC, 1995. - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1994</u> . Rapp. Ifremer DEL/Brest-95.09, juin 1995, 112 p. + annexes. http://archimer.ifremer.fr/doc/1995/rapport-6826.pdf
1996	DREVES L. {COORDINATEUR}, J. MARTIN, E. ERARD-LE DENN, M. LUNVEN, D. MIOSSEC ET J.Y. QUINTIN, 1996. - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1995</u> . Rapp. Ifremer DEL/Brest-96.07, juin 1996, 114 p. + annexes. http://archimer.ifremer.fr/doc/1996/rapport-6827.pdf
1997	DREVES L. {COORDINATEUR}, ERARD-LE-DENN E., LUNVEN M., MARTIN J., MIOSSEC D., QUINTIN J.Y. {1997} - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1996</u> . Rapp. Ifremer DEL/CR/RST/97/09, mai 1997, 108 p. + annexes. http://archimer.ifremer.fr/doc/00005/11658/8317.pdf
1998	DREVES L. {COORDINATEUR}, ERARD-LE-DENN E., LUNVEN M., MARTIN J., MIOSSEC D., QUINTIN J.Y. {1998} - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1997</u> . Rapp. Ifremer DEL/CR/98/04, mars 1998, 112 p. + annexes. http://archimer.ifremer.fr/doc/1998/rapport-6875.pdf
1999	DREVES L. {COORDINATEUR}, ERARD-LE-DENN E., GAFFET J.D., LUNVEN M., MARTIN J., MIOSSEC D., QUINTIN J.Y. {1999} - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1998</u> . Rapp. Ifremer DEL/99.09/Brest, juin 1999, 126 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1999/rapport-6876.pdf

BIBLIOGRAPHIE : LE COMPARTIMENT HALIEUTIQUE



2000	DREVES L. (COORDINATEUR), ERARD-LE-DENN E., LUNVEN M., MARTIN J., MIOSSEC D., QUINTIN J.Y.. (2000) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1999</u> . Rapp. Ifremer DEL/00.04/Brest, juin 2000, 122 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/2000/rapport-6877.pdf
2001	DREVES L. (COORDINATEUR), ERARD-LE-DENN E., GAFFET J.D., DE KERGARIOU G., LUNVEN M., MARTIN J., MIOSSEC D., RUMEBE M., (2001) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 2000</u> . Rapp. Ifremer RST.DEL/01.04, mars 2001, 128 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/2001/rapport-6878.pdf
2002	DREVES L. (COORDINATEUR), MARTIN J., MONBET P., RUMEBE M., SCHLAICH I., DU BOULLAY H., (2002) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 2001</u> . Rapp. Ifremer RST.DEL/02.04, mars 2002, 154 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/2002/rapport-6882.pdf
2003	DREVES L. (COORDINATEUR), LAMPERT L., MARTIN J., RUMEBE M., SCHLAICH I. (2003) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2002</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DEL/SR/03.04, mars 2003, 166 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00002/11362/7935.pdf
2004	DREVES L. (COORDINATEUR), LAMPERT L., MARTIN J., ABERNOT-LE GAC C., GAFFET J., RUMEBE M., SCHLAICH I. (2004) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2003</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DEL/SR/04.04, mars 2004, 176 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00002/11363/7936.pdf
2005	DREVES L. (COORDINATEUR), LAMPERT L., MARTIN J., ABERNOT-LE GAC C., DAGAULT F., GAFFET J., RUMEBE M., SCHLAICH I. (2005) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2004</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/05.02, mars 2005, 194 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/2005/rapport-1028.pdf
2006	DREVES L. (COORDINATEUR), LAMPERT L., MARTIN J., ABERNOT-LE GAC C., BRYLINSKI J., VINCENT D., GAFFET J., SCHLAICH I. (2006) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2005</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/06.02, mars 2006, 202 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00005/11657/8316.pdf
2007	DREVES L., ABERNOT-LE GAC C. (COORDINATEURS), LAMPERT L., MARTIN J., BRYLINSKI J., NOGUES L., SCHLAICH I., VINCENT D., (2007) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2006</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/07.03, mars 2007, 190 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00005/11639/8297.pdf
2008	DREVES L., ABERNOT-LE GAC C. (COORDINATEURS), ANTAJAN E., LAMPERT L., MARTIN J., NOGUES L., SCHLAICH I., (2008) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2007</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/08.02, mars 2008, 204 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/2008/rapport-4046.pdf
2009	DREVES L., ABERNOT-LE GAC C. (COORDINATEURS), ANTAJAN E., LAMPERT L., MARTIN J., MONBET P., SCHLAICH I., (2009) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2008</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/09.03, mars 2009, 200 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00026/13683/10762.pdf
2010	DREVES L., ABERNOT-LE GAC C., MONBET P. (COORDINATEURS), ANTAJAN E., MARTIN J., SCHLAICH I., (2010) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2009</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/10.02, mars 2010, 208 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00026/13681/10759.pdf
2011	ABERNOT-LE GAC C., DREVES L., (COORDINATEURS), ANTAJAN E., FIAIT L., MARTIN J., MONBET P., SCHLAICH I., (2011) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2010</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-ODE/UL/11.01, mars 2011, 218 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15595/12997.pdf
2012	ABERNOT-LE GAC C., DREVES L., (COORDINATEURS), ANTAJAN E., MARTIN J., MONBET P., SCHAPIRA M., SCHLAICH I., (2012) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2011</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-LER/FBN/12.05, avril 2012, 220 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00076/18677/16223.pdf
2013	ABERNOT-LE GAC C. (coordinatrice), ANTAJAN E., DEVREKER D., DREVES L., MARTIN J., MONBET P., SCHAPIRA M., SCHLAICH I., (2013) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2012</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-LER/BO/13.004, mars 2013, 214 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00139/24998/23096.pdf
2014	ABERNOT-LE GAC C. (coordinatrice), ANTAJAN E., DEVREKER D., DRÈVÈS L., LAMORT L., MARTIN J., PIERRE-DUPLESSIS O., SCHAPIRA M., SCHLAICH I., (2014) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2013</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST - ODE/LITTORAL/LER / BO / 14.003, mars 2014, 226 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00189/30033/28519.pdf

BIBLIOGRAPHIE



2015	ABERNOT-LE GAC C, (coordinatrice), ANTAJAN E., COURTAY G., DRÈVÈS L., LAMORT L., MARTIN J., PIERRE-DUPLESSIS O., SCHLAICH I., (2015).- Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, ANNEE 2014 – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST - ODE/LITTORAL/LER / BO / 15.002, mars 2015, 228 p http://archimer.ifremer.fr/doc/00267/37777/35830.pdf
2016	ABERNOT-LE GAC C, (coordinatrice), ANTAJAN E., COURTAY G., DRÈVÈS L., LAMORT L., MARTIN J., PIERRE-DUPLESSIS O., SCHLAICH I., (2016).- Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, ANNEE 2015 – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST - ODE/LITTORAL/LER / BO / 16.002, mars 2016, 231 p http://archimer.ifremer.fr/doc/00327/43799/43360.pdf
2017	ABERNOT-LE GAC C, (coordinatrice), ANTAJAN E., COURTAY G., DRÈVÈS L., LAMORT L., MARTIN J., PIERRE-DUPLESSIS O., SCHLAICH I., (2017).- Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, ANNEE 2016 – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST - ODE/LITTORAL/LER / BO / 17.03, avril 2017, 239 p http://archimer.ifremer.fr/doc/00398/50923/51698.pdf

ETUDES PARTICULIERES ou COMPLEMENTAIRES

1985	LE FEVRE-LEHOERFF G., DERRIEN A., QUINTIN J.-Y., YUENOU G. (1985). Techniques utilisées pour l'étude du zooplancton sur les sites des centrales nucléaires des cotes françaises de manche et atlantique. - Rapp. Ifremer DERO/EL, 1985, 28 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00004/11536/8120.pdf
1987	MIOSSEC L., LE DEAN L., TRUQUET P. (1987). Etude expérimentale d'impact thermique et de chloration sur le homard européen <i>Homarus vulgaris</i> . - Rapp. Ifremer DERO-87.11-MR, 82 p. https://w3.ifremer.fr/archimer/doc/00156/26704/24779.pdf GUILLAUMONT B., HAMON D., LAFOND L.R., LE RHUN J., LEVASSEUR J. ET PIRIOU J.P., (1987).- Etude régionale intégrée du Golfe normano-breton, carte biomorphosédimentaire de la zone intertidale au 1/25 000, côte ouest du Cotentin et Baie du Mont Saint-Michel. Rapp. Ifremer DERO-87.17-EL, 57 p. + 7 cartes. http://archimer.ifremer.fr/doc/00047/15851/13270.pdf http://archimer.ifremer.fr/doc/00047/15851/13271.pdf
1994	ANGELY C., BORDET F (1994).- Synthèse des études écologique et halieutique du site de Flamanville de 1983 à 1991 - Rapp. EDF 93.10 776, janvier 1994, 76 p. + 7 annexes http://archimer.ifremer.fr/doc/00005/11659/8318.pdf
2003	SCHLAICH I., MIOSSEC D., (2003).- Manuel des protocoles de campagne halieutique. Campagnes de surveillance de la pêche côtière des crustacés du site de Flamanville CRUSTAFLAM - Rapp. Ifremer DRV/RH/DT/03-03, juin 2003, 18 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00036/14706/12012.pdf
2006	DREVES L. (COORDINATEUR), LAMPERT L., ABERNOT-LE GAC C., MARTIN J., ARZEL P., DUMAS F., LATROUITE D., SCHLAICH I., WOEHLING D., (2006) – Synthèse hydrobiologique du site électronucléaire de Flamanville – Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/06.03, mars 2006, 386 p http://archimer.ifremer.fr/doc/2006/rapport-6405.pdf
2007	EHRHOLD A., HAMON D., CAISEY X., GAFFET J.D., ABERNOT-LE GAC C., CUGIER P., DUGORNAY O., PHILIPPON X. (2007). Compte-rendu des campagnes benthiques au large de Flamanville (09-23/06/07 et 03-06/10/07) - Rapp. Ifremer DYNECO/EB/07-02, octobre 2007, 32 p. https://w3.ifremer.fr/archimer/doc/00005/11662/8321.pdf
2008	EHRHOLD A., CHEVALIER C., HAMON D., CAISEY X., GAFFET J.D., ALIX A., (2008) – Campagnes benthiques au large de Flamanville – Etat initial des zones de clapage C3 et C4 – Rapp. Ifremer RST-DYNECO/EB/08.01, janvier 2008, 55 p. + 10 annexes https://w3.ifremer.fr/archimer/doc/00006/11707/8360.pdf
2015	THILLAYE DU BOULLAY H., AMOUROUX I., DALLEY M., ABERNOT-LE GAC C., SCHAPIRA M., TIXIER C. (2015). Appui technique de l'Ifremer à l'argumentation de surveillance du milieu marin - IGA - EDF. EDF - CIDEN. Lyon, Ref. LERN/PB 15-036, 9p.

BIBLIOGRAPHIE : LE COMPARTIMENT HALIEUTIQUE



THILLAYE DU BOULLAY H., DREVES L., (2015). Rapport d'expertise. La surveillance des CNPE en bord de mer. Eléments d'aide à la réflexion sur la pertinence d'un échantillonnage systématiquement identique à celui proposé par la DCE ? EDF/CIDEN, Ref. ODE/Littoral/LER-N/2015-04, 29p.

PUBLICATIONS, POSTERS, ARTICLES, ETC., DÉCOULANT D'ÉTUDES MENÉES, POUR
PARTIE, AU DROIT DU CNPE DE FLAMANVILLE

- CHARDY P., GUILLAUMONT B., HAMON D. (1984). Étude dynamique de la population de *Nucula nucleus* (bivalve, protobranche) du cap de Flamanville (Manche). *Oceanologica Acta*, 7(1), 103-112.
<http://archimer.ifremer.fr/doc/00113/22411/20108.pdf>
- DRÉVÈS L., 2001. Effets climatiques sur les écosystèmes marins. Exemple du recrutement des crustacés cirripèdes sur la côte ouest du Cotentin. *Hydroécol. Appl.* (2001) Tome 13 Vol. 1, pp. 101-112.
- DRÉVÈS L., ABERNOT-LE GAC C., GAFFET J.D., MAHEUX., 2009. Observations de trois peuplements de *Fucus serratus* en Manche. Colloque ALGIMAC, Concarneau, décembre 2009. *Cryptogamie, Algol*, 30 (4): 311-341.
<https://w3.ifremer.fr/archimer/doc/00000/11135/7745.pdf>
- GUERAO G., PASTOR E., MARTIN J., ANDRÉS M., ESTÉVEZ A., GRAU A., DURAN J., ROTLANT G., 2008. The larval development of *Maja squinado* and *Maja brachydactyla* (Decapoda, Brachyura, Majidae) described from plankton collected and laboratory-reared material. *Journal of Natural History* 42 (33), 2257-2276.
- HAMON D., EHRHOLD A., CHEVALIER C., CAISEY X., GAFFET J.-D., ALIX A.-S. (2011). Du sonar au microscope : les fonds marins auscultés aux abords du cap de Flamanville. Colloque scientifique Agence des Aires Marines Protégées - Ifremer Saint-Malo, 2-3/11/2011, Poster
<http://archimer.ifremer.fr/doc/00064/17507/15021.pdf>
- KURC G. (1977). Le rôle de l'I.S.T.P.M. dans le choix des centrales nucléaires. *Science et Pêche*, 270, 1-18.
<http://archimer.ifremer.fr/doc/1977/publication-7131.pdf>
- LEHOERFF G., ERARD-LE DENN E., ARZUL G. (1993). Planktonic ecosystems in the channel - trophic relations. *Oceanologica Acta*, 16(5-6), 661-670.
<http://archimer.ifremer.fr/doc/00100/21130/>
- MARTIN J. (1980). Abondance des larves d'étrille (*Macropipus puber*, L.), d'araignée (*Maia squinado*, Herbst) et de tourteau (*Cancer pagurus*, L.) sur la côte ouest du Cotentin (Manche) de 1977 à 1979.
<http://archimer.ifremer.fr/doc/1980/acte-3918.pdf>
- MARTIN J. (1985). Abondance et distribution des larves d'araignée (*Maia squinado* Herbst) en Manche en 1983. Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM) / Comité des Mollusques et crustacés.
<http://archimer.ifremer.fr/doc/1985/acte-3916.pdf>
- MARTIN J. (1985). Distribution des larves de tourteau (*Cancer pagurus* L.) en Manche ouest en 1983. Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM) / Comité des Mollusques et crustacés
<http://archimer.ifremer.fr/doc/1985/acte-3915.pdf>
- MARTIN J. (1993). Période d'éclosion des larves d'araignée de mer *Maja squinado* Herbst en Manche et température de l'eau au printemps. CIEM Conseil International pour l'Exploration de la Mer, Comité des mollusques et crustacés, C.M. 1993/K : 50.
<http://archimer.ifremer.fr/doc/1993/acte-3911.pdf>
- MARTIN J. (1994). In : Conan G.Y. and Noel P., 1994. Report on the first meeting of the International Working Group on Majid Crab Biology (November 10-12 1993, Paris France). *International Council for the Exploration of the Sea*, C.M. 1994, K: 19.
- MARTIN J. (2001). Les larves de crustacés décapodes des côtes françaises de la Manche. Identification, période, abondance. Editions Ifremer, 176 p.
- MARTIN J., Planque B., (2006). Variability in the onset of hatching of *Maja brachydactyla* Balss, 1922 (Brachyura : Majidae) in the English channel in relation to sea temperature. *Invertebrate Reproduction and Development* 49 (3), 143-150.
<http://archimer.ifremer.fr/doc/2006/publication-1349.pdf>
- QUINTIN J.-Y., WOEHLING D. (1993). Centrales électronucléaires littorales et environnement : les études IGA. *Equinoxe*, 46, 16-18.
<http://archimer.ifremer.fr/doc/00137/24821/22906.pdf>

BIBLIOGRAPHIE



QUINTIN J.-Y., BORDET F (1996). Surveillance écologique et halieutique des sites de centrales nucléaires littorales : évaluation et perspectives. *Hydroécologie Appliquée*, 8, 85 - 98.

<http://archimer.ifremer.fr/doc/00137/24810/22890.pdf>

RYCKAERT M., GROS P., ERARD-LE DENN E. (1983).- Succession saisonnière des populations phytoplanctoniques des eaux côtières de la Manche. *Oceanologica Acta*, (Spéc.4), 171-175.

<http://archimer.ifremer.fr/doc/00139/25075/23180.pdf>

SAULQUIN B., GOHIN F. (2010). Mean seasonal cycle and evolution of the sea surface temperature from satellite and in situ data in the English Channel for the period 1986-2006. *International Journal Of Remote Sensing*, 31(15), 4069-4093.

<http://archimer.ifremer.fr/doc/00013/12460/9881.pdf>

~ ~ ~ ~ ~

ANNEXE 9 – RAPPORT 2018 DE SURVEILLANCE RADIOECOLOGIQUE - IRSN

RAPPORT



Faire avancer la sûreté nucléaire

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français

**La Manche et la Mer du Nord
fascicule 2
Année 2017**

Rapport n° RT/PSE-ENV/2018-00061

Pôle Santé et Environnement

**Service d'expertise et d'étude en radioprotection des
populations et de la radioactivité dans
l'environnement**

SOMMAIRE GÉNÉRAL

DOCUMENT PRINCIPAL

Résumé	7
1. Objectifs et méthodologie générale	11
2. Appendice méthodologique	17

FASCICULE I

3. La Meuse (C.N.P.E. de Chooz)	1
4. La Moselle (C.N.P.E. de Cattenom)	75
5. Le Rhin (C.N.P.E. de Fessenheim)	135
6. La Seine (C.N.P.E. de Nogent)	201

FASCICULE II

7. La Manche (C.N.P.E. de Flamanville, Paluel, Penly et Gravelines)	1
---	---

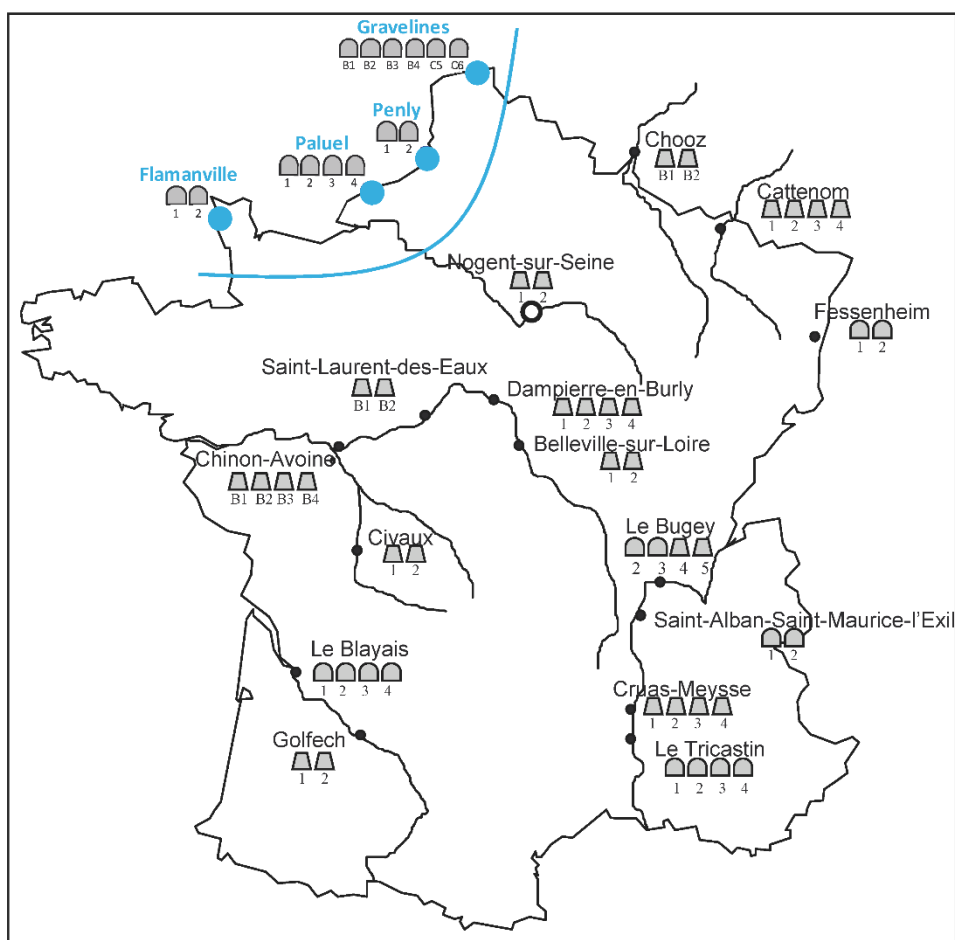
FASCICULE III

8. Le Rhône (C.N.P.E. du Bugey, Saint-Alban, Cruas et du Tricastin)	1
---	---

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et
marin des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 1/244 -

**La Manche
(C.N.P.E. de Flamanville, Paluel, Penly et Gravelines)**



*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et
marin des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 2/266 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et
marin des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 3/266 -

SOMMAIRE

7.1. Contexte environnemental et industriel du littoral de La Manche/Mer du Nord	5
7.2. Site de Flamanville	11
7.2.1. Rappels et généralités sur le C.N.P.E.	
7.2.2. Radioécologie du milieu terrestre	
7.2.3. Radioécologie du milieu aquatique	
7.2.4. État radioécologique de l'environnement du C.N.P.E.	
7.3. Site de Paluel	67
7.3.1. Rappels et généralités sur le C.N.P.E.	
7.3.2. Radioécologie du milieu terrestre	
7.3.3. Radioécologie du milieu aquatique	
7.3.4. État radioécologique de l'environnement du C.N.P.E.	
7.4. Site de Penly	125
7.4.1. Rappels et généralités sur le C.N.P.E.	
7.4.2. Radioécologie du milieu terrestre	
7.4.3. Radioécologie du milieu aquatique	
7.4.4. État radioécologique de l'environnement du C.N.P.E.	
7.5. Site de Gravelines	181
7.5.1. Rappels et généralités sur le C.N.P.E.	
7.5.2. Radioécologie du milieu terrestre	
7.5.3. Radioécologie du milieu aquatique	
7.5.4. État radioécologique de l'environnement du C.N.P.E.	
7.6. Synthèse	239

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et
marin des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 4/266 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et
marin des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 5/266 -

7.1. Contexte environnemental et industriel du littoral de La Manche/Mer du Nord

7.1.1. Géologie

Les terrains de la région de Flamanville, dans le Nord-Cotentin, sont essentiellement d'origine primaire et reposent sur un socle antécambrien. Le Cap de Flamanville est composé de granites et de roches métamorphiques. Les terrains de couverture du socle étant de faible épaisseur, les captages d'alimentation en eau potable ont fréquemment recours aux eaux de surface (rivière ou petit barrage). On y trouve une zone de bocage propre à l'élevage bovin et des zones maraîchères reposant sur des sols sablonneux.

Les terrains de la région de Paluel et Penly, les Pays de Caux et du Petit Caux, appartiennent à l'ensemble géologique du Bassin Parisien, formé à l'ère secondaire. Le sous-sol est constitué d'une grande épaisseur de craie, pouvant mesurer jusqu'à 200 m de profondeur. Il est couvert d'une couche d'argile à silex et d'un limon fertile. Il est entaillé par des vallées et des vallons tapissés d'alluvions et de sédiments : les vallées humides, désignées ainsi car elles sont parcourues par un fleuve ou une rivière, possèdent un fond plat et large de quelques centaines de mètres. Elles s'ouvrent sur la Manche, telle les vallées du Dun et de la Durdent. Des vallées sèches et des vauzeuses coupent également le plateau de craie, comme à Saint-Valéry-en-Caux. Elles n'ont pas d'écoulement en surface et sont peu peuplées, sauf à leur embouchure. Leurs versants sont boisés et la craie affleure du fait de l'érosion. Certaines vauzeuses sont « suspendues » à cause du lent recul de la falaise : elles ne permettent pas d'accéder directement à la plage. Le littoral est constitué de falaises de craie plus ou moins hautes, qui reculent plus ou moins rapidement en fonction de l'érosion marine. Les plages sont tapissées de galets, détachés de la falaise et polis par la mer. Ces galets ont néanmoins tendance à migrer et le sable peut affleurer à certains endroits. Le pays de Caux est une région agricole prospère grâce au climat océanique et aux sols limoneux. Les agriculteurs cauchois pratiquent la polyculture : le blé, le maïs, le lin, la pomme de terre, la luzerne, le colza sont les principales cultures. La betterave à sucre est la principale culture industrielle. L'élevage bovin pour la production de lait est également répandu.

Le C.N.P.E. de Gravelines est, quant à lui, implanté sur la plaine maritime de Flandre sur un remblai de sable gagné sur la mer. La frange littorale est formée de dunes et l'intérieur des terres est constitué de marais et polders. La polderisation a conduit à la création d'un réseau de canaux (les watergangs) et d'écluses évacuant les eaux vers la mer. L'Aa est le principal cours d'eau qui draine les eaux du marais audomarois (Saint-Omer) vers la mer à Grand Fort Philippe. De grandes surfaces ont été remaniées par l'homme du fait des activités agricoles et industrielles. La zone située à l'est du C.N.P.E. est fortement industrialisée. Le sud-est, le sud et l'ouest sont occupés par diverses activités agricoles : céréales, productions industrielles (lin, chicorée, colza), élevage et maraîchage.

7.1.2. Climat

Le C.N.P.E. de Flamanville est situé au pied d'un cap granitique sur la côte nord-ouest du Cotentin en Basse Normandie. Du fait de sa situation géographique, le Cotentin est caractérisé par un climat tempéré océanique. Proche du 50^{ème} parallèle, ceint par la mer sur trois côtés, le courant chaud du Gulf Stream fait encore sentir ses effets et confère à l'hiver une certaine douceur. Les températures estivales à la côte, comprises en moyenne entre 19 et 24°C, peuvent

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 6/266 -

baissé de quelques degrés sous l'effet de la brise de mer. Les hivers sont doux, avec des températures minimales comprises entre 1 et 5°C. Les précipitations annuelles sont réparties sur 120 à 160 jours et sont plus abondantes en automne et en hiver, tombant souvent sous forme de bruine. Le nord-Cotentin recueille en moyenne près de 1100 mm de précipitation par année. Situé sur la trajectoire des perturbations, le vent y est presque toujours présent. On relève en moyenne 130 jours de vent fort à La Hague, majoritairement de secteur ouest-sud-ouest. Ce sont les vents de sud-ouest à nord-ouest, dominants, qui dispersent les effluents gazeux vers les terres.

Les C.N.P.E. de Paluel et de Penly sont situés en Haute-Normandie, respectivement dans le Pays de Caux et du Petit-Caux, le long de la côte d'Albâtre. Le climat est de type océanique tempéré, marqué par la douceur des températures et une humidité importante. Les températures moyennes littorales sont de 5°C en janvier et de 17°C en juillet. Les précipitations sont abondantes : de l'ordre de 1000 mm en moyenne par an. Les vents dominants sont de secteur ouest à sud-ouest, portant les effluents gazeux en majorité vers la mer, et de secteur nord-est. La zone terrestre sous influence majeure des effluents gazeux du C.N.P.E. se trouve à l'est, la zone la moins influencée est dans le secteur sud à sud-est.

Le C.N.P.E. de Gravelines est implanté en bord de Mer du Nord, à l'ouest de l'avant-port ouest de Dunkerque. La région se situe au carrefour d'influences météorologiques contrastées. Les vents dominants sont de secteur ouest à sud-ouest, souvent conditionnés par les dépressions circulant sur l'Atlantique nord, et de secteur nord-est associé le plus souvent à des conditions anticycloniques. En flux de sud-ouest, le vent est fort, voire tempétueux, les pluies marquées et l'humidité importante. En flux de sud estival, les températures peuvent atteindre 30°C. En flux de nord à nord-est, la Mer du Nord draine l'air venu du pôle, avec des masses d'air turbulentes et agitées, de la grêle et de la neige. En flux d'est estival le temps est très beau. En revanche, le vent d'est en hiver est glacial, les températures moyennes pouvant descendre en dessous de 0°C. Les pluies sont relativement abondantes (600 à 700 mm). La zone terrestre sous influence majeure des effluents gazeux du C.N.P.E. se trouve dans le quart nord-est, la zone la moins influencée est dans le secteur sud.

Les quatre C.N.P.E. étant situés en bordure de la côte, les éventuelles retombées atmosphériques dues aux rejets d'effluents gazeux en milieu terrestre n'intéressent qu'un demi-secteur de la rose des vents centrée sur les cheminées.

7.1.3. Hydrologie

La mer de la Manche est une importante zone de transit des eaux de l'Atlantique vers la mer du Nord. Elle est caractérisée par une circulation hydrodynamique complexe et une forte influence de la marée. L'amplitude de marée, ou marnage, est importante, atteignant plus de 10 m lors des grandes marées d'équinoxe et en moyenne 4 m lors des coefficients de mortes eaux. Les eaux de la Manche sont en perpétuel renouvellement à partir des masses d'eaux provenant de l'ouest. Les plus grosses houles viennent de l'ouest et du sud-ouest. La température de l'eau présente une variation annuelle sinusoïdale caractéristique des mers tempérées comprise entre 8 et 19°C. Les variations de salinité restent faibles, comprises entre 34 et 35,5.

Un modèle hydrodynamique développé par l'IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer) a permis d'étudier les trajectoires des courants résiduels en Manche en fonction de diverses conditions de marée et de météorologie (figure 7.1.1 ; [1 et 2]). Dans le golfe normand-breton, ce modèle identifie diverses masses d'eau et des structures de circulation cycloniques et anticycloniques complexes. Cette hydrodynamique complexe influence fortement la dispersion des effluents liquides faiblement radioactifs rejetés par le

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 7/266 -

C.N.P.E. de Flamanville et l'usine ORANO La Hague (anciennement AREVA). Plus à l'est de la Manche, et notamment à l'est de la Baie de Seine, en particulier devant les sites de Paluel, Penly et Gravelines, on observe des structures en bandes parallèles au trait de côte. Ceci a pour effet de confronter des eaux marines avec des eaux côtières alimentées par la Seine et quelques rivières de moindre importance. Côté français, ces eaux sont plaquées sur le continent le long duquel elles forment un fleuve côtier dans lequel sont rejetés les effluents liquides des C.N.P.E. de Paluel, Penly et Gravelines. En Manche, on distingue une voie centrale de transfert rapide des eaux depuis La Hague jusqu'au Pas de Calais (2 à 4 mois) et une voie côtière, plus lente (4 à 8 mois). Entre 1986 et 1998, le Laboratoire de Radioécologie de Cherbourg-Octeville de l'IRSN a réalisé de nombreuses campagnes océanographiques au cours desquelles des mesures d'activité en radionucléides conservatifs¹, rejetés par l'usine ORANO La Hague, en particulier l'¹²⁵Sb, ont été effectuées. Ces mesures ont permis de caler le modèle de circulation hydrodynamique développé par l'IFREMER. Si la dérive générale des masses d'eaux va de l'ouest vers l'est, le modèle montre que, sous certaines conditions météorologiques, caractérisées par un vent de secteur est à nord-est persistant, la dérive des eaux côtières peut s'inverser et s'orienter temporairement vers l'ouest.

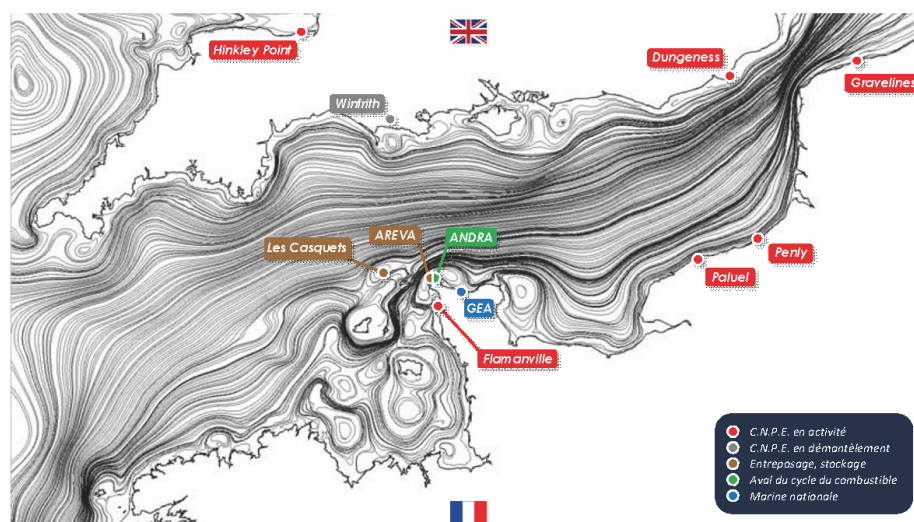


Figure 7.1.1 - Localisation des installations nucléaires de la façade Manche/Mer du Nord et circulation générale des masses d'eaux (carte : [1 et 2]).

Par son statut de bras de mer entre l'océan Atlantique et la mer du Nord, la Manche constitue la principale voie maritime entre l'océan Atlantique et l'Europe du Nord. Bien qu'exploitée par un nombre restreint et décroissant de navires, essentiellement voués à la petite pêche (marées inférieures à 24 heures) et à la pêche côtière (marées de 24 à 96 heures), la Manche orientale produit plus de 80 % des pêches déclarées par les pays exploitant les

¹ Un radionucléide est considéré comme un traceur conservatif dès lors qu'il ne subit aucune transformation biogéochimique au sein des masses d'eau, et donc que l'évolution de sa distribution est seulement régulée par son transport dans l'eau de mer.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 8/266 -

ressources maritimes de ce secteur, non sans impact écologique et halieutique. Parmi les principales espèces cibles de poissons pêchées, on retrouve les poissons plats (sole, plie), le merlan, le rouget barbet, la dorade grise et le bar. Les ressources en crustacés (tourteau, homard, étrille et araignée de mer) et en mollusques (coquille Saint-Jacques et bulot) y sont également exploitées. Les activités conchylicoles (huîtres, moules) sont par ailleurs bien implantées, en particulier sur la côte ouest de la presqu'île du Cotentin.

7.1.4. Industries conventionnelles et nucléaires locales

Le littoral de la Manche et de la Mer du Nord comporte de nombreuses industries nucléaires (figure 7.1.1), et notamment 4 C.N.P.E. en activité (Flamanville, Paluel, Penly et Gravelines) et l'usine de retraitement du combustible usé ORANO La Hague.

Outre la filière énergétique, plusieurs unités hospitalières sont également présentes sur le territoire étudié, le long du littoral même (Dunkerque, Boulogne-sur-Mer en particulier) ou le long des fleuves se déversant dans la Manche et la Mer du Nord (ex. : la Seine, avec Paris, Rouen, et Le Havre en particulier).

7.1.5. Radioécologie

Les installations nucléaires côtières peuvent marquer l'environnement terrestre et marin lors de rejets d'effluents en fonctionnement normal ou accidentel. Par ailleurs, les retombées des essais aériens d'armes nucléaires et de l'accident de Tchernobyl ont marqué l'environnement de cette zone. La carte de la figure 7.1.2 présente la répartition estimée des activités surfaciques en ^{137}Cs dans les zones entourant les 4 C.N.P.E. de la façade Manche Mer du Nord, issues de la rémanence de ces retombées.

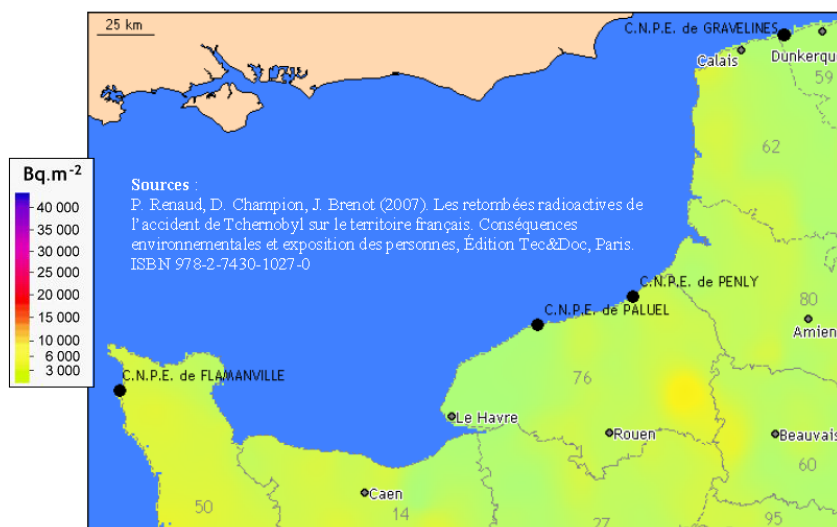


Figure 7.1.2 - Activités surfaciques de ^{137}Cs , estimées en 2010, issues des retombées atmosphériques des essais aériens et de l'accident de Tchernobyl [3].

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et
marin des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 9/266 -

Les dépôts issus des retombées atmosphériques de l'accident de Fukushima Daiichi (11 mars 2011) ont été de 500 à plus de 1000 fois inférieurs à ceux mesurés début mai 1986 en France après l'accident de Tchernobyl. Les résultats d'analyse réalisés sur le territoire métropolitain par l'IRSN et par les exploitants nucléaires ont montré la présence de ^{131}I , de ^{137}Cs et de ^{134}Cs [4]. Le ^{131}I , du fait de sa courte période radioactive (8 jours), a rapidement disparu de l'environnement. Les résultats de ^{137}Cs sont difficilement imputables à ce seul événement compte-tenu de la rémanence de ce radionucléide sur le littoral de la Manche et de la Mer du Nord. Seul le ^{134}Cs , dont la courte période radioactive (2,34 ans) avait contribué à sa disparition dans l'environnement après le dépôt massif de Tchernobyl, a pu être attribué à cet accident.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et
marin des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 10/266 -

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Bailly du Bois, P., 2003. *TRANSMER : modèle de simulation des transferts de radionucléides en Manche et Mer du Nord. Choix des options, description, validation et fonctionnalités*. IRSN. Rapport DPRE/SERNAT/2003-04.
- [2] Bailly du Bois, P. et Dumas, F., 2005. *TRANSMER, hydrodynamic model for medium- and long-term simulation of radionuclides transfers in the English Channel and southern North Sea*. Radioprotection 40: S575-S580.
- [3] Renaud, P., Champion, D. et Brenot, J., 2007. *Les retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl sur le territoire français. Conséquences environnementales et exposition des personnes*. Paris, Éditions Tec & Doc. Collection Sciences et techniques. Lavoisier.
- [4] Collectif, 2011. *Analyse de l'impact de l'accident de Fukushima en France (métropole et DROM-COM) à partir des résultats de la surveillance renforcée de la radioactivité de l'environnement*. IRSN. Rapport DEI/2011-01, 90.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 11/244-

7.2. SITE DE FLAMANVILLE

7.2.1. Rappels et généralités sur le C.N.P.E.

Le Centre Nucléaire de Production d'Électricité (C.N.P.E.) de Flamanville est situé en bord de mer, au pied du cap de Flamanville dans le nord-ouest du département de la Manche, à 5 km de la commune des Pieux et à une trentaine de kilomètres au sud-ouest de Cherbourg (figure 7.2.1 page 25). Le C.N.P.E. de Flamanville est proche de diverses installations nucléaires, toutes comprises dans un rayon de 30 km autour du site : l'usine de traitement du combustible usé d'ORANO La Hague (anciennement AREVA la Hague), le centre de stockage de la Manche de l'ANDRA à Digulleville, et le Groupe d'Étude Atomique de la marine nationale à Cherbourg. L'environnement terrestre et marin du nord Cotentin est potentiellement soumis aux rejets d'effluents de chacune de ces installations. Le C.N.P.E. de Flamanville se compose de deux tranches de la filière des réacteurs à eau pressurisée (R.E.P.) de 1300 MWe chacune, couplées au réseau en décembre 1985 (INB n°108) et juillet 1986 (INB n°109). Un troisième réacteur de type EPR (INB n°167) y est actuellement en cours de construction.

Les modalités d'exploitation et les limites des rejets d'effluents du C.N.P.E. de Flamanville, en mer et dans l'atmosphère, sont régies par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Le tableau 2.2 du document principal présente une synthèse des activités rejetées annuellement par voie liquide (principale voie de rejets en termes d'activités) par l'installation depuis le début des suivis annuels (1991). En 2017, l'exploitant n'a déclaré aucun incident (www.asn.fr) ayant pu avoir une conséquence mesurable sur les niveaux d'activité des échantillons analysés dans le cadre du suivi.

La dispersion des effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions météorologiques et hydrodynamiques propres au site. Les vents de secteur sud à ouest sont les plus fréquents. Les courants côtiers en Manche sont complexes. Devant le site de Flamanville, entre les îles Anglo-Normandes et la côte ouest du Cotentin, se forme un gyre anticyclonique¹ de quelques dizaines de kilomètres de large au sein duquel sont effectués les rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Flamanville et où est entraînée une partie des rejets d'effluents liquides des installations de l'usine d'ORANO La Hague.

La chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Flamanville est exposée sur la figure 7.2.2 page 26, accompagnée des références bibliographiques associées. Un état de référence (« point zéro » radioécologique) a été réalisé d'avril 1981 à avril 1982 pour l'écosystème marin [1] et de décembre 1980 à décembre 1981 pour l'écosystème terrestre [2]. Ces études préliminaires ont fait l'objet d'un rapport de synthèse [3]. Un suivi radioécologique annuel est réalisé depuis 1991 [4 à 9, 11 à 20, 22 à 31]. Un premier bilan radioécologique décennal a été réalisé en 1996 [10], un second en 2006 [21], et un troisième en 2017. La campagne de prélèvements de l'année 2017 du suivi radioécologique annuel et réglementaire du C.N.P.E. de Flamanville a fait l'objet de plusieurs missions qui se sont déroulées de janvier à octobre. Les prélèvements et analyses réglementaires annuelles sont exploités dans ce rapport, et ceux qui relèvent du bilan décennal le sont partiellement et feront l'objet d'un rapport distinct.

¹ Un gyre est un très large tourbillon d'eau formé par un ensemble de courants marins sous l'action des vents. A cette échelle, le sens de rotation des gyres est dépendant de l'hydrodynamisme local et des courants résiduels de marée. Devant le CNPE de Flamanville, le gyre observé tourne dans le sens anticyclonique, c'est-à-dire dans le sens horaire.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 12/244 -

7.2.2. Radioécologie du milieu terrestre

7.2.2.1. Rappel des données antérieures

Les résultats acquis lors de l'état de référence radioécologique du site et dans le cadre des suivis radioécologiques annuels et des bilans décennaux menés jusqu'en 2016 sont rappelés ci-après. Ces résultats sont en partie illustrés sur la figure 7.2.3 page 27 et au sein du tableau 7.2.1 au tableau 7.2.5, pages 35 et suivantes.

Lors de l'état de référence, établi entre décembre 1980 et décembre 1981, l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville a été influencé par deux événements : l'essai nucléaire atmosphérique chinois d'octobre 1980 et l'incident de silo de l'usine de La Hague en janvier 1981. Ainsi, à cette période, plusieurs radionucléides artificiels, parmi lesquels les ^{137}Cs , $^{144}\text{Ce/Pr}$ et ^{95}Nb , ont été détectés dans les différents compartiments de l'environnement à des niveaux d'activité atteignant plusieurs centaines de becquerels par kilogramme de matière sèche.

Parmi les divers radionucléides artificiels susmentionnés détectés en 1980-81, seul le ^{137}Cs (possédant la plus longue période radioactive, i.e. 30,2 ans) est demeuré détectable dans les diverses matrices environnementales terrestres étudiées de 1991 à 2016. De plus, les apports en ^{137}Cs liés aux retombées de l'accident de Tchernobyl de 1986, bien que faibles dans cette région, se sont ajoutés à cette activité rémanente. Jusqu'en 2016, ce radiocésium a été détecté de manière quasi systématique dans les sols, les mousses, les lichens et certains végétaux cultivés. Il a également été fréquemment décelé, à l'état de traces, dans le lait et parfois dans l'eau (en 1994). En 2011, suite à l'accident survenu sur la centrale de Fukushima Daiichi (Japon), des traces fugaces de ^{134}Cs ont été détectées.

D'autres radionucléides artificiels ont été régulièrement détectés, mais dans un nombre plus restreint d'échantillons et à des activités plus faibles. Parmi ceux-ci, le ^{60}Co , ^{124}I et ponctuellement, le ^{54}Mn , le ^{134}Cs et le $^{106}\text{Ru/Rh}$, notamment ponctuellement détectés dans les lichens et les sols. La présence au sein des lichens de ces radionucléides artificiels (normalement associés aux rejets d'effluents liquides) peut être imputable à un apport atmosphérique *via* les embruns et aérosols marins [32] marqués par les rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Flamanville mais aussi, et surtout, de l'usine ORANO La Hague (notamment pour ^{241}Am et $^{106}\text{Ru/Rh}$, qui ne font pas partie du spectre de référence des rejets du C.N.P.E. de Flamanville). De plus, les pratiques traditionnelles d'amendement des sols agricoles avec du varech (mélange d'algues du genre *Fucus*, *Laminaria* et *Ascophyllum*) ont pu contribuer, par le passé, au transfert de radionucléides artificiels depuis le milieu marin vers le milieu terrestre. Le ^{131}I , recherché dans des échantillons de mousses et de lichen depuis 1997, n'a jamais été significativement détecté. Depuis 2000, le ^3H libre est recherché dans l'eau de boisson et le lait ; et depuis 2015, il est recherché dans l'herbe et la salade, ainsi que dans le lierre depuis 2016 ; son activité est proche du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local ($1,4 \pm 1,2 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'après [33 et 34]) ; si ce n'est dans l'herbe et dans le lierre, pour lesquels un apport local est mis en évidence en champ proche. Le tritium organiquement lié est également recherché dans le lait (depuis 2012), dans la salade (depuis 2015) et dans l'herbe (depuis 2016), et le ^{14}C dans l'herbe (depuis 2012) et la salade (depuis 2015) ; et leurs activités ne mettent pas en évidence de marquage spécifiquement lié aux rejets d'effluents à l'atmosphère [33], hormis pour l'herbe depuis 2015, collectée à environ 1 km sous les vents du C.N.P.E., où l'activité en ^{14}C était par contre supérieure au bruit de fond moyen sur le territoire français hors influence industrielle (proche de $230 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ en 2016 d'après [35]).

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 13/244 -

7.2.2.2. Suivi annuel 2017

7.2.2.2.1. Cartographie, calendrier et nature des prélèvements

La campagne de prélèvements 2017 s'est déroulée sur plusieurs missions réalisées en février, septembre et octobre.

La localisation des stations de prélèvements ainsi que la nature des échantillons sont reportées sur la figure 7.2.1 page 25. Les dates de prélèvement, stations, natures et caractéristiques identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le tableau 7.2.6 pages 41 et suivante. L'analyse granulométrique et la teneur en matière organique du sol de pâturage échantillonné sont présentées dans le tableau 7.2.7 page 43.

Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les sols sont les substrats des cultures étudiées. On distingue les sols cultivés pour lesquels des labours sont réalisés, des sols non cultivés sur lesquels les cultures, pluriannuelles, ne demandent aucun remaniement (pâturages). Des sols non cultivés sont privilégiés dans l'objectif de mesurer l'accumulation des dépôts atmosphériques. Les échantillons sont, en dehors des indicateurs végétaux (mousse, lichen et lierre), des vecteurs directs ou indirects de radioactivité vers l'homme. Ils sont caractéristiques des principales activités agricoles de la région, à savoir l'élevage laitier et le maraîchage. Les végétaux cultivés (salade et herbe) sont communs sur l'ensemble du territoire français. Leur cycle végétatif annuel et leur grande surface d'interception en font d'assez bons indicateurs de marquage. De l'eau de boisson et du lait de vache sont collectés sur une commune à proximité du site.

La stratégie de prélèvement et d'analyse est commune à l'ensemble des sites. Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées. Dans la stratégie générale, une mousse terricole, une production agricole ainsi que le sol associé, un sol de prairie, de l'herbe, un lait et une eau de boisson sont prélevés sous les vents dominants. Hors vents, une mousse et une production agricole sont collectées.

Les stations de prélèvements ont été définies en fonction du régime éolien local, généralement dominé par les vents de secteur sud à ouest. La zone terrestre potentiellement la plus influencée par les rejets d'effluents à l'atmosphère se trouve dans le secteur est ou en champ proche (C.N.P.E. < 1 km, Falaise du Quédo, Pont Helland et Siouville). Les stations de référence, hors de la zone sous les vents du C.N.P.E., sont situées dans le secteur sud-sud-est (le Rozel, Surtainville et Sortosville-en-Beaumont). Afin de s'affranchir de la variabilité interspécifique des bryophytes, une prospection approfondie a permis de récolter deux échantillons de même espèce (*Polytrichum sp.*).

L'eau prélevée à Siouville provient d'un réseau d'eau potable distribuée par la communauté de communes des Pieux et dont le site de production est situé à Teurthéville-Hague. Ce site alimente les communes de Sotteville, Helleville, Héauville, Siouville-Hague, Benoistville, Tréauville, et Saint-Christophe-du-Foc. La distribution d'eau potable à Siouville exploite le captage des Tourelles. La nappe phréatique qui l'alimente est située dans une zone potentiellement soumise à l'influence des rejets d'effluents à l'atmosphère. Il n'a pas été possible de trouver une nappe exploitée pour produire de l'eau potable ou d'irrigation qui soit sous l'influence de la nappe située sous le C.N.P.E..

Les bryophytes étant de bons bioindicateurs, des mousses terrestres ont été récoltées en zone potentiellement influencée par les rejets d'effluents à l'atmosphère, sous les vents dominants d'ouest-sud-ouest (Le Pont Helland, au nord-est du site). Des mousses ont également été prélevées au Rozel, au sud-sud-est du site, hors-influence des rejets d'effluents à l'atmosphère. Un échantillon de lichen ramaline (*Rhamalina sp.*) a également été prélevé à proximité du C.N.P.E. au niveau des falaises de Quédo, au sud du site. La ramaline est un lichen fruticuleux se développant depuis la frange littorale jusqu'à l'intérieur des terres sur les rochers, les murets et les arbres. La capacité de ce

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 14/244 -

lichen à concentrer les radioéléments à l'état de traces issus des embruns marins et des retombées atmosphériques en fait un excellent bioindicateur. La matière fraîche des lichens et des mousses a été conditionnée en vue d'une recherche de ^{131}I et de l'ensemble des radionucléides émetteurs gamma par spectrométrie gamma. Les échantillons de sol de pâturage, d'herbe, de lait et de salade récoltés sous les vents dominants ont également été conditionnés en vue de mesures en spectrométrie gamma, de même que le sol de pâturage et les salades hors vents. Le lait et les salades, collectés sous les vents dominants à Siouville, ainsi que le lierre et l'herbe récoltés à proximité du C.N.P.E. ont fait l'objet d'une mesure par scintillation liquide destinée à évaluer les activités en tritium libre (HTO), et d'une recherche d'activité en tritium organiquement lié (TOL). L'eau de boisson prélevée à Siouville a également fait l'objet d'une mesure de l'activité en HTO. De plus, une recherche du ^{14}C a été entreprise dans l'herbe de pâturage prélevé à proximité immédiate du C.N.P.E., dans le lait prélevé à Siouville et dans les salades prélevées à Siouville et à Surtainville.

Le sol de salade prélevé sous les vents (Siouville), le sol de pâturage (Sortosville-en-Beaumont) et les salades (Surtainville) récoltés hors vents, ont été traités, conditionnés puis archivés jusqu'à la fin de l'étude annuelle. Ces échantillons pourraient être mesurés dans le cas d'un marquage des autres échantillons. Les sols de prairie et les herbes prélevés hors (Sortosville-en-Beaumont) et sous vents (C.N.P.E. < 1 km) ont été placés en échantillonnage pour une durée de 10 ans.

7.2.2.2. Résultats de spectrométrie γ

Les résultats d'analyse par spectrométrie γ des activités en radionucléides d'origine naturelle et d'origine artificielle dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville sont présentés au sein du tableau 7.2.8 page 44 et du tableau 7.2.9 page 45, respectivement.

- *Sols*

La radioactivité d'origine naturelle est principalement associée au ^{40}K (546 ± 47 et $620 \pm 50 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et, dans une moindre mesure, à ^{228}Ac (47 ± 6 et $51 \pm 6 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$), de la famille du ^{232}Th , et au $^{234\text{m}}\text{Pa}$ (37 ± 13 et $47 \pm 13 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$), de la famille de ^{238}U . On ne révèle pas la présence de ^7Be à des niveaux d'activité supérieurs au seuil de décision ($\leq 4,1 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$).

Le seul radionucléide d'origine artificielle quantifié (activité supérieure au seuil de décision) dans le sol est le ^{137}Cs ($5,39 \pm 0,47$ et $7,10 \pm 0,60 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$).

- *Végétaux*

La radioactivité d'origine naturelle est essentiellement due au ^{40}K , quantifié à raison de 82 ± 12 à $232 \pm 18 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ dans les indicateurs végétaux (mousses et lichens), de $180 \pm 120 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ et $2380 \pm 230 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ dans les feuilles de salade et de $870 \pm 90 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ dans l'échantillon d'herbe de prairie. Le ^7Be , radionucléide d'origine cosmogénique, est présent dans les mousses et lichens (247 ± 17 à $313 \pm 19 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$), ce qui rend compte de leur intérêt en tant qu'intégrateurs des apports atmosphériques. Ce radionucléide est aussi quantifié dans salades ($116 \pm 11 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ et $154 \pm 14 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et l'herbe ($283 \pm 25 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$), avec des teneurs significativement plus faibles. De ^{228}Ac est quantifié à raison de $2,9 \pm 2,0$ à $5,7 \pm 2,2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ dans les indicateurs végétaux, de $0,61 \pm 0,26$ et $1,40 \pm 0,40 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ dans les salades, et de $5,2 \pm 0,7 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ dans l'échantillon d'herbe de prairie. Des traces de ^{210}Pb sont également quantifiées dans les salades ($7,8 \pm 1,3$ et $9,1 \pm 1,2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et dans l'herbe ($14,7 \pm 1,4 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$).

Le ^{137}Cs est quantifié dans les indicateurs végétaux ($0,60 \pm 0,60$ à $5,10 \pm 0,90 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$), les feuilles de salade ($1,16 \pm 0,14 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ à Surtainville) et l'herbe ($0,046 \pm 0,020 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$). Ni le ^{60}Co , ni aucun autre radionucléides artificiels, ne sont détectés dans les lichens ni dans aucune autre

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 15/244 -

matrice végétale échantillonnée ($^{60}\text{Co} \leq 0,46 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$). Les analyses d' ^{131}I réalisées sur les échantillons frais de mousses et de lichens ne révèlent pas la présence de cet élément à des niveaux d'activité supérieurs au seuil de décision ($\leq 0,39 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$).

- *Lait*

La radioactivité d'origine naturelle est exclusivement liée au ^{40}K ($48,7 \pm 4,7 \text{ Bq.L}^{-1}$). Le ^{137}Cs , d'origine artificielle, est également quantifié à l'état de traces ($0,0032 \pm 0,0014 \text{ Bq.L}^{-1}$).

7.2.2.2.3. Résultats de mesure de tritium

L'activité en tritium libre (HTO) est mesurée dans l'herbe à raison de $7,2 \pm 0,7 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($8,8 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}^2$), et dans le lierre à de raison de $6,7 \pm 0,6 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($9,3 \pm 0,9 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$). Dans la salade, elle est de $1,6 \pm 0,6 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($1,7 \pm 0,6 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$), et dans le lait de $0,9 \pm 0,5 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'ECH.³ ($1,0 \pm 0,6 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$) ; mais est inférieure au seuil de décision ($\leq 0,49 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'ECH) dans l'eau de boisson (tableau 7.2.10 page 46).

Les activités en tritium organiquement lié (TOL) quantifiables sont de $0,51 \pm 0,07 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($5,2 \pm 0,7 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$) dans l'herbe, de $1,02 \pm 0,13 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($6,3 \pm 0,7 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$) dans le lierre, de $0,07 \pm 0,02 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($2,8 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$) dans les feuilles de salade Siouville, et de $0,14 \pm 0,05 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'ECH. ($1,5 \pm 0,6 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}^4$) dans le lait de vache de Siouville (tableau 7.2.11 page 46).

7.2.2.2.4. Résultats de mesure du ^{14}C

L'activité en ^{14}C dans les feuilles de salade échantillonnées à Siouville et à Surtainville sont respectivement de $5,12 \pm 0,25$ et $5,59 \pm 0,27 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais (245 ± 12 et $247 \pm 12 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; $109 \pm 5\%$ et $110 \pm 5\%$ de pMC). Dans l'herbe prélevée à proximité immédiate du C.N.P.E., cette activité est de $21,50 \pm 0,19 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($282,4 \pm 2,5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; $126,1 \pm 1,1\%$ de pMC). Dans le lait prélevé à Siouville, cette activité est de $15,6 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1}$ ($241 \pm 12 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; $105 \pm 5\%$ de pMC ; tableau 7.2.12 page 47).

7.2.2.3. Bilan annuel et comparaison avec les résultats des études radioécologiques antérieures

En 2017, la radioactivité d'origine naturelle quantifiée dans les matrices terrestres environnant le C.N.P.E. de Flamanville est du même ordre de grandeur que celle mesurée lors de l'état de référence et depuis le début des suivis radioécologiques annuels. Elle présente une composante tellurique prépondérante dans les sols et les végétaux, représentée par le ^{40}K et, dans une moindre mesure, par les familles du ^{232}Th et de ^{238}U . Dans les sols, les activités massiques en ^{40}K , en fils du ^{232}Th et du ^{238}U sont conformes aux valeurs observées en France métropolitaine ([36 et 37], § 2.6.1 du document principal). La seconde composante, d'origine cosmogénique, est due au ^7Be , présent principalement dans les végétaux dont la surface foliaire est propice à la captation des retombées atmosphériques. Dans le lait de vache, le ^{40}K est toujours proche de 50 Bq.L^{-1} , quels que soient l'année ou le lieu du prélèvement.

En 2017, au prix d'un effort métrologique renouvelé chaque année, le ^{137}Cs , radionucléide d'origine artificielle, est détecté dans 8 des 9 échantillons analysés. Les valeurs obtenues en 2017 sont conformes aux niveaux observés au cours des dix dernières années. L'évolution temporelle des

² : $\text{Bq.L}^{-1} \text{ ED}$: Bq.L^{-1} d'eau de dessiccation

³ : Bq.L^{-1} d'ECH. : Bq.L^{-1} d'échantillon

⁴ : $\text{Bq.L}^{-1} \text{ EC}$: Bq.L^{-1} d'eau de combustion

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 16/244 -

niveaux d'activité du ^{137}Cs dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. témoigne de la décroissance radioactive de cet élément depuis l'état de référence mené en 1981, ainsi que de son recyclage dans le cas des sols. L' ^{131}I , recherché dans les mousses et le lichen depuis 1997, n'a jamais été quantifiable.

Les activités en tritium sont proches du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local ($1,4 \pm 1,2 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'après [33, 34, 38]) pour la salade, le lait et l'eau de boisson ; mais pas pour l'herbe et le lierre en champ proche du C.N.P.E., pour lesquels les activités en tritium libre et lié sont significativement plus élevées que le bruit de fond attendu.

L'activité en ^{14}C dans les salades échantillonnées sous et hors influence à Siouville et à Surtainville, ainsi que dans le lait échantillonné à Siouville, est proche du bruit de fond sur le territoire métropolitain français hors influence industrielle locale (proche de $230 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ en 2017 d'après [35 et 38]). Au sein de l'herbe, prélevée en champ proche du C.N.P.E. ($< 1 \text{ km}$), l'activité en ^{14}C est par contre significativement supérieure à ce bruit de fond. L'analyse statistique des données acquises en milieu terrestre autour des 19 C.N.P.E. [39] a, par ailleurs, permis de démontrer que les rejets atmosphériques des C.N.P.E. français contribuaient à une augmentation moyenne d'environ $+3 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ de C}$ de l'activité en ^{14}C des échantillons biologiques terrestres. Ainsi, en se basant sur les résultats des années précédentes et de cette année, un apport local est mis en évidence dans l'environnement du site de Flamanville pour l'herbe.

7.2.3. Radioécologie du milieu aquatique

7.2.3.1. Rappel des données antérieures

Les résultats acquis lors de l'établissement de l'état de référence radioécologique du site et dans le cadre des suivis radioécologiques annuels et des bilans décennaux menés jusqu'en 2016 sont rappelés ci-après. Ces résultats sont en partie illustrés sur la figure 7.2.4 page 29 et sur la figure 7.2.5 page 31, et au sein du tableau 7.2.13 au tableau 7.2.15, pages 48 et suivantes.

Lors de l'établissement de l'état de référence radioécologique de l'environnement marin proche du C.N.P.E. de Flamanville (1980-1982), les matrices sédimentaires et biologiques échantillonnées étaient marquées par divers radionucléides artificiels : $^{106}\text{Ru/Rh}$, ^{103}Ru , ^{125}Sb , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{54}Mn , ^{241}Am , ^{95}Nb et $^{144}\text{Ce/Pr}$. La présence de ces éléments sur le littoral du Cotentin témoignait de la dispersion des effluents liquides rejetés par l'usine de traitement du combustible usé ORANO La Hague et l'usine de Sellafield (Angleterre), tout comme de celle des retombées atmosphériques globales des divers essais nucléaires aériens.

À l'occasion du premier suivi radioécologique annuel, en 1991, le cortège de radionucléides d'origine artificielle détectés était qualitativement et quantitativement moins important que lors de l'état de référence. Le marquage de l'environnement marin par le $^{106}\text{Ru/Rh}$, témoignant des rejets de l'usine ORANO La Hague, n'était détectable que dans les mollusques et crustacés. Aucun échantillon ne présentait de traces quantifiables de ^{134}Cs ou d' ^{241}Am . Hormis le $^{106}\text{Ru/Rh}$ susmentionné, seuls le ^{137}Cs et/ou le ^{60}Co , l' $^{110\text{m}}\text{Ag}$ et le ^{125}Sb étaient quantifiés dans les divers compartiments de l'écosystème marin côtier. L'origine du ^{137}Cs , du ^{60}Co et du ^{125}Sb était potentiellement imputable à la fois aux rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Flamanville et à ceux de l'usine ORANO la Hague. Les retombées globales des essais nucléaires atmosphériques et celles de Tchernobyl ne sont pas non plus à exclure totalement dans le cas du ^{137}Cs . L' $^{110\text{m}}\text{Ag}$ est quant à lui davantage caractéristique des rejets d'effluents liquides des C.N.P.E., et a été détecté dans les algues et les mollusques et crustacés en 1992.

Depuis, divers radionucléides artificiels ont été détectés dans l'environnement marin proche du C.N.P.E. de Flamanville. Des radionucléides tels que le $^{106}\text{Ru/Rh}$, l' ^{241}Am et l' $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ont été

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 17/244 -

régulièrement décelés dans les algues et/ou les mollusques et arthropodes. Le ^{137}Cs a été quantifié systématiquement dans les diverses matrices environnementales marines échantillonnées. Le ^{60}Co a lui aussi été fréquemment quantifié dans les sédiments, les algues et les mollusques et arthropodes. Nombre de ces radionucléides artificiels ont une double origine potentielle : le C.N.P.E. de Flamanville et l'usine ORANO La Hague. Cependant, les études radioécologiques réalisées depuis 1991 ont pu mettre en évidence l'influence prépondérante sur le milieu marin de l'usine ORANO La Hague, dont les niveaux d'activité en radionucléides artificiels dans les effluents liquides rejetés en mer sont de 2 à 4 ordres de grandeur supérieurs à celles du C.N.P.E. de Flamanville. Depuis 1991, les activités en radionucléides artificiels mesurées dans l'environnement proche du C.N.P.E. diminuent, cette tendance pouvant être reliée à la diminution des rejets d'effluents liquides de cette installation nucléaire. Ainsi, $^{110\text{m}}\text{Ag}$, principal témoin du fonctionnement du C.N.P.E. de Flamanville et essentiellement quantifié au sein des mollusques et des arthropodes, a-t-il vu son niveau d'activité diminuer d'un facteur dix au cours de la décennie passée. Aucune trace d' ^{131}I n'a été détectée dans les échantillons d'algues mesurés à l'état frais. Enfin, $^{108\text{m}}\text{Ag}$, dont l'origine reste à préciser, a également été régulièrement quantifié dans les mollusques et arthropodes. Les activités en tritium libre quantifiées au sein des algues et/ou des poissons de 2000 à 2016, ainsi que des mollusques et arthropodes depuis 2015, sont cohérentes eu égard aux niveaux d'activités mesurés dans l'eau de mer du nord Cotentin et liés majoritairement aux rejets d'effluents liquides de l'usine ORANO La Hague. Le tritium organiquement lié est recherché dans les patelles depuis 2012, et dans les arthropodes et les poissons depuis 2015. Les activités en tritium organiquement lié sont également cohérentes avec les valeurs observées au cours de la dernière décennie. Le ^{14}C est recherché dans les patelles depuis 2012, et dans les poissons depuis 2015, et les activités mesurées sont cohérentes avec les valeurs moyennes enregistrées par le passé du fait de l'influence globale des INB de la Manche [33], et notamment de la proximité de l'usine ORANO La Hague. Ce marquage en ^{14}C tend à être plus prononcé au voisinage du point des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Flamanville.

7.2.3.2. Suivi annuel 2017

7.2.3.2.1. Cartographie, calendrier et natures des prélèvements

La campagne de prélèvements 2017 s'est déroulée de janvier à juillet.

La localisation des stations de prélèvements et la nature des échantillons collectés sont indiquées sur la figure 7.2.1 page 25. Les dates de prélèvement, stations, natures et caractéristiques identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le tableau 7.2.16 pages 52 et suivantes. La granulométrie et la teneur en matière organique des sédiments échantillonnés figurent dans le tableau 7.2.17 page 55.

Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les matrices biologiques échantillonnées sont les plus abondantes localement et/ou caractéristiques de l'économie locale. Elles correspondent également, pour la plupart, aux espèces prélevées lors de l'état de référence. Au niveau des stations côtières, accessibles à marée basse, les prélèvements de sédiments, d'algues et de mollusques (patelles) ont été effectués à la main. Dans la mesure du possible, des sédiments de granulométrie fine, qui permettent une meilleure rétention des radionucléides, ont été échantillonnés. Toutefois, le fort régime hydrodynamique du nord-ouest du Cotentin, caractérisé notamment par l'un des courants de marée les plus puissants d'Europe (le raz Blanchard), ne permet pas la sédimentation des particules les plus fines (limons et

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 18/244 -

argiles) autour du C.N.P.E. de Flamanville, à l'exception des ports de Dielette en champ proche⁵ et de Carteret, en champ lointain⁶, au niveau desquels des sédiments fins ont été échantillonnés. Des sédiments sableux ont été également prélevés à Sciotot, en champ proche, au sud du C.N.P.E. Des algues brunes du genre *Fucus* ont été prélevées sur les enrochements naturels et artificiels en champ proche (Dielette et Sciotot) et lointain (Saint-Georges-de-la-Rivière). Des mollusques (patelles) ont été récoltés en champ proche (Dielette) et lointain (Saint-Georges-de-la-Rivière).

Les prélèvements de poissons et d'arthropodes ont été confiés à trois pêcheurs professionnels selon leur zone de pêche habituelle et leur spécificité d'armement. Les pêches ont été effectuées dans la zone d'excursion du panache des rejets d'effluents liquides, près des émissaires de rejets (station dénommée C.N.P.E. au large) ainsi qu'en champ lointain des rejets du C.N.P.E. de Flamanville, en champ lointain (au large de Carteret). Une espèce de poisson rond (la vieille) a été pêchée au large du C.N.P.E. et au large de Carteret. Les analyses ont porté sur les filets (muscles) afin d'étudier la fraction susceptible d'être consommée par l'homme et de s'affranchir du tractus gastro-intestinal. Des arthropodes (tourteaux) localement abondants et caractéristiques de la pêche locale, ont été récoltés à l'aide de casiers placés au plus près des émissaires de rejet du C.N.P.E. et au large de Carteret. Les analyses sur les tourteaux ont été réalisées sur l'animal entier pour ce qui est de la spectrométrie gamma, et sur la chair du corps et des pinces qui a été décortiquée pour la recherche du tritium organiquement lié.

L'ensemble des échantillons a été traité et conditionné en vue de leur analyse par spectrométrie gamma. La recherche de ^{131}I a été entreprise sur les échantillons d'algues, à l'état frais, par spectrométrie gamma. La recherche du tritium a été entreprise sur les mollusques (tritium libre et tritium organiquement lié), arthropodes et poissons (tritium organiquement lié). Des mesures du ^{14}C ont été entreprises sur les mollusques (patelles) et les poissons, selon le protocole détaillé dans l'appendice méthodologique du document principal.

Le sédiment, les algues et les mollusques (patelles) échantillonnés en champ proche (Dielette) et ceux échantillonnés en champ lointain (Carteret et Saint-Georges-de-la-Rivière) ont été traités, conditionnés puis placés en échantillonnaire pour une durée de 10 ans.

7.2.3.2.2. Résultats de spectrométrie γ

Les résultats d'analyse par spectrométrie γ des activités en radionucléides naturels et artificiels dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville sont présentés au sein du tableau 7.2.18 page 56 et du tableau 7.2.19, pages 57 et 59.

⁵ Le terme « **champ proche** » désigne des stations situées à proximité du ou des points de rejets d'effluents liquides du C.N.P.E., et/ou dans la zone d'excursion du panache des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E., et qui sont donc potentiellement influencées quotidiennement par ces rejets. A Flamanville, le champ proche désigne les stations situées à quelques kilomètres au nord et au sud du C.N.P.E., soit de Dielette à Sciotot. Il est à noter que cette zone est également influencée par les rejets d'effluents liquides de l'usine ORANO la Hague proche du C.N.P.E. de Flamanville, qui induisent un marquage continu de l'ensemble du Golfe Normand-Breton de 1 à 10 Bq.L^{-1} [40 et 41].

⁶ Le terme « **champ lointain** » désigne à l'inverse des stations situées suffisamment à distance du ou des points de rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. pour être considérées comme n'étant que peu influencées par ces rejets. Cette distance s'apprécie en fonction des conditions hydrodynamiques locales moyennes. A Flamanville, la zone d'excursion habituelle du panache de rejet modélisée sur la base des données de rejet d'effluents liquides de l'installation est plutôt située au sud du C.N.P.E., et s'étend jusqu'au cap de Carteret (communication interne IRSN 2018). Néanmoins, la zone au nord du CNPE et le cap de Flamanville sont fortement influencés par les rejets d'effluents liquides de l'usine ORANO la Hague, même si le marquage induit par le C.N.P.E. de Flamanville peut être comparable dans certaines circonstances. Plus au sud, le panache des rejets de l'usine ORANO La Hague dépasse rarement le Cap de Carteret [40 et 41]. La zone définie comme en champ lointain pour le C.N.P.E. de Flamanville tient donc compte de cette double contrainte locale. Elle est ainsi située au sud du cap de Carteret, soit dans le port de Carteret et à Saint-Georges-de-la-Rivière.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 19/244 -

- *Sédiments*

La radioactivité d'origine naturelle quantifiée dans les 3 sédiments prélevés est essentiellement due au ^{40}K (180 ± 16 à $517 \pm 45 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) ainsi qu'aux éléments des familles du ^{232}Th ($4,5 \pm 0,6$ à $39,0 \pm 4,6 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et de ^{238}U (pour deux des trois analyses : 13 ± 8 et $64 \pm 13 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$). Le ^7Be est également quantifié dans les sables du port de Carteret et les sédiments à texture de sable silteux du port de Dielette ($10,9 \pm 1,7$ et $14,6 \pm 1,8 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$).

La radioactivité d'origine artificielle quantifiée est quant à elle due au ^{137}Cs (94 ± 38 à $1\,720 \pm 180 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et au ^{60}Co (570 ± 120 et $1\,830 \pm 250 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ sec}$). Ce dernier élément est uniquement quantifié dans sable silteux du port de Dielette et les sables du port de Carteret. Il est à noter toutefois que les sédiments de granulométrie plus fine dans ces ports qu'à la station de Sciottot présentent une plus grande affinité pour les radionucléides que des sédiments plus grossiers [42].

- *Algues*

La radioactivité d'origine naturelle quantifiée dans les 3 échantillons d'algues est dominée par le ^{40}K (930 ± 90 à $1\,220 \pm 120 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$). Le ^{238}Ac ($3,5 \pm 0,5$ à $6,4 \pm 0,9 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$), de la famille du ^{232}Th , et les éléments des familles de ^{238}U (le ^{234}Th et le ^{210}Pb ; $1,9 \pm 0,7$ à $13,7 \pm 1,5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) ainsi que le ^7Be ($6,0 \pm 1,1$ à $7,4 \pm 1,2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) sont également détectés.

La radioactivité d'origine artificielle quantifiée est quant à elle principalement associée à deux radionucléides : le ^{137}Cs (150 ± 60 à $260 \pm 60 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et le ^{60}Co (180 ± 80 à $390 \pm 90 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ sec}$), quantifiés à des niveaux comparables dans les 3 échantillons. Du $^{106}\text{Ru/Rh}$ ($2\,700 \pm 600 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ sec}$) est également quantifié en champ proche à Dielette. Les analyses de ^{131}I réalisées sur les échantillons d'algues à l'état frais ne témoignent pas de niveaux d'activités supérieurs au seuil de décision ($\leq 1\,400 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ sec}$).

- *Mollusques, arthropodes*

La radioactivité d'origine naturelle est en majorité due au ^{40}K (48 ± 5 à $58 \pm 6 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ frais}$) et, dans une moindre mesure, aux éléments des familles du ^{232}Th ($0,45 \pm 0,07$ à $0,69 \pm 0,15 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ frais}$) et de ^{238}U ($0,35 \pm 0,23$ à $1,62 \pm 0,18 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ frais}$), ainsi qu'au ^7Be dans les mollusques ($1,16 \pm 0,31$ et $1,91 \pm 0,44 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ frais}$).

Au sein des échantillons de mollusques, 5 radionucléides artificiels sont décelés : le ^{137}Cs (16 ± 6 et $22 \pm 7 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ frais}$), le ^{60}Co (17 ± 8 et $27 \pm 11 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ frais}$) et ^{241}Am (16 ± 7 et $28 \pm 8 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ frais}$) en champ proche et en champ lointain, et uniquement sous l'influence potentielle du C.N.P.E., $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ($35 \pm 11 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ frais}$) et le $^{106}\text{Ru/Rh}$ ($490 \pm 100 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ frais}$). Aucun radionucléide artificiel n'est quantifié dans les arthropodes échantillonnés en 2017.

- *Poissons*

Dans les poissons la radioactivité d'origine naturelle est uniquement due au ^{40}K (121 ± 14 et $130 \pm 13 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ frais}$).

La radioactivité d'origine artificielle quantifiée est quant à elle uniquement associée au ^{137}Cs (126 ± 16 et $192 \pm 19 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ frais}$) et est plus élevée en champ proche qu'en champ lointain des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Flamanville en 2017.

7.2.3.2.3. Résultats de mesure de tritium

Les activités en tritium libre mesurées respectivement en champ lointain et en champ proche

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 20/244 -

dans les patelles sont de $2,36 \pm 0,49 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($2,9 \pm 0,6 \text{ Bq.L}^{-1}$ ED) et $6,70 \pm 0,60 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($8,2 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1}$ ED) (tableau 7.2.20 page 58).

Les activités en tritium organiquement lié (TOL) sont quantifiées, respectivement en champ lointain et en champ proche, au sein des patelles à raison de $0,20 \pm 0,07 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($2,4 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC) et $0,95 \pm 0,09 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($10,1 \pm 1,0 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC), des arthropodes à raison de $1,28 \pm 0,13 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($9,4 \pm 0,9 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC) et $1,66 \pm 0,15 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($13,0 \pm 1,0 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC), et des poissons à raison de $0,60 \pm 0,10 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($4,4 \pm 0,7 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC) et $1,69 \pm 0,15 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($13,2 \pm 1,0 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC) (tableau 7.2.21 page 58).

7.2.3.2.4. Résultats de mesure du ^{14}C

L'activité en ^{14}C dans les patelles est de $36,3 \pm 2,1 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($540 \pm 32 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; pMC de $237 \pm 14\%$) en champ proche des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Flamanville (Dielette port), et de $17,2 \pm 1,1 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($291 \pm 18 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; pMC de $126 \pm 8\%$) en champ lointain du site (Saint-Georges-de-la-Rivière). L'activité en ^{14}C dans les poissons échantillonnés en champ proche des rejets d'effluents liquides du site (C.N.P.E. au large) est de $48,8 \pm 2,4 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($548 \pm 27 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; pMC de $239 \pm 12\%$), et de $35,5 \pm 1,7 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($347 \pm 17 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; pMC de $152 \pm 7\%$) en champ lointain (Carteret au large ; tableau 7.2.22 page 59).

7.2.3.3. Bilan annuel et comparaison avec les résultats des études radioécologiques antérieures

En 2017, la radioactivité d'origine naturelle détectée dans les matrices marines environnant le C.N.P.E. de Flamanville est qualitativement et quantitativement du même ordre de grandeur que celle mesurée lors des études antérieures. Le ^{40}K est le radionucléide prépondérant en termes d'activité. Les activités en ^{40}K dans les poissons sont conformes aux valeurs attendues pour ces animaux dont la teneur en potassium est physiologiquement régulée (activité massique toujours proche de 100 Bq.kg^{-1} frais). Le ^7Be est détecté dans les matrices régulièrement émergées lors du cycle de marée, les algues et les patelles ; ainsi que dans les sédiments fins des ports de Dielette et de Carteret ; à des teneurs plus élevées dans les algues du fait de leur capacité à capter les aérosols, et dans les sédiments fins, aptes à retenir les radionucléides.

La radioactivité d'origine artificielle au sein des sédiments et des organismes marins végétaux et animaux est essentiellement imputable au ^{137}Cs , et dans une moindre mesure, au ^{60}Co , à $^{110\text{m}}\text{Ag}$, à ^{241}Am , et au $^{106}\text{Ru/Rh}$. Le ^{137}Cs est le plus fréquemment quantifié (10 fois sur 12 échantillons prélevés). Comme il le fut occasionnellement au cours de la dernière décennie, $^{110\text{m}}\text{Ag}$ est détecté dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville (1 fois sur les 12 échantillons prélevés) à un niveau proche du seuil de décision. Le ^{131}I recherché dans les algues ne présente pas d'activité supérieure au seuil de décision. Les mollusques restent en règle générale les matrices au sein desquels la plus grande diversité de radionucléides émetteurs gamma est quantifiée. Les résultats de mesure par spectrométrie gamma obtenus en 2017 confirment ceux des années précédentes quant à la stabilisation, depuis les années 1990, du nombre de radionucléides artificiels détectés ainsi que la tendance à la baisse des niveaux d'activités mesurés dans les matrices environnementales marines proches du C.N.P.E. de Flamanville.

Les activités en tritium libre et lié dans les échantillons prélevés en champ lointain, toutes matrices confondues, correspondent aux valeurs attendues du fait des niveaux d'activités mesurables dans l'eau de mer en Manche (de l'ordre de 5 Bq.L^{-1} , et comprises entre $3,7$ et $5,9 \text{ Bq.L}^{-1}$ à distance de l'usine ORANO [38 et 43]) et majoritairement imputables à la dispersion des rejets d'effluents liquides de l'usine ORANO La Hague. En champ proche (Dielette et C.N.P.E. au large), les activités en tritium libre et lié sont légèrement plus élevées ($8,2 \pm 0,8$ à $13,2 \pm 1,0 \text{ Bq.L}^{-1}$, toutes matrices

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 21/244 -

confondues) qu'en champ lointain ($2,4 \pm 0,8$ à $9,4 \pm 0,9$ Bq.L⁻¹). Cette observation cohérente avec les valeurs observées au cours de la dernière décennie, témoigne d'un léger marquage par ce radionucléide.

Les activités en ¹⁴C quantifiées au sein des patelles et des poissons échantillonnés en champ proche et en champ lointain des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Flamanville sont supérieures au bruit de fond en ¹⁴C observé hors influence dans les matrices biologiques collectées en entrée de Manche (240 ± 2 Bq.kg⁻¹ C d'après [33]). Elles sont cependant cohérentes avec les valeurs moyennes enregistrées par le passé du fait du marquage global par les INB de la Manche [33], et notamment de la proximité de l'usine ORANO La Hague. Ce marquage en ¹⁴C est plus prononcé au voisinage du point des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Flamanville pour les mollusques comme pour les poissons échantillonnés en 2017.

7.2.4. État radioécologique de l'environnement du C.N.P.E. et son évolution depuis la mise en service industrielle

Les niveaux d'activités des radionucléides naturels détectés en 2017 dans l'environnement du C.N.P.E. de Flamanville sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés depuis l'instauration des suivis radioécologiques. Le ⁴⁰K est le radionucléide d'origine naturelle prépondérant dans tous les échantillons.

La radioactivité gamma d'origine artificielle du milieu terrestre est exclusivement imputable au ¹³⁷Cs, présent dans le sol, les matrices végétales et le lait échantillonnés. La présence de ce radionucléide artificiel dans l'environnement terrestre est essentiellement liée aux retombées des essais aériens d'armes nucléaires atmosphériques, l'accident de Tchernobyl ayant peu marqué le Cotentin. La dispersion de ¹³⁷Cs depuis le milieu marin vers l'environnement terrestre *via* les aérosols marins n'est également pas à exclure pour expliquer la présence de ce radionucléide au sein des matrices terrestres échantillonnées à proximité immédiate de la côte. Le ¹³⁷Cs est détecté à l'état de traces dans les végétaux cultivés (herbe) sous les vents dominants, à proximité immédiate du C.N.P.E. de Flamanville, ainsi que dans les végétaux consommés (salade) hors vents dominants, sans que la contribution des rejets du site puisse être démontrée. Les activités en tritium libre et organiquement lié ne mettent pas en évidence de marquage lié aux rejets d'effluent à l'atmosphère ; hormis pour l'herbe et le lierre prélevés à proximité immédiate du site, pour lesquels un apport local est mis en évidence. L'activité en ¹⁴C dans les salades et le lait est proche du bruit de fond moyen sur le territoire français hors influence industrielle (proche de 230 Bq.kg⁻¹ C en 2017 d'après [35 et 38]), toutefois celle mesurée dans l'herbe à proximité immédiate du C.N.P.E. (< 1 km) est significativement supérieure à ce bruit de fond. Au vu des résultats obtenus dans le cadre du suivi radioécologique 2017, il apparaît que les rejets d'effluents à l'atmosphère ne donnent pas lieu à un marquage quantifiable de l'environnement terrestre du site, si ce n'est pour le tritium et le ¹⁴C dans l'herbe, ainsi que pour le tritium dans le lierre, pour lesquels un apport est mis en évidence en champ proche.

En 2017, les diverses matrices sédimentaires et biologiques collectées dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville sont essentiellement marquées par le ¹³⁷Cs. À une fréquence moindre, d'autres radionucléides artificiels tels le ⁶⁰Co, l'^{110m}Ag, l'²⁴¹Am et le ¹⁰⁶Ru/Rh sont également quantifiés, dans les sédiments, algues et mollusques. Outre la rémanence des retombées atmosphériques globales dans le cas du ¹³⁷Cs, les radionucléides artificiels quantifiés dans les matrices marines ont pour la plupart une double origine potentielle : les rejets d'effluents liquides de l'usine ORANO La Hague et ceux du C.N.P.E. de Flamanville.

L'^{110m}Ag, plus caractéristique des rejets d'effluents du C.N.P.E., est uniquement quantifié dans les patelles prélevées en champ proche. Le ¹⁰⁶Ru/Rh et l'²⁴¹Am, caractéristiques des rejets d'effluents de l'usine ORANO La Hague, sont quantifiés dans les algues et/ou les patelles prélevées à proximité

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 22/244 -

du C.N.P.E en 2017. L' ^{131}I ne présente pas d'activité supérieure au seuil de décision dans les algues mesurées à l'état frais. Les niveaux d'activité en radionucléides artificiels émetteurs gamma quantifiés dans l'environnement marin proche du C.N.P.E. de Flamanville, notamment dans les produits de consommation (arthropode et poissons) restent très faibles. Les activités en tritium libre et lié dans les différents échantillons prélevés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville sont dans la gamme des valeurs attendues considérant les niveaux d'activité mesurables dans l'eau de mer principalement liés à la dispersion des rejets d'effluents liquides de l'usine ORANO La Hague. Par ailleurs, le contexte régional (concentration d'industries nucléaires dans un rayon proche du C.N.P.E.) et hydrologique du nord-Cotentin rend difficile toute discrimination du marquage spécifique par les rejets du C.N.P.E. de Flamanville sur l'environnement marin. Les activités en tritium libre et lié restent toutefois plus élevées en champ proche qu'en champ lointain en 2017, toutes matrices confondues. Les activités en ^{14}C témoignent de l'influence globale des INB de la Manche [33], avec un marquage plus prononcé au voisinage du point des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Flamanville pour les mollusques et les poissons.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 23/244 -

FIGURES

- Figure 7.2.1** - Localisation du C.N.P.E. de Flamanville et des stations terrestres* et marines** échantillonnées dans le cadre du suivi radioécologique 2017. 25
- Figure 7.2.2** - Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Flamanville. 26
- Figure 7.2.3** - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des **sols** (cultivés et non cultivés), **végétaux cultivés** (herbe et légumes) et **indicateurs végétaux** (mousses et lichens) échantillonnés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville. 27
- Figure 7.2.4** - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des **sédiments** et des **algues** échantillonnés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville. 29
- Figure 7.2.5** - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des **mollusques et arthropodes** et des **poissons** échantillonnés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville. 31

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 24/244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 25/244 -



Figure 7.2.1 - Localisation du C.N.P.E. de Flamanville et des stations terrestres* et marines** échantillonnées dans le cadre du suivi radioécologique 2017.

* en vert clair : stations hors vents dominants ; en vert foncé : stations sous les vents dominants.

** en bleu clair : station en champ lointain ; en bleu foncé : station en champ proche.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 26/244 -

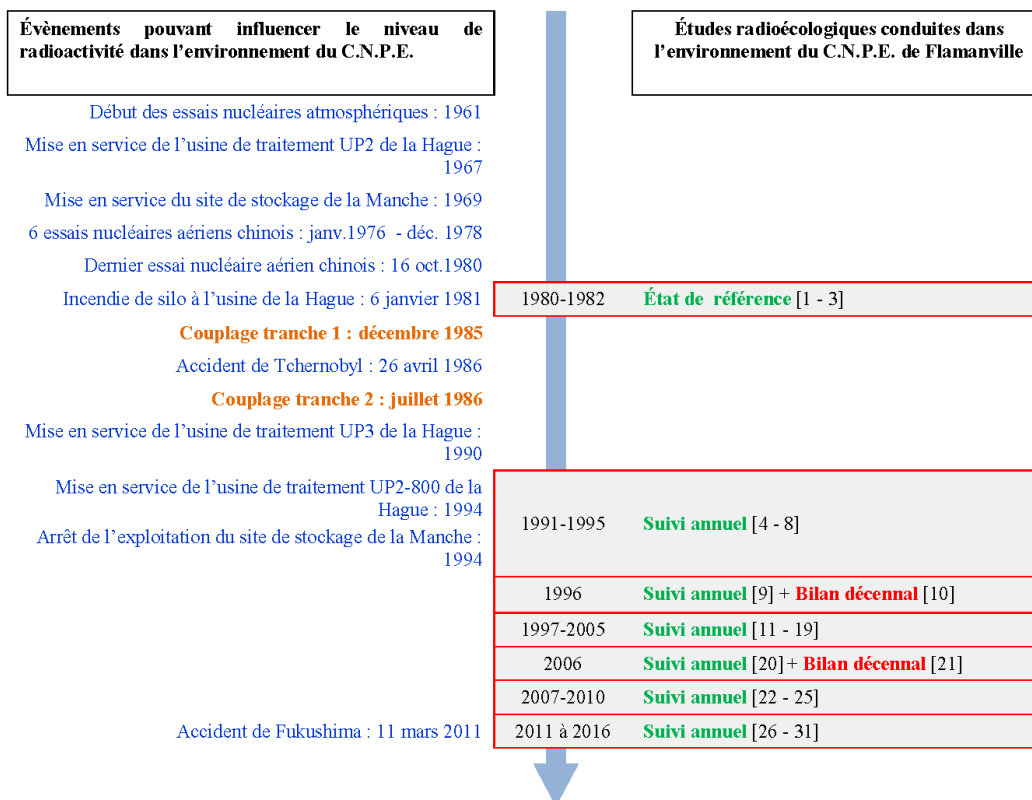


Figure 7.2.2 - Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Flamanville.

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

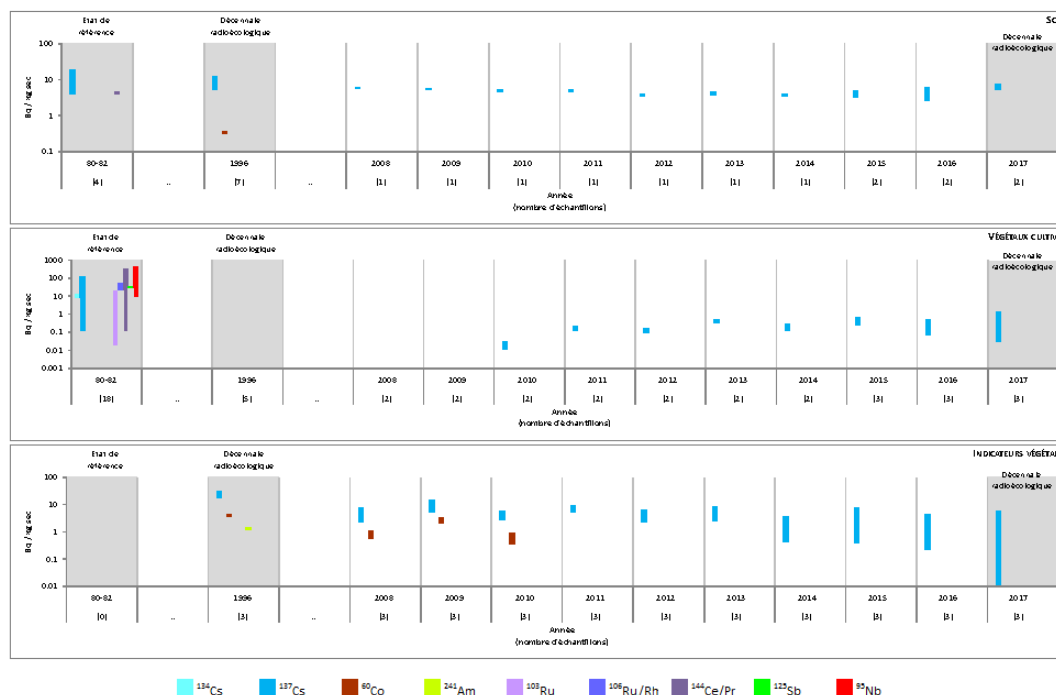


Figure 7.2.3 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des sols (cultivés et non cultivés), végétaux cultivés (herbe et légumes) et indicateurs végétaux (mousses et lichens) échantillonnés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville.

Suivi radiocécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 27/244 -

Suivi radiocécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 28/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

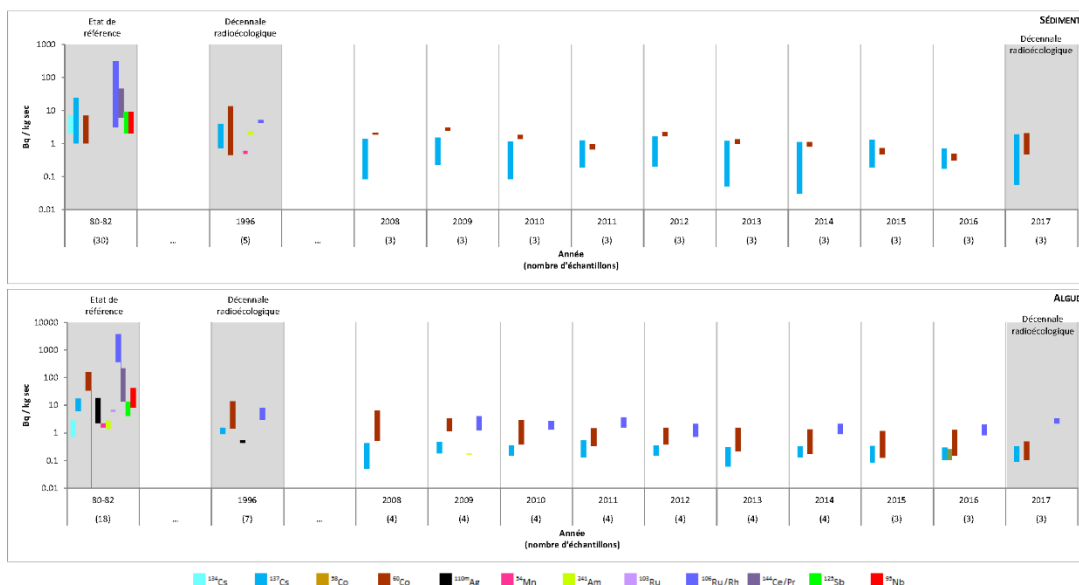


Figure 7.2.4 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des sédiments et des algues échantillonnés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017

- 20/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017

- 30/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

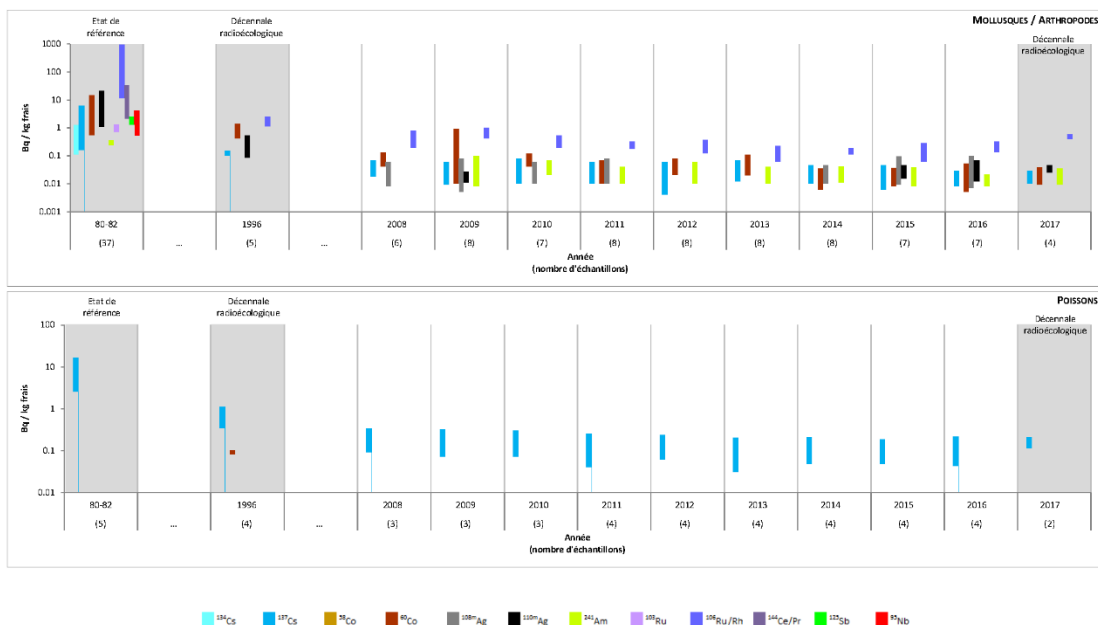


Figure 7.2.5 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des mollusques et arthropodes et des poissons échantillonnés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville.

Suivi radiocécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 31/244 -

Suivi radiocécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 32/244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 33/244 -

TABLEAUX

Tableau 7.2.1 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	35
Tableau 7.2.2 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de lichens et de mousses collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	36
Tableau 7.2.3 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de végétaux cultivés (herbe et légumes) collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	37
Tableau 7.2.4 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	39
Tableau 7.2.5 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons d'eau collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	40
Tableau 7.2.6 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.	41
Tableau 7.2.7 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l'échantillon de sol collecté dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.	43
Tableau 7.2.8 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).....	44
Tableau 7.2.9 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).....	45
Tableau 7.2.10 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.	46
Tableau 7.2.11 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.	46
Tableau 7.2.12 - Activités en ^{14}C mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.....	47
Tableau 7.2.13 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de sédiments collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	48
Tableau 7.2.14 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons d'algues collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	49

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 34/244 -

Tableau 7.2.15 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de poissons (muscle), mollusques et arthropodes collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	50
Tableau 7.2.16 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.	52
Tableau 7.2.17 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiment collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.	55
Tableau 7.2.18 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sédiments et les algues, $Bq.kg^{-1} frais$ pour les mollusques, les arthropodes et les poissons).	56
Tableau 7.2.19 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017 ($mBq.kg^{-1} sec$ pour les sédiments et les algues, $mBq.kg^{-1} frais$ pour les mollusques, les arthropodes et les poissons).	57
Tableau 7.2.20 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.	58
Tableau 7.2.21 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.	58
Tableau 7.2.22 - Activités en ^{14}C mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.	59

Tableau 7.2.1 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	2,5 et 18 km	2,5 km	2,5 km	2,5 km	2,5 km	2,5 km	2,5 km	5,0 km	0,7 et 18 km	0,7 et 18 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹ sec)										
⁴⁰ K	550-670 (2/2)	450 (1/1)	380 (1/1)	375 (1/1)	350 (1/1)	358 (1/1)	500 (1/1)	410 (1/1)	490-720 (2/2)	510-690 (2/2)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	42-52 (2/2)	28 (1/1)	28 (1/1)	27 (1/1)	22 (1/1)	25 (1/1)	34 (1/1)	28 (1/1)	43-60 (2/2)	48-67 (2/2)
Famille de l' ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	30-40 (2/2)	20 (1/1)	17 (1/1)	27 (1/1)	17 (1/1)	-	29 (1/1)	-	31-49 (2/2)	32-40 (2/2)
²¹⁰ Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁷ Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	2,7-7,6 (2/2)	5,7 (1/1)	5,4 (1/1)	4,9 (1/1)	4,8 (1/1)	3,7 (1/1)	4,0 (1/1)	3,7 (1/1)	3,3-4,6 (2/2)	2,7-5,6 (2/2)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé. - : inférieur au seuil de décision.

Tableau 7.2.2 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de lichens et de mousses collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Distance au site	0,8 km	1,4 et 6 km	0,8 km	1,4 et 6 km	0,8 km	6 et 7 km	0,8 km	6 et 7 km	0,8 km	6 et 7 km	0,8 km	6 et 7 km	0,8 km	6 et 7 km	0,8 km	6 et 7 km
Nature	lichen	mousse	lichen	mousse	lichen	mousse	lichen	mousse	lichen	mousse	lichen	mousse	lichen	mousse	lichen	mousse
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹ sec)																
⁴⁰ K	200 (1/1)	760-970 (2/2)	67 (1/1)	299-426 (2/2)	125 (1/1)	640-693 (2/2)	135 (1/1)	486-500 (2/2)	116 (1/1)	560-760 (2/2)	81 (1/1)	186-217 (2/2)	129 (1/1)	251-284 (2/2)	104 (1/1)	401-419 (2/2)
Famille du ²³² Th :																
²²⁸ Ac	10 (1/1)	44-60 (2/2)	3 (1/1)	12-36 (2/2)	9 (1/1)	17-25 (2/2)	10 (1/1)	11-13 (2/2)	8,7 (1-1)	8,4-15,0 (2/2)	6,0 (1/1)	3,0-3,1 (2/2)	7,7 (1/1)	2,1-4,0 (2/2)	5,9 (1/1)	5,2-5,6 (2/2)
Famille de l' ²³⁸ U :																
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²¹⁰ Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁷ Be	530 (1/1)	700-1900 (2/2)	279 (1/1)	750-788 (2/2)	253 (1/1)	655-831 (2/2)	216 (1/1)	458-499 (2/2)	224 (1/1)	980-1230 (2/2)	230 (1/1)	336-374 (2/2)	300 (1/1)	300-373 (2/2)	287 (1/1)	430-590 (2/2)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)																
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	8,9 (1/1)	7-12 (2/2)	3,0 (1/1)	3-5 (2/2)	3,0 (1/1)	6-9 (2/2)	7,4 (1/1)	3,1-3,6 (2/2)	6,0 (1/1)	3,8-6,0 (2/2)	3,3 (1/1)	0,66-0,90 (2/2)	7,20 (1/1)	0,80-1,40 (2/2)	4,10 (1/1)	0,90-1,30 (2/2)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	2,6 (1/1)	-	0,6 (1/1)	-	0,6 (1/1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³¹ I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

n.a. : non analysé. - : inférieur au seuil de décision.

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

Tableau 7.2.3 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de végétaux cultivés (herbe et légumes) collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Distance au site	2,5 km		2,5 km		2,5 km		2,5 km		4,0 et 5,0 km		4,0 et 5,0 km		0,7 à 12 km		0,7 à 12 km	
Nature	herbe	chou	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹ sec)																
⁴⁰ K	830 (1/1)	1300 (1/1)	1572 (1/1)	1572 (1/1)	1956 (1/1)	658 (1/1)	2119 (1/1)	781 (1/1)	505 (1/1)	1818 (1/1)	760 (1/1)	2220 (1/1)	850 (1/1)	1800-2230 (2/2)	700 (1/1)	1590-2740 (2/2)
Famille du ²³² Th :																
²²⁸ Ac	-	0,9 (1/1)	-	-	-	1,4 (1/1)	-	1,1 (1/1)	0,8 (1/1)	2,1 (1/1)	2,5 (1/1)	1,0 (1/1)	3,0 (1/1)	2,0 (1/2)	4,4 (1/1)	-
Famille de l' ²³⁸ U :																
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5 (1/1)	-	-	0,7 (1/1)	1,5 (1/2)	-	-
²¹⁰ Pb	4 (1/1)	4 (1/1)	18 (1/1)	18 (1/1)	6 (1/1)	11 (1/1)	4 (1/1)	15 (1/1)	5,1 (1/1)	6,1 (1/1)	16,7 (1/1)	3,6 (1/1)	9,7 (1/1)	11,7-23,8 (2/2)	19,2 (1/1)	5,8-9,1 (2/2)
⁷ Be	69 (1/1)	130 (1/1)	263 (1/1)	263 (1/1)	145 (1/1)	176 (1/1)	35 (1/1)	273 (1/1)	47 (1/1)	61 (1/1)	251 (1/1)	35 (1/1)	79 (1/1)	117-202 (2/2)	281 (1/1)	84-98 (2/2)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)																
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	-	-	0,2 (1/1)	-	0,2 (1/1)	-	0,1 (1/1)	-	-	0,4 (1/1)	0,15 (1/1)	0,19 (1/1)	0,35 (1/1)	0,29-0,54 (2/2)	0,09 (1/1)	0,41 (1/2)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

Tableau 7.2.3 (suite) - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de végétaux cultivés (herbe et légumes) collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Distance au site	2,5 km		2,5 km		2,5 km		2,5 km		4,0 et 5,0 km		4,0 et 5,0 km		0,7 à 12 km		0,7 à 12 km	
Nature	herbe	chou	herbe	salade	herbe	salade	herbe	herbe	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion ; ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ C)																
³ H libre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,6 (1/1)	2,5 (1/1)	7,2 (1/1)	2,7 (1/1)
³ H lié	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,6 (1/1)	-	-	2,4 (1/1)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	235 (1/1)	n.a.	243 (1/1)	n.a.	239 (1/1)	n.a.	261 (1/1)	230-237 (2/2)	264 (1/1)	243-244 (2/2)

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 37244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 38244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

Tableau 7.2.4 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	1,5 km	1,5 km	1,5 km	2,5 km	2,5 km	2,5 km	5,0 km	5,0 km	5,0 km	5,0 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.L⁻¹)										
⁴⁰ K	37 (1/1)	48 (1/1)	57 (1/1)	51 (1/1)	43 (1/1)	48 (1/1)	52 (1/1)	49 (1/1)	48 (1/1)	50 (1/1)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Famille de l' ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²¹⁰ Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁷ Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.L⁻¹)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	0,01 (1/1)	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,039 (1/1)	0,02 (1/1)	0,035 (1/1)	0,013 (1/1)	0,02 (1/1)	0,020 (1/1)	0,006 (1/1)	0,010 (1/1)	0,004 (1/1)	0,006 (1/1)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion)										
³ H libre	1,7 (1/1)	1,4 (1/1)	1,6 (1/1)	1,1 (1/1)	1,0 (1/1)	1,3 (1/1)	1,1 (1/1)	0,8 (1/1)	0,7 (1/1)	0,8 (1/1)
³ H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,4 (1/1)	1,4 (1/1)	2,3 (1/1)	1,1 (1/1)	1,8 (1/1)

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

Tableau 7.2.5 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons d'eau collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	2,5 km	2,5 km	2,5 km	2,5 km	2,5 km	2,5 km	4,0 km	5,0 km	5,0 km	5,0 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.L⁻¹)										
⁴⁰ K	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Famille de l' ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
²¹⁰ Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁷ Be	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.L⁻¹)										
¹³⁴ Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
¹³⁷ Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁵⁷ Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁵⁸ Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁶⁰ Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
^{110m} Ag	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
¹⁰⁶ Ru/Rh	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
²⁴¹ Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹)										
³ H libre	-	-	-	0,9 (1/1)	-	-	-	-	-	-

- : inférieure au seuil de décision ; n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017

- 39/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017

- 40/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

Tableau 7.2.6 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
0,7 km ENE	C.N.P.E. Flamanville < 1 km	-1,87427	49,53989	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	06/09/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,21	1,09
0,7 km ENE	C.N.P.E. Flamanville < 1 km	-1,87427	49,53989	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	06/09/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,21	1,09
0,7 km ENE	C.N.P.E. Flamanville < 1 km	-1,87427	49,53989	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	06/09/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,22	-
0,7 km ENE	C.N.P.E. Flamanville < 1 km	-1,87300	49,53890	Végétaux spontanés divers	Lierre <i>Hedera helix</i>	Feuilles	04/09/2017	Tritium libre (liquide)	3,51	-
0,7 km ENE	C.N.P.E. Flamanville < 1 km	-1,87300	49,53890	Végétaux spontanés divers	Lierre <i>Hedera helix</i>	Feuilles	04/09/2017	Tritium lié (sec)	3,51	-
0,7 km ENE	C.N.P.E. Flamanville < 1 km	-1,87300	49,53890	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	04/09/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	5,61	10,53
0,7 km ENE	C.N.P.E. Flamanville < 1 km	-1,87300	49,53890	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	04/09/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	5,59	-
0,7 km ENE	C.N.P.E. Flamanville < 1 km	-1,87300	49,53890	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	04/09/2017	Tritium libre (liquide)	5,59	-
0,7 km ENE	C.N.P.E. Flamanville < 1 km	-1,87300	49,53890	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	04/09/2017	Tritium lié (sec)	5,59	-
0,7 km ENE	C.N.P.E. Flamanville < 1 km	-1,87300	49,53890	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	04/09/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	5,59	-
0,8 km S	Palaise de Quédoy	-1,88454	49,52741	Lichens	Rhamaline des rochers <i>Ramalina sp.</i>	Entier	01/02/2017	Spectrométrie gamma + ¹³¹ I (frais)	1,31	-
4,0 km NE	Siouville	-1,84216	49,56190	Sols cultivés	Sol maraîcher (culture ou jardin) 0 - 20 cm	Diamètre < 2 mm	20/09/2017	Archivage (sec)	1,24	-
4,0 km NE	Siouville	-1,84216	49,56190	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	20/09/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	27,78	4,05
4,0 km NE	Siouville	-1,84216	49,56190	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	20/09/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	16,76	-

- : absence de traitement.

Dans les tableaux des pages suivantes, pour le milieu terrestre :

Prélèvements hors vents dominants de l'installation

Prélèvements sous les vents dominants de l'installation

Prélèvements sous les vents dominants de l'installation mais alimenté par une nappe phréatique située hors influence de l'installation

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

Tableau 7.2.6 suite - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
4,0 km NE	Siouville	-1,84216	49,56190	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	20/09/2017	Tritium libre (liquide)	16,76	-
4,0 km NE	Siouville	-1,84216	49,56190	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	20/09/2017	Tritium lié (sec)	16,76	-
5,0 km NE	Siouville	-1,82409	49,56332	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	04/09/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	6,75	19,07
5,0 km NE	Siouville	-1,82409	49,56332	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	04/09/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	7,74	-
5,0 km NE	Siouville	-1,82409	49,56332	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	04/09/2017	Tritium libre (liquide)	7,74	-
5,0 km NE	Siouville	-1,82409	49,56332	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	04/09/2017	Tritium lié (sec)	7,74	-
5,0 km NE	Siouville	-1,82409	49,56332	Eau douce	Eau de boisson	Eau filtrée à 0,22 µm	04/09/2017	Tritium (liquide)	-	-
6,0 km ENE	Le Pont Héland	-1,81398	49,56368	Mousses terricoles	Mousse <i>Polytrichum sp.</i>	Entier	01/02/2017	Spectrométrie gamma + ¹³¹ I (frais)	1,12	-
7,0 km SE	Le Rozel	-1,82025	49,48930	Mousses terricoles	Mousse <i>Polytrichum sp.</i>	Entier	06/02/2017	Spectrométrie gamma + ¹³¹ I (frais)	1,12	-
12 km SSE	Surtainville	-1,82133	49,46370	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	06/09/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	19,89	5,67
12 km SSE	Surtainville	-1,82133	49,46370	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	06/09/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	17,95	-
12 km SSE	Surtainville	-1,82133	49,46370	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	06/09/2017	Archivage (sec)	17,95	-
18 km SE	Sortosville-en-Beaumont	-1,72841	49,42697	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diamètre < 2 mm	06/10/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,40	-
18 km SE	Sortosville-en-Beaumont	-1,72841	49,42697	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diamètre < 2 mm	06/10/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,48	-
18 km SE	Sortosville-en-Beaumont	-1,72841	49,42697	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diamètre < 2 mm	06/10/2017	Archivage (sec)	1,40	-
18 km SE	Sortosville-en-Beaumont	-1,72841	49,42697	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	06/10/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	9,54	-

- : absence de traitement.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 41/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 42/244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 43/244 -

Tableau 7.2.7 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l'échantillon de sol collecté dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	Fractions	%
C.N.P.E. Flamanville < 1 km	06/09/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie <i>0 - 5 cm</i>	Diamètre inférieur à 2 mm	02/01/2018	sec	1,21	Matière organique	4,97
								Argile (< 2µm)	8,20
								Limons fins	18,30
								Limons grossiers	27,60
								Sables fins	18,40
								Sables grossiers	27,50

Tableau 7.2.8 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1}$ sec pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/ sec	⁴⁰ K	Famille du ²³² Th	Famille de l' ²³⁸ U				⁹⁰ Sr
									²²⁸ Ac	²²⁸ Th	^{234m} Pa	²¹⁰ Pb		
C.N.P.E. Flamanville < 1 km	06/09/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	07/12/2017	sec	1,21	620±50	51±6	n.a.	47±13	n.a.	≤ 4,1	
Sortosville-en-Beaumont	06/10/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	23/11/2017	sec	1,40	546±47	47±6	n.a.	37±13	n.a.	≤ 2,3	
Siouville	20/09/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	23/11/2017	condres	27,78	2 380±230	1,40±0,40	≤ 1,6	≤ 21	7,8±1,3	116±11	
Surtainville	06/09/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	23/11/2017	condres	19,89	1 180±120	0,61±0,26	≤ 1,2	≤ 15	9,1±1,2	154±14	
C.N.P.E. Flamanville < 1 km	04/09/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	08/12/2017	condres	5,61	870±90	5,2±0,7	≤ 0,45	≤ 6	14,7±1,4	283±25	
Falaise de Quédoy	01/02/2017	Lichens	Rhamaline des rochers <i>Ramalina</i> sp.	Entier	02/02/2017	frais	1,31	82±12	5,7±2,2	n.a.	≤ 50	n.a.	247±17	
Le Pont Héland	01/02/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Polytrichum</i> sp.	Entier	03/02/2017	frais	1,12	227±17	2,9±2,0	n.a.	≤ 40	n.a.	313±19	
Le Rozel	06/02/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Polytrichum</i> sp.	Entier	07/02/2017	frais	1,12	232±18	3,5±2,0	n.a.	≤ 50	n.a.	292±18	
Siouville	04/09/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	08/12/2017	condres	6,75	48,7±4,7	≤ 0,013	≤ 0,030	≤ 0,43	≤ 0,035	≤ 0,05	

n.a. : non analysé.

Tableau 7.2.9 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1}$ sec pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	^{134}Cs	^{137}Cs	^{60}Co	^{110m}Ag	^{54}Mn	^{131}I
C.N.P.E. Flamanville < 1 km	06/09/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	07/12/2017	sec	1,21	≤ 0,18	5,39±0,47	≤ 0,41	≤ 0,21	≤ 0,26	n.a.
Sortosville-en-Beaumont	06/10/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	23/11/2017	sec	1,40	≤ 0,17	7,10±0,60	≤ 0,25	≤ 0,19	≤ 0,23	n.a.
Siouville	20/09/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	23/11/2017	condres	27,78	≤ 0,13	≤ 0,13	≤ 0,27	≤ 0,21	≤ 0,19	n.a.
Surtainville	06/09/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	23/11/2017	condres	19,89	≤ 0,09	1,16±0,14	≤ 0,21	≤ 0,14	≤ 0,11	n.a.
C.N.P.E. Flamanville < 1 km	04/09/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	08/12/2017	condres	5,61	≤ 0,037	0,046±0,020	≤ 0,10	≤ 0,06	≤ 0,06	n.a.
Falaise de Quédoy	01/02/2017	Lichens	Rhamaline des rochers <i>Ramalina</i> sp.	Entier	02/02/2017	frais	1,31	≤ 0,33	5,10±0,90	≤ 0,39	≤ 0,46	≤ 0,39	≤ 0,39
Le Pont Héland	01/02/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Polytrichum</i> sp.	Entier	03/02/2017	frais	1,12	≤ 0,28	2,57±0,45	≤ 0,28	≤ 0,34	≤ 0,28	≤ 0,34
Le Rozel	06/02/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Polytrichum</i> sp.	Entier	07/02/2017	frais	1,12	≤ 0,34	0,60±0,60	≤ 0,39	≤ 0,39	≤ 0,34	≤ 0,39
Siouville	04/09/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	08/12/2017	condres	6,75	≤ 0,0027	0,0032±0,0014	≤ 0,007	≤ 0,0044	≤ 0,0042	n.a.

n.a. : non analysé.

Tableau 7.2.10 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/sec	Date de mesure	³ H libre (Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation)	³ H libre (Bq.kg ⁻¹ frais ou Bq.L ⁻¹ d'ECH)	Unité ³ H libre
C.N.P.E. Flamanville < 1 km	04/09/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	5,59	28/09/2017	8,8±0,8	7,2±0,7	Bq.kg ⁻¹ frais
Siouville	20/09/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	16,76	23/10/2017	1,7±0,6	1,6±0,6	Bq.kg ⁻¹ frais
C.N.P.E. Flamanville < 1 km	04/09/2017	Végétaux spontanés divers	Lierre <i>Hedera helix</i>	Feuilles	3,51	23/10/2017	9,3±0,9	6,7±0,6	Bq.kg ⁻¹ frais
Siouville	04/09/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	7,74	23/10/2017	1,0±0,6	0,9±0,5	Bq.L ⁻¹ d'ECH
Siouville	04/09/2017	Eau douce	Eau de boisson	Eau filtrée à 0,22µm	-	09/10/2017	≤ 0,49	≤ 0,49	Bq.L ⁻¹ d'ECH

n.a. : non analysé.

Tableau 7.2.11 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/sec	Date de mesure	TOL (Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg ⁻¹ frais ou Bq.L ⁻¹ d'ECH)	Unité TOL
C.N.P.E. Flamanville < 1 km	04/09/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	5,59	13/11/2017	5,2±0,7	0,51±0,07	Bq.kg ⁻¹ frais
Siouville	20/09/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	16,76	19/12/2017	2,8±0,8	0,07±0,02	Bq.kg ⁻¹ frais
C.N.P.E. Flamanville < 1 km	04/09/2017	Végétaux spontanés divers	Lierre <i>Hedera helix</i>	Feuilles	3,51	19/12/2017	6,3±0,7	1,02±0,13	Bq.kg ⁻¹ frais
Siouville	04/09/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	7,74	19/12/2017	1,5±0,6	0,14±0,05	Bq.L ⁻¹ d'ECH

n.a. : non analysé.

Tableau 7.2.12 - Activités en ¹⁴C mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure du ¹⁴ C	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ C)	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ frais ou Bq.L ⁻¹ d'ECH)	C TOT. (g.kg ⁻¹ frais ou g.L ⁻¹ d'ECH)	δ ¹³ C/δ ¹² C (‰)	pMC (‰)	Unité
C.N.P.E. Flamanville < 1 km	04/09/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	sec	5,59	09/03/2018	282,4±2,5	21,50±0,19	76	-29,49	126,1±1,1	Frais
Siouville	20/09/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	sec	16,76	20/03/2018	245±12	5,12±0,25	21	-28,25	109±5	Frais
Surtainville	06/09/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	sec	17,95	17/03/2018	247±12	5,59±0,27	23	-28,28	110±5	Frais
Siouville	04/09/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	sec	7,74	20/03/2018	241±12	15,6±0,8	65	-17,78	105±5	Liquide

Rapport RT/PSF-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

Rapport RT/PSF-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 46/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 47/244 -

Tableau 7.2.13 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de sédiments collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	3 à 20 km	3 à 20 km	3 à 20 km	3 à 20 km	3 à 20 km	3 à 20 km	3 à 20 km	3 à 20 km	3 à 20 km	3 à 20 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹.sec)										
⁴⁰ K	127-410 (3/3)	140-440 (3/3)	130-440 (3/3)	171-369 (3/3)	141-308 (3/3)	155-360 (3/3)	138-380 (3/3)	136-390 (3/3)	139-360 (3/3)	83-310 (3/3)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	14-24 (3/3)	7,5-14 (3/3)	16-24 (3/3)	8-21 (3/3)	6-32 (3/3)	9-20 (3/3)	13-21 (3/3)	13,8-27,0 (3/3)	7,6-22,5 (3/3)	14,3-80,0 (3/3)
Famille de l' ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	-	-	20-24 (2/3)	14-18 (2/3)	13-21 (2/3)	35 (1/3)	14-24 (2/3)	34 (1/3)	20-24 (2/3)	17-53 (3/3)
²¹⁰ Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁷ Be	17 (1/3)	13 (1/3)	1,5-14 (3/3)	15 (1/3)	15 (1/3)	28 (1/3)	8,8 (1/3)	13,2 (1/3)	2,2-16,0 (2/3)	10,9 (1/3)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹.sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,16-1,0 (3/3)	0,14-1,2 (3/3)	0,31-1,3 (2/3)	0,13-1,0 (3/3)	0,26-1,10 (2/3)	0,30-1,42 (3/3)	0,11-1,06 (3/3)	0,11-0,97 (3/3)	0,26-1,13 (2/3)	0,24-0,64 (2/3)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	1,1 (1/3)	2,1 (1/3)	2,6 (1/3)	1,6 (1/3)	0,8 (1/3)	1,9 (1/3)	1,1 (1/3)	0,93 (1/3)	0,59 (1/3)	0,40 (1/3)
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/ ¹⁰⁶ Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé. - : inférieur au seuil de décision.

Tableau 7.2.14 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons d'algues collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	0,8 à 20 km	0,8 à 20 km	0,8 à 20 km	1,5 à 25 km	1,5 à 25 km	1,5 à 25 km	0,5 à 25 km	0,5 à 25 km	3 à 25 km	3 à 25 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹.sec)										
⁴⁰ K	1300-1700 (3/3)	1200-1600 (4/4)	1200-1500 (4/4)	1048-1432 (4/4)	1098-1441 (4/4)	992-1294 (4/4)	1150-1440 (4/4)	770-1440 (4/4)	1120-1410 (3/3)	1320-1400 (3/3)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	6-12 (3/3)	6-10 (4/4)	6-10 (4/4)	3-8 (4/4)	4-9 (4/4)	4-9 (4/4)	4,1-9,1 (4/4)	3,2-7,6 (4/4)	3,7-9,6 (3/3)	6,0-11,6 (3/3)
Famille de l' ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	15-20 (3/3)	7-19 (4/4)	14-23 (4/4)	11-16 (4/4)	9-14 (4/4)	12-16 (4/4)	11-20 (4/4)	8,7-14,6 (4/4)	11,2-16,5 (3/3)	8,1-16,3 (3/3)
²¹⁰ Pb	5-15 (3/3)	3-7 (3/4)	3-6 (4/4)	4-6 (4/4)	3-6 (4/4)	4-6 (4/4)	3,3-5,5 (4/4)	2,9-4,4 (4/4)	4,0-5,3 (3/3)	3,5-5,3 (3/3)
⁷ Be	33-35 (3/3)	17-31 (4/4)	29-35 (4/4)	18-36 (4/4)	17-30 (4/4)	22-31 (4/4)	27-43 (4/4)	7,9-17,6 (4/4)	32,0-42,0 (3/3)	22,8-36,0 (3/3)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹.sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,2-0,6 (3/3)	0,13-0,40 (4/4)	0,27-0,37 (4/4)	0,24-0,29 (4/4)	0,21-0,43 (4/4)	0,21-0,27 (4/4)	0,14-0,24 (4/4)	0,21-0,25 (4/4)	0,14-0,26 (3/3)	0,17-0,23 (3/3)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18 (1/3)
⁶⁰ Co	1,9-3 (3/3)	0,7-5,5 (4/4)	1,2-2,9 (4/4)	0,5-2,6 (4/4)	0,5-1,2 (4/4)	0,5-1,3 (4/4)	0,3-1,3 (4/4)	0,10-0,71 (4/4)	0,24-0,96 (2/3)	0,27-1,10 (3/3)
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/ ¹⁰⁶ Rh	2,9-6 (2/3)	-	2,3-1 (2/4)	1,9 (1/4)	2,5 (1/4)	1,4 (1/4)	-	1,5 (1/4)	-	1,4 (1/3)
²⁴¹ Am	0,3 (1/3)	-	0,2 (1/4)	-	-	-	-	-	-	-
¹³¹ I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation)										
³ H libre	0,8-9,3 (3/3)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,7-7,3 (2/2)	1,8-4,1 (2/2)

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Tableau 7.2.15 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de poissons (muscle), mollusques et arthropodes collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Distance au site	0,8 à 20 km		2 à 25 km		2 à 25 km		2 à 25 km		2 à 25 km		2 à 25 km		2 à 25 km		2 à 25 km	
Nature	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹ frais)																
⁴⁰ K	120-130 (3/3)	43-100 (8/8)	112-126 (3/3)	42-103 (7/7)	102-124 (4/4)	50-127 (8/8)	99-123 (3/3)	46-110 (8/8)	84-117 (4/4)	52-117 (8/8)	100-133 (4/4)	55-129 (8/8)	109-124 (4/4)	52-117 (7/7)	99-121 (4/4)	49-139 (7/7)
Famille du ²³² Th :																
²²⁸ Ac	-	0,2-1,2 (6/8)	-	0,2-1,3 (5/7)	-	0,5-0,9 (5/8)	-	0,3-0,8 (5/8)	-	0,3-0,8 (5/8)	-	0,54-1,02 (5/8)	-	0,02-0,67 (5/7)	-	0,31-0,90 (4/7)
Famille de l' ²³⁸ U :																
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	-	0,6-5,6 (6/8)	-	0,4-2,5 (5/7)	-	0,3-1,2 (4/8)	0,11 (1/3)	0,4-1,3 (8/8)	-	0,2-1,3 (5/8)	-	0,10-2,07 (6/8)	-	0,09-1,08 (4/7)	-	0,26-1,40 (4/7)
²¹⁰ Pb	-	0,6-2,0 (5/8)	-	0,4-3,1 (4/7)	-	0,4-2,2 (6/8)	-	0,3-1,6 (6/8)	-	0,2-2,3 (5/8)	-	0,24-2,60 (5/8)	-	0,21-2,06 (4/7)	-	0,40-1,74 (5/7)
⁷ Be	-	1,4-2,5 (4/8)	-	0,2-5,2 (4/7)	-	1,6-4,9 (3/8)	-	0,3-1,6 (4/8)	-	1,9-6,8 (3/8)	-	1,3-3,8 (3/8)	-	1,55-2,12 (2/7)	-	0,23-1,69 (3/7)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ frais)																
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,09-0,28 (3/3)	0,02-0,04 (5/8)	0,08-0,27 (3/3)	0,02-0,07 (5/7)	0,06-0,23 (4/4)	0,02-0,05 (4/8)	0,06-0,22 (3/3)	0,01-0,04 (4/8)	0,04-0,18 (4/4)	0,02-0,05 (4/8)	0,056-0,193 (4/4)	0,016-0,038 (5/8)	0,06-0,17 (4/4)	0,01-0,04 (5/7)	0,05-0,19 (4/4)	0,01-0,02 (4/7)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	0,03-0,70 (7/8)	-	0,06-0,11 (5/7)	-	0,02-0,05 (2/8)	-	0,03-0,06 (5/8)	-	0,03-0,07 (5/8)	-	0,017-0,029 (5/8)	-	0,015-0,030 (3/7)	-	0,01-0,04 (3/7)
^{110m} Ag	-	0,019 (1/8)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02-0,04 (3/7)	-	0,01-0,09 (4/7)
^{106m} Ag	-	0,01-0,06 (5/8)	-	0,02-0,05 (3/7)	-	0,02-0,06 (3/8)	-	-	-	-	-	0,019-0,34 (3/8)	-	0,01-0,08 (5/7)	-	0,03-0,05 (4/7)
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	0,6-0,8 (3/8)	-	0,3-0,4 (3/7)	-	0,25 (1/8)	-	0,18-0,27 (2/8)	-	0,12-0,16 (3/8)	-	0,15 (1/8)	-	0,11-0,23 (3/7)	-	0,19-0,28 (2/7)
²⁴¹ Am	-	0,01-0,06 (4/8)	-	0,03-0,06 (2/7)	-	0,01-0,02 (2/8)	-	0,02-0,05 (3/8)	-	0,02-0,03 (2/8)	-	0,021-0,035 (3/8)	-	0,01-0,03 (3/7)	-	0,01-0,02 (3/7)

Tableau 7.2.15 (suite) - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de poissons (muscle), mollusques et arthropodes collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville de 2008 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Distance au site	0,8 à 20 km		0,8 à 25 km		2 à 25 km		2 à 25 km		2 à 25 km		2 à 25 km		2 à 25 km		2 à 25 km	
Nature	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessalation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ C)																
³ H libre	3,8-22,0 (3/3)	n.a.	7,0-23,9 (2/2)	n.a.	n.a.	2,2-11,2 (2/2)	n.a.	2,3-14,7 (2/2)	n.a.	2,0-2,5 (2/2)	n.a.	2,7-16,2 (2/2)	4,9-12,8 (2/2)	2,5-8,1 (4/4)	13,1-19,8 (2/2)	2,4-10,0 (4/4)
³ H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,3-8,8 (2/2)	n.a.	3,7-8,1 (2/2)	n.a.	2,6-11,2 (2/2)	5,3-11,6 (2/2)	3,3-12,0 (4/4)	11,3-17,1 (2/2)	3,8-12,1 (4/4)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	287-482 (2/2)	n.a.	290-470 (2/2)	n.a.	281-468,3 (2/2)	320-550 (2/2)	281-496 (2/2)	292-437 (2/2)	289-525 (2/2)

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

Tableau 7.2.16 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
2,0 km E	C.N.P.E. au large	-1,89720	49,53830	Arthropodes	Tourteau <i>Cancer pagurus</i>	Entier	13/06/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	2,93	1,87
2,0 km E	C.N.P.E. au large	-1,89720	49,53830	Arthropodes	Tourteau <i>Cancer pagurus</i>	Chair	13/06/2017	Tritium lié (sec)	4,79	-
2,0 km E	C.N.P.E. au large	-1,89720	49,53830	Poissons	Vieille <i>Labrus bergylta</i>	Muscle	09/06/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	4,85	13,86
2,0 km E	C.N.P.E. au large	-1,89720	49,53830	Poissons	Vieille <i>Labrus bergylta</i>	Muscle	09/06/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	4,99	-
2,0 km E	C.N.P.E. au large	-1,89720	49,53830	Poissons	Vieille <i>Labrus bergylta</i>	Muscle	09/06/2017	Tritium lié (sec)	4,99	-
3,0 km NE	Dielette port	-1,86022	49,55107	Sédiments	Sédiment	Diamètre < 2 mm	08/03/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,87	-
3,0 km NE	Dielette port	-1,86022	49,55107	Sédiments	Sédiment	Diamètre < 2 mm	08/03/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,87	-
3,0 km NE	Dielette port	-1,86022	49,55107	Sédiments	Sédiment	Diamètre < 2 mm	08/03/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,96	-
3,0 km NE	Dielette port	-1,85800	49,55899	Algues brunes	Fucus <i>Fucus serratus</i>	Entier	26/04/2017	Spectrométrie gamma (cendres) + ¹²⁵ I (frais)	3,94	4,18
3,0 km NE	Dielette port	-1,85800	49,55899	Algues brunes	Fucus <i>Fucus serratus</i>	Entier	26/04/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	3,57	-

- : absence de traitement.

Dans les tableaux des pages suivantes, pour le milieu marin :

Prélèvements en champ lointain du dispositif de rejet des effluents liquides
Prélèvements en champ proche du dispositif de rejet des effluents liquides

C.N.P.E. de Flamanville

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

Tableau 7.2.16 (suite) - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
3,0 km NE	Dielette port	-1,86011	49,55475	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	13/02/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	6,03	4,60
3,0 km NE	Dielette port	-1,86011	49,55475	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	13/02/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	5,56	-
3,0 km NE	Dielette port	-1,86011	49,55475	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	13/02/2017	Tritium libre (liquide)	5,56	-
3,0 km NE	Dielette port	-1,86011	49,55475	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	13/02/2017	Tritium lié (sec)	5,56	-
3,0 km NE	Dielette port	-1,86011	49,55475	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	13/02/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (cendres)	6,03	-
3,5 km SE	Scirotot	-1,85155	49,50863	Sédiments	Sédiment	Diamètre < 2 mm	27/04/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,23	-
3,5 km SE	Scirotot	-1,85155	49,50863	Sédiments	Sédiment	Diamètre < 2 mm	27/04/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,23	-
3,5 km SE	Scirotot	-1,85155	49,50863	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	27/04/2017	Spectrométrie gamma (cendres) + ¹²⁵ I (frais)	4,99	3,73
20 km SSO	Carteret port	-1,78414	49,37729	Sédiments	Sédiment	Diamètre < 2 mm	30/01/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,43	-
20 km SSO	Carteret port	-1,78414	49,37729	Sédiments	Sédiment	Diamètre < 2 mm	30/01/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,43	-
20 km SSO	Carteret port	-1,78414	49,37729	Sédiments	Sédiment	Diamètre < 2 mm	30/01/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,44	-
20 km SSO	Carteret au large	-1,81830	49,36280	Arthropodes	Tourteau <i>Cancer pagurus</i>	Entier	05/07/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	2,57	2,03
20 km SSO	Carteret au large	-1,81830	49,36280	Arthropodes	Tourteau <i>Cancer pagurus</i>	Chair	05/07/2017	Tritium lié (sec)	4,50	-
20 km SSO	Carteret au large	-1,81830	49,36280	Poissons	Vieille <i>Labrus bergylta</i>	Muscle	04/07/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	4,39	16,06
20 km SSO	Carteret au large	-1,81830	49,36280	Poissons	Vieille <i>Labrus bergylta</i>	Muscle	04/07/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	4,55	-
20 km SSO	Carteret au large	-1,81830	49,36280	Poissons	Vieille <i>Labrus bergylta</i>	Muscle	04/07/2017	Tritium lié (sec)	4,55	-

- : absence de traitement.

Tableau 7.2.16 (suite) - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.

C.N.P.E. de Flamanville

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 52/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 53/244 -

Rapport RT/PSF-ENV/2018-00061

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
25 km S	Saint-Georges-de-la-Rivière	-1,75525	49,34827	Algues brunes	<i>Fucus serratus</i>	Entier	26/04/2017	Spectrométrie gamma (cendres) + ^{131}I (frais)	4,52	3,99
25 km S	Saint-Georges-de-la-Rivière	-1,75525	49,34827	Algues brunes	<i>Fucus serratus</i>	Entier	26/04/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	4,58	-
25 km S	Saint-Georges-de-la-Rivière	-1,75522	49,34770	Mollusques	<i>Patella sp.</i>	Chair	30/01/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	6,32	3,33
25 km S	Saint-Georges-de-la-Rivière	-1,75522	49,34770	Mollusques	<i>Patella sp.</i>	Chair	30/01/2017	^{14}C + C stable + $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (sec)	5,10	-
25 km S	Saint-Georges-de-la-Rivière	-1,75522	49,34770	Mollusques	<i>Patella sp.</i>	Chair	30/01/2017	Tritium libre (liquide)	5,10	-
25 km S	Saint-Georges-de-la-Rivière	-1,75522	49,34770	Mollusques	<i>Patella sp.</i>	Chair	30/01/2017	Tritium lié (sec)	5,10	-
25 km S	Saint-Georges-de-la-Rivière	-1,75522	49,34770	Mollusques	<i>Patella sp.</i>	Chair	30/01/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (cendres)	6,32	-

- : absence de traitement.

C.N.P.E. de Flamanville

Suivi radiécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. Français – Année 2017

- 34/244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 55/244 -

Tableau 7.2.17 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiment collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	Fractions	%
Dielette port	08/03/2017	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	18/10/2017	sec	1,87	Matière organique	4,19
								Argiles (< 2µm)	5,60
								Limons Fins	11,50
								Limons Grossiers	26,40
								Sables Fins	44,30
								Sables Grossiers	12,20
Sciottot	27/04/2017	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	18/10/2017	sec	1,23	Matière organique	0,28
								Argiles (< 2µm)	0,00
								Limons Fins	0,00
								Limons Grossiers	0,00
								Sables Fins	14,50
								Sables Grossiers	85,50
Carteret port	30/01/2017	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	18/10/2017	sec	1,43	Matière organique	1,95
								Argiles (< 2µm)	2,10
								Limons Fins	2,80
								Limons Grossiers	4,10
								Sables Fins	56,30
								Sables Grossiers	34,70

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

Tableau 7.2.18 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1}$ sec pour les sédiments et les algues, $Bq.kg^{-1}$ frais pour les mollusques, les arthropodes et les poissons).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/ sec	⁴⁰ K	Famille du ²³⁵ Th		Famille de l' ²³⁸ U			⁷ Be
									²²⁸ Ac	²³⁴ Th	^{234m} Pa	²¹⁰ Pb		
Dielette port	08/03/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	20/04/2017	sec	1,87	517±45	39,0±4,6	n.a.	64±13	n.a.	14,6±1,8	
Sciote	27/04/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	18/07/2017	sec	1,23	180±16	4,5±0,6	n.a.	≤ 8	n.a.	≤ 1,8	
Cartet Port	30/01/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	20/04/2017	sec	1,43	252±22	10,8±1,4	n.a.	13±8	n.a.	10,9±1,7	
Dielette	26/04/2017	Algues brunes	<i>Fucus serratus</i>	Entier	18/07/2017	cendres	3,94	1 100±110	3,5±0,5	13,7±1,5	≤ 23	2,5±0,9	7,4±1,2	
Sciote	27/04/2017	Algues brunes	<i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	18/07/2017	cendres	4,99	930±90	3,6±0,5	11,6±1,3	≤ 13	1,9±0,7	6,0±1,1	
Saint-Georges-de-la-Rivière	26/04/2017	Algues brunes	<i>Fucus serratus</i>	Entier	18/07/2018	cendres	4,52	1 220±120	6,4±0,9	13,0±1,5	≤ 17	3,4±0,9	7,3±1,4	
Dielette port	13/02/2017	Mollusques	<i>Patella</i> <i>Patella sp.</i>	Chair	18/07/2017	cendres	6,03	53±5	0,45±0,07	0,61±0,09	≤ 1,2	1,62±0,18	1,16±0,31	
Saint-Georges-de-la-Rivière	30/01/2017	Mollusques	<i>Patella</i> <i>Patella sp.</i>	Chair	18/07/2017	cendres	6,32	48±5	0,63±0,09	0,88±0,12	≤ 1,5	1,49±0,18	1,91±0,44	
C.N.P.E. au large	13/06/2017	Arthropodes	<i>Tourteau</i> <i>Cancer pagurus</i>	Entier	26/09/2017	cendres	2,93	55±6	0,50±0,15	≤ 0,4	≤ 6,0	0,35±0,23	≤ 0,9	
Cartet au large	05/07/2017	Arthropodes	<i>Tourteau</i> <i>Cancer pagurus</i>	Entier	09/11/2017	cendres	2,57	58±6	0,69±0,15	≤ 0,3	≤ 3,8	≤ 0,50	≤ 1,1	
C.N.P.E. au large	09/06/2017	Poissons	Vieille <i>Labrus bergylta</i>	Muscle	26/09/2017	cendres	4,85	130±13	≤ 0,04	≤ 0,11	≤ 1,4	≤ 0,12	≤ 0,21	
Cartet au large	04/07/2017	Poissons	Vieille <i>Labrus bergylta</i>	Muscle	26/09/2017	cendres	4,39	121±14	≤ 0,05	≤ 0,09	≤ 1,5	≤ 0,10	≤ 0,17	

n.a. : non analysé.

n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 56244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Flamanville

Tableau 7.2.19 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017 ($mBq.kg^{-1}$ sec pour les sédiments et les algues, $mBq.kg^{-1}$ frais pour les mollusques, les arthropodes et les poissons).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	^{134}Cs	^{137}Cs	^{60}Co	^{60}Co	^{109m}Ag	^{110m}Ag	^{54}Mn	$^{106}Ru/Rh$	^{241}Am	^{135}I
Dielette port	08/03/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	20/04/2017	sec	1,87	≤ 150	1 720±180	≤ 200	1 830±250	≤ 180	≤ 190	≤ 190	≤ 1 500	n.a.	n.a.
Sciote	27/04/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	18/07/2017	sec	1,23	≤ 140	94±38	≤ 200	≤ 120	≤ 140	≤ 130	≤ 70	≤ 1 000	n.a.	n.a.
Cartet Port	30/01/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	20/04/2017	sec	1,43	≤ 110	860±110	≤ 230	570±120	≤ 130	≤ 150	≤ 140	≤ 1 200	n.a.	n.a.
Dielette	26/04/2017	Algues brunes	<i>Fucus serratus</i>	Entier	18/07/2017	cendres	3,94	≤ 90	260±60	≤ 210	390±90	≤ 120	≤ 140	≤ 110	2 700±600	≤ 120	≤ 1 200
Sciote	27/04/2017	Algues brunes	<i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	18/07/2017	cendres	4,99	≤ 80	250±60	≤ 180	180±80	≤ 120	≤ 130	≤ 100	≤ 900	≤ 110	≤ 1 000
Saint-Georges-de-la-Rivière	26/04/2017	Algues brunes	<i>Fucus serratus</i>	Entier	18/07/2018	cendres	4,52	≤ 110	150±60	≤ 260	300±100	≤ 150	≤ 170	≤ 160	≤ 1 200	≤ 160	≤ 1 400
Dielette port	13/02/2017	Mollusques	<i>Patella sp.</i>	Chair	18/07/2017	cendres	6,03	≤ 10	16±6	≤ 41	17±8	≤ 13	35±11	≤ 12	490±100	16±7	≤ 160
Saint-Georges-de-la-Rivière	30/01/2017	Mollusques	<i>Patella sp.</i>	Chair	18/07/2017	cendres	6,32	≤ 10	22±7	≤ 50	27±11	≤ 21	≤ 19	≤ 15	≤ 130	28±8	≤ 120
C.N.P.E. au large	13/06/2017	Arthropodes	<i>Tourteau Cancer pagurus</i>	Entier	26/09/2017	cendres	2,93	≤ 37	≤ 36	≤ 90	≤ 50	≤ 50	≤ 60	≤ 41	≤ 380	≤ 33	n.a.
Cartet au large	05/07/2017	Arthropodes	<i>Tourteau Cancer pagurus</i>	Entier	09/11/2017	cendres	2,57	≤ 32	≤ 28	≤ 100	≤ 43	≤ 44	≤ 50	≤ 36	≤ 350	≤ 33	n.a.
C.N.P.E. au large	09/06/2017	Poissons	Vieille <i>Labrus bergylta</i>	Muscle	26/09/2017	cendres	4,85	≤ 9	192±19	≤ 27	≤ 14	≤ 12	≤ 14	≤ 12	≤ 100	≤ 12	n.a.
Cartet au large	04/07/2017	Poissons	Vieille <i>Labrus bergylta</i>	Muscle	26/09/2017	cendres	4,39	≤ 9	126±16	≤ 24	≤ 16	≤ 13	≤ 14	≤ 12	≤ 100	≤ 10	n.a.

n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 57244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

Tableau 7.2.20 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/sec	Date de mesure	³ H libre (Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation)	³ H libre (Bq.kg ⁻¹ frais)
Dielette port	13/02/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	5,56	19/04/2017	8,2±0,8	6,70±0,60
Saint-Georges-de-la-Rivière	30/01/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	5,10	19/04/2017	2,9±0,6	2,36±0,49

n.a. : non analysé.

Tableau 7.2.21 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/sec	Date de mesure	TOL (Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg ⁻¹ frais)
Dielette port	13/02/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	5,56	20/09/2017	10,1±1,0	0,95±0,09
Saint-Georges-de-la-Rivière	30/01/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	5,10	20/09/2017	2,4±0,8	0,20±0,07
C.N.P.E. au large	13/06/2017	Arthropodes	Tourteau <i>Cancer pagurus</i>	Chair	4,79	08/03/2018	13,0±1,0	1,66±0,15
Carteret au large	05/07/2017	Arthropodes	Tourteau <i>Cancer pagurus</i>	Chair	4,50	18/01/2018	9,4±0,9	1,28±0,13
C.N.P.E. au large	09/06/2017	Poissons	Vieille <i>Labrus bergylla</i>	Muscle	4,99	15/03/2018	13,2±1,0	1,69±0,15
Carteret au large	04/07/2017	Poissons	Vieille <i>Labrus bergylla</i>	Muscle	4,55	13/11/2017	4,4±0,7	0,60±0,10

n.a. : non analysé.

C.N.P.E. de Flamanville

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

Tableau 7.2.22 - Activités en ¹⁴C mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Flamanville lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/sec	Date de mesure du ¹⁴ C	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ C)	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ frais)	C TOT. (g.kg ⁻¹ frais)	δ ¹³ C/δ ¹² C (‰)	pMC (‰)
Dielette port	13/02/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	sec	5,56	27/11/2017	540±32	36,3±2,1	67	-18,58	237±14
Saint-Georges-de-la-Rivière	30/01/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	sec	5,10	28/05/2017	291±18	17,2±1,1	59	-14,18	126±8
C.N.P.E. au large	09/06/2017	Poissons	Vieille <i>Labrus bergylla</i>	Muscle	sec	4,99	30/09/2017	548±27	48,8±2,4	89	-17,69	239±12
Carteret au large	04/07/2017	Poissons	Vieille <i>Labrus bergylla</i>	Muscle	sec	4,55	12/03/2018	347±17	35,5±1,7	100	-19,24	152±7

C.N.P.E. de Flamanville

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français – Année 2017

- 58244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français – Année 2017

- 59244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 60/244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 61/244 -

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Maubert, H., Cartier, Y. et Picat, P., 1983. *Étude radioécologique de la Manche. Site de Flamanville. Point zéro radiosédimentologique*. IPSN/CEA, Laboratoire d'Études de Pollution des Eaux, Cadarache. 44.
- [2] Ottavi, L., Disdier, R., Marchand, S. et Carrère, D., 1984. *Point zéro radioécologique du site de Flamanville. Écosystèmes terrestres*. IPSN/CEA/SERE, Laboratoire de Radioécologie Appliquée, Cadarache. 58 p. et annexes.
- [3] Anonyme, 1984. *Point zéro radiologique du site de Flamanville. Résumé*. IPSN/CEA/SERE, Cadarache. 18 p.
- [4] Garnier-Laplace, J., Masson, M., Moisan, G., Pujol, E. Large, D., Perrin, P., Arnaud, M. et Gontier, G., 1992. *Suivi radioécologique des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1991*. Cadarache. IPSN. Document SERE/92/039, 210.
- [5] Garnier-Laplace, J., Arnaud, M., Gontier, G., Lumia, G., Masson, M., Pujol, E. et Foulquier, L., 1993. *Suivi radioécologique des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1992*. IPSN/DPEI/SERE/URSED, Cadarache. Document SERE/93/101 (I), 797 p. et annexes.
- [6] Gontier, G., Jour'dheuil, L., Lumia, G., Masson, M., Pujol, E., Bouisset, P. et Foulquier, L., 1994. *Suivi radioécologique des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1993*. IPSN. Rapport SERE/94/175, Rapport SERE/94/175, 619.
- [7] Gontier, G., Barré, A., Jour'dheuil, L., Lumia, G., Masson, M., Bouisset, P. et Foulquier, L., 1995. *Suivi radioécologique des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1994*. IPSN. Document SERE/95/040(P), Document SERE/95/040(P), 754.
- [8] Gontier, G., Barré, A., Jour'dheuil, L., Lumia, G., Masson, M., Vray, F., Bouisset, P. et Foulquier, L., 1996. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1995*. IPSN. Rapport SERE/96/028, Rapport SERE/96/028, 945.
- [9] Gontier, G., Masson, M., Vray, F., Jour'dheuil, L. et Bouisset, P., 1997. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1996*. IPSN. Rapport SERE/97/012, Rapport SERE/97/012, 778.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 62/244 -

- [10] Masson, M., 1997. *Bilan radioécologique décennal du Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Flamanville : 1996*. IPSN/DPRE/SERE/LERFA, Octeville. Document SRE 97/016(P), 65 p. et annexes.
- [11] Vray, F., Clavel, B., Masson, M., Maro, D., Gontier, G. et Bouisset, P., 1998. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1997*. IPSN. Rapport SERE/98/012, Rapport SERE/98/012, 776.
- [12] Gontier, G., Clavel, B., Masson, M., Maro, D. et Bouisset, P., 1999. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1998*. IPSN. Rapport SERNAT 1999/11, Rapport SERNAT 1999/11, 818.
- [13] Gontier, G., Clavel, B., Masson, M., Pourcelot, L., Leprieur, F., Beguin, M. et Bouisset, P., 2000. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1999*. IPSN. Rapport SERNAT 2000/26, Rapport SERNAT 2000/26, 809.
- [14] Clavel, B., Bianciotto, A., Masson, M. et Gontier, G., 2001. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2000*. IPSN. Rapport SERNAT 2001/30, Rapport SERNAT 2001/30, 793.
- [15] Claval, D. et Masson, M., 2002. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2001*. IRSN. Rapport SERNAT 2002/07, Rapport SERNAT 2002/07, 843.
- [16] Claval, D., Masson, M. et Louvat, D., 2003. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2002*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/03-08, 875 p. et annexes.
- [17] Duffa, C., Masson, M. et Claval, D., 2004. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2003*. IRSN. Rapport DEI/SESURE/04-09, Rapport DEI/SESURE/04-09, 962.
- [18] Claval, D., Masson, M., Eyrolle, F. et Gontier, G., 2005. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises. Année 2004*. IRSN. Rapport IRSN/DEI/SESURE/05-03, Rapport IRSN/DEI/SESURE/05-03, 1014.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 63/244 -

- [19] Claval, D., Masson, M., Antonelli, C. et Gontier, G., 2006. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2005*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/06-04, 1034 p.
- [20] Claval, D., Antonelli, C., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2007. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2006*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/07-26, 1066 p.
- [21] Masson, M., 2008. *Bilan radioécologique décennal 2006 de l'environnement proche du Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Flamanville*. IRSN/LRC. Rapport DEI/SECRE-2008-41, 139 p. et annexes.
- [22] Claval, D., Antonelli, C., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2008. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2007*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/08-04, 1074 p.
- [23] Claval, D., Antonelli, C., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2009. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2008*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/09-21, 678 p.
- [24] Claval, D., Antonelli, C., Pommier, J., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2010. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2009*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/10-09, 696 p.
- [25] Claval, D., Antonelli, C., Pommier, J. et Theureau, L., 2011. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. Français. Année 2010*. IRSN. Rapport DEI/SESURE/11-06, 694 p.
- [26] Claval, D., Antonelli, C., Pommier, J. et Theureau, L., 2012. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2011*. IRSN. Rapport PRP-ENV/SESURE/12-04, 732 p.
- [27] Claval, D., Antonelli, C., Godinot, C. et Theureau, L., 2013. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2012*. IRSN. Rapport PRP-ENV/SESURE/2013-05, 718.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 64/244 -

- [28] Godinot, C., Parache, V., Saey, L. et Theureau, L., 2014. *Suivi radiécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2013.* IRSN. PRP-ENV/SESURE/2014-15, 710 p.
- [29] Godinot, C., Parache, V., Saey, L., et Theureau, L., 2015. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2014.* IRSN. PRP-ENV/SESURE/2015-09. 714.
- [30] Beryouni, K., Claval, D., Godinot, C., Saey, L. et Theureau, L., 2016. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2015.* IRSN. PRP-ENV/SESURE/2016-04, PRP-ENV/SESURE/2016-04, 760.
- [31] Claval, D., Faramond, J., Godinot, C., Pourcelot, L., Reygrobellet, S. et Theureau, L., 2017. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2016.* IRSN. RT/PSE-ENV/2017-00035, 250 p.
- [32] Adam, C., Garnier-Laplace, J., Roussel-Debet, S., Beaugelin-Seller, K., Germain, P., Connan, O., Boust, D., Fiévet, B., Coppin, F., Gagnaire, B., Laguionie, P., Cagnat, X., Vidal, R., Picolo, J.L. et Renaud, P., 2010. *Fiche radionucléide environnement - Cobalt 60 et environnement.* IRSN. 22.
- [33] Roussel-Debet, S., 2014. *Synthèse du suivi radioécologique 2013 des 19 centres nucléaires de production d'électricité en exploitation.* IRSN. PRP-ENV/SESURE/2014-34, 132.
- [34] Roussel-Debet, S., 2014. *Bruit de fond du tritium en milieu terrestre.* Radioprotection 49(2): 139-142.
- [35] Roussel-Debet, S., 2014. *Données utiles à l'interprétation des mesures de carbone 14 en milieu terrestre.* Radioprotection 49(1): 49-54.
- [36] Le Roux, G. et Renaud, P., 2007. *Radionucléides naturels en France.* IRSN. Rapport DEI/SESURE n°2007-21, 45.
- [37] Reimann, C., Filzmoser, P. et Garrettc, R.G., 2005. *Background and threshold: critical comparison of methods of determination.* Science of the Total Environment 346: 1-16.
- [38] IRSN, 2015. *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de juin 2011 à décembre 2014.* 252 p.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 65/244 -

- [39] Roussel-Debet, S., Gontier, G., Siclet, F. et Fournier, M., 2006. *Distribution of Carbon 14 in the terrestrial environment close to French nuclear power plants. Journal of Environmental Radioactivity* 87(3): 246-259.
- [40] Bailly du Bois, P., 2003. *TRANSMER : modèle de simulation des transferts de radionucléides en Manche et Mer du Nord. Choix des options, description, validation et fonctionnalités*. IRSN. Rapport DPRE/SERNAT/2003-04.
- [41] Bailly du Bois, P. et Dumas, F., 2005. *TRANSMER, hydrodynamic model for medium- and long-term simulation of radionuclides transfers in the English Channel and southern North Sea. Radioprotection* 40: S575-S580.
- [42] Boust, D., Bailly du Bois, P., Brunaud, C., Cossonnet, C., Laguionie, P., Morillon, M., Solier, L., Thomas, S. et Thouroude, C., 2015. *Projet MOKASIN - Modulations des Kd appliqués aux sédiments intertidaux : état d'avancement 2015*. IRSN. PRP-ENV/SERIS /2015-00036, 51.
- [43] Masson, M., Siclet, F., Fournier, M., Maigret, A., Gontier, G. et Bailly du Bois, P., 2005. *Tritium along the French coast of the English Channel. Radioprotection* 40(Suppl. 1): S621-S627.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 66/244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 67/244 -

7.3. SITE DE PALUEL

7.3.1. *Rappels et généralités sur le C.N.P.E.*

Le Centre Nucléaire de Production d'Électricité (C.N.P.E.) de Paluel est situé dans le Pays de Caux, sur le littoral de la Manche, à 6 km au sud-ouest de Saint-Valéry-en-Caux et à 21 km au nord-est de Fécamp (figure 7.3.1 page 81). Au regard de la circulation résiduelle générale des masses d'eau en Manche, dont la résultante est orientée vers l'est, le C.N.P.E. de Paluel est situé "en aval" du C.N.P.E. de Flamanville (185 km à vol d'oiseau) et de l'usine de traitement de combustible usé ORANO La Hague (anciennement AREVA, 185 km), et "en amont" des C.N.P.E. de Penly (43 km) et de Gravelines (167 km). Le C.N.P.E. de Paluel se compose de quatre réacteurs de la filière des réacteurs à eau pressurisée d'une puissance unitaire de 1300 MWe, couplés au réseau en juin 1984 (INB n°103), septembre 1984 (INB n°104), septembre 1985 (INB n°113) et avril 1986 (INB n°114).

Les modalités d'exploitation et les limites des rejets d'effluents du C.N.P.E. de Paluel, en mer et dans l'atmosphère, sont régies par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Le tableau 2.2 du document principal présente une synthèse des activités rejetées annuellement par voie liquide (principale voie de rejets en termes d'activités) par l'installation depuis 1991. En 2017, l'exploitant n'a déclaré aucun incident (www.asn.fr) ayant pu avoir une conséquence mesurable sur les niveaux d'activité des échantillons analysés dans le cadre du suivi. Il est à noter, toutefois, que le C.N.P.E. de Paluel a été autorisé à procéder à des rejets d'effluents liquides provenant de la vidange d'un réservoir KER (KER003BA), qui contient notamment de l' ^{108m}Ag et du ^{63}Ni . La vidange de ce réservoir doit être réalisée sur 4 ans, de 2016 à 2019, à raison de 4 vidanges par an.

La dispersion des effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions météorologiques et hydrodynamiques propres au site. Le régime éolien est généralement dominé par les vents de secteur ouest à sud-ouest. La circulation générale des masses d'eaux le long du littoral Caennais assure, quant à elle, la dispersion des effluents liquides vers le nord-est de la Manche.

La chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Paluel et les références bibliographiques associées sont exposées sur la figure 7.3.2 page 83. Un état de référence (« point zéro » radioécologique) a été réalisé d'octobre 1978 à décembre 1979 pour l'écosystème terrestre [1] et de mai à septembre 1979 pour l'écosystème marin [2, 3]. Ces études préliminaires ont fait l'objet d'un rapport de synthèse [4]. Un suivi radioécologique annuel est réalisé depuis 1992 [5 à 8, 10 à 19, 21 à 31]. Un premier bilan radioécologique décennal a été établi en 1995 [9] et un second en 2005 [20]. Un troisième bilan décennal a été réalisé en 2016 en parallèle du suivi annuel. La campagne de prélèvements de l'année 2017 du suivi radioécologique du C.N.P.E. de Paluel a fait l'objet de plusieurs missions qui se sont déroulées de mars à août. Les prélèvements et analyses réglementaires annuelles sont exploités dans le présent rapport.

7.3.2. *Radioécologie du milieu terrestre*

7.3.2.1. Rappel des données antérieures

Les résultats acquis lors de l'établissement de l'état de référence radioécologique du site et dans le cadre des suivis radioécologiques annuels et bilans décennaux menés jusqu'en 2016 sont rappelés ci-après. Ces résultats sont en partie illustrés sur la figure 7.3.3 page 85 et au sein du tableau 7.3.1 au tableau 7.3.5, pages 93 à 97.

Lors de l'état de référence, établi entre octobre 1978 et décembre 1979, l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel a été marqué par les retombées globales de l'essai nucléaire

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 68/244 -

atmosphérique chinois de décembre 1978. Ainsi, à cette période, plusieurs radionucléides artificiels, parmi lesquels le ^{125}Sb , le $^{144}\text{Ce/Pr}$ et le ^{95}Nb , ont été quantifiés (activité supérieure au seuil de décision) dans les eaux. Le ^{137}Cs et/ou le ^{60}Co étaient également quantifiés dans les végétaux cultivés et les sols.

Lors du premier suivi radioécologique annuel de 1992, le ^{137}Cs était systématiquement détectable dans les diverses matrices environnementales terrestres échantillonnées. De 1993 à 2016, le ^{137}Cs a été quantifié dans la quasi-totalité des matrices environnementales terrestres échantillonnées. Depuis 2007, à l'exception de 2014 et 2016, son activité au sein des végétaux cultivés est inférieure au seuil de décision. Le ^{134}Cs , également décelé dans des bioindicateurs végétaux (mousse terrestre et lichen) en 1992, n'est plus détecté depuis 1996 dans l'environnement terrestre de Paluel, région où les retombées atmosphériques issues de l'accident de Tchernobyl de 1986 ont été parmi les plus faibles du territoire français [32] pour ce radionucléide. Des traces de ^{60}Co , mesurées dans des échantillons de lichen en 1993, furent le seul autre témoignage d'un apport de radionucléides par voie atmosphérique, celui-ci étant potentiellement imputable à la dispersion d'embruns marins vers le milieu terrestre côtier [33]. L' ^{131}I , recherché dans des échantillons de mousses et de lichen depuis 1997, n'a jamais été significativement mesuré. Les activités en tritium libre mesurées dans l'eau et le lait (depuis 2000), dans l'herbe et les feuilles de salade (depuis 2015), et les activités en tritium organiquement lié mesurées dans le lait (depuis 2012), dans la salade (depuis 2015) et dans l'herbe (en 2016), sont proches du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local ($1,4 \pm 1,2 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'après [34, 35, 36]), hormis pour l'herbe collectée en champ proche du C.N.P.E. (tritium libre et lié significativement plus élevés que le bruit de fond attendu). Depuis 2012, le ^{14}C est recherché dans l'herbe en champ proche du C.N.P.E., et son activité en 2016 était supérieure au bruit de fond moyen sur le territoire français hors influence industrielle (proche de $230 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ en 2016 d'après [37]). Elle l'était également pour les salades échantillonnées au Tôt en 2016 à l'occasion du bilan décennal du site, témoignant d'un apport local probable en champ proche du C.N.P.E. pour l'herbe et les salades.

7.3.2.2. Suivi annuel 2017

7.3.2.2.1. Cartographie, calendrier et nature des prélèvements

La campagne de prélèvements 2017 s'est déroulée en plusieurs missions réalisées en mars, juillet et août.

La localisation des stations de prélèvements ainsi que la nature des échantillons sont reportées sur la figure 7.3.1 page 81. Les dates de prélèvement, stations, natures et caractéristiques identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le tableau 7.3.6 pages 98 et suivante. L'analyse granulométrique et la teneur en matière organique des sols échantillonnés sont présentées dans le tableau 7.3.7 page 100.

Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les sols sont les substrats des cultures étudiées. On distingue les sols cultivés pour lesquels des labours sont réalisés, des sols non cultivés sur lesquels les cultures pluriannuelles ne demandent aucun remaniement (pâturages). Des sols non cultivés sont privilégiés dans l'objectif de mesurer l'accumulation des dépôts atmosphériques. Les échantillons sont, en dehors des indicateurs végétaux (mousse et lichen), des vecteurs directs ou indirects de radioactivité vers l'homme. Les végétaux cultivés (salade et herbe) sont communs sur l'ensemble du territoire français. Leur cycle végétatif annuel et leur grande surface d'interception en font d'assez bons indicateurs de marquage. De l'eau de boisson et du lait de vache sont collectés sur une commune à proximité du site.

La stratégie de prélèvement et d'analyse est commune à l'ensemble des sites. Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées. Dans la

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 69/244 -

stratégie générale, une mousse terricole, une production agricole ainsi que le sol associé, un sol de prairie, de l'herbe, un lait et une eau de boisson sont prélevés sous les vents dominants. Hors vents, une mousse et une production agricole sont collectées.

Les stations de prélèvements ont été définies en fonction du régime éolien local. Les vents dominants, généralement de secteur ouest à sud-ouest, dispersent principalement les effluents atmosphériques vers la mer. La zone terrestre potentiellement la plus influencée par les rejets d'effluents atmosphériques du C.N.P.E. se trouve dans le secteur est ou en champ proche (C.N.P.E. < 1 km, Conteville, Le Tô, Bois d'Etenmare, Gueutteville-lès-Grès). Les stations de référence, hors vents dominants, sont situées dans le secteur sud à sud-est (Vittefleur, Côtes de Clasville). Malgré une prospection approfondie, il n'a pas été possible cette année de récolter deux échantillons de même espèce pour les bryophytes.

L'eau prélevée au Tô provient d'un réseau d'eau potable distribuée par Eaux de Normandie Maromme, et dont le site de production est situé à Paluel. Ce site alimente les communes de Paluel, Saint-Riquier-ès-Plains, Ingouville, Vittefleur et Saint Sylvain. La distribution d'eau potable au Tô exploite le captage de Paluel, d'une profondeur de 30 m. La nappe phréatique qui l'alimente est située au sud-est du C.N.P.E., dans une zone hors de l'influence potentielle du C.N.P.E.. Il n'a pas été possible de trouver une nappe, exploitée pour produire de l'eau potable ou d'irrigation qui soit sous l'influence de la nappe située sous le C.N.P.E.

Les bryophytes étant de bons bioindicateurs, des mousses ont été récoltées sous les vents dominants (bois d'Etenmare au sud de Saint-Valéry-en-Caux) et hors vents (bois des Côtes de Clasville). Un échantillon de lichen ramaline (*Rhamalina sp.*) a également été prélevé à Conteville, à proximité immédiate au sud du C.N.P.E. La capacité de ce lichen à concentrer les radioéléments à l'état de traces issus des embruns marins et des retombées atmosphériques en fait un excellent bioindicateur. La matière fraîche des lichens et des mousses a été conditionnée en vue d'une recherche de l'¹³¹I par spectrométrie gamma. Les échantillons de sol de pâturage, d'herbe et de lait (Gueutteville-lès-Grès), de sol de pâturage (C.N.P.E. de Paluel < 1 km (Le Tô)) et de feuilles de légumes (Le Tô) récoltés sous les vents dominants ont également été conditionnés en vue de mesures en spectrométrie gamma. Le lait produit à la ferme de Gueutteville-lès-Grès, les feuilles de salade et l'eau de boisson prélevées au Tô, et l'herbe prélevée à proximité du C.N.P.E. ont fait l'objet d'une mesure par scintillation liquide destinée à évaluer les activités en tritium libre, selon le protocole détaillé dans l'appendice méthodologique du document principal. Le lait, l'herbe et les feuilles de salade ont également fait l'objet d'une recherche d'activité en tritium organiquement lié (TOL) et en ¹⁴C (hormis les salades).

Le sol maraîcher sous les vents dominants (Le Tô), ainsi que les feuilles de salade récoltés hors vents (Vittefleur) ont été traités, conditionnés puis archivés jusqu'à la fin de l'étude annuelle. Ces échantillons pourraient être mesurés dans le cas d'un marquage des autres échantillons. Les sols de prairie et les herbes prélevés hors (Vittefleur) et sous vents (Gueutteville-lès-Grès) sont placés en échantillonnaire pour une durée de 10 ans.

7.3.2.2.2. Résultats de spectrométrie γ

Les résultats d'analyse par spectrométrie γ des activités en radionucléides d'origine naturelle et d'origine artificielle dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel sont respectivement présentés au sein du tableau 7.3.8 et du tableau 7.3.9, pages 101 et 102.

• Sols

La radioactivité d'origine naturelle est principalement associée au ⁴⁰K (198±18 et

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 70/244 -

414±37 Bq.kg⁻¹ sec), et dans une moindre mesure à l'²²⁸Ac (19,8±2,4 et 31,1±3,7 Bq.kg⁻¹ sec) et au ^{234m}Pa (18±11 et 29±10 Bq.kg⁻¹ sec).

Le ¹³⁷Cs est l'unique radionucléide d'origine artificielle quantifié dans les sols échantillonnés (3,87±0,34 et 6,60±0,60 Bq.kg⁻¹ sec).

- *Végétaux*

La radioactivité d'origine naturelle dans les végétaux est essentiellement due au ⁴⁰K à raison de 2 220±220 Bq.kg⁻¹ sec dans les salades et de 870±90 Bq.kg⁻¹ sec dans l'herbe de prairie. Dans les indicateurs végétaux (mousses et lichens), cette activité est de 108±10 à 221±13 Bq.kg⁻¹ sec. Par ailleurs, le ⁷Be, radionucléide d'origine cosmogénique, est majoritaire dans les mousses et lichens (222±13 à 530±80 Bq.kg⁻¹ sec), ce qui rend compte de leur intérêt en tant qu'intégrateurs des apports atmosphériques. Ce radionucléide est également mesuré dans les salades (65±7 Bq.kg⁻¹ sec) et dans l'herbe (220±10 Bq.kg⁻¹ sec). Des traces d'²²⁸Ac (1,18±0,36 et 1,92±0,27 Bq.kg⁻¹ sec) et de ²¹⁰Pb (4,7±1,1 et 5,5±0,6 Bq.kg⁻¹ sec) sont également quantifiées dans les feuilles de salade et l'herbe. Enfin, des traces d'²²⁸Ac (2,0±1,7 et 3,0±1,8 Bq.kg⁻¹ sec) sont quantifiées dans les mousses.

Le ¹³⁷Cs est, quant à lui, le seul radionucléide d'origine artificielle quantifié dans les mousses et les lichens (0,45±0,45 à 1,72±0,46 Bq.kg⁻¹ sec), l'herbe (0,043±0,019 Bq.kg⁻¹ sec) et les salades (0,18±0,07 Bq.kg⁻¹ sec). Les analyses d'¹³¹I réalisées sur les échantillons frais de mousses et de lichens rendent des résultats inférieurs au seuil de décision (≤ 0,39 Bq.kg⁻¹ sec).

- *Lait*

La radioactivité d'origine naturelle est exclusivement liée au ⁴⁰K (48,1±4,7 Bq.L⁻¹) dans le lait, et aucun radionucléide d'origine artificielle n'y est détecté.

7.3.2.2.3. Résultats de mesure du tritium

L'activité en tritium libre sous les vents dominants est de 1,27±0,34 Bq.kg⁻¹ frais (2,4±0,6 Bq.L⁻¹ ED¹) dans l'herbe, et de 1,50±0,60 Bq.kg⁻¹ frais (1,6±0,6 Bq.L⁻¹ ED) dans les salades. L'activité de ce radionucléide est inférieure au seuil de décision dans l'eau de boisson et le lait (≤ 0,50 Bq.L⁻¹ d'ECH²; tableau 7.3.10 page 103).

L'activité en tritium organiquement lié (TOL) sous les vents dominants est de 0,81±0,17 Bq.kg⁻¹ frais (3,1±0,6 Bq.L⁻¹ EC³) dans l'herbe, de 0,08±0,03 Bq.kg⁻¹ frais (2,6±0,9 Bq.L⁻¹ EC) dans les salades, et de 0,08±0,05 Bq.L⁻¹ d'ECH. (0,9±0,6 Bq.L⁻¹ EC) dans le lait de vache (tableau 7.3.11 page 103).

¹ : Bq.L⁻¹ ED : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation

² : Bq.L⁻¹ d'ECH. : Bq.L⁻¹ d'échantillon

³ : Bq.L⁻¹ ED : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 71/244 -

7.3.2.2.4. Résultats de mesure du ^{14}C

L'activité en ^{14}C est de $50,77 \pm 0,46 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($242,5 \pm 2,2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; $108,0 \pm 1,0\%$ de pMC) dans l'herbe prélevée à proximité du C.N.P.E. de Paluel. Dans le lait de vache prélevé à Gueutteville-lès-Grès, l'activité en ^{14}C est de $14,2 \pm 0,7 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'ECH. ($234 \pm 12 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; $102 \pm 5\%$ de pMC ; tableau 7.3.12 page 104).

7.3.2.3. Bilan annuel et comparaison avec les résultats des études radioécologiques antérieures

En 2017, la radioactivité d'origine naturelle quantifiée dans les matrices terrestres environnant le C.N.P.E. de Paluel est du même ordre de grandeur que celle mesurée lors de l'état de référence et depuis le début des suivis radioécologiques annuels. Elle présente une composante tellurique prépondérante dans les sols et les végétaux, représentée par le ^{40}K et, dans une moindre mesure, par les familles du ^{232}Th et de ^{238}U . Dans les sols, les activités massiques en ^{40}K , en fils du ^{232}Th et du ^{238}U sont conformes aux valeurs observées en France métropolitaine ([38 et 39] § 2.6.1 du document principal). La seconde composante, d'origine cosmogénique, est due au ^7Be , présent principalement dans les végétaux dont la surface foliaire est propice à la captation des retombées atmosphériques. Dans le lait de vache, le ^{40}K est toujours proche de 50 Bq.L^{-1} , quels que soient l'année et le lieu du prélèvement.

En 2017, au prix d'un effort métrologique renouvelé chaque année, le ^{137}Cs est détecté de manière quasi systématique dans les échantillons analysés. Son activité est quantifiable dans 7 des 8 échantillons prélevés en 2017, à des niveaux de l'ordre de grandeur de ceux attendus et observés par ailleurs dans l'ouest et le nord de la France du fait des retombées globales des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl ($0,001$ à 1 Bq.kg^{-1} frais [40]). Les valeurs obtenues en 2017 sont conformes aux niveaux observés au cours des dix dernières années. L'évolution temporelle des niveaux d'activité du ^{137}Cs dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. témoigne de la décroissance radioactive de cet élément depuis l'état de référence mené en 1981, ainsi que de son recyclage dans le cas des sols. L' ^{131}I , recherché dans ces derniers indicateurs depuis 1997, n'a jamais été décelé de manière significative. Le ^{60}Co , quantifié dans certains échantillons de lichens lors des suivis radioécologiques des années précédentes (et dont la présence est potentiellement attribuable à un apport *via* les embruns ou les aérosols marins [33] marqués par les rejets d'effluents de l'usine ORANO La Hague et les C.N.P.E. côtiers) n'est pas quantifié en 2017.

Les activités en tritium libre mesurées dans l'eau et le lait (depuis 2000), dans l'herbe et les feuilles de salade, et les activités en tritium organiquement lié mesurées dans le lait et dans la salade ne mettent pas en évidence d'apport lié aux rejets d'effluents atmosphériques du C.N.P.E. de Paluel, et sont proches du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local ($1,4 \pm 1,2 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'après [34, 35, 36]).

Dans le lait collecté à proximité du C.N.P.E., l'activité en ^{14}C n'est pas significativement différente du bruit de fond. L'activité en ^{14}C dans l'herbe prélevée en champ proche des rejets d'effluents atmosphériques du C.N.P.E. est significativement supérieure au bruit de fond moyen sur le territoire français hors influence industrielle (proche de $230 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ en 2017 d'après [35 et 37]). L'analyse statistique des données acquises en milieu terrestre autour des 19 C.N.P.E. [41] a, par ailleurs, permis de démontrer que les rejets atmosphériques des C.N.P.E. français contribuaient à une augmentation moyenne d'environ $+3 \text{ Bq.kg}^{-1}$ de C de l'activité en ^{14}C des échantillons biologiques terrestres. Ainsi, en se basant sur les résultats des années précédentes et de cette année, un apport local est mis en évidence dans l'environnement du site de Paluel pour l'herbe.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 72/244 -

7.3.3. Radioécologie du milieu aquatique

7.3.3.1. Rappel des données antérieures

Les résultats acquis lors de l'établissement de l'état de référence radioécologique du site et dans le cadre des suivis radioécologiques annuels et bilans décennaux menés jusqu'en 2016 sont rappelés ci-après. Ces résultats sont en partie illustrés sur la figure 7.3.4 et la figure 7.3.5, pages 87 et 89, et au sein du tableau 7.3.13 au tableau 7.3.15, pages 105 à 108.

Lors de l'établissement de l'état de référence radioécologique de l'environnement marin proche du C.N.P.E. de Paluel (1979), les matrices sédimentaires et biologiques échantillonnées étaient marquées par divers radionucléides artificiels : $^{106}\text{Ru/Rh}$, ^{125}Sb , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ et $^{144}\text{Ce/Pr}$. La présence de ces éléments sur le littoral Cauchois témoignait de la dispersion des effluents liquides rejetés par l'usine de traitement du combustible usé ORANO La Hague et l'usine de Sellafield (Angleterre), tout comme de celle des retombées atmosphériques globales des divers essais nucléaires aériens.

À l'occasion du premier suivi radioécologique annuel, en 1992, les radioéléments susmentionnés ont été détectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel, bien qu'à des niveaux d'activités plus faibles. A ceux-ci s'ajoutaient le ^{58}Co (témoin potentiel des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E.) ainsi que l' ^{241}Am (imputable quant à lui aux rejets d'effluents de l'usine de traitement du combustible usé ORANO La Hague). Les sédiments fins et les algues se sont avérés être les meilleurs bioindicateurs témoignant de la présence de ces radionucléides dans l'environnement marin proche du C.N.P.E.

Depuis 1992, la diminution conjointe des rejets d'effluents liquides de l'usine ORANO La Hague et du C.N.P.E. de Paluel s'est traduite par une baisse qualitative et quantitative des activités en radionucléides artificiels détectés dans l'environnement marin proche du C.N.P.E. Jusqu'en 2012, seul le ^{137}Cs fut quasi systématiquement quantifié dans les diverses matrices marines étudiées. Le ^{60}Co a également été décelé dans tous les compartiments de l'écosystème marin à l'exception des poissons, à des niveaux d'activités du même ordre de grandeur que ceux du ^{137}Cs . L' $^{110\text{m}}\text{Ag}$ a été régulièrement quantifié dans les mollusques et les arthropodes, avec des niveaux d'activités en nette diminution depuis 1992. Ce radionucléide n'est en revanche plus quantifié dans les sédiments depuis 1996, ni dans les algues depuis 2007 et n'a jamais été quantifié dans les poissons. Il reste par contre toujours décelable dans les mollusques. Le ^{58}Co , principalement quantifié au sein des algues, ne l'est plus depuis 2004. Jusqu'en 2009, des traces de $^{106}\text{Ru/Rh}$ ont été mises en évidence de manière sporadique dans certains échantillons de mollusques. Ce radionucléide n'est en revanche plus quantifié dans les sédiments depuis 1994 ni dans les algues depuis 2002 et n'a jamais été quantifié dans les poissons. L' $^{108\text{m}}\text{Ag}$, dont l'origine reste à préciser, a été quantifié dans les bulots et/ou les patelles en 2005, de 2008 à 2011, et de 2014 à 2016. L' ^{241}Am a été décelé de manière sporadique dans des moules (1996), des patelles (2003, 2009, 2013 à 2015), des arthropodes (2015 et 2016) et des bars (2004), et n'est plus quantifié dans les sédiments depuis 1997. Depuis le début des études radioécologiques menées dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel, l' ^{131}I n'a été quantifié qu'en 2010 au sein d'algues brunes du genre *Fucus*. Les activités en tritium libre quantifiées au sein des algues échantillonnées de 2000 à 2007, au sein des poissons, mollusques et arthropodes de 2008 à 2014, au sein des algues, poissons, mollusques et arthropodes en 2015, et au sein des algues, mollusques, arthropodes et poissons en 2016, sont cohérentes eu égard aux niveaux d'activités dans l'eau de mer attribuables majoritairement aux rejets d'effluents liquides de l'usine ORANO La Hague (12 300 TBq rejetés par ORANO La Hague en 2016, à comparer aux 93,5 TBq/an rejetés en moyenne par le C.N.P.E. de Paluel entre 2007 et 2016). Le tritium organiquement lié et le ^{14}C sont également recherchés dans les patelles (depuis 2012) et les poissons (depuis 2015), ainsi que dans les algues et les crustacés en 2016, et leurs activités sont cohérentes avec les valeurs moyennes enregistrées par le passé du fait du

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 73/244 -

marquage global par les INB de la Manche [34].

7.3.3.2. Suivi annuel 2017

7.3.3.2.1. Cartographie, calendrier et nature des prélèvements

La campagne de prélèvements 2017 s'est déroulée de mars à juillet. La localisation des stations de prélèvements et la nature des échantillons prélevés sont indiquées sur la figure 7.3.1 page 81. Les dates de prélèvement, stations, natures et caractéristiques identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le tableau 7.3.16 pages 110 et suivantes. La granulométrie et la teneur en matière organique des sédiments échantillonnés sont rapportées dans le tableau 7.3.17 page 113.

Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les matrices biologiques échantillonnées sont les plus abondantes localement et/ou caractéristiques de l'économie locale. Elles correspondent également, pour la plupart, aux espèces prélevées lors de l'état de référence. Au niveau des stations côtières, accessibles à marée basse, les prélèvements de sédiments, d'algues et de patelles ont été effectués à la main. Dans la mesure du possible, des sédiments de granulométrie fine, qui permettent une meilleure rétention des radionucléides, ont été échantillonnés. Toutefois, le fort régime hydrodynamique le long de la côte d'Albâtre ne permet pas la sédimentation des particules les plus fines (limons et argiles) autour du C.N.P.E. de Paluel, à l'exception du port de Saint-Valéry-en-Caux, en champ lointain⁴, au niveau duquel un sédiment fin a été échantillonné. Des sédiments sableux ont également été prélevés en champ proche⁵ (l'Eperon⁶) et en champ lointain (Saint-Pierre-en-Port). Des algues brunes du genre *Fucus* ont été prélevées sur les enrochements naturels et artificiels en champ proche (l'Eperon et Saint-Valéry-en-Caux) et lointain (Saint-Pierre-en-Port). Des mollusques (patelles) ont été récoltés en champ proche (Saint-Valéry-en-Caux) et lointain (Saint-Pierre-en-Port).

Les prélèvements de poissons et d'arthropodes ont été confiés à un pêcheur professionnel. Les pêches ont été effectuées dans la zone d'excursion du panache des rejets d'effluents liquides, près des émissaires de rejets (station dénommée Paluel C.N.P.E. rejet) ainsi qu'hors de la zone d'excursion du panache des rejets du C.N.P.E. de Paluel, en champ lointain (au large de Saint-Pierre-en-Port). Une espèce de poisson rond (le bar) a été pêchée au large du C.N.P.E. et de Saint-Pierre-en-Port. Les analyses ont porté sur les filets (muscles) afin d'étudier la fraction susceptible d'être consommée par l'homme et de s'affranchir du tractus gastro-intestinal. Des araignées de mer, espèce localement abondante et caractéristique de la pêche locale, ont été récoltés à l'aide de casiers placés au plus près des émissaires de rejet du C.N.P.E. et au large de Saint-Pierre-en-Port. Les analyses sur les arthropodes ont été réalisées sur l'animal entier pour ce qui est de la spectrométrie gamma, et sur la chair du corps et des pinces qui a été décortiquée pour la recherche du tritium lié.

L'ensemble des échantillons a été traité et conditionné en vue de leur analyse par spectrométrie

⁴ Le terme « **champ lointain** » désigne des stations situées suffisamment à distance du ou des points de rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. pour être considérées comme n'étant que peu influencées par ces rejets. Cette distance s'apprécie en fonction des conditions hydrodynamiques locales moyennes. A Paluel, le champ lointain désigne les stations situées au-delà d'une dizaine de kilomètres en « amont » du C.N.P.E. au regard de la circulation résiduelle générale des masses d'eau en Manche [42 et 43], soit à partir de Saint-Pierre-en-Port.

⁵ Le terme « **champ proche** » désigne des stations situées à proximité du ou des points de rejets d'effluents liquides du C.N.P.E., et/ou dans la zone d'excursion du panache des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E., et qui sont donc potentiellement influencées quotidiennement par ces rejets. A Paluel, le champ proche désigne les stations situées à quelques kilomètres à l'ouest et à l'est du C.N.P.E., soit de Veulettes-sur-Mer à Saint-Valéry-en-Caux.

⁶ Du fait d'une interdiction municipale pour raison de sécurité, il n'est plus possible d'accéder à l'estran à proximité directe du C.N.P.E. Ainsi, ce point de prélèvement a-t-il été déplacé 1 km à l'ouest, au pied des falaises de l'Eperon. Ce point de prélèvement reste néanmoins en champ proche du C.N.P.E.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 74/244 -

gamma. La recherche de ^{131}I a été entreprise sur les échantillons d'algues et de patelles, à l'état frais, par spectrométrie gamma. La recherche du tritium libre a été réalisée sur les patelles, et celle du tritium organiquement lié a été réalisée sur les patelles, les araignées de mer et les bars. Des mesures de ^{14}C ont été entreprises sur les patelles et les bars, selon le protocole détaillé dans l'appendice méthodologique du document principal.

Le sédiment, les algues et les patelles échantillonnés en champ proche (Saint-Valéry-en-Caux) et ceux échantillonnés en champ lointain (Saint-Pierre-en-Port) ont été traités, conditionnés puis placés en échantillonthèque pour une durée de 10 ans.

7.3.3.2.2. Résultats de spectrométrie γ

Les résultats d'analyse par spectrométrie γ des activités en radionucléides d'origine naturelle et artificielle dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel sont présentés respectivement au sein du tableau 7.3.18 page 115 et du tableau 7.3.19 page 116.

• Sédiments

Au sein des trois échantillons prélevés, la radioactivité d'origine naturelle est due essentiellement au ^{40}K ($14,6 \pm 1,7$ à $225 \pm 20 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et, dans une moindre mesure, à ^{228}Ac ($0,45 \pm 0,17$ à $10,60 \pm 1,40 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$), au $^{234\text{m}}\text{Pa}$ ($19 \pm 11 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et au ^7Be ($0,9 \pm 0,5$ et $4,8 \pm 1,4 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$).

Le ^{137}Cs (32 ± 24 et $2\,230 \pm 220 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ sec}$) est quantifié dans 2 des 3 échantillons prélevés et le ^{60}Co ($840 \pm 150 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ sec}$) est quantifié dans un 1 des 3 échantillons prélevés (sédiment à texture de silt sablo-argileux de Saint-Valéry-en-Caux).

• Algues

La radioactivité d'origine naturelle quantifiée au sein des algues est dominée par le ^{40}K ($1\,230 \pm 120$ à $1\,310 \pm 130 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et le ^7Be ($12,3 \pm 1,8$ à $15,1 \pm 1,6 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$). À des niveaux d'activités plus faibles, ^{228}Ac ($4,6 \pm 0,6$ à $5,5 \pm 0,7 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$), le ^{234}Th ($6,1 \pm 0,7$ à $6,6 \pm 0,7 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et le ^{210}Pb ($2,1 \pm 0,8$ à $2,6 \pm 0,5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) sont également quantifiés.

La radioactivité d'origine artificielle est due au ^{137}Cs (141 ± 35 à $189 \pm 39 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et au ^{60}Co (180 ± 60 à $300 \pm 60 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ sec}$). Les niveaux d'activité en ^{131}I sont inférieurs au seuil de décision ($\leq 900 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ sec}$).

• Mollusques, arthropodes

La radioactivité d'origine naturelle quantifiée au sein des mollusques et arthropodes collectés est en majorité due au ^{40}K (55 ± 6 à $64 \pm 6 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ frais}$) et, dans une moindre mesure, aux éléments des familles du ^{232}Th ($0,12 \pm 0,04$ à $0,55 \pm 0,15 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ frais}$) et de ^{238}U ($0,51 \pm 0,10$ à $1,32 \pm 0,17 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ frais}$) ainsi qu'au ^7Be ($1,87 \pm 0,33$ et $3,95 \pm 0,49 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ frais}$).

Le ^{137}Cs est quantifié au sein de 3 des 4 mollusques et arthropodes collectés (18 ± 7 à $39 \pm 22 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ frais}$). De $^{108\text{m}}\text{Ag}$ est également quantifié dans les patelles récoltées à St-Valéry-en-Caux ($14 \pm 9 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ frais}$).

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 75/244 -

• Poissons

Dans les poissons, la radioactivité d'origine naturelle quantifiée est exclusivement due au ^{40}K (114 ± 11 et $125 \pm 13 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais).

La radioactivité d'origine artificielle quantifiée dans le cadre de cette étude est quant à elle exclusivement due au ^{137}Cs (169 ± 17 et $235 \pm 21 \text{ mBq.kg}^{-1}$ frais).

7.3.3.2.3. Résultats de mesure de tritium

Les activités en tritium libre quantifiée sont de $4,8 \pm 0,6 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($5,9 \pm 0,7 \text{ Bq.L}^{-1}$ ED) et $4,2 \pm 0,5 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($5,5 \pm 0,7 \text{ Bq.L}^{-1}$ ED) dans les patelles échantillonnées respectivement en champ lointain et en champ proche (tableau 7.3.20 page 117).

Les activités en tritium organiquement lié (TOL) quantifiée respectivement en champ lointain et en champ proche sont de $0,60 \pm 0,08 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($5,4 \pm 0,7 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC) et $0,67 \pm 0,09 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($5,4 \pm 0,7 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC) dans les patelles, $0,87 \pm 0,15 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($4,4 \pm 0,7 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC) et $0,93 \pm 0,17 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($4,8 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC) dans les arthropodes, et $0,98 \pm 0,14 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($6,0 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC) et $0,68 \pm 0,12 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($3,8 \pm 0,7 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC) dans les poissons (tableau 7.3.21 page 117).

7.3.3.2.4. Résultats de mesure du ^{14}C

L'activité en ^{14}C dans les patelles échantillonnées en champ lointain (Saint-Pierre-en-Port) est de $22,2 \pm 1,4 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($296 \pm 19 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; pMC de $129 \pm 8\%$). En champ proche (Saint-Valéry-en-Caux), l'activité en ^{14}C dans les patelles est de $25,1 \pm 1,6 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($280 \pm 18 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; pMC de $122 \pm 8\%$). L'activité en ^{14}C dans les poissons est de $43,4 \pm 2,1 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($343 \pm 17 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; pMC de $150 \pm 7\%$) en champ lointain, et de $44,5 \pm 2,2 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($319 \pm 16 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; pMC de $139 \pm 7\%$) en champ proche (tableau 7.3.22 page 118).

7.3.3.3. Bilan annuel et comparaison avec les résultats des études radioécologiques antérieures

En 2017, la radioactivité d'origine naturelle détectée dans les matrices marines environnant le C.N.P.E. de Paluel est qualitativement et quantitativement du même ordre de grandeur que celle mesurée lors des études antérieures. Le ^{40}K est le radionucléide prépondérant en termes d'activité. Les activités en ^{40}K dans les poissons sont conformes aux valeurs attendues pour ces animaux, dont la teneur en potassium est physiologiquement régulée (activité massique toujours proche de 100 Bq.kg^{-1} frais). Le ^7Be est détecté dans les matrices régulièrement émergées lors du cycle de marée, les sédiments fins de Saint-Valéry-en-Caux, les sédiments grossiers de Saint-Pierre-en-Port, les algues et les patelles ; à des teneurs plus élevées dans les algues du fait de leur capacité à capter les aérosols et dans les sédiments fins du fait de leur capacité à retenir les radionucléides.

Le ^{137}Cs est le radionucléide artificiel émetteur gamma le plus fréquemment quantifié (10 fois sur 12 prélèvements). Le ^{60}Co , quantifié dans les sédiments et les algues prélevés en champ proche des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Paluel, ainsi que dans les algues prélevées en champ lointain, peut également trouver son origine dans les rejets d'effluents de l'usine ORANO La Hague. Le $^{106}\text{Ru/Rh}$, caractéristique des rejets d'effluents de cette dernière, quantifié sporadiquement au cours des suivis radioécologiques précédents, n'est pas quantifié en 2017, et ce depuis 2012. Le ^{241}Am , également caractéristique des rejets d'effluents de l'usine ORANO La Hague, n'est pas non plus quantifié en 2017. Le $^{110\text{m}}\text{Ag}$ et le ^{58}Co , radionucléides susceptibles de tracer les rejets d'effluents liquides du

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 76/244 -

C.N.P.E., ne sont pas quantifiés en 2017. L' ^{108m}Ag a été quantifiée en faibles quantités dans les patelles récoltées en champ proche du C.N.P.E. en 2017. Même si ce radionucléide a régulièrement été détecté par le passé, une contribution des rejets d'effluents liquides consécutifs à la vidange du réservoir KER003BA ne peut être écartée cette année. En 2017, l' ^{131}I n'est pas décelable au sein des algues brunes échantillonnées.

Les activités en tritium libre et lié dans les mollusques, les arthropodes et les poissons correspondent quant à elles aux valeurs attendues du fait des niveaux d'activités mesurables dans l'eau de mer (de l'ordre de 5 Bq.L^{-1} , et comprises entre 3,7 et $5,9 \text{ Bq.L}^{-1}$ à distance de l'usine ORANO [35 et 44]).

Les activités en ^{14}C quantifiées au sein des patelles et des bars échantillonnés en champ proche et en champ lointain des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Paluel sont comparables pour une même espèce. Elles sont supérieures au bruit de fond en ^{14}C d'origine naturelle et anthropique dans les matrices biologiques collectées en entrée de Manche ($240 \pm 2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ d'après [34]) mais cohérentes avec les valeurs moyennes enregistrées par le passé du fait du marquage global par les INB de la Manche [34].

7.3.4. État radioécologique de l'environnement du C.N.P.E. et son évolution depuis la mise en service industrielle.

Les niveaux d'activités des radionucléides naturels détectés en 2017 dans l'environnement du C.N.P.E. de Paluel sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés depuis l'instauration des suivis radioécologiques. Le ^{40}K est le radionucléide d'origine naturelle prépondérant dans tous les échantillons.

Dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel, la radioactivité gamma d'origine artificielle mesurée en 2017 est exclusivement associée à la rémanence du ^{137}Cs issu des retombées globales (générées par les essais atmosphériques d'armes nucléaires et l'accident de Tchernobyl⁷). Le ^{60}Co , quantifié dans certains échantillons de lichens lors des suivis radioécologiques des années précédentes (et dont la présence est potentiellement attribuable à un apport *via* les embruns ou les aérosols marins [33] marqués par les rejets d'effluents de l'usine ORANO La Hague et les C.N.P.E. côtiers) n'est pas quantifié en 2017. Les activités en tritium libre et/ou lié dans l'eau, le lait de vache, l'herbe et les salades, ne mettent pas en évidence de marquage lié aux rejets d'effluent à l'atmosphère du C.N.P.E. L'activité en ^{14}C dans l'herbe échantillonnée à proximité du C.N.P.E. de Paluel est significativement supérieure au bruit de fond moyen observé sur le territoire français hors influence industrielle (proche de $230 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ en 2017 d'après [35 et 37]). Au vu des résultats obtenus dans le cadre du suivi radioécologique 2017, il apparaît que les rejets d'effluents à l'atmosphère du C.N.P.E. de Paluel ne donnent pas lieu à un marquage mesurable de l'environnement terrestre du site, si ce n'est pour le tritium lié et le ^{14}C dans l'herbe, pour laquelle un apport local est probable dans l'environnement proche du site de Paluel.

En 2017, les diverses matrices sédimentaires et biologiques collectées dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel sont marquées, à des faibles niveaux d'activité, par le ^{137}Cs , le ^{60}Co et l' ^{108m}Ag . Cette radioactivité artificielle est imputable à la fois aux rejets d'effluents liquides de l'usine de traitement du combustible utilisé ORANO La Hague et/ou du C.N.P.E. de Paluel, ainsi qu'à la rémanence des retombées atmosphériques globales dans le cas du radiocésium. L'origine de l' ^{108m}Ag peut en 2017 être mise en lien avec la vidange en cours du réservoir d'effluents liquides KER003BA, même si ce radionucléide ait déjà été détecté par le passé avant l'opération de vidange (2009 à 2011, 2013 à 2016, à des niveaux comparables). Le ^{58}Co , l' ^{110m}Ag et l' ^{241}Am , quantifiés sporadiquement les

⁷ Les retombées consécutives à l'accident de Fukushima Daiichi (2011) n'ont eu qu'un impact fugace.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 77/244 -

années précédentes à des niveaux d'activité proches du seuil de décision, ne sont pas quantifiés dans l'environnement marin du site en 2017. Les niveaux d'activité en radionucléides artificiels émetteurs gamma détectés dans l'environnement marin proche du C.N.P.E. de Paluel, notamment dans les produits de consommation (arthropodes, poissons), sont très faibles. Les activités en tritium libre et lié dans les mollusques, les arthropodes et les poissons correspondent quant à elles aux valeurs attendues du fait des niveaux d'activités mesurables dans l'eau de mer et imputables majoritairement au marquage des eaux de la Manche par les rejets d'effluents liquides de l'usine ORANO La Hague (12 300 TBq de tritium libre rejetés par ORANO La Hague en 2016, à comparer aux 93,5 TBq/an rejetés en moyenne par le C.N.P.E. de Paluel entre 2007 et 2016). Les mesures de ^{14}C dans les mollusques et les poissons sont supérieures au bruit de fond en ^{14}C d'origine naturelle et anthropique dans les matrices biologiques collectées en entrée de Manche ($240 \pm 2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ d'après [34]), mais cohérentes avec les valeurs moyennes enregistrées par le passé du fait du marquage par les INB de la Manche [34], et ne mettent pas en évidence de marquage par les rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Paluel.

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 78/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 79/244 -

FIGURES

- Figure 7.3.1** - Localisation générale du C.N.P.E. de Paluel et des stations terrestres et marines échantillonnées dans le cadre du suivi radioécologique 2017. 81
- Figure 7.3.2** - Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Paluel. 83
- Figure 7.3.3** - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des sols (cultivés et non cultivés), **végétaux cultivés** (herbe et légumes) et **indicateurs végétaux** (mousses et lichens) échantillonnés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel. * : *activités inférieures au seuil de décision* 85
- Figure 7.3.4** - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des **sédiments** et des **algues** échantillonnés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel. 87
- Figure 7.3.5** - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des **mollusques et arthropodes** et des **poissons** échantillonnés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel. 89

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 80/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Pahuel

Rapport RT/PSF-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Rapport RT/PSF-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

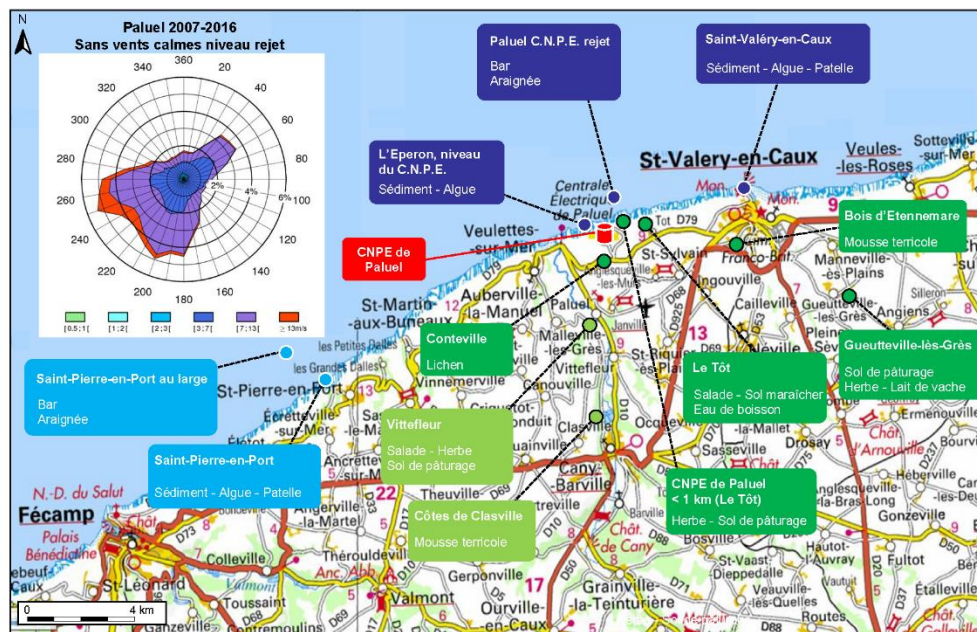


Figure 7.3.1 - Localisation générale du C.N.P.E. de Paluel et des stations terrestres et marines échantillonnées dans le cadre du suivi radioécologique 2017.
* en vert clair : stations hors vents dominants ; en vert foncé : stations sous les vents dominants.
** en bleu clair : station en champ lointain ; en bleu foncé : station en champ proche.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 81/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 82/244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 83/244 -

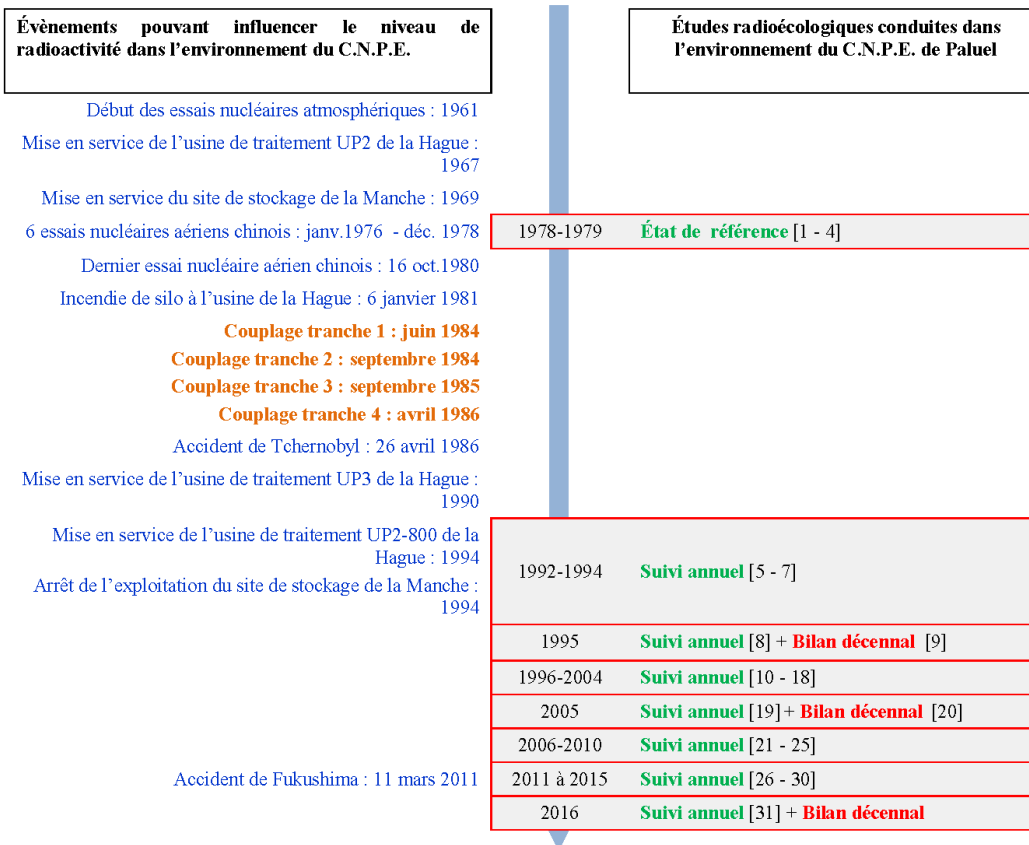


Figure 7.3.2 - Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Paluel.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 84/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

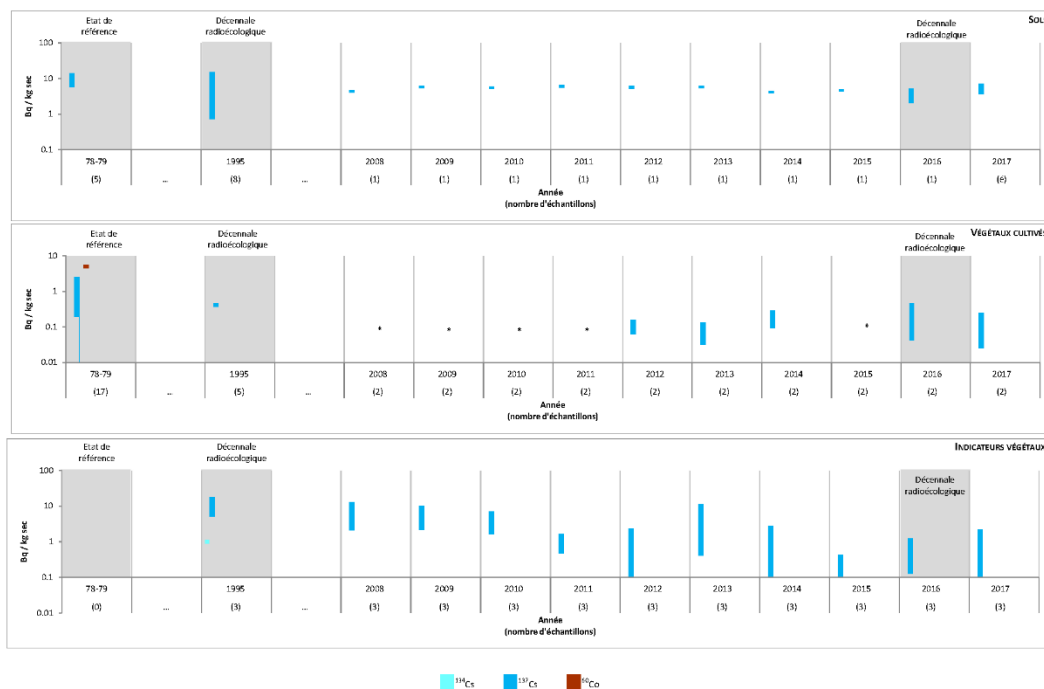


Figure 7.3.3 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des sols (cultivés et non cultivés), végétaux cultivés (herbe et légumes) et indicateurs végétaux (mousses et lichens) échantillonnés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel. * : activités inférieures au seuil de décision

Suivi radiocologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 85/244 -

Suivi radiocologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 86/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

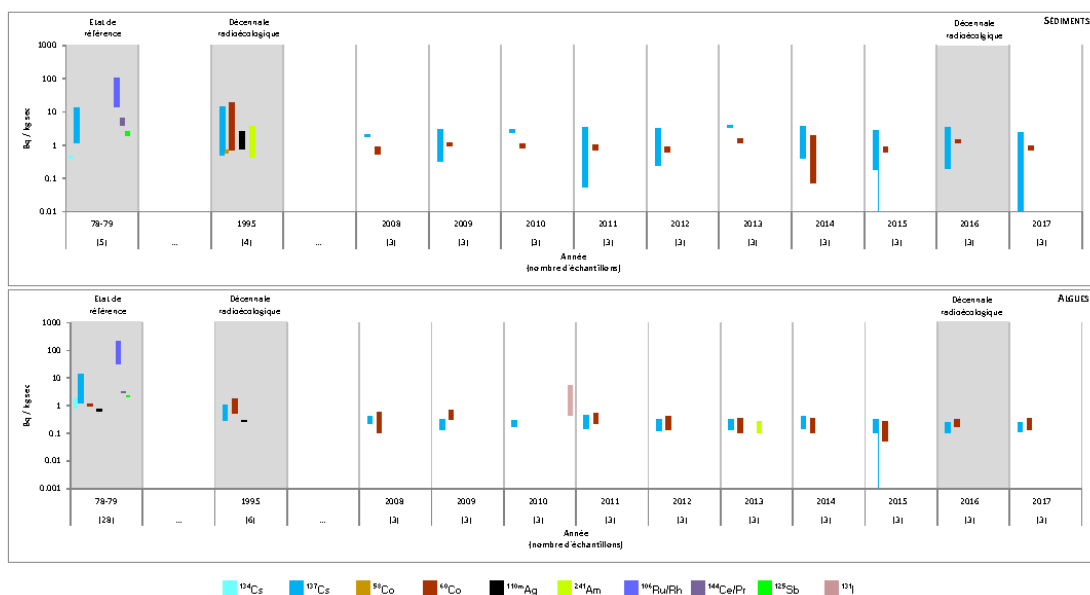


Figure 7.3.4 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des sédiments et des algues échantillonnés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel.

Suivi radiocécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 871244 -

Suivi radiocécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 88244 -

Rapport R/P/SE-ENV/2018-0-0061

C.N.P.E. de Paluel

Suivi radiocologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

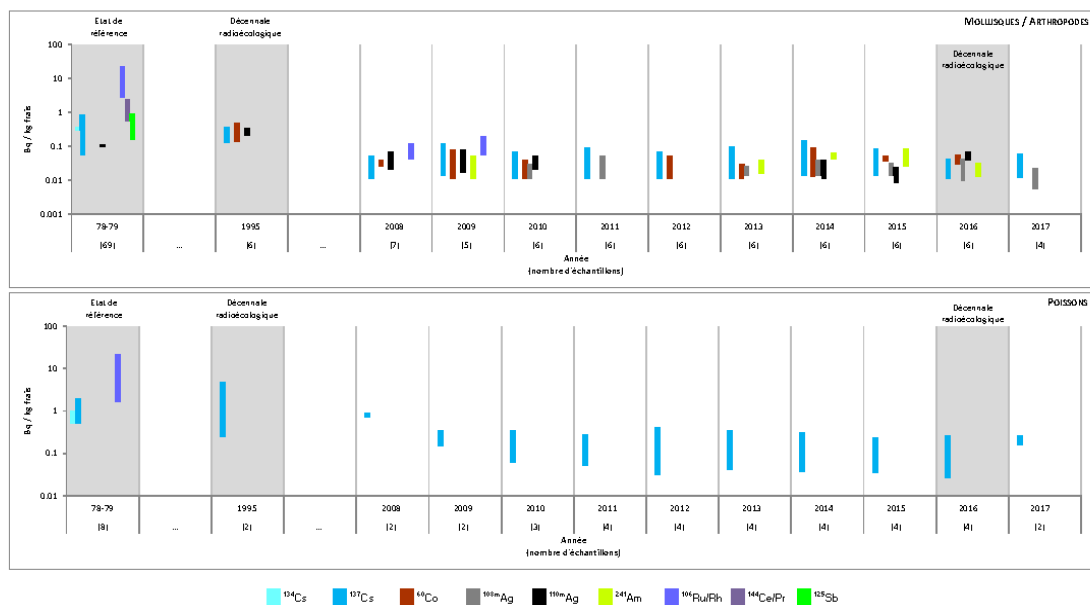


Figure 7.3.5 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des mollusques et arthropodes et des poissons échantillonnés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 90/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 91/244 -

TABLEAUX

Tableau 7.3.1 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	93
Tableau 7.3.2 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de lichens et de mousses collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	94
Tableau 7.3.3 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de végétaux cultivés (herbe et légumes) collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	95
Tableau 7.3.4 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	96
Tableau 7.3.5 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons d'eau collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	97
Tableau 7.3.6 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.	98
Tableau 7.3.7 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l'échantillon de sol de pâturage collecté dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.	100
Tableau 7.3.8 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).	101
Tableau 7.3.9 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).	102
Tableau 7.3.10 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.	103
Tableau 7.3.11 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.	103
Tableau 7.3.12 - Activités en ^{14}C mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.	104
Tableau 7.3.13 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de sédiments collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	105
Tableau 7.3.14 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons d'algues collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	106

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 92/244 -

Tableau 7.3.15 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de poissons (muscle), mollusques et arthropodes collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	108
Tableau 7.3.16 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.....	110
Tableau 7.3.17 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiment collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.	113
Tableau 7.3.18 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Paluel lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sédiments et les algues, $Bq.kg^{-1} frais$ pour les mollusques, les arthropodes et les poissons).	115
Tableau 7.3.19 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Paluel lors du suivi radioécologique 2017 ($mBq.kg^{-1} sec$ pour les sédiments et les algues, $mBq.kg^{-1} frais$ pour les mollusques, les arthropodes et les poissons).....	116
Tableau 7.3.20 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.....	117
Tableau 7.3.21 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Paluel lors du suivi radioécologique 2017. ...	117
Tableau 7.3.22 - Activités en ^{14}C mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.....	118

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Tableau 7.3.1 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	1,6 km	1,6 km	1,6 km	10 km	10 km	10 km	10 km	10 km	10 km	1,6 à 10,3 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹ sec)										
⁴⁰ K	430 (2/2)	400 (1/1)	400 (1/1)	420 (1/1)	430 (1/1)	440 (1/1)	420 (1/1)	420 (1/1)	440 (1/1)	131-431 (4/4)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	29-30 (2/2)	28 (1/1)	26 (1/1)	33 (1/1)	34 (1/1)	35 (1/1)	33 (1/1)	33 (1/1)	32 (1/1)	12,5-33,0 (4/4)
Famille de l' ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	40 (1/2)	-	-	33 (1/1)	43 (1/1)	37 (1/1)	37 (1/1)	42 (1/1)	26 (1/1)	29-35 (4/4)
²¹⁰ Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁷ Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,9 (1/4)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	3,6 - 4,3 (2/2)	4,3 (1/1)	5,6 (1/1)	5,5 (1/1)	6,0 (1/1)	5,6 (1/1)	5,7 (1/1)	4,2 (1/1)	4,6 (1/1)	2,1-4,7 (4/4)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Tableau 7.3.2 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de lichens et de mousses collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Distance au site	0,9 km	5 et 6,5 km	0,9 km	5 et 6,5 km	0,9 km	5 et 6,5 km	0,9 km	5 et 6,5 km	0,9 km	5 et 6,5 km	0,9 km	5 et 6,5 km	0,9 km	5 et 6,5 km	0,9 km	5 et 6,5 km
Nature	lichen	mousse	lichen	mousse	lichen	mousse	lichen	mousse	lichen	mousse	lichen	mousse	lichen	mousse	lichen	mousse
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹ sec)																
⁴⁰ K	97 (1/1)	210-640 (2/2)	114 (1/1)	491-1334 (2/2)	94 (1/1)	180-249 (2/2)	97 (1/1)	455-634 (2/2)	121 (1/1)	460-580 (2/2)	105 (1/1)	310-460 (2/2)	92 (1/1)	241-279 (2/2)	85 (1/1)	187-193 (2/2)
Famille du ²³² Th :																
²²⁸ Ac	-	8 (1/2)	2 (1/1)	5 (1/2)	-	-	-	8,2 (1/2)	-	13 (1/2)	-	4,6-6,0 (2/2)	-	-	-	1,4 (1/2)
Famille de l' ²³⁸ U :																
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²¹⁰ Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-
⁷ Be	160 (1/1)	440-710 (2/2)	140 (1/1)	451-2993 (2/2)	179 (1/1)	142-389 (2/2)	180 (1/1)	345-977 (2/2)	217 (1/1)	500-1240 (2/2)	186 (2/2)	540-630 (2/2)	152 (1/1)	292-530 (2/2)	189 (1/1)	265-337 (2/2)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)																
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,3 (1/1)	2,8-8 (2/2)	-	2,6-4,6 (2/2)	-	1,0-1,3 (2/2)	0,3 (1/1)	1,8-4,8 (2/2)	0,8 (1/1)	1,4-9,7 (2/2)	0,5 (1/1)	1,1-1,9 (2/2)	0,2 (1/1)	-	-	0,4-0,8 (2/2)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
¹³¹ I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

n.a : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 93/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 94/244 -

Tableau 7.3.3 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de végétaux cultivés (herbe et légumes) collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Distance au site	10 km	1,6 km	10 km	1,6 km	10 km	1,6 km	10 km	1,6 km	10 km	1,6 km	10 km	1,6 km	10 km	1,6 km	0,8 à 10,3 km	1,6 et 5,7 km
Nature	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹ sec)																
⁴⁰ K	1200 (1/1)	2600 (1/1)	832 (1/1)	2258 (1/1)	1246 (1/1)	1950 (1/1)	896 (1/1)	1704 (1/1)	860 (1/1)	1880 (1/1)	840 (1/1)	2140 (1/1)	1260 (1/1)	1920 (1/1)	640-840 (2/2)	2020-2240 (2/2)
Famille du ²³² Th :																
²²⁸ Ac	2,5 (1/1)	-	-	-	1,7 (1/1)	-	2,1 (1/1)	1,0 (1/1)	1,4 (1/1)	-	2,1 (1/1)	1,3 (1/1)	2,2 (1/1)	1,4 (1/1)	1,0-1,3 (2/2)	1,3 (1/2)
Famille de l' ²³⁸ U :																
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	-	-	2,8 (1/1)	-	-	-	-	-	-	-	1,2 (1/1)	2,0 (1/1)	-	-	0,7 (1/2)	1,2 (1/2)
²¹⁰ Pb	4 (1/1)	7 (1/1)	9 (1/1)	-	9 (1/1)	7 (1/1)	14,5 (1/1)	6,1 (1/1)	11,3 (1/1)	3,8 (1/1)	38 (1/1)	23 (1/1)	6,4 (1/1)	5,8 (1/1)	6,1-10,0 (2/2)	4,4-11,1 (2/2)
⁷ Be	130 (1/1)	110 (1/1)	136 (1/1)	46 (1/1)	113 (1/1)	66 (1/1)	183 (1/1)	74 (1/1)	143 (1/1)	59 (1/1)	390 (1/1)	223 (1/1)	97 (1/1)	80 (1/1)	66-112 (2/2)	70-199 (2/2)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)																
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	-	-	-	-	-	-	0,11 (1/1)	-	0,08 (1/1)	-	0,15 (1/1)	0,20 (1/1)	-	-	0,06 (1/2)	0,40 (1/2)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion ; ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ C)																
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,0 (1/1)	2,6 (1/1)	1,8-5,8 (2/2)	1,2-1,6 (2/2)
³ H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,5 (1/1)	1,4-3,6 (2/2)	2,7-3,2 (2/2)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	233 (1/1)	n.a.	232 (1/1)	n.a.	229-244 (2/2)	n.a.	246 (1/1)	n.a.	233-259 (2/2)	236-257 (2/2)

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Tableau 7.3.4 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	1,6 km	1,6 km	10 km	10 km	10 km	10 km	10 km	10 km	10 km	10 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.L⁻¹)										
⁴⁰ K	37 (1/1)	44 (1/1)	35 (1/1)	44 (1/1)	40 (1/1)	48 (1/1)	50 (1/1)	50 (1/1)	50 (1/1)	50 (1/1)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Famille de l' ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²¹⁰ Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁷ Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.L⁻¹)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,009 (1/1)	0,008 (1/1)	-	-	-	-	-	-	-	0,009 (1/1)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion ; ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ C)										
³ H libre	1,0 (1/1)	1,6 (1/1)	2,5 (1/1)	1,2 (1/1)	1,0 (1/1)	0,9 (1/1)	-	0,8 (1/1)	0,7 (1/1)	0,9 (1/1)
³ H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	1,2 (1/1)	1,7 (1/1)	1,8 (1/1)	0,9 (1/1)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	235 (1/1)

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Tableau 7.3.5 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons d'eau collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	1,6 km	1,6 km	1,6 km	1,6 km	1,6 km	1,6 km	1,6 km	10 km	1,6 km	1,6 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.L⁻¹)										
⁴⁰ K	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Famille de l' ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
²¹⁰ Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁷ Be	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.L⁻¹)										
¹³⁴ Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
¹³⁷ Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁵⁷ Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁵⁴ Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁶⁰ Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
^{110m} Ag	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
¹⁰⁶ Ru/Rh	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
²⁴¹ Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹)										
³ H libre	-	-	-	-	-	-	1,1 (1/1)	-	-	-

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Tableau 7.3.6 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frats/Sec	Sec/Cendres
0,8 km NE	C.N.P.E. Paluel < 1 km (Le Tô)	0,64196	49,86380	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	31/07/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,16	-
0,8 km NE	C.N.P.E. Paluel < 1 km (Le Tô)	0,64196	49,86380	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	31/07/2017	Tritium libre (liquide)	2,10	-
0,8 km NE	C.N.P.E. Paluel < 1 km (Le Tô)	0,64196	49,86380	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	31/07/2017	Tritium lié (sec)	2,10	-
0,8 km NE	C.N.P.E. Paluel < 1 km (Le Tô)	0,64196	49,86380	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	31/07/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	2,10	-
0,9 km S	Conteville	0,63233	49,85083	Lichens	Rhamaline des rochers <i>Ramalina sp.</i>	Entier	13/03/2017	Spectrométrie gamma + ¹³¹ I (frais)	1,29	-
1,6 km E	Le Tô	0,65731	49,86073	Sols cultivés	Sol maraîcher (culture ou jardin) 0-20 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	31/07/2017	Archivage (sec)	-	-
1,6 km E	Le Tô	0,65731	49,86073	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	31/07/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	15,91	4,63
1,6 km E	Le Tô	0,65731	49,86073	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	31/07/2017	Tritium libre (liquide)	14,87	-
1,6 km E	Le Tô	0,65731	49,86073	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	31/07/2017	Tritium lié (sec)	14,87	-
1,6 km E	Le Tô	0,65731	49,86073	Eau douce	Eau de boisson	Eau filtrée à 0,22 µm	31/07/2017	Tritium libre (liquide)	-	-
5,0 km E	Bois d'Ettenmear	0,70612	49,85622	Mousses terricoles	Mousse <i>Polytrichum sp.</i>	Entier	13/03/2017	Spectrométrie gamma + ¹³¹ I (frais)	1,12	-
5,7 km S	Vittefleur	0,63532	49,80749	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	31/07/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,23	-
5,7 km S	Vittefleur	0,63532	49,80749	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	31/07/2017	Archivage (sec)	-	-

- : absence de traitement.

Dans les tableaux des pages suivantes, pour le milieu terrestre :

	Prélèvements hors vents dominants de l'installation
	Prélèvements sous les vents dominants de l'installation
	Prélèvements sous les vents dominants de l'installation mais alimenté par une nappe phréatique située hors influence de l'installation

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 97/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 98/244 -

Tableau 7.3.6 (suite) - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
5,7 km S	Vittefleur	0,63532	49,80749	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	31/07/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	3,31	-
6,5 km S	Côtes de Clasville	0,63072	49,79819	Mousses terricoles	Mousse <i>Eurhynchium</i> sp.	Entier	14/03/2017	Spectrométrie gamma + ¹³¹ I (frais)	1,14	-
10 km ESE	Gueutteville-les-Grès	0,76488	49,84086	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-3 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	01/08/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,11	-
10 km ESE	Gueutteville-les-Grès	0,76488	49,84086	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-3 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	01/08/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,11	-
10 km ESE	Gueutteville-les-Grès	0,76488	49,84086	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-3 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	01/08/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,13	-
10 km ESE	Gueutteville-les-Grès	0,76488	49,84086	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	01/08/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	6,22	10,18
10 km ESE	Gueutteville-les-Grès	0,76488	49,84086	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	01/08/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	3,65	-
10 km ESE	Gueutteville-les-Grès	0,76488	49,84086	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	01/08/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	7,68	16,74
10 km ESE	Gueutteville-les-Grès	0,76488	49,84086	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	01/08/2017	Tritium libre (liquide)	7,79	-
10 km ESE	Gueutteville-les-Grès	0,76488	49,84086	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	01/08/2017	Tritium lié (sec)	7,79	-
10 km ESE	Gueutteville-les-Grès	0,76488	49,84086	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	01/08/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	7,79	-

- : absence de traitement.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 100/244 -

Tableau 7.3.7 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l'échantillon de sol de pâturage collecté dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	Fractions	%
Gueutteville-lès-Grès	01/08/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	02/01/2018	sec	1,11	Matière organique	6,56
								Argile (< 2µm)	8,40
								Limons fins	19,50
								Limons grossiers	43,40
								Sables fins	25,30
								Sables grossiers	3,40

Tableau 7.3.8 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	^{40}K	Famille du ^{235}Th	Famille de l' ^{238}U			7Be
									^{233}Ac	^{234}Th	^{234m}Pa	^{210}Pb	
C.N.P.E. Paluel < 1 km (Le Tô)	31/07/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	23/11/2017	sec	1,16	198±18	19,8±2,4	n.a.	18±11	n.a.	≤ 4
Gueutteville-les-Grès	01/08/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	07/12/2017	sec	1,11	414±37	31,1±3,7	n.a.	29±10	n.a.	≤ 5
Le Tô	31/07/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	27/11/2017	condres	15,91	2 220±220	1,18±0,36	≤ 2,4	≤ 20	4,7±1,1	65±7
Gueutteville-les-Grès	01/08/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	01/12/2017	condres	6,22	870±90	1,92±0,27	≤ 0,46	≤ 6	5,5±0,6	110±10
Conteville	13/03/2017	Lichens	Rhamaline des rochers <i>Ramalina sp.</i>	Entier	17/03/2017	frais	1,29	108±10	≤ 1,2	n.a.	≤ 32	n.a.	222±13
Bois d'Etennemare	13/03/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Polytrichum sp.</i>	Entier	17/03/2017	frais	1,12	221±13	3,0±1,8	n.a.	≤ 34	n.a.	530±80
Côtes de Clasville	14/03/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Eurhynchium sp.</i>	Entier	17/03/2017	frais	1,14	189±15	2,0±1,7	n.a.	≤ 39	n.a.	254±16
Gueutteville-les-Grès	01/08/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	28/09/2017	condres	7,68	48,1±4,7	≤ 0,023	≤ 0,06	≤ 0,7	≤ 0,07	≤ 0,06

n.a. : non analysé.

Tableau 7.3.9 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{60}Co	^{110m}Ag	^{54}Mn	^{131}I
C.N.P.E. Paluel < 1 km (Le Tô)	31/07/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	23/11/2017	sec	1,16	≤ 0,14	6,60±0,60	≤ 0,34	≤ 0,14	≤ 0,19	≤ 0,16	n.a.
Gueutteville-les-Grès	01/08/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	07/12/2017	sec	1,11	≤ 0,14	3,87±0,34	≤ 0,45	≤ 0,16	≤ 0,23	≤ 0,21	n.a.
Le Tô	31/07/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	27/11/2017	condres	15,91	≤ 0,13	0,18±0,07	≤ 0,42	≤ 0,20	≤ 0,21	≤ 0,17	n.a.
Gueutteville-les-Grès	01/08/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	01/12/2017	condres	6,22	≤ 0,037	0,043±0,019	≤ 0,12	≤ 0,06	≤ 0,06	≤ 0,049	n.a.
Conteville	13/03/2017	Lichens	Rhamaline des rochers <i>Ramalina sp.</i>	Entier	17/03/2017	frais	1,29	≤ 0,26	0,45±0,35	≤ 0,26	≤ 0,39	≤ 0,26	≤ 0,32	≤ 0,27
Bois d'Etennemare	13/03/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Polytrichum sp.</i>	Entier	17/03/2017	frais	1,12	≤ 0,28	0,45±0,45	≤ 0,28	≤ 0,34	≤ 0,28	≤ 0,28	≤ 0,39
Côtes de Clasville	14/03/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Eurhynchium sp.</i>	Entier	17/03/2017	frais	1,14	≤ 0,29	1,72±0,46	≤ 0,29	≤ 0,34	≤ 0,29	≤ 0,29	≤ 0,33
Gueutteville-les-Grès	01/08/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	28/09/2017	condres	7,68	≤ 0,005	≤ 0,0047	≤ 0,009	≤ 0,007	≤ 0,007	≤ 0,006	n.a.

n.a. : non analysé.

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

Tableau 7.3.10 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/sec	Date de mesure	³ H libre (Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation)	³ H libre (Bq.kg ⁻¹ frais ou Bq.L ⁻¹ d'ECH.)	Unité ³ H libre
C.N.P.E. Paluel < 1 km (Le Tô)	31/07/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	2,10	23/10/2017	2,4±0,6	1,27±0,34	Bq.kg ⁻¹ frais
Le Tô	31/07/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	14,87	23/10/2017	1,6±0,6	1,50±0,60	Bq.kg ⁻¹ frais
Gueutteville-lès-Grès	01/08/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	7,79	28/09/2017	≤ 0,50	≤ 0,50	Bq.L ⁻¹ d'ECH.
Le Tô	31/07/2017	Eau douce	Eau de boisson	Eau filtrée à 0,22µm	-	09/10/2017	≤ 0,50	≤ 0,50	Bq.L ⁻¹ d'ECH.

n.a. : non analysé.

Tableau 7.3.11 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/sec	Date de mesure	TOL (Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg ⁻¹ frais ou Bq.L ⁻¹ d'ECH.)	Unité TOL
C.N.P.E. Paluel < 1 km (Le Tô)	31/07/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	2,10	13/12/2017	3,1±0,6	0,81±0,17	Bq.kg ⁻¹ frais
Le Tô	31/07/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	14,87	19/12/2017	2,6±0,9	0,08±0,03	Bq.kg ⁻¹ frais
Gueutteville-lès-Grès	01/08/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	7,79	13/11/2017	0,9±0,6	0,08±0,05	Bq.L ⁻¹ d'ECH.

n.a. : non analysé.

C.N.P.E. de Paluel

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

Tableau 7.3.12 - Activités en ¹⁴C mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/sec	Date de mesure du ¹⁴ C	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ C)	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ frais ou Bq.L ⁻¹ d'ECH.)	C TOT. (g.kg ⁻¹ frais ou g.L ⁻¹ d'ECH.)	δ ¹³ C- ¹² C (‰)	pMC (‰)	Unité
C.N.P.E. Paluel < 1 km (Le Tô)	31/07/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	sec	2,10	09/03/2018	242,5±2,2	50,77±0,46	210	-28,12	108,0±1,0	Frais
Gueutteville-lès-Grès	01/08/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	sec	7,79	13/03/2018	234±12	14,2±0,7	61	-19,79	102±5	Liquide

C.N.P.E. de Paluel

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 103/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 104/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Tableau 7.3.13 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de sédiments collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹.sec)										
⁴⁰ K	43-200 (3/3)	19-200 (3/3)	24-200 (3/3)	14-190 (3/3)	13-213 (3/3)	104-202 (3/3)	13-244 (3/3)	108-239 (3/3)	31-224 (3/3)	105-240 (3/3)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	1,1-17 (3/3)	1,2-19 (3/3)	7-13 (2/3)	0,6-11,1 (3/3)	0,6-11,2 (3/3)	3,6-11,5 (3/3)	1,0-13,0 (2/3)	4,3-11,9 (3/3)	1,6-12,0 (3/3)	3,6-24,0 (3/3)
Famille de l' ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	7-130 (3/3)	-	50 (1/3)	44 (1/3)	-	20 (1/3)	-	26-227 (3/3)	-	20-33 (2/3)
²¹⁰ Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁷ Be	1,7-60 (3/3)	16 (1/3)	0,9-23 (3/3)	68 (1/3)	2,7-7,2 (2/3)	7,9 (1/3)	9,2 (1/3)	8,6-74,0 (3/3)	2,4-6,0 (2/3)	75 (1/3)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹.sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,2-4,1 (3/3)	1,9 (1/3)	0,4-2,7 (2/3)	2,6 (1/3)	0,1-3,1 (2/3)	0,3-3,0 (3/3)	3,5 (1/3)	0,5-3,3 (3/3)	0,2-2,6 (2/3)	0,2-3,3 (3/3)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	1,8 (1/3)	0,7 (1/3)	1,0 (1/3)	0,9 (1/3)	0,8 (1/3)	0,8 (1/3)	1,3 (1/3)	0,1-1,8 (3/3)	0,7 (1/3)	1,3 (1/3)
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. Français – Année 2017
- 105/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Tableau 7.3.14 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons d'algues collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹.sec)										
⁴⁰ K	1200-1400 (3/3)	1010-1400 (3/3)	1100-1400 (3/3)	1166-1310 (3/3)	1206-1489 (3/3)	1122-1330 (3/3)	1190-1300 (3/3)	1320-1500 (3/3)	1300-1550 (3/3)	1230-1320 (3/3)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	5,3-7 (3/3)	4,3-5,2 (3/3)	3,6-6,0 (3/3)	5,3-6,1 (3/3)	3,6-6,1 (3/3)	5,5-6,7 (3/3)	4,6-6,9 (3/3)	3,6-4,7 (3/3)	4,9-6,2 (3/3)	4,6-6,0 (3/3)
Famille de l' ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	8-13 (3/3)	7 (3/3)	6,0-7,2 (3/3)	5,4-6,7 (3/3)	4,5-5,8 (3/3)	6,3-8,1 (3/3)	5,0-7,2 (3/3)	4,3-6,6 (3/3)	4,8-5,8 (3/3)	5,3-6,1 (3/3)
²¹⁰ Pb	2,8-5 (3/3)	2,2-3 (2/3)	2,0-3,0 (3/3)	1,7-3,3 (2/3)	2,3-3,2 (2/3)	1,6 (1/3)	2,3-2,5 (2/3)	3,1-4,0 (2/3)	2,6-3,2 (2/3)	2,1-2,4 (3/3)
⁷ Be	13-24 (3/3)	16-39 (3/3)	10-13 (3/3)	16-21 (3/3)	7-12 (3/3)	11-14 (3/3)	10-21 (3/3)	10,4-12,7 (3/3)	12,7-17,9 (3/3)	11,4-16,2 (3/3)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹.sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,30-0,45 (3/3)	0,29-0,32 (3/3)	0,21-0,24 (3/3)	0,23 (3/3)	0,23-0,34 (3/3)	0,21-0,24 (3/3)	0,18-0,24 (3/3)	0,19-0,32 (3/3)	0,17-0,24 (3/3)	0,15-0,19 (3/3)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	0,4-0,9 (3/3)	0,3-0,4 (2/3)	0,4-0,5 (2/3)	-	0,36 (1/3)	0,24-0,30 (2/3)	0,22 (1/3)	0,21-0,26 (3/3)	0,16 (1/3)	0,22-0,24 (2/3)
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	-	-	-	-	-	-	0,18 (1/3)	-	-	-
¹³¹ I	-	-	-	1,0-4,1 (3/3)	-	-	-	-	-	-

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. Français – Année 2017
- 106/244 -

Tableau 7.3.14 (suite) - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons d'algues collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km	0,8 à 12 km
Émetteurs β (^3H libre : Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation, ^3H lié : Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion, ^{14}C : Bq.kg ⁻¹ C)										
^3H libre	2,3-7,5 (3/3)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	5,2-6,5 (3/3)	6,4-6,8 (3/3)
^3H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	6,4-7,3 (3/3)
^{14}C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	288-302 (3/3)

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Tableau 7.3.15 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de poissons (muscle), mollusques et arthropodes collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	2 à 12 km	2 à 12 km	2 à 12 km	2 à 12 km	2 à 12 km	2 à 12 km	2 à 12 km	2 à 12 km
Nature	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg ⁻¹ frais)								
^{40}K	120-130 (2/2)	42-96 (5/5)	94-125 (3/3)	38-114 (6/6)	75-125 (4/4)	55-114 (6/6)	106-184 (4/4)	36-119 (6/6)
Familles du ^{232}Th :								
^{228}Ac	-	0,1-0,9 (4/5)	-	0,1-0,9 (4/6)	-	0,2-0,8 (4/6)	-	0,1-1,2 (4/6)
Familles de l' ^{238}U :								
$^{234}\text{Th}/^{234\text{m}}\text{Pa}$	-	0,4-3,7 (4/5)	-	0,3-1,1 (6/6)	-	0,3-1,2 (4/6)	-	0,2-1,1 (4/6)
^{210}Pb	-	0,6-2,2 (3/5)	-	0,2-2,1 (5/6)	-	0,3-1,3 (4/6)	-	0,3-2,0 (5/6)
^7Be	-	0,7-7,6 (4/5)	-	0,1-7,4 (3/6)	-	2,1-4,5 (2/6)	-	1,6-2,0 (2/6)

Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ frais)

^{134}Cs	-	-	-	-	-	-	-	-
^{137}Cs	0,16-0,30 (2/2)	0,02-0,10 (5/5)	0,08-0,31 (3/3)	0,02-0,06 (4/6)	0,05-0,26 (4/4)	0,02-0,07 (5/6)	0,04-0,36 (4/4)	0,02-0,05 (5/6)
^{57}Co	-	-	-	-	-	-	-	-
^{59}Co	-	-	-	-	-	-	-	-
^{60}Co	-	0,02-0,06 (4/5)	-	0,02-0,03 (2/6)	-	-	0,03 (1/6)	0,02 (1/6)
$^{109\text{m}}\text{Ag}$	-	0,02-0,06 (3/5)	-	0,03-0,04 (2/6)	-	-	-	0,02 (1/6)
$^{109\text{m}}\text{Ag}$	-	0,01 (1/5)	-	0,01-0,02 (2/6)	-	0,03 (2/6)	-	0,02 (2/6)
$^{106}\text{Ru/Rh}$	-	0,12 (1/5)	-	-	-	-	-	-
^{241}Am	-	0,03 (1/5)	-	-	-	-	0,03 (1/6)	0,05 (1/6)

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Tableau 7.3.15 (suite) - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de poissons (muscle), mollusques et arthropodes collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	2 à 12 km	2 à 12 km	2 à 12 km	2 à 12 km	2 à 12 km	2 à 12 km	2 à 12 km	2 à 12 km
Nature	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode
Émetteurs β (^3H libre : Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation, ^3H lié : Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion, ^{14}C : Bq.kg ⁻¹ C)								
^3H libre	5,4 (1/1)	n.a.	3,3-3,5 (2/2)	n.a.	n.a.	3,6-4,3 (2/2)	n.a.	4,1 (2/2)
^3H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,5-3,6 (2/2)	n.a.
^{14}C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	294-295 (2/2)	267-301 (2/2)

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 109244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Tableau 7.3.16 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
0,8 km O	L'Eperon, niveau du C.N.P.E.	0,61037	49,85736	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	14/03/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,04	-
0,8 km O	L'Eperon, niveau du C.N.P.E.	0,61037	49,85736	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	14/03/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,04	-
0,8 km O	L'Eperon, niveau du C.N.P.E.	0,61137	49,85940	Algues brunes	Fucus serratus	Entier	14/03/2017	Spectrométrie gamma (cendres) + ^{131}I (frais)	4,95	4,11
2,0 km N	Paluel C.N.P.E. rejet	0,63110	49,86750	Arthropodes	Araignée de mer Maja brachydactyla	Entier	15/04/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	2,60	2,05
2,0 km N	Paluel C.N.P.E. rejet	0,63110	49,86750	Arthropodes	Araignée de mer Maja brachydactyla	Chair	15/04/2017	Tritium lié (sec)	3,57	-
2,0 km N	Paluel C.N.P.E. rejet	0,63110	49,86750	Poissons	Bar Dicentrarchus labrax	Muscle	14/05/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	4,09	18,58
2,0 km N	Paluel C.N.P.E. rejet	0,63110	49,86750	Poissons	Bar Dicentrarchus labrax	Muscle	14/05/2017	Tritium lié (sec)	3,81	-
2,0 km N	Paluel C.N.P.E. rejet	0,63110	49,86750	Poissons	Bar Dicentrarchus labrax	Muscle	14/05/2017	^{14}C + C stable + $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (sec)	3,81	-
5,7 km E	Saint-Valéry-en-Caux	0,71167	49,87073	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	14/03/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,86	-
5,7 km E	Saint-Valéry-en-Caux	0,71167	49,87073	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	14/03/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,86	-
5,7 km E	Saint-Valéry-en-Caux	0,71167	49,87073	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	14/03/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,89	-

- : absence de traitement.

Dans les tableaux des pages suivantes, pour le milieu marin :

	Prélèvements en champ lointain du dispositif de rejet des effluents liquides
	Prélèvements en champ proche du dispositif de rejet des effluents liquides

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 110244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Tableau 7.3.16 (suite) - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
5,7 km E	Saint-Valéry-en-Caux	0,70412	49,87304	Algues brunes	<i>Fucus serratus</i>	Entier	14/03/2017	Spectrométrie gamma (cendres) + ^{131}I (frais)	4,79	3,88
5,7 km E	Saint-Valéry-en-Caux	0,70412	49,87304	Algues brunes	<i>Fucus serratus</i>	Entier	14/03/2017	Echantillothèque IRSN/EDF (sec)	4,79	-
5,7 km E	Saint-Valéry-en-Caux	0,70412	49,87304	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	14/03/2017	Spectrométrie gamma (cendres) + ^{131}I (frais)	5,11	4,75
5,7 km E	Saint-Valéry-en-Caux	0,70412	49,87304	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	14/03/2017	Tritium libre (liquide)	4,15	-
5,7 km E	Saint-Valéry-en-Caux	0,70412	49,87304	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	14/03/2017	Tritium lié (sec)	4,15	-
5,7 km E	Saint-Valéry-en-Caux	0,70412	49,87304	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	14/03/2017	^{14}C + C stable + $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (sec)	4,15	-
5,7 km E	Saint-Valéry-en-Caux	0,70412	49,87304	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	14/03/2017	Echantillothèque IRSN/EDF (sec)	5,11	4,75
12 km OSO	Saint-Pierre-en-Port	0,48248	49,80880	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	13/03/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,19	-
12 km OSO	Saint-Pierre-en-Port	0,48248	49,80880	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	13/03/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,19	-
12 km OSO	Saint-Pierre-en-Port	0,48248	49,80880	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	13/03/2017	Echantillothèque IRSN/EDF (sec)	1,27	-
12 km OSO	Saint-Pierre-en-Port	0,48248	49,80880	Algues brunes	<i>Fucus serratus</i>	Entier	13/03/2017	Spectrométrie gamma (cendres) + ^{131}I (frais)	4,90	3,93
12 km OSO	Saint-Pierre-en-Port	0,48248	49,80880	Algues brunes	<i>Fucus serratus</i>	Entier	13/03/2017	Echantillothèque IRSN/EDF (sec)	4,72	-
12 km OSO	Saint-Pierre-en-Port	0,48248	49,80880	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	13/03/2017	Spectrométrie gamma (cendres) + ^{131}I (frais)	5,09	5,11
12 km OSO	Saint-Pierre-en-Port	0,48248	49,80880	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	13/03/2017	Tritium libre (liquide)	5,11	-
12 km OSO	Saint-Pierre-en-Port	0,48248	49,80880	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	13/03/2017	Tritium lié (sec)	5,11	-
12 km OSO	Saint-Pierre-en-Port	0,48248	49,80880	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	13/03/2017	^{14}C + C stable + $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (sec)	5,11	-
12 km OSO	Saint-Pierre-en-Port	0,48248	49,80880	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	13/03/2017	Echantillothèque IRSN/EDF (sec)	5,09	5,11

- : absence de traitement

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Tableau 7.3.16 (suite) - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
12 km OSO	Saint-Pierre-en-Port au large	0,47330	49,82000	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	07/04/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	2,47	1,95
12 km OSO	Saint-Pierre-en-Port au large	0,47330	49,82000	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Chair	07/04/2017	Tritium lié (sec)	3,45	-
12 km OSO	Saint-Pierre-en-Port au large	0,47330	49,82000	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	31/07/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	4,13	16,74
12 km OSO	Saint-Pierre-en-Port au large	0,47330	49,82000	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	31/07/2017	Tritium lié (sec)	4,05	-
12 km OSO	Saint-Pierre-en-Port au large	0,47330	49,82000	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	31/07/2017	^{14}C + C stable + $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (sec)	4,05	-

- : absence de traitement.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 111/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 112/244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 113/244 -

Tableau 7.3.17 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiment collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	Fractions	%
L'Eperon, niveau du C.N.P.E.	14/03/2017	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	02/01/2018	sec	1,04	Matière organique	0,62
								Argiles (< 2µm)	2,00
								Limons Fins	0,20
								Limons Grossiers	0,10
								Sables Fins	2,10
								Sables Grossiers	95,60
Saint-Valéry- en-Caux	14/03/2017	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	02/01/2018	sec	1,86	Matière organique	1,96
								Argiles (< 2µm)	24,00
								Limons Fins	24,70
								Limons Grossiers	25,90
								Sables Fins	25,10
								Sables Grossiers	0,30
Saint-Pierre- en-Port	13/03/2017	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	02/01/2018	sec	1,19	Matière organique	0,08
								Argiles (< 2µm)	2,20
								Limons Fins	0,20
								Limons Grossiers	0,10
								Sables Fins	1,30
								Sables Grossiers	96,20

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 114/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Pabel

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Tableau 7.3.18 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Paluel lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sédiments et les algues, $Bq.kg^{-1} frais$ pour les mollusques, les arthropodes et les poissons).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/ sec	⁴⁰ K	Famille du ²³² Th	Famille de l' ²³⁸ U				⁷ Be
									²²⁸ Ac	²³⁰ Th	^{234m} Pa	²¹⁰ Pb		
L'Eperon, niveau du C.N.P.E.	14/03/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	06/06/2017	sec	1,04	14,6±1,7	0,45±0,17	n.a.	≤ 6	n.a.	≤ 1,1	
Saint-Valéry-en-Caux	14/03/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	06/06/2017	sec	1,86	225±20	10,60±1,40	n.a.	19±11	n.a.	4,8±1,4	
Saint-Pierre-en-Port	13/03/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	06/06/2017	sec	1,19	17,2±1,9	0,75±0,18	n.a.	≤ 5	n.a.	0,9±0,5	
L'Eperon, niveau du C.N.P.E.	14/03/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus serratus</i>	Entier	02/06/2017	cendres	4,95	1 230±120	5,5±0,7	6,6±0,7	≤ 9	2,6±0,5	15,1±1,6	
Saint-Valéry en Caux	14/03/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus serratus</i>	Entier	06/06/2017	cendres	4,79	1 290±130	4,7±0,7	6,3±1,0	≤ 16	2,1±0,8	12,3±1,8	
Saint-Pierre-en-Port	13/03/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus serratus</i>	Entier	02/06/2017	cendres	4,90	1 310±130	4,6±0,6	6,1±0,7	≤ 9	2,2±0,5	13,5±1,5	
Saint-Valéry-en-Caux	14/03/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	18/07/2017	cendres	5,11	62±6	0,25±0,05	0,70±0,11	≤ 1,6	1,32±0,17	3,95±0,49	
Saint-Pierre-en-Port	13/03/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	18/07/2017	cendres	5,09	64±6	0,12±0,04	0,51±0,10	≤ 2,2	0,79±0,12	1,87±0,33	
Paluel C.N.P.E. rejet	15/04/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	08/11/2017	cendres	2,60	58±6	0,57±0,15	≤ 0,35	≤ 4,3	0,54±0,24	≤ 3,2	
Saint-Pierre-en-Port au large	07/04/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	08/11/2017	cendres	2,47	55±6	0,55±0,15	≤ 0,40	≤ 4,7	0,93±0,27	≤ 4,2	
Paluel C.N.P.E. rejet	14/05/2017	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	24/11/2017	cendres	4,09	114±11	≤ 0,020	≤ 0,05	≤ 0,7	≤ 0,07	≤ 0,30	
Saint-Pierre-en-Port au large	31/07/2017	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	27/11/2017	cendres	4,13	125±13	≤ 0,031	≤ 0,08	≤ 1,1	≤ 0,09	≤ 0,18	

n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français – Année 2017

- 115244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Tableau 7.3.19 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Paluel lors du suivi radioécologique 2017 ($mBq.kg^{-1} sec$ pour les sédiments et les algues, $mBq.kg^{-1} frais$ pour les mollusques, les arthropodes et les poissons).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	^{134}Cs	^{137}Cs	^{60}Co	^{60}Co	^{106}Ag	^{106}Ag	^{54}Mn	$^{90}Ru/Rh$	^{241}Am	^{239}Pu
L'Eperon, niveau du C.N.P.E.	14/03/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	06/06/2017	sec	1,04	≤ 50	≤ 49	≤ 100	≤ 50	≤ 60	≤ 60	≤ 60	≤ 500	n.a.	n.a.
Saint-Valéry-en-Caux	14/03/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	06/06/2017	sec	1,86	≤ 110	2230±220	≤ 240	840±150	≤ 130	≤ 160	≤ 140	≤ 1200	n.a.	n.a.
Saint-Pierre-en-Port	13/03/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	06/06/2017	sec	1,19	≤ 37	32±24	≤ 80	≤ 40	≤ 42	≤ 46	≤ 42	≤ 350	n.a.	n.a.
L'Eperon, niveau du C.N.P.E.	14/03/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus serratus</i>	Entier	02/06/2017	cendres	4,95	≤ 60	141±35	≤ 140	300±60	≤ 90	≤ 100	≤ 80	≤ 700	≤ 90	≤ 350
Saint-Valéry-en-Caux	14/03/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus serratus</i>	Entier	06/06/2017	cendres	4,79	≤ 100	180±60	≤ 240	210±90	≤ 140	≤ 160	≤ 120	≤ 1100	≤ 140	≤ 600
Saint-Pierre-en-Port	13/03/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus serratus</i>	Entier	02/06/2017	cendres	4,90	≤ 60	189±39	≤ 140	180±60	≤ 80	≤ 90	≤ 80	≤ 600	≤ 80	≤ 900
Saint-Valéry-en-Caux	14/03/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	18/07/2017	cendres	5,11	≤ 12	39±8	≤ 39	≤ 21	14±9	≤ 19	≤ 15	≤ 130	≤ 24	n.a.
Saint-Pierre-en-Port	13/03/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	18/07/2017	cendres	5,09	≤ 12	18±7	≤ 41	≤ 19	≤ 25	≤ 20	≤ 16	≤ 130	≤ 17	n.a.
Paluel C.N.P.E. rejet	15/04/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	08/11/2017	cendres	4,76	≤ 42	39±22	≤ 230	≤ 50	≤ 49	≤ 70	≤ 60	≤ 470	≤ 43	n.a.
Saint-Pierre-en-Port au large	07/04/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	08/11/2017	cendres	2,47	≤ 46	≤ 44	≤ 300	≤ 50	≤ 60	≤ 90	≤ 60	≤ 500	≤ 43	n.a.
Paluel C.N.P.E. rejet	14/05/2017	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	24/11/2017	cendres	4,09	≤ 4,9	235±21	≤ 31	≤ 7	≤ 6	≤ 9	≤ 7	≤ 60	≤ 5	n.a.
Saint-Pierre-en-Port au large	31/07/2017	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	27/11/2017	cendres	4,13	≤ 7	169±17	≤ 23	≤ 11	≤ 9	≤ 12	≤ 9	≤ 80	≤ 8	n.a.

n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français – Année 2017

- 116244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

Tableau 7.3.20 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/sec	Date de mesure	³ H libre (Bq.L ⁻³ d'eau de dessiccation)	³ H libre (Bq.kg ⁻¹ frais)
Saint-Valéry-en-Caux	14/03/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	4,15	19/04/2017	5,5±0,7	4,2±0,5
Saint-Pierre-en-Port	13/03/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	5,11	19/04/2017	5,9±0,7	4,8±0,6

n.a. : non analysé.

Tableau 7.3.21 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/sec	Date de mesure	TOL (Bq.L ⁻³ d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg ⁻¹ frais)
Saint-Valéry-en-Caux	14/03/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	4,15	20/09/2017	5,4±0,7	0,67±0,09
Saint-Pierre-en-Port	13/03/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	5,11	20/09/2017	5,4±0,7	0,60±0,08
Paluel C.N.P.E. rejet	15/04/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Chair	3,57	24/12/2017	4,8±0,8	0,93±0,17
Saint-Pierre-en-Port au large	07/04/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Chair	3,45	24/12/2017	4,4±0,7	0,87±0,15
Paluel C.N.P.E. rejet	14/05/2017	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	3,81	13/12/2017	3,8±0,7	0,68±0,12
Saint-Pierre-en-Port au large	31/07/2017	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	4,05	13/12/2017	6,0±0,8	0,98±0,14

n.a. : non analysé.

Tableau 7.3.22 - Activités en ¹⁴C mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Paluel lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/sec	Date de mesure du ¹⁴ C	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ C)	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ frais)	C TOT. (g.kg ⁻¹ frais)	δ ¹³ C/δ ¹² C (‰)	pMC (‰)
Saint-Valéry-en-Caux	14/03/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	4,15	27/11/2017	280±18	25,1±1,6	90	-15,89	122±8
Saint-Pierre-en-Port	13/03/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	5,11	27/11/2017	296±19	22,2±1,4	75	-16,78	129±8
Paluel C.N.P.E. rejet	14/05/2017	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	3,81	27/02/2017	319±16	44,5±2,2	140	-19,13	139±7
Saint-Pierre-en-Port au large	31/07/2017	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	4,05	17/03/2018	343±17	43,4±2,1	130	-17,80	150±7

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 117244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 118244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017*

- 119/244 -

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Ottavi, L., Disdier, R., Marchand, S. et Carrère, D., 1981. *Point zéro radioécologique du site de Paluel. Écosystème terrestre*. Laboratoire de Radioécologie Appliquée, Cadarache. Contrat PA 1648, 106 p. et annexes.
- [2] Cartier, Y., Debeuns, G., Maubert, H. et Picat, P., 1980. *Étude radioécologique de la Manche - Site de Paluel - Point zéro radiosédimentologique*. Laboratoire d'Études de Pollution des Eaux, Cadarache. Contrat VEN 1549/05, 52 p.
- [3] Germain, P., Guéguénat, P. et Masson, M., 1981. *Étude radioécologique du site de Paluel. Point zéro radiohydrobiologique*. Laboratoire de Radioécologie Marine, La Hague. Contrat VEN 1549, 28.
- [4] Anonyme, 1980. *Point zéro radiologique du site de Paluel. Résumé*. Service d'Études et de Recherches sur l'Environnement, Cadarache. Contrat VEN 1549/05, 14.
- [5] Garnier-Laplace, J., Arnaud, M., Gontier, G., Lumia, G., Masson, M., Pujol, E. et Foulquier, L., 1993. *Suivi radioécologique des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1992*. IPSN/DPEI/SERE/URSED, Cadarache. Document SERE/93/101 (I), 797 p. et annexes.
- [6] Gontier, G., Jourdeuil, L., Lumia, G., Masson, M., Pujol, E., Bouisset, P. et Foulquier, L., 1994. *Suivi radioécologique des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1993*. IPSN/DPEI/SERE/URSED, Cadarache. Document SERE/94/175(P), 619 p. et annexes.
- [7] Gontier, G., Barré, A., Jourdeuil, L., Lumia, G., Masson, M., Bouisset, P. et Foulquier, L., 1995. *Suivi radioécologique des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1994*. IPSN. Document SERE/95/040(P), Document SERE/95/040(P), 754.
- [8] Gontier, G., Barré, A., Jourdeuil, L., Lumia, G., Masson, M., Vray, F., Bouisset, P. et Foulquier, L., 1996. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1995*. IPSN/DPRE/SERE. Document SERE/96/028(P), Document SERE/96/028(P), 945 p. et annexes.
- [9] Masson, M., 1997. *Bilan radioécologique décennal du Centre Nucléaire de production d'Electricité de Paluel : 1995*. IPSN/DPRE/SERE/LERFA. Document SERE 97/001(P), 143.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017* - 120/244 -

- [10] Gontier, G., Masson, M., Vray, F., Jourdeuil, L. et Bouisset, P., 1997. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1996.* IPSN/DPRE/SERE. Document SERE/97/012(P), Document SERE/97/012(P), 778 p. et annexes.
- [11] Vray, F., Clavel, B., Masson, M., Maro, D., Gontier, G. et Bouisset, P., 1998. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1997.* IPSN/DPRE/SERE. Document SERE/98/012(P), Document SERE/98/012(P), 776 p. et annexes.
- [12] Gontier, G., Clavel, B., Masson, M., Maro, D. et Bouisset, P., 1999. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1998.* IPSN/DPRE/SERNAT. Document SERNAT 1999/11, Document SERNAT 1999/11, 818 p. et annexes.
- [13] Gontier, G., Clavel, B., Masson, M., Pourcelot, L., Leprieur, F., Beguin, M. et Bouisset, P., 2000. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1999.* IPSN/DPRE/SERNAT. Document SERNAT 2000/26, Document SERNAT 2000/26, 809 p. et annexes.
- [14] Clavel, B., Bianciotto, A., Masson, M. et Gontier, G., 2001. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2000.* IPSN/DPRE/SERNAT. Document SERNAT 2001/30, Document SERNAT 2001/30, 793 p. et annexes.
- [15] Claval, D. et Masson, M., 2002. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2001.* IRSN/DPRE/SERNAT. Document SERNAT 2002/07, Document SERNAT 2002/07, 843 p. et annexes.
- [16] Claval, D., Masson, M. et Louvat, D., 2003. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2002.* IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/03-08, 875 p. et annexes.
- [17] Duffa, C., Masson, M. et Claval, D., 2004. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2003.* IRSN. Rapport DEI/SESURE/04-09, Rapport DEI/SESURE/04-09, 962.
- [18] Claval, D., Masson, M., Eyrolle, F. et Gontier, G., 2005. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises. Année 2004.* IRSN. Rapport IRSN/DEI/SESURE/05-03, Rapport IRSN/DEI/SESURE/05-03, 1014.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017* - 121/244 -

- [19] Claval, D., Masson, M., Antonelli, C. et Gontier, G., 2006. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2005*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/06-04, 1034 p.
- [20] Masson, M., 2007. *Bilan radioecologique décennal 2005 de l'environnement proche du centre nucléaire de production d'électricité de Paluel*. IRSN/DEI/SECRE. Rapport DEI/SECRE/ 07 12, 121.
- [21] Claval, D., Antonelli, C., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2007. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2006*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/07-26, 1066 p.
- [22] Claval, D., Antonelli, C., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2008. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2007*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/08-04, 1074 p.
- [23] Claval, D., Antonelli, C., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2009. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2008*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/09-21, 678 p.
- [24] Claval, D., Antonelli, C., Pommier, J., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2010. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2009*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/10-09, 696 p.
- [25] Claval, D., Antonelli, C., Pommier, J. et Theureau, L., 2011. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. Français. Année 2010*. IRSN. Rapport DEI/SESURE/11-06, 694 p.
- [26] Claval, D., Antonelli, C., Pommier, J. et Theureau, L., 2012. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2011*. IRSN. Rapport PRP-ENV/SESURE/12-04, 732 p.
- [27] Claval, D., Antonelli, C., Godinot, C. et Theureau, L., 2013. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2012*. IRSN. Rapport PRP-ENV/SESURE/2013-05, 718.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017* - 122/244 -

- [28] Godinot, C., Parache, V., Saey, L. et Theureau, L., 2014. *Suivi radiécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2013.* IRSN. PRP-ENV/SESURE/2014-15, 710 p.
- [29] Godinot, C., Parache, V., Saey, L., et Theureau, L., 2015. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2014.* IRSN. PRP-ENV/SESURE/2015-09. 714.
- [30] Beryouni, K., Claval, D., Godinot, C., Saey, L. et Theureau, L., 2016. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2015.* IRSN. PRP6ENV/SESURE/2016-04, 760.
- [31] Claval, D., Faramond, J., Godinot, C., Pourcelot, L., Reygrobellet, S. et Theureau, L., 2017. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2016.* IRSN. RT/PSE-ENV/2017-00035, 250 p.
- [32] Roussel-Debet, S., Renaud, P. et Métivier, J.M., 2007. *Cs-137 in French soil: deposition patterns and 15-year evolution.* Science of the Total Environment 374: 388-398.
- [33] Adam, C., Garnier-Laplace, J., Roussel-Debet, S., Beaugelin-Seller, K., Germain, P., Connan, O., Boust, D., Fiévet, B., Coppin, F., Gagnaire, B., Laguionie, P., Cagnat, X., Vidal, R., Picolo, J.L. et Renaud, P., 2010. *Fiche radionucléide environnement - Cobalt 60 et environnement.* IRSN. 22.
- [34] Roussel-Debet, S., 2014. *Synthèse du suivi radioécologique 2013 des 19 centres nucléaires de production d'électricité en exploitation.* IRSN. PRP-ENV/SESURE/2014-34, 132.
- [35] IRSN, 2015. *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de juin 2011 à décembre 2014.* 252 p.
- [36] Roussel-Debet, S., 2014. *Bruit de fond du tritium en milieu terrestre.* Radioprotection 49(2): 139-142.
- [37] Roussel-Debet, S., 2014. *Données utiles à l'interprétation des mesures de carbone 14 en milieu terrestre.* Radioprotection 49(1): 49-54.
- [38] Le Roux, G. et Renaud, P., 2007. *Radionucléides naturels en France.* IRSN. Rapport DEI/SESURE n°2007-21, 45.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017* - 123/244 -

[39] Reimann, C., Filzmoser, P. et Garrett, R.G., 2005. *Background and threshold: critical comparison of methods of determination*. Science of the Total Environment 346: 1-16.

[40] IRSN, 2010. *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2009*. 175.

[41] Roussel-Debet, S., Gontier, G., Siclet, F. et Fournier, M., 2006. *Distribution of Carbon 14 in the terrestrial environment close to French nuclear power plants*. Journal of Environmental Radioactivity 87(3): 246-259.

[42] Bailly du Bois, P., 2003. *TRANSMER : modèle de simulation des transferts de radionucléides en Manche et Mer du Nord. Choix des options, description, validation et fonctionnalités*. IRSN. Rapport DPPE/SERNAT/2003-04.

[43] Bailly du Bois, P. et Dumas, F., 2005. *TRANSMER, hydrodynamic model for medium- and long-term simulation of radionuclides transfers in the English Channel and southern North Sea*. Radioprotection 40: S575-S580.

[44] Masson, M., Siclet, F., Fournier, M., Maigret, A., Gontier, G. et Bailly du Bois, P., 2005. *Tritium along the French coast of the English Channel*. Radioprotection 40(Suppl. 1): S621-S627.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017*

- 124/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Paluel

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 125/244 -

7.4. SITE DE PENLY

7.4.1. Rappels et généralités sur le C.N.P.E.

Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité (C.N.P.E.) de Penly est situé sur le littoral de la Manche à 10 km de Dieppe et 14 km du Tréport (figure 7.4.1 page 139). Au regard de la circulation résiduelle générale des masses d'eau en Manche, dont la résultante est orientée vers l'est, le C.N.P.E. de Penly est situé "en aval" du C.N.P.E. de Flamanville (230 km à vol d'oiseau), de l'usine de traitement de combustibles usés ORANO La Hague (anciennement AREVA 230 km) et du C.N.P.E. de Paluel (43 km), et "en amont" du C.N.P.E. de Gravelines (130 km). Le C.N.P.E. de Penly est équipé de deux tranches de la filière des réacteurs à eau pressurisée (R.E.P.) de 1300 MWe, respectivement couplées au réseau en mai 1990 (INB n°136) et février 1992 (INB n°140).

Les conditions d'exécution et les limites des rejets d'effluents, dans la Manche et dans l'atmosphère, du C.N.P.E. de Penly sont régies par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Le tableau 2.2 du document principal présente une synthèse des activités rejetées annuellement par voie liquide (principale voie de rejets en termes d'activités) par l'installation depuis 1991. En 2017, l'exploitant n'a déclaré aucun incident (www.asn.fr) ayant pu avoir une conséquence mesurable sur les niveaux d'activité des échantillons analysés dans le cadre du suivi.

La dispersion des rejets d'effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions météorologiques et hydrodynamiques propres au site. Le régime éolien est généralement dominé par les vents de secteurs ouest à sud-ouest. La circulation générale des masses d'eaux le long du littoral cauchois assure, quant à elle, la dispersion des effluents liquides vers le nord-est en direction de la mer du Nord. En vives-eaux et en mortes-eaux, la tache thermique, qui peut être assimilée à la zone d'influence des rejets d'effluents liquides du site, est contenue dans un cercle de 5 km de rayon environ. L'échauffement à la station de rejet est évident en vives-eaux et en mortes-eaux (supérieur à +3°C ; [1, 2]).

La chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Penly et les références bibliographiques associées sont présentées sur la figure 7.4.2 page 140. Un état de référence (« point zéro » radioécologique) de l'environnement marin et terrestre du C.N.P.E. a été réalisé de juin 1985 à septembre 1986 [3 à 5]. Cette étude a fait l'objet d'un rapport de synthèse [6]. Une étude de réactualisation a été conduite de mai à août 1988 [7 à 9] afin de disposer d'un nouvel état de référence radioécologique suite à l'accident de Tchernobyl (avril 1986). En 1991, suite à la parution d'un article dans le journal « La truffe » faisant état de la présence de radionucléides dans les moules du pays de Caux, E.D.F. a demandé à l'IRSN de réaliser une campagne de prélèvements de ce mollusque sur les côtes de la Manche de Fécamp au Tréport, dans l'environnement du C.N.P.E., afin d'en mesurer la radioactivité par spectrométrie γ [10]. Un bilan bibliographique des connaissances radioécologiques sur l'environnement de Penly a été établi en 1992 [11]. Un suivi radioécologique annuel est réalisé depuis 1992 [12 à 20, 22 à 32, 34 à 38]. Un premier bilan radioécologique décennal a été réalisé en 2000 [21] et un second a été conduit en 2011 [33]. La campagne de prélèvements de l'année 2017 du suivi radioécologique du C.N.P.E. de Penly a fait l'objet de plusieurs missions qui se sont déroulées de février à août. Les prélèvements et analyses réglementaires annuelles sont exploités dans ce rapport.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 126/244 -

7.4.2. Radioécologie du milieu terrestre

7.4.2.1. Rappel des données antérieures

Les résultats acquis lors de l'établissement de l'état de référence radioécologique du site et dans le cadre des suivis radioécologiques annuels et des bilans décennaux menés jusqu'en 2016 sont rappelés ci-après. Ces résultats sont en partie illustrés sur la figure 7.4.3 page 141, ainsi que dans le tableau 7.4.1 au tableau 7.4.5 pages 149 à 153.

Lors de l'état de référence établi en 1985-1986, l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly portait la trace des retombées des essais nucléaires atmosphériques (menés jusqu'en octobre 1980). Les végétaux cultivés présentaient la plus grande diversité de radionucléides artificiels en raison de la présence de ^{137}Cs , mais aussi de ^{134}Cs et de ^{103}Ru .

En 1992, lors de l'établissement du premier suivi radioécologique annuel du site, seuls le ^{137}Cs , quantifié (activité supérieure au seuil de décision) dans tous les échantillons à l'exception du lait et de l'eau de boisson, et le ^{134}Cs , quantifié dans les indicateurs végétaux, contribuaient à la radioactivité d'origine artificielle mesurable dans le milieu terrestre. Les valeurs du rapport d'activité $^{137}\text{Cs}/^{134}\text{Cs}$ obtenues pour les indicateurs végétaux variaient de 10,3 à 21,5, témoignant de l'origine globale (retombées de l'accident de Tchernobyl et des essais nucléaires atmosphériques) de ces radionucléides. Entre 1993 et 2011, la principale évolution de la radioactivité artificielle des différents compartiments de l'écosystème terrestre résultait de la décroissance des niveaux d'activités des radiocésiums, avec en particulier la disparition du ^{134}Cs . Décelables au sein de quelques indicateurs végétaux en 1993 et 1994, des traces de ce radiocésium n'ont été, depuis, quantifiées qu'à deux occasions : dans les mousses en 2000 (0,09 Bq.kg⁻¹ sec) et dans les mousses et lichens en 2011 et 2012 suite aux retombées fugaces, en France métropolitaine, des masses d'air contaminées issues de la centrale de Fukushima Daiichi (0,6 à 1,3 Bq.kg⁻¹ sec). Par ailleurs, entre 1994 et 1996, des traces de ^{60}Co ont été quantifiées dans les lichens collectés à 1,25 km à l'est du C.N.P.E. (0,4 à 1,1 Bq.kg⁻¹ sec). L' ^{131}I , recherché dans des échantillons de mousses et de lichens depuis 1997, n'a été mesuré, depuis, qu'à une seule reprise, en 2011, suite aux retombées de l'accident de Fukushima Daiichi (4 à 16 Bq.kg⁻¹ sec). Les niveaux d'activité en tritium libre dans l'eau de boisson et le lait (mesurés depuis 2000) et dans les salades et l'herbe (depuis 2015), et en tritium organiquement lié dans le lait (mesuré depuis 2010) et les salades (depuis 2015) ne mettent pas en évidence de marquage anthropique, hormis pour l'herbe prélevée à proximité (<1 km) du C.N.P.E. de Penly en 2016, qui témoigne d'un apport local en tritium libre. L'activité en ^{14}C dans l'herbe échantillonnée sous les vents dominants de 2010 à 2014, et dans les salades échantillonnées en 2016, n'est pas différente du bruit de fond moyen sur le territoire français hors influence industrielle (proche de 230 Bq.kg⁻¹ C en 2016 d'après [39]), hormis pour l'herbe échantillonnée en 2015 et 2016 à proximité du C.N.P.E., qui témoigne d'un apport local en ^{14}C .

7.4.2.2. Suivi annuel 2017

7.4.2.2.1. Cartographie, calendrier et nature des prélèvements

La campagne de prélèvements 2017 s'est déroulée en plusieurs missions réalisées en février et août.

La localisation des stations de prélèvements ainsi que la nature des échantillons sont reportées sur la figure 7.4.1 page 139. Les dates de prélèvement, stations, natures et caractéristiques identifiant chaque échantillon ayant fait l'objet d'une analyse en 2017 sont répertoriées dans le tableau 7.4.6 page 154 et suivante. L'analyse granulométrique et la teneur en matière organique du sol de pâturage échantillonné sont présentées dans le tableau 7.4.7 page 156.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 127/244 -

Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les sols sont les substrats des cultures étudiées. On distingue les sols cultivés pour lesquels des labours sont réalisés, des sols non cultivés sur lesquels les cultures, pluriannuelles, ne demandent aucun remaniement (pâturages). Des sols non cultivés sont privilégiés dans l'objectif de mesurer l'accumulation des dépôts atmosphériques. Les échantillons sont, en dehors des indicateurs végétaux (mousse et lichen), des vecteurs directs ou indirects de radioactivité vers l'homme. Les végétaux cultivés (salade et herbe de pâturage) sont communs sur l'ensemble du territoire français. Leur cycle végétatif annuel et leur grande surface d'interception en font d'assez bons indicateurs de marquage. De l'eau de boisson et du lait de vache sont collectés à proximité du site.

La stratégie de prélèvement et d'analyse est commune à l'ensemble des sites. Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées. Dans la stratégie générale, une mousse terricole, une production agricole ainsi que le sol associé, un sol de prairie, de l'herbe, un lait et une eau de boisson sont prélevés sous les vents dominants. Hors vents, une mousse et une production agricole sont collectées.

Les stations de prélèvement des sols et végétaux terrestres sont définies en fonction du régime éolien local, généralement dominé par les vents de secteur ouest à sud-ouest. La zone terrestre potentiellement la plus influencée par les rejets d'effluents à l'atmosphère par le C.N.P.E. se trouve ainsi dans le secteur est à nord-est ou en champ proche (C.N.P.E. < 1 km, Bois de Penly et Guilmécourt). Les stations de référence, hors de la zone sous les vents du C.N.P.E., sont situées dans le secteur sud (Glicourt, Bois de Sauchay). Malgré une prospection approfondie, il n'a pas été possible cette année de récolter deux échantillons de même espèce pour les bryophytes.

L'eau prélevée à Guilmécourt provient d'un réseau d'eau potable distribuée par le Syndicat Mixte d'Eau et d'Assainissement Caux Nord Est, sur le site de production du réservoir du Bucq. Ce site alimente les communes de Bailly en Rivière (hameau de Brétigny), Bellengreville, Gouchaupré, Greny, Guilmécourt, Intraville et Tourville la Chapelle. La distribution d'eau potable à Guilmécourt exploite le captage des Annettes à Envermeu, situé à 13,5 m de profondeur. La nappe phréatique qui l'alimente, nommée Nappe de la Craie, est située au sud-sud-est du C.N.P.E., dans une zone hors de l'influence potentielle du C.N.P.E. Il n'a pas été possible de trouver une nappe, exploitée pour produire de l'eau potable ou d'irrigation qui soit sous l'influence de la nappe située sous le C.N.P.E.

La stratégie de prélèvement et d'analyse est commune à l'ensemble des sites. Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées. Les bryophytes étant de bons bioindicateurs, des mousses ont été récoltées sous les vents dominants (Bois de Penly) et hors vents (Bois de Sauchay). Un échantillon de lichen ramaline (*Rharmalina sp.*) a également été prélevé dans le bois de Penly. La capacité de ce lichen à concentrer les radionucléides à l'état de traces issus des embruns marins et des retombées atmosphériques, en fait un excellent bioindicateur. La matière fraîche des lichens et des mousses a été conditionnée en vue d'une recherche de ^{131}I par spectrométrie gamma. Les échantillons de sol de pâturage, d'herbe, de lait et de salade récoltés sous les vents dominants ou à Guilmécourt ont également été conditionnés en vue de mesures en spectrométrie gamma, de même que le sol de pâturage prélevé à proximité du C.N.P.E. de Penly et la salade échantillonnée hors vents à Glicourt. L'eau de boisson, le lait et la salade, collectés à Guilmécourt, sous les vents dominants, ainsi que l'herbe prélevée dans l'environnement proche du C.N.P.E., ont fait l'objet d'une mesure par scintillation liquide destinée à évaluer les activités en tritium libre, selon le protocole détaillé dans l'appendice méthodologique du document principal. Le lait et les feuilles de salades collectés à Guilmécourt, ainsi que l'herbe prélevée à proximité du C.N.P.E., ont également fait l'objet d'une recherche d'activité en tritium organiquement lié (TOL). De plus, une recherche du ^{14}C a été entreprise dans l'herbe de pâturage prélevée à proximité du C.N.P.E., dans le lait prélevé à Guilmécourt, et dans les salades prélevées à Guilmécourt et à Glicourt.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 128/244 -

Le sol maraîcher sous les vents dominants (Guilmécourt), ainsi que le sol de pâturage et les salades récoltés hors vents dominants (Glicourt) ont été traités, conditionnés puis archivés jusqu'à la fin de l'étude annuelle. Ces échantillons pourraient être mesurés dans le cas d'un marquage des autres échantillons. Les sols de prairie et les herbes prélevés hors (Glicourt) et sous vents (C.N.P.E. < 1 km) sont placés en échantillonnage pour une durée de 10 ans.

7.4.2.2.2. Résultats de spectrométrie γ

Les résultats d'analyse par spectrométrie γ des activités en radionucléides d'origine naturelle et d'origine artificielle dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly sont respectivement présentés au sein du tableau 7.4.8 et du tableau 7.4.9, pages 157 et 158.

- *Sol*

La radioactivité d'origine naturelle du sol de Guilmécourt est due essentiellement au ^{40}K ($394 \pm 34 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et, dans une moindre mesure, à l' ^{228}Ac ($31,9 \pm 3,9 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et au $^{234\text{m}}\text{Pa}$ ($34 \pm 14 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$).

La radioactivité d'origine artificielle quantifiée est exclusivement due au ^{137}Cs ($4,58 \pm 0,41 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$).

- *Végétaux*

La radioactivité d'origine naturelle est essentiellement due au ^{40}K , quantifié à raison de 90 ± 7 à $355 \pm 17 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ dans les indicateurs végétaux (mousses et lichens), de 1650 ± 160 et $2090 \pm 210 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ dans les salades et de $700 \pm 70 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ dans l'herbe de prairie. Par ailleurs, le ^7Be , radionucléide d'origine cosmogénique, est présent dans les mousses et lichens (113 ± 7 à $350 \pm 60 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et dans les végétaux cultivés (salades et herbe ; 50 ± 5 à $163 \pm 15 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$). Des traces d' ^{228}Ac sont quantifiées dans l'herbe de Guilmécourt ($1,35 \pm 0,25 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) ainsi que dans les mousses terrestres et les lichens ($0,8 \pm 1,1$ à $4,9 \pm 2,2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$). Des traces de ^{210}Pb , qui provient d'un apport atmosphérique via la décroissance du radon, sont également quantifiées au sein des végétaux cultivés ($4,6 \pm 0,9$ et $12,0 \pm 1,2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$).

La radioactivité d'origine artificielle au sein des mousses est uniquement attribuable au ^{137}Cs ($1,53 \pm 0,35$ et $1,56 \pm 0,19 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$). Le ^{137}Cs est quantifié dans les salades prélevées en zone potentiellement influencée à Guilmécourt ($0,19 \pm 0,07 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$). Il n'est pas quantifié dans les salades hors vents, dans l'herbe et dans les lichens. L' ^{131}I présente des niveaux d'activité inférieurs au seuil de décision dans les mousses et les lichens ($\leq 0,32 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$).

- *Lait*

Dans le lait de vache, la radioactivité d'origine naturelle est due au ^{40}K , quantifié à raison de $44,0 \pm 4,3 \text{ Bq.L}^{-1}$, et aucun radionucléide émetteur gamma d'origine artificielle n'y est quantifié.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 129/244 -

7.4.2.2.3. Résultats de mesure du tritium

L'activité en tritium libre (HTO) est de $2,40 \pm 0,50 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($3,2 \pm 0,7 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}^1$) dans l'herbe, de $1,10 \pm 0,60 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($1,2 \pm 0,6 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$) dans la salade, de $0,84 \pm 0,48 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ d'ECH}^2$ ($1,0 \pm 0,5 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$) dans le lait de vache, et de $0,90 \pm 0,50 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ d'ECH}$ ($0,9 \pm 0,5 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$) dans l'eau de boisson (tableau 7.4.10 page 159).

L'activité en tritium organiquement lié (TOL) quantifiée dans le lait de vache de Guilmécourt est de $0,13 \pm 0,06 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ d'ECH}$ ($1,3 \pm 0,6 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}^3$), de $0,04 \pm 0,02 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($1,3 \pm 0,6 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$) dans la salade prélevée à Guilmécourt, et de $0,28 \pm 0,09 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($2,3 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$) dans l'herbe prélevée à proximité du C.N.P.E. (tableau 7.4.11 page 159).

7.4.2.2.4. Résultats de mesure du ^{14}C

Les activités en ^{14}C dans les feuilles de salade de Guilmécourt et de Glicourt sont respectivement de $5,57 \pm 0,28 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($235 \pm 12 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; $105,0 \pm 5,0\%$ de pMC) et $6,60 \pm 0,32 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($228 \pm 11 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; $101,6 \pm 4,9\%$ de pMC). Dans le lait, l'activité en ^{14}C est de $16,2 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ d'ECH}$ ($238 \pm 12 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; $105,0 \pm 5,0\%$ de pMC). Dans l'herbe échantillonnée à proximité du C.N.P.E., cette activité est de $24,58 \pm 0,22 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($240,8 \pm 2,2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$; $107,4 \pm 1,0\%$ de pMC; tableau 7.4.12 page 160).

7.4.2.3. Bilan annuel et comparaison avec les résultats des études radioécologiques antérieures

En 2017, la radioactivité d'origine naturelle détectée dans les matrices terrestres environnant le C.N.P.E. de Penly est du même ordre de grandeur que celle mesurée lors de l'état de référence et depuis le début des suivis radioécologiques annuels. Elle présente une composante tellurique prépondérante dans les sols et les végétaux, représentée par le ^{40}K et, dans une moindre mesure, par les familles du ^{232}Th et de ^{238}U . Dans les sols, les activités massiques en ^{40}K , en fils du ^{232}Th et de ^{238}U sont conformes aux valeurs observées en France métropolitaine ([40 et 41] § 2.6.1 du document principal). La seconde composante, d'origine cosmogénique, est due au ^7Be , présent principalement dans les végétaux dont la surface foliaire est propice à la captation des retombées atmosphériques. Dans le lait de vache, le ^{40}K est toujours proche de 50 Bq.L^{-1} , quels que soient l'année ou le lieu du prélèvement.

En 2017, au prix d'un effort métrologique renouvelé chaque année, le ^{137}Cs est détecté de manière quasi systématique dans les échantillons analysés. Son activité a pu être quantifiée dans 4 des 8 échantillons prélevés en 2017, à des niveaux de l'ordre de grandeur de ceux attendus et observés par ailleurs dans l'ouest et le nord de la France du fait des retombées globales des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl ($0,001$ à 1 Bq.kg^{-1} frais [42]). L'activité maximale a été mesurée dans le sol de pâturage de Guilmécourt ($4,58 \pm 0,41 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$). Les valeurs obtenues en 2017 sont conformes aux niveaux observés au cours des dix dernières années. L'évolution temporelle des niveaux d'activité du ^{137}Cs dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. témoigne de la décroissance radioactive de cet élément depuis l'état de référence mené en 1981, ainsi que de son recyclage dans le cas des sols. Les traces de ^{131}I quantifiées dans les mousses et le lichen en 2011 ne sont plus décelables

¹ : $\text{Bq.L}^{-1} \text{ ED}$: Bq.L^{-1} d'eau de dessiccation

² : $\text{Bq.L}^{-1} \text{ d'ECH}$: Bq.L^{-1} d'échantillon

³ : $\text{Bq.L}^{-1} \text{ ED}$: Bq.L^{-1} d'eau de combustion

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 130/244 -

dans l'environnement terrestre proche du C.N.P.E. de Penly en 2017. Les traces de ^{134}Cs quantifiées en 2011 et en 2012 ne sont plus décelables depuis 2013.

Les niveaux d'activités en tritium libre dans l'eau de boisson, le lait et les salades, et en tritium organiquement lié dans le lait, l'herbe et les salades sont proches du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local ($1,4 \pm 1,2 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'après [43, 44, 45]).

L'activité en ^{14}C dans les salades échantillonnées sous les vents à Guilmécourt et hors influence à Glicourt, ainsi que dans le lait prélevé à Guilmécourt, est proche du bruit de fond sur le territoire français hors influence industrielle locale (proche de $230 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ en 2017 d'après [39 et 45]). Au sein de l'herbe prélevée en champ proche du C.N.P.E. (< 1 km), l'activité en ^{14}C est en revanche supérieure à ce bruit de fond. Par ailleurs, l'analyse statistique des données acquises en milieu terrestre autour des 19 C.N.P.E. [46] a permis de démontrer que les rejets atmosphériques des C.N.P.E. français contribuaient à une augmentation moyenne d'environ $+3 \text{ Bq.kg}^{-1}$ de C de l'activité en ^{14}C des échantillons biologiques terrestres. Ainsi, en se basant sur les résultats des années précédentes et de cette année, un apport local est mis en évidence dans l'environnement du site de Penly pour l'herbe.

7.4.3. Radioécologie du milieu aquatique

7.4.3.1. Rappel des données antérieures

Les résultats acquis lors de l'établissement de l'état de référence radioécologique du site et dans le cadre des suivis radioécologiques annuels et des bilans décennaux menés jusqu'en 2016 sont rappelés ci-après. Ces résultats sont en partie illustrés sur la figure 7.4.4 et la figure 7.4.5, pages 143 et 145, et du tableau 7.4.13 au tableau 7.4.15, pages 161 à 164.

Lors de l'état de référence établi en 1985-1986, les diverses matrices sédimentaires et biologiques échantillonnées dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly étaient marquées par un cortège diversifié de radionucléides artificiels : ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{103}Ru , $^{106}\text{Ru/Rh}$, ^{125}Sb , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ et ^{241}Am . Compte tenu de la circulation hydrodynamique en Manche et sur la côte d'Albâtre, ce marquage peut être relié au marquage par les rejets d'effluents liquides de l'usine de retraitement du combustible usé ORANO La Hague, dispersés depuis le Cotentin vers la mer du Nord. Par ailleurs, les eaux côtières environnant le C.N.P.E. de Penly sont également potentiellement influencées par les rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Paluel, situé à 40 km en « amont », dont les quatre réacteurs ont été couplés au réseau entre juin 1984 et avril 1986, antérieurement à l'état de référence réalisé sur le site de Penly.

En 1992, à l'occasion du premier suivi radioécologique annuel, le cortège de radionucléides d'origine artificielle détectés était qualitativement et quantitativement moins important que lors de l'état de référence. Le marquage de l'environnement marin par les radionucléides témoignant des rejets de l'usine ORANO La Hague ($^{106}\text{Ru/Rh}$ et ^{241}Am) n'était détectable que dans les sédiments. Aucun échantillon ne présentait de traces quantifiables de ^{134}Cs . Seuls le ^{137}Cs et/ou le ^{60}Co et l' $^{110\text{m}}\text{Ag}$ étaient quantifiés dans les divers compartiments de l'écosystème marin côtier. L'origine du ^{137}Cs et du ^{60}Co était potentiellement imputable aux rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Penly (mais également à ceux du C.N.P.E. de Paluel situé en « amont » par rapport à la circulation résiduelle des eaux en Manche), et à ceux de l'usine ORANO la Hague. Les retombées globales des essais nucléaires atmosphériques et celles de Tchernobyl ne sont pas non plus à exclure totalement dans le cas du ^{137}Cs . L' $^{110\text{m}}\text{Ag}$ est quant à lui davantage caractéristique des rejets d'effluents liquides des C.N.P.E.

Depuis, la tendance à la baisse de la diversité et des niveaux d'activité des radionucléides artificiels détectés au sein des matrices environnementales marines illustre la diminution significative, au cours des années 1990, des rejets de radionucléides émetteurs gamma au sein des effluents liquides

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 131/244 -

des principales installations nucléaires influençant potentiellement l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly. Seul le ^{137}Cs est quasi systématiquement quantifié dans les diverses matrices marines échantillonnées. Le ^{60}Co est également régulièrement quantifié dans les sédiments, les algues, les mollusques et les arthropodes. Au cours de la dernière décennie, aucune trace de radioactivité artificielle autre que le ^{137}Cs et le ^{60}Co n'a été quantifiée dans les sédiments marins. Des traces de $^{106}\text{Ru/Rh}$ (en 2001) et de ^{241}Am (en 2005) ont été ponctuellement mesurées au sein des algues du genre *Fucus*. De même, des traces ponctuelles de ^{60}Co (en 2001) et de ^{241}Am (en 2004) ont été quantifiées dans les poissons. Enfin, des traces de ^{110m}Ag , de ^{241}Am et de $^{106}\text{Ru/Rh}$ ont régulièrement été quantifiées dans les mollusques et arthropodes. Dans les bulots, l' ^{108m}Ag a été pour la première fois quantifié en 2011, et depuis il est régulièrement mesuré dans cette matrice. L' ^{131}I n'a quant à lui été quantifié qu'à deux reprises en 2006 et 2011 au sein d'un échantillon d'algue, ces marquages occasionnels étant vraisemblablement d'origine médicale. Les niveaux d'activité du tritium libre mesurés dans les algues de 2000 à 2007, et en 2011 pour le bilan décennal du site, dans les poissons de 2008 à 2010, dans les patelles depuis 2010, et dans les algues, arthropodes et poissons depuis 2015, sont dans la gamme des valeurs mesurées sur l'ensemble de la Manche orientale, et sont cohérents avec les niveaux d'activité dans l'eau de mer attribuables majoritairement aux rejets d'effluents liquides de l'usine ORANO La Hague (de l'ordre de 5 Bq.L^{-1} , et comprises entre 3,7 et $5,9 \text{ Bq.L}^{-1}$ à distance de l'usine ORANO [47 et 48]). Au regard des gammes de variation des activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans l'environnement marin hors et sous influence des rejets d'effluents d'installations nucléaires [43], les activités en TOL recherchées au sein des patelles depuis 2010, des poissons depuis 2015, et des algues et arthropodes en 2016, témoignent d'un marquage relativement faible de ces matrices par ce radionucléide. Les activités en ^{14}C recherchées au sein des patelles échantillonnées en champ proche⁴ et en champ lointain⁵ des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Penly depuis 2010, et des poissons depuis 2015, sont supérieures au bruit de fond en ^{14}C d'origine naturelle et anthropique dans les matrices biologiques collectées en entrée de Manche ($240 \pm 2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ d'après [43 et 45]).

7.4.3.2. Suivi annuel 2017

7.4.3.2.1. Cartographie, calendrier et nature des prélèvements

La campagne de prélèvements 2017 s'est déroulée de février à juin.

La localisation des stations de prélèvements et la nature des échantillons prélevés sont indiquées sur la figure 7.4.1 page 139. Les dates de prélèvement, stations, natures et caractéristiques identifiant chaque échantillon ayant fait l'objet d'une analyse en 2017 sont répertoriées dans le tableau 7.4.16 page 166. La granulométrie et la teneur en matière organique des sédiments échantillonnés sont reportées dans le tableau 7.4.17 page 169.

Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les matrices biologiques échantillonnées sont les plus abondantes localement et/ou caractéristiques de l'économie locale. Elles correspondent également, pour la plupart, aux espèces prélevées lors de l'état de référence. Au niveau des stations côtières, accessibles à marée

⁴ Le terme « **champ proche** » désigne des stations situées à proximité du ou des points de rejets d'effluents liquides du C.N.P.E., et/ou dans la zone d'excursion du panache des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E., et qui sont donc potentiellement influencées quotidiennement par ces rejets. A Penly, le champ proche désigne les stations situées à quelques kilomètres au sud-ouest et au nord-est du C.N.P.E., soit de Bemeval au Tréport.

⁵ Le terme « **champ lointain** » désigne des stations situées suffisamment à distance du ou des points de rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. pour être considérées comme n'étant que peu influencées par ces rejets. Cette distance s'apprécie en fonction des conditions hydrodynamiques locales moyennes. A Penly, le champ lointain désigne les stations situées au-delà d'une quinzaine de kilomètres en « amont » du C.N.P.E. au regard de la circulation résiduelle générale des masses d'eau en Manche [49 et 50], soit à l'ouest de Dieppe (Vasterival).

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 132/244 -

basse, les prélèvements de sédiments, d'algues et de patelles ont été effectués à la main. Dans la mesure du possible, des sédiments de granulométrie fine, qui permettent une meilleure fixation des radionucléides, ont été échantillonnés. Toutefois, le fort régime hydrodynamique le long de la côte d'Albâtre ne permet pas la sédimentation des particules les plus fines (limons et argiles) autour du C.N.P.E. de Penly, à l'exception du port du Tréport, en champ proche, au niveau duquel un sédiment fin a été échantillonné. Des sédiments sableux ont été prélevés en champ proche (Digue Nord du C.N.P.E.) et en champ lointain (Vasterival). Des algues brunes du genre *Fucus* ont été prélevées sur les enrochements naturels et artificiels en champ proche (Digue Nord du C.N.P.E. et le Tréport) et lointain (Vasterival). Des mollusques (patelles) ont été récoltés en champ proche (Digue Nord du C.N.P.E.) et lointain (Vasterival).

Les prélèvements de poissons et arthropodes ont été confiés à un pêcheur professionnel. Les pêches ont été effectuées dans la zone d'excursion du panache des rejets d'effluents liquides, près des émissaires de rejets (station dénommée C.N.P.E. au large) ainsi qu'hors de la zone d'excursion du panache des rejets du C.N.P.E. de Penly, en champ lointain (au large de Vasterival). Une espèce de poisson plat (la sole) a été pêchée au large du C.N.P.E. et de Vasterival. Les analyses ont porté sur les filets (muscles) afin d'étudier la fraction susceptible d'être consommée par l'homme et de s'affranchir du tractus gastro-intestinal. Des arthropodes (araignées de mer), espèces localement abondantes et caractéristiques de la pêche locale, ont été récoltés à l'aide de casiers placés au plus près des émissaires de rejets du C.N.P.E. et au large de Vasterival. Les analyses sur les arthropodes ont, quant à elles, été réalisées sur l'animal entier pour ce qui est de la spectrométrie gamma, et sur la chair du corps et des pinces qui a été décortiquée pour la recherche du tritium lié.

L'ensemble des échantillons a été traité et conditionné en vue de leur analyse par spectrométrie gamma. La recherche de ^{131}I a été entreprise sur les échantillons d'algues, à l'état frais, par spectrométrie gamma. La recherche du tritium libre et/ou organiquement lié a été entreprise sur les mollusques, les arthropodes et les poissons. Des mesures de ^{14}C ont été entreprises sur les mollusques et les poissons, selon le protocole détaillé dans l'appendice méthodologique du document principal.

Le sédiment, les algues et les mollusques échantillonnés en champ proche (Digue Nord du C.N.P.E.) et ceux échantillonnés en champ lointain (Vasterival) ont été traités, conditionnés puis placés en échantillonnage pour une durée de 10 ans.

7.4.3.2.2. Résultats de spectrométrie γ

Les résultats d'analyse par spectrométrie γ des activités en radionucléides naturels et artificiels dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly sont respectivement présentés dans le tableau 7.4.18 et le tableau 7.4.19 pages 170 et 171.

• Sédiments

Au sein des 3 échantillons prélevés, la radioactivité d'origine naturelle est essentiellement due au ^{40}K (73 ± 7 à $205 \pm 18 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$). L' ^{228}Ac , descendant de la famille du ^{232}Th , est également systématiquement quantifié ($1,73 \pm 0,28$ à $12,00 \pm 1,50 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$). Le $^{234\text{m}}\text{Pa}$ n'est quantifié que dans les sédiments fins du Tréport (texture : silt sablo-argileux ; $47 \pm 12 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$). Le ^7Be est quantifié dans les sédiments fins prélevés au Tréport et dans une moindre mesure, dans les sédiments plus grossiers de la digue Nord du C.N.P.E. de Penly (texture : sable) ($26,9 \pm 2,6$ et $1,4 \pm 0,5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$, respectivement).

La radioactivité artificielle est quant à elle imputable au ^{137}Cs , systématiquement quantifié dans les échantillons de sédiment prélevés (192 ± 40 à $2440 \pm 240 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ sec}$) et au ^{60}Co , quantifié dans les sédiments fins du Tréport ($580 \pm 120 \text{ mBq.kg}^{-1} \text{ sec}$).

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 133/244 -

- *Algues*

La radioactivité d'origine naturelle quantifiée au sein des algues est dominée par le ^{40}K (960 ± 90 à $1\,220 \pm 120$ Bq.kg $^{-1}$ sec). Le ^{228}Ac , le ^{234}Th , le ^{210}Pb et le ^7Be sont également quantifiés dans tous les échantillons de *Fucus* prélevés, à des niveaux d'activité compris respectivement entre $3,8 \pm 0,6$ à $4,0 \pm 0,6$ Bq.kg $^{-1}$ sec (^{228}Ac), $1,8 \pm 0,4$ à $7,7 \pm 1,0$ Bq.kg $^{-1}$ sec (^{234}Th), $1,90 \pm 0,70$ à $2,02 \pm 0,44$ Bq.kg $^{-1}$ sec (^{210}Pb), et $10,4 \pm 1,2$ à $15,3 \pm 2,1$ Bq.kg $^{-1}$ sec (^7Be).

La radioactivité d'origine artificielle quantifiée dans les échantillons de *Fucus* est due majoritairement au ^{137}Cs (135 ± 36 à 186 ± 34 mBq.kg $^{-1}$ sec). Le ^{60}Co n'est détecté qu'au niveau du Tréport (182 ± 50 mBq.kg $^{-1}$ sec). Les niveaux d'activité en ^{131}I sont inférieurs au seuil de décision (≤ 600 mBq.kg $^{-1}$ sec).

- *Mollusques et arthropodes*

Le ^{40}K domine la radioactivité naturelle quantifiée dans les mollusques et les arthropodes (57 ± 6 à 65 ± 7 Bq.kg $^{-1}$ frais). Des traces de ^{228}Ac ($0,20 \pm 0,04$ à $1,03 \pm 0,19$ Bq.kg $^{-1}$ frais), de ^7Be ($3,1 \pm 0,3$ et $6,2 \pm 0,7$ Bq.kg $^{-1}$ frais, quantifié uniquement dans les patelles), et des descendants de la famille de ^{238}U ($0,63 \pm 0,31$ à $1,76 \pm 0,20$ Bq.kg $^{-1}$ frais) sont également quantifiés au sein de ces matrices biologiques.

La radioactivité d'origine artificielle quantifiée dans les mollusques et arthropodes est majoritairement liée au ^{137}Cs (32 ± 5 à 48 ± 20 mBq.kg $^{-1}$ frais, quantifié dans 3 des 4 échantillons). Des traces de ^{241}Am sont également quantifiées dans les patelles de la digue Nord ($15,6 \pm 4,5$ mBq.kg $^{-1}$ frais), ainsi que des traces de ^{60}Co (13 ± 6 mBq.kg $^{-1}$ frais).

- *Poissons*

Au sein des poissons, la radioactivité d'origine naturelle quantifiée est uniquement due au ^{40}K (102 ± 12 et 105 ± 10 Bq.kg $^{-1}$ frais).

La radioactivité d'origine artificielle quantifiée est quant à elle exclusivement imputable au ^{137}Cs (35 ± 6 et 36 ± 8 mBq.kg $^{-1}$ frais).

7.4.3.2.3. Résultats de mesure du tritium

Les activités en tritium libre sont quantifiées dans les patelles, en champ lointain et proche respectivement, à raison de $6,1 \pm 0,6$ Bq.kg $^{-1}$ frais ($7,6 \pm 0,8$ Bq.L $^{-1}$ ED) et $7,6 \pm 0,7$ Bq.kg $^{-1}$ frais ($9,6 \pm 0,8$ Bq.L $^{-1}$ ED) (tableau 7.4.20 page 172).

Les activités en tritium organiquement lié (TOL) en champ lointain et proche respectivement, quantifiées dans les mollusques sont de $0,51 \pm 0,09$ Bq.kg $^{-1}$ frais ($4,4 \pm 0,8$ Bq.L $^{-1}$ EC) et $0,71 \pm 0,09$ Bq.kg $^{-1}$ frais ($6,8 \pm 0,8$ Bq.L $^{-1}$ EC). Dans les arthropodes, elles sont de $0,97 \pm 0,15$ Bq.kg $^{-1}$ frais ($4,8 \pm 0,7$ Bq.L $^{-1}$ EC) et $1,10 \pm 0,16$ Bq.kg $^{-1}$ frais ($4,9 \pm 0,7$ Bq.L $^{-1}$ EC). Dans les poissons, elles sont de $0,63 \pm 0,10$ Bq.kg $^{-1}$ frais ($4,8 \pm 0,7$ Bq.L $^{-1}$ EC) et $0,66 \pm 0,11$ Bq.kg $^{-1}$ frais ($4,9 \pm 0,8$ Bq.L $^{-1}$ EC) (tableau 7.4.21 page 172).

7.4.3.2.4. Résultats de mesure du ^{14}C

L'activité en ^{14}C dans les patelles échantillonnées en champ lointain des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Penly (Vasterival) est de $21,8 \pm 1,4$ Bq.kg $^{-1}$ frais (265 ± 17 Bq.kg $^{-1}$ C ; pMC de $115 \pm 7\%$; tableau 7.4.22 page 173). En champ proche des rejets d'effluents liquides du site (digue

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 134/244 -

Nord), cette activité est de $21,3 \pm 1,3$ Bq.kg⁻¹ frais (291 ± 18 Bq.kg⁻¹ C ; pMC de $127 \pm 8\%$). Dans les poissons, l'activité en ¹⁴C est de $46,3 \pm 2,3$ Bq.kg⁻¹ frais (489 ± 24 Bq.kg⁻¹ C ; pMC de $213 \pm 10\%$) en champ lointain des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Penly (Vasterival). En champ proche des rejets d'effluents liquides du site (C.N.P.E. au large), cette activité est de $41,9 \pm 2,0$ Bq.kg⁻¹ frais (440 ± 21 Bq.kg⁻¹ C ; pMC de $191 \pm 9\%$).

7.4.3.3. Bilan annuel et comparaison avec les résultats des études radioécologiques antérieures

En 2017, la radioactivité d'origine naturelle détectée dans les matrices marines environnant le C.N.P.E. de Penly est qualitativement et quantitativement du même ordre de grandeur que celle mesurée lors des études antérieures. Le ⁴⁰K est le radionucléide prépondérant en termes d'activité. Les activités en ⁴⁰K dans les poissons sont conformes aux valeurs attendues pour ces animaux, dont la teneur en potassium est physiologiquement régulée (activité massique toujours proche de 100 Bq.kg⁻¹ frais). Le ⁷Be est quantifié dans les matrices régulièrement émergées lors du cycle de marée, les sédiments (à l'exception des sédiments grossiers de Vasterival), les algues et les patelles.

Le ¹³⁷Cs est le radionucléide d'origine artificielle mesuré par spectrométrie gamma le plus fréquemment quantifié (11 fois sur 12 prélèvements). Les niveaux d'activité du ⁶⁰Co sont faibles et du même ordre de grandeur que ceux mesurés au cours de la dernière décennie (détecté 3 fois sur 12 prélèvements). Le ^{108m}Ag, le ^{110m}Ag, le ⁵⁴Mn, le ¹⁰⁶Ru/Rh et le ⁵⁸Co ne sont quant à eux pas quantifiés en 2017. Des traces d'²⁴¹Am (quantifié 1 fois sur 12 prélèvements), possiblement imputables aux rejets d'effluents liquides de l'usine de retraitement du combustible ORANO La Hague, sont mesurées significativement dans les patelles de la digue Nord du C.N.P.E., lesquelles constituent d'excellents bioindicateurs des faibles niveaux d'activités des radionucléides artificiels présents dans l'environnement marin. Le ^{108m}Ag, non identifié dans les rejets autorisés du C.N.P.E. de Penly ni dans ceux de l'usine ORANO La Hague, et dont l'origine reste à préciser, quantifié dans les bulots de 2011 à 2015, ne l'est pas dans les matrices échantillonnées en 2017. Les traces d'¹³¹I quantifiées dans les *Fucus* en 2011 ne sont plus quantifiées depuis 2012.

Les activités en tritium libre et lié dans les patelles sont légèrement supérieures aux valeurs attendues localement du fait des niveaux d'activités mesurables dans la Manche (de l'ordre de 5 Bq.L⁻¹, et comprises entre 3,7 et 5,9 Bq.L⁻¹ à distance de l'usine ORANO [47 et 48]) et majoritairement imputables à la dispersion des rejets d'effluents liquides de l'usine de retraitement du combustible ORANO La Hague, avec des niveaux d'activité légèrement plus importants en champ proche qu'en champ lointain. Au regard des gammes de variation des activités en tritium organiquement lié mesurées dans l'environnement marin hors et sous influence des rejets d'effluents d'installations nucléaires [51], les activités en TOL quantifiées dans les arthropodes et les poissons échantillonnés sont quant à elles cohérentes avec les valeurs attendues localement du fait des niveaux d'activités mesurables dans la Manche (de l'ordre de 5 Bq.L⁻¹ EC [45 et 52]) ; sans différences notables entre le champ proche et le champ lointain des rejets d'effluents du C.N.P.E. de Penly.

Les activités en ¹⁴C quantifiées sont supérieures au bruit de fond en ¹⁴C d'origine naturelle et anthropique dans les matrices biologiques collectées en entrée de Manche (240 ± 2 Bq.kg⁻¹ C d'après [43 et 45]), mais cohérentes avec les valeurs moyennes enregistrées par le passé, du fait du marquage global par la présence des INB de la Manche. Ce marquage en ¹⁴C tend à être plus prononcé au voisinage du point des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Penly pour les patelles.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 135/244 -

7.4.4. État radioécologique de l'environnement du C.N.P.E. et son évolution depuis la mise en service industrielle

Les niveaux d'activités des radionucléides naturels détectés en 2017 dans l'environnement du C.N.P.E. de Penly sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés depuis l'instauration des suivis radioécologiques. Le ^{40}K est le radionucléide d'origine naturelle prépondérant dans tous les échantillons.

Dans l'environnement terrestre, le ^{137}Cs est le radionucléide artificiel émetteur gamma le plus fréquemment quantifié au sein des matrices environnementales terrestres échantillonnées en 2017. Sa présence résulte essentiellement des retombées des essais atmosphériques anciens, auxquelles se sont ajoutées les retombées de l'accident de Tchernobyl en 1986, et pour les lichens et mousses, possiblement celles issues de la centrale de Fukushima Daiichi (Japon) au cours de la seconde quinzaine du mois de mars 2011. Les traces de ^{131}I quantifiées dans les mousses et le lichen en 2011, et imputables aux retombées issues de la centrale de Fukushima Daiichi, ne sont, depuis, plus mesurables dans l'environnement terrestre proche du C.N.P.E. de Penly. Les traces de ^{134}Cs quantifiées en 2011 et en 2012 dans ces matrices ne sont plus décelables depuis 2013.

De plus, les activités en tritium libre dans l'eau et le lait mesurées depuis 2000, dans l'herbe et les salades depuis 2015 et en tritium lié dans le lait depuis 2012 et les salades depuis 2015, ne mettent pas en évidence de marquage lié aux rejets d'effluent atmosphériques du C.N.P.E. et sont dans la gamme des activités attendues hors influence d'un apport industriel local ($1,4 \pm 1,2 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'après [43, 44, 45]). L'activité en ^{14}C dans l'herbe échantillonnée à moins d'un kilomètre du C.N.P.E. de Penly est significativement supérieure au bruit de fond moyen sur le territoire français hors influence industrielle (i.e., proche de $230 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ en 2017 d'après [39 et 45]). Au vu des résultats obtenus dans le cadre du suivi radioécologique 2017, il apparaît que les rejets d'effluents à l'atmosphère par le C.N.P.E. de Penly ne donnent pas lieu à un marquage mesurable de l'environnement terrestre du site, hormis pour le tritium libre et le ^{14}C dans l'herbe, pour lesquels un apport local est probable dans l'environnement proche du site de Penly.

En 2017, les diverses matrices sédimentaires et biologiques collectées dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly sont le plus fréquemment marquées par le ^{137}Cs , lequel peut être issu de la rémanence des retombées atmosphériques globales (essais nucléaires atmosphériques et accident de Tchernobyl) et des rejets d'effluents liquides de l'usine ORANO La Hague et des C.N.P.E. de Paluel et Penly. Le ^{60}Co est également quantifié à des fréquences moindres que le radiocésium (3 échantillons sur 12). Ce radionucléide est rejeté par les C.N.P.E. mais aussi et surtout par l'usine ORANO La Hague. Des traces de ^{241}Am sont également quantifiées. Ce radionucléide est rejeté par l'usine ORANO La Hague. L' ^{131}I recherché dans les *Fucus* n'y est pas quantifié. Les niveaux d'activité en radionucléides artificiels émetteurs gamma détectés dans l'environnement marin proche du C.N.P.E. de Penly, notamment dans les produits de consommation (arthropodes et poissons), sont faibles. L'activité en tritium libre et organiquement lié dans les différentes matrices est cohérente au regard des niveaux d'activités mesurables dans l'eau de la Manche et de la Mer du Nord ($\sim 5 \text{ Bq.L}^{-1}$ [43]) et majoritairement imputables à la dispersion des rejets d'effluents liquides de l'usine de traitement du combustible usé ORANO La Hague (12 300 TBq rejetés par ORANO La Hague en 2016, à comparer aux 66 TBq/an rejetés en moyenne par le C.N.P.E. de Penly [53]), hormis pour les patelles pour lesquelles les niveaux d'activité témoignent d'un léger apport local, qui tend à être plus prononcé au voisinage du point de rejet d'effluents liquides du C.N.P.E. de Penly. Les activités en ^{14}C au sein des mollusques et poissons échantillonnés témoignent d'un marquage de ces matrices. Ce marquage tend à être plus prononcé au voisinage du point de rejet d'effluents liquides du C.N.P.E. de Penly pour les mollusques (patelles).

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 136/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 137/244 -

FIGURES

- Figure 7.4.1** - Localisation générale du C.N.P.E. de Penly et des stations terrestres et marines échantillonnées dans le cadre du suivi radioécologique 2017..... 139
- Figure 7.4.2** - Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Penly..... 140
- Figure 7.4.3** - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des **sols** (cultivés et non cultivés), **végétaux cultivés** (herbe et légumes) et **indicateurs végétaux** (mousses et lichens) échantillonnés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly. *: *activités inférieures au seuil de décision* 141
- Figure 7.4.4** - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des **sédiments** et des **algues** échantillonnés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly..... 143
- Figure 7.4.5** - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des **mollusques et arthropodes** et des **poissons** échantillonnés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly. 145

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 138/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly



**** en bleu clair : station en champ lointain ; en bleu foncé : station en champ proche.**

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 140/244 -

**Événements pouvant influencer le niveau de
radioactivité dans l'environnement du C.N.P.E.**

Début des essais nucléaires atmosphériques : 1961
Mise en service de l'usine de traitement UP2 de la Hague :
1967
Mise en service du site de stockage de la Manche : 1969
6 essais nucléaires aériens chinois : janv.1976 - déc. 1978
Dernier essai nucléaire aérien chinois : 16 oct.1980
Incendie de silo à l'usine de la Hague : 6 janvier 1981

Accident de Tchernobyl : 26 avril 1986

Mise en service de l'usine de traitement UP3 de la Hague :
1990

Couplage tranche 1 : Mai 1990

Couplage tranche 2 : Février 1992

Mise en service de l'usine de traitement UP2-800 de la
Hague : 1994
Arrêt de l'exploitation du site de stockage de la Manche :
1994

Accident de Fukushima : 11 mars 2011

**Études radioécologiques conduites dans
l'environnement du C.N.P.E. de Penly**

1985-1986 **État de référence** [3 - 6]

1988 **Réactualisation** [7 - 9]

1991 **Étude de la radioactivité des moules** [10]

1992 **Bilan bibliographique** [11] + **Suivi annuel** [12]

1993-1999 **Suivi annuel** [13 - 19]

2000 **Suivi annuel** [20] + **Bilan décennal** [21]

2001-2010 **Suivi annuel** [22 - 31]

2011 **Suivi annuel** [32] + **Bilan décennal** [33]

2012 à 2016 **Suivi annuel** [34 - 38]

Figure 7.4.2 - Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E.
de Penly.

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly

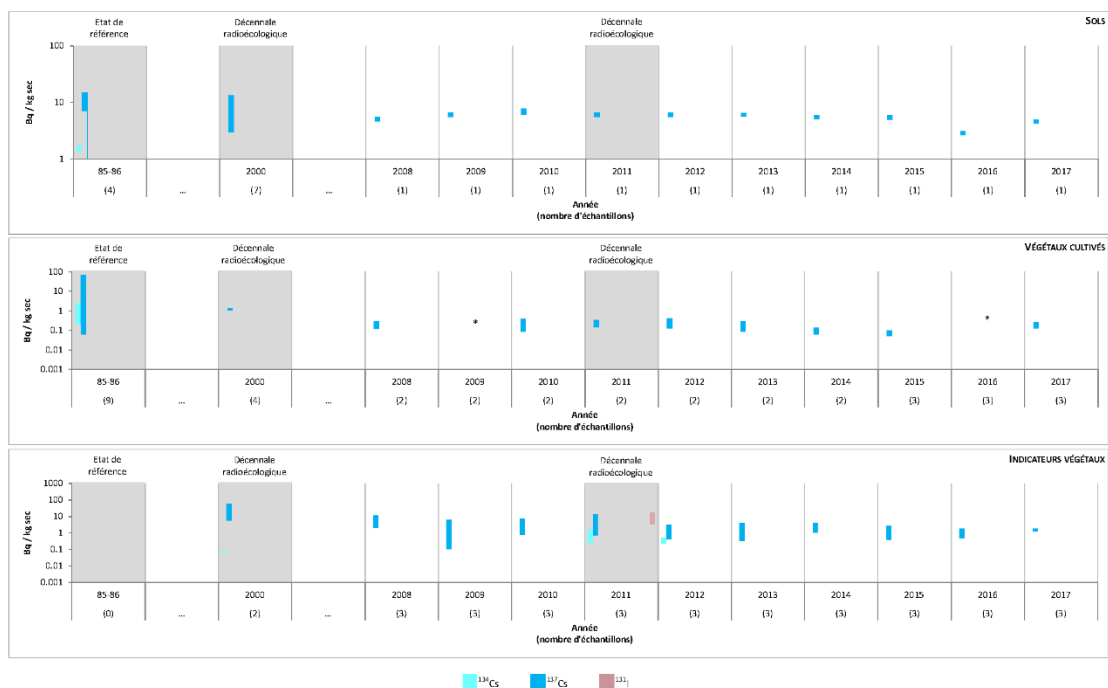


Figure 7.4.3 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des sols (cultivés et non cultivés), végétaux cultivés (herbe et légumes) et indicateurs végétaux (mousses et lichens) échantillonnés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly. * : activités inférieures au seuil de décision

Suivi radiocécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 141/244 -

Suivi radiocécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

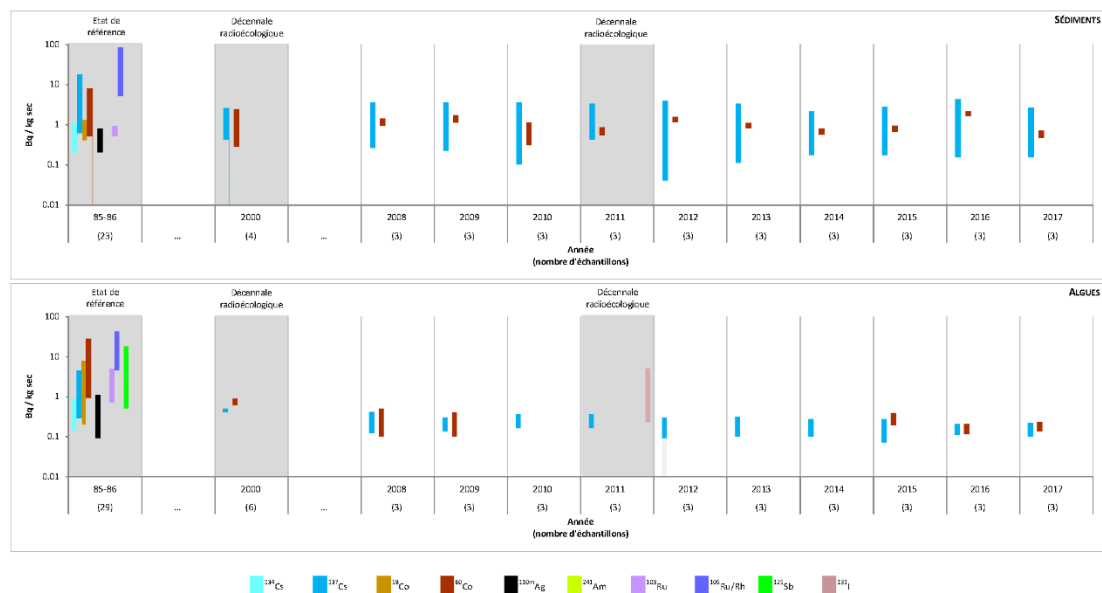
- 142/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly

Suivi radiocologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 143/244 -

Suivi radiocologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 144/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly

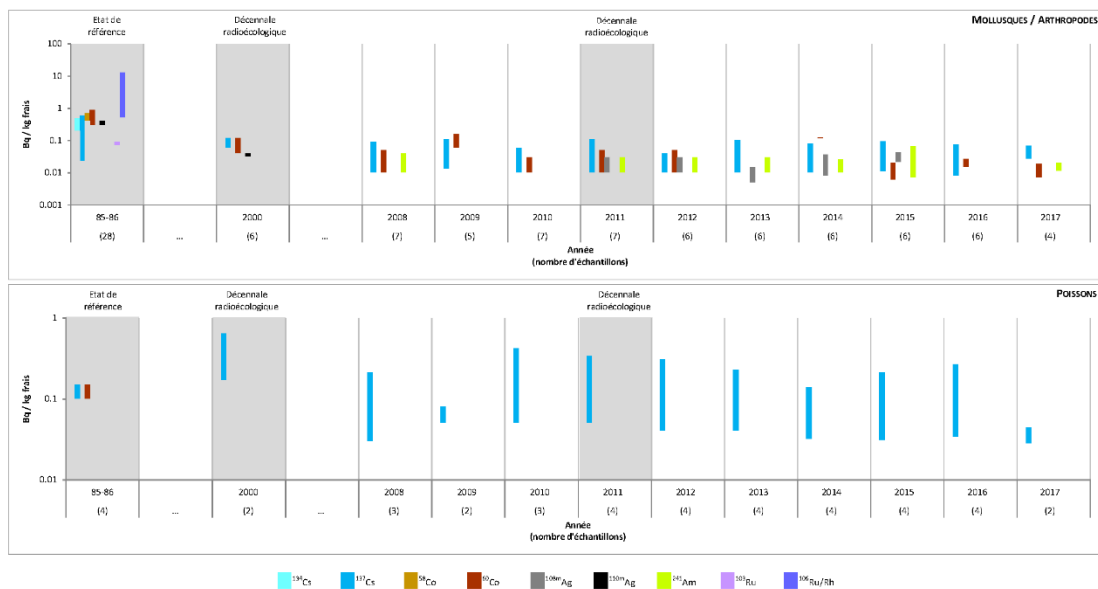


Figure 7.4.5 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des mollusques et arthropodes et des poissons échantillonnés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly.

Suivi radiocécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 145/244 -

Suivi radiocécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 146/244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017*

- 147/244 -

TABLEAUX

Tableau 7.4.1 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	149
Tableau 7.4.2 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de lichens et de mousses collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	150
Tableau 7.4.3 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de végétaux cultivés (herbe et légumes) collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	151
Tableau 7.4.4 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	152
Tableau 7.4.5 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons d'eau collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	153
Tableau 7.4.6 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017.	154
Tableau 7.4.7 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l'échantillon de sol collecté dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017.	156
Tableau 7.4.8 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).	157
Tableau 7.4.9 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).	158
Tableau 7.4.10 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017.	159
Tableau 7.4.11 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017.	159
Tableau 7.4.12 - Activités en ^{14}C mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017.	160
Tableau 7.4.13 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de sédiments collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	161
Tableau 7.4.14 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons d'algues collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	162

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017*

- 148/244 -

Tableau 7.4.15 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de poissons (muscle), mollusques et arthropodes collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	164
Tableau 7.4.16 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin lors du suivi radioécologique 2017 du C.N.P.E. de Penly.	166
Tableau 7.4.17 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiment collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017.	169
Tableau 7.4.18 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Penly lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sédiments et les algues, $Bq.kg^{-1} frais$ pour les mollusques, les arthropodes et les poissons).	170
Tableau 7.4.19 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Penly lors du suivi radioécologique 2017 ($mBq.kg^{-1} sec$ pour les sédiments et les algues, $mBq.kg^{-1} frais$ pour les mollusques, les arthropodes et les poissons).	171
Tableau 7.4.20 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Penly lors du suivi radioécologique 2017.	172
Tableau 7.4.21 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Penly lors du suivi radioécologique 2017.	172
Tableau 7.4.22 - Activités en ^{14}C mesurées au sein des échantillons de mollusques collectés dans l'environnement marin du site de Penly lors du suivi radioécologique 2017.	173

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly

Tableau 7.4.1 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹ sec)										
⁴⁰ K	450 (1/1)	470 (1/1)	440 (1/1)	430 (1/1)	430 (1/1)	430 (1/1)	450 (1/1)	390 (1/1)	430 (1/1)	420 (1/1)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	34 (1/1)	33 (1/1)	35 (1/1)	35 (1/1)	34 (1/1)	34 (1/1)	35 (1/1)	34 (1/1)	31 (1/1)	32 (1/1)
Famille de l' ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	30 (1/1)	30 (1/1)	40 (1/1)	45 (1/1)	25 (1/1)	32 (1/1)	31 (1/1)	28 (1/1)	39 (1/1)	32 (1/1)
²¹⁰ Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁷ Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	4,4 (1/1)	5,0 (1/1)	6,0 (1/1)	6,8 (1/1)	6,0 (1/1)	6,0 (1/1)	6,0 (1/1)	5,5 (1/1)	5,4 (1/1)	2,8 (1/1)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly

Tableau 7.4.2 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de lichens et de mousses collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	1,25 km	1,25 et 6,5 km	1,25 km	1,25 et 6,5 km	1,25 km	1,25 et 6,5 km	1,25 km	1,2 et 7 km
Nature	lichen	mousse	lichen	mousse	lichen	mousse	lichen	mousse
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹ sec)								
⁴⁰ K	90 (1/1)	340-620 (2/2)	120 (1/1)	199-308 (2/2)	93 (1/1)	221-267 (2/2)	188 (1/1)	438-1260 (2/2)
Famille du ²³² Th :								
²²⁸ Ac	-	8-9 (2/2)	-	3-5 (2/2)	-	12 (1/2)	1,1 (1/1)	11-12 (2/2)
Famille de l' ²³⁸ U :								
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	-	-	-	-	-	-	-	-
²¹⁰ Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁷ Be	270 (1/1)	340-440 (2/2)	209 (1/1)	260-348 (2/2)	217 (1/1)	113-317 (2/2)	502 (1/1)	530-1480 (2/2)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)								
¹³⁴ Cs	-	-	-	0,6 (1/1)	0,8-0,9 (2/2)	0,5 (1/1)	1,3 (1/2)	-
¹³⁷ Cs	0,5 (1/1)	2,7-4,0 (2/2)	-	1,3-6,4 (2/2)	1,1 (1/1)	2,6-11,9 (2/2)	1,1 (1/1)	4,1-10,5 (2/2)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	0,7 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	2,8-3,3 (2/2)
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	1,5-3,4 (2/2)
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³¹ I	-	-	-	-	16,2 (1/1)	4,0-5,2 (2/2)	-	-

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017 - 149 244 -Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017 - 150 244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

Tableau 7.4.3 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de végétaux cultivés (herbe et légumes) collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Distance au site	7 km		7 km		7 km		7 km		7 km		7 km		7 km		3,9 et 7 km 0,8 et 7 km 3,9 et 7 km	
Nature	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹ sec)																
⁴⁰ K	1200 (1/1)	1900 (1/1)	1077 (1/1)	1306 (1/1)	1092 (1/1)	2198 (1/1)	652 (1/1)	2091 (1/1)	440 (1/1)	2740 (1/1)	1080 (1/1)	1310 (1/1)	870 (1/1)	1900-2800 (2/2)	950 (1/1)	1490-1980 (2/2)
Famille du ²³² Th :																
²²⁸ Ac	1,7 (1/1)	-	1,2 (1/1)	2,3 (1/1)	1,4 (1/1)	2,9 (1/1)	1,5 (1/1)	-	0,9 (1/1)	1,2 (1/1)	1,7 (1/1)	-	1,4 (1/1)	0,8 (1/2)	1,3 (1/1)	-
Famille de ²³⁸ U :																
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	-	-	-	2,3 (1/1)	1,3 (1/1)	3,5 (1/1)	1,0 (1/1)	-	-	-	-	-	-	-	1,2 (1/1)	-
²¹⁰ Pb	7 (1/1)	4 (1/1)	23 (1/1)	18 (1/1)	30 (1/1)	32 (1/1)	20 (1/1)	7 (1/1)	17 (1/1)	12 (1/1)	25,9 (1/1)	6,7 (1/1)	13,1 (1/1)	7,7-8,7 (2/2)	5,8 (1/1)	1,9-3,1 (2/2)
⁷ Be	140 (1/1)	74 (1/1)	298 (1/1)	203 (1/1)	368 (1/1)	324 (1/1)	266 (1/1)	83 (1/1)	146 (1/1)	113 (1/1)	302 (1/1)	77 (1/1)	185 (1/1)	119-125 (2/2)	57 (1/1)	22-66 (2/2)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)																
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	-	-	0,2 (1/1)	0,3 (1/1)	-	0,2 (1/1)	0,2 (1/1)	0,3 (1/1)	0,1 (1/1)	0,2 (1/1)	0,1 (1/1)	-	0,07 (1/1)	-	-	-
⁵¹ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ C)																
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,8-2,5 (2/2)	0,7-2,0 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,9 (1/1)	1,0 (1/1)	1,7-7,6 (2/2)	1,3 (1/1)
³ H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,4-1,7 (2/2)	1,5-2,3 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,0 (1/1)	-	1,1 (1/1)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	237 (1/1)	n.a.	236 (1/1)	n.a.	236 (1/1)	n.a.	233 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	238 (1/1)	224-228 (2/2)	238 (1/1)	238-244 (2/2)

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

C.N.P.E. de Penly

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

Tableau 7.4.4 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.L⁻¹)										
⁴⁰ K	42 (1/1)	44 (1/1)	45 (1/1)	45 (1/1)	47 (1/1)	41 (1/1)	46 (1/1)	42 (1/1)	47 (1/1)	49 (1/1)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Famille de ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²¹⁰ Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁷ Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.L⁻¹)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	-	-	-	-	-	-	0,01 (1/1)	-	0,05 (1/1)	0,005 (1/1)
⁵¹ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion)										
³ H libre	1,1 (1/1)	-	1,1 (1/1)	1,4 (1/1)	0,9 (2/2)	1,5 (1/1)	0,7 (1/1)	1,0 (1/1)	-	1,0 (1/1)
³ H lié	n.a.	n.a.	n.a.	1,3 (1/1)	1,2-1,3 (2/2)	0,8 (1/1)	1,5 (1/1)	1,5 (1/1)	1,7 (1/1)	3,2 (1/1)

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

C.N.P.E. de Penly

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 151/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 152/244 -

Tableau 7.4.5 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons d'eau collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km	7 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.L⁻¹)										
⁴⁰ K	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Famille de ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
²¹⁰ Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁷ Be	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.L⁻¹)										
¹³⁴ Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
¹³⁷ Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁵¹ Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁵⁰ Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁶⁰ Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
^{110m} Ag	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
¹⁰⁶ Ru/ ¹⁰⁶ Rh	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
²⁴¹ Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Émetteurs β (H libre : Bq.L⁻¹)										
³ H libre	-	-	1,0 (1/1)	-	1,0 (1/1)	-	-	-	-	-

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Tableau 7.4.6 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
1,1 km NE	C.N.P.E. Penly < 1 km	1,22702	49,97520	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	01/08/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,11	-
1,1 km NE	C.N.P.E. Penly < 1 km	1,22702	49,97520	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	01/08/2017	Tritium libre (liquide)	4,22	-
1,1 km NE	C.N.P.E. Penly < 1 km	1,22702	49,97520	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	01/08/2017	Tritium lié (sec)	4,22	-
1,1 km NE	C.N.P.E. Penly < 1 km	1,22702	49,97520	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	01/08/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹³ C (sec)	4,22	-
1,1 km NE	C.N.P.E. Penly < 1 km	1,22702	49,97520	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	01/08/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	4,22	-
1,2 km ENE	Bois de Penly	1,22475	49,97880	Lichens	Rhamaline des rochers <i>Ramalina sp.</i>	Entier	27/02/2017	Spectrométrie gamma + ¹³¹ I (frais)	1,13	-
1,2 km ENE	Bois de Penly	1,22475	49,97880	Mousses terricoles	Mousse <i>Eurhynchium sp.</i>	Entier	27/02/2017	Spectrométrie gamma + ¹³¹ I (frais)	1,12	-
3,9 km S	Glicourt	1,23558	49,94616	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	01/08/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,16	-
3,9 km S	Glicourt	1,23558	49,94616	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	01/08/2017	Archivage (sec)	1,16	-
3,9 km S	Glicourt	1,23558	49,94616	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	01/08/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	15,03	6,03
3,9 km S	Glicourt	1,23558	49,94616	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	01/08/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹³ C (sec)	13,42	-
3,9 km S	Glicourt	1,23558	49,94616	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	01/08/2017	Archivage (sec)	15,03	-
3,9 km S	Glicourt	1,23558	49,94616	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	01/08/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	2,55	-

- : absence de traitement.

Dans les tableaux des pages suivantes, pour le milieu terrestre :

Prélèvements hors vents dominants de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants de l'installation mais alimenté par une nappe phréatique située hors influence de l'installation

Rapport RT/SE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly

Tableau 7.4.6 (suite) - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
7,0 km SSO	Bois de Sauchay	1,19801	49,92382	Mousses terricoles	Mousse <i>Polytrichum sp.</i>	Entier	27/02/2017	Spectrométrie gamma + ¹³¹ I (frais)	1,11	-
7,0 km ESE	Guilmécourt	1,30827	49,97392	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	01/08/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,17	-
7,0 km ESE	Guilmécourt	1,30827	49,97392	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	01/08/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,17	-
7,0 km ESE	Guilmécourt	1,30827	49,97392	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	01/08/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,19	-
7,0 km ESE	Guilmécourt	1,30827	49,97392	Sols cultivés	Sol maraîcher (culture ou jardin) 0-20 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	01/08/2017	Archivage (sec)	-	-
7,0 km ESE	Guilmécourt	1,30827	49,97392	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	01/08/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	21,44	5,38
7,0 km ESE	Guilmécourt	1,30827	49,97392	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	01/08/2017	Tritium libre (liquide)	15,55	-
7,0 km ESE	Guilmécourt	1,30827	49,97392	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	01/08/2017	Tritium lié (sec)	15,55	-
7,0 km ESE	Guilmécourt	1,30827	49,97392	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	01/08/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	15,55	-
7,0 km ESE	Guilmécourt	1,30827	49,97392	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	01/08/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	2,79	11,48
7,0 km ESE	Guilmécourt	1,30827	49,97392	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	01/08/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	7,45	16,86
7,0 km ESE	Guilmécourt	1,30827	49,97392	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	01/08/2017	Tritium libre (liquide)	7,55	-
7,0 km ESE	Guilmécourt	1,30827	49,97392	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	01/08/2017	Tritium lié (sec)	7,55	-
7,0 km ESE	Guilmécourt	1,30827	49,97392	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	01/08/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	7,55	-
7,0 km ESE	Guilmécourt	1,30827	49,97392	Eau douce	Eau de boisson	Eau filtrée à 0,22 µm	01/08/2017	Tritium (liquide)	-	-

- : absence de traitement.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. Français - Année 2017

- 155/244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 156/244 -

Tableau 7.4.7 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l'échantillon de sol collecté dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	Fractions	%
Guilmécourt	01/08/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	02/01/2018	sec	1,17	Matière organique	8,67
								Argile (<2µm)	12,60
								Limons fins	16,80
								Limons grossiers	38,40
								Sables fins	28,10
								Sables grossiers	4,10

Tableau 7.4.8 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1}$ sec pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	40K	Famille du 232Th	Famille de 238U				7Be
									231Ac	234Th	234mPa	210Pb		
Guilmécourt	01/08/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	07/12/2017	sec	1,17	394±34	31,9±3,9	n.a.	34±14	n.a.	≤ 6	
Guilmécourt	01/08/2017	Légumes	Salade Laitue Lactuca sativa	Feuilles	23/11/2017	cendres	21,44	2 090±210	≤ 0,7	≤ 1,6	≤ 22	≤ 1,9	50±5	
Glicourt	01/08/2017	Légumes	Salade Laitue Lactuca sativa	Feuilles	27/11/2017	cendres	15,03	1 650±160	≤ 0,5	≤ 1,2	≤ 16	4,6±0,9	83±8	
Guilmécourt	01/08/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	28/09/2017	cendres	2,79	700±70	1,35±0,25	≤ 0,7	≤ 9	12,0±1,2	163±15	
Bois de Penly	27/02/2017	Lichens	Rhamaline des rochers Ramalina sp.	Entier	03/03/2017	frais	1,13	90±7	0,8±1,1	n.a.	≤ 23	n.a.	113±7	
Bois de Penly	27/02/2017	Mousses terricoles	Mousse Eurhynchium sp.	Entier	03/03/2017	frais	1,12	355±17	4,9±2,2	n.a.	≤ 34	n.a.	350±60	
Bois de Sauchay	27/02/2017	Mousses terricoles	Mousse Eurhynchium sp.	Entier	03/03/2017	frais	1,11	214±13	2,7±0,6	n.a.	≤ 11	n.a.	258±20	
Guilmécourt	01/08/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	28/09/2017	cendres	7,45	44,0±4,3	≤ 0,024	≤ 0,05	≤ 0,8	≤ 0,06	≤ 0,06	

n.a. : non analysé.

Tableau 7.4.9 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1}$ sec pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	^{134}Cs	^{137}Cs	^{60}Co	^{60}Co	^{110m}Ag	^{54}Mn	^{131}I
Guilmécourt	01/08/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie <i>0-5 cm</i>	Diamètre inférieur à 2 mm	07/12/2017	sec	1,17	≤ 0,17	4,58±0,41	≤ 0,49	≤ 0,19	≤ 0,27	≤ 0,23	n.a.
Guilmécourt	01/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	23/11/2017	cendres	21,44	≤ 0,14	0,19±0,07	≤ 0,47	≤ 0,22	≤ 0,22	≤ 0,19	n.a.
Glicourt	01/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	27/11/2017	cendres	15,03	≤ 0,11	≤ 0,10	≤ 0,35	≤ 0,16	≤ 0,17	≤ 0,14	n.a.
Guilmécourt	01/08/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	28/09/2017	cendres	2,79	≤ 0,06	≤ 0,06	≤ 0,11	≤ 0,09	≤ 0,08	≤ 0,14	n.a.
Bois de Penly	27/02/2017	Lichens	Rhamaline des rochers <i>Ramalina sp.</i>	Entier	03/03/2017	frais	1,13	≤ 0,15	≤ 0,38	≤ 0,18	≤ 0,23	≤ 0,16	≤ 0,18	≤ 0,19
Bois de Penly	27/02/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Eurhynchium sp.</i>	Entier	03/03/2017	frais	1,12	≤ 0,25	1,53±0,35	≤ 0,26	≤ 0,34	≤ 0,23	≤ 0,27	≤ 0,32
Bois de Sauchay	27/02/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Eurhynchium sp.</i>	Entier	03/03/2017	frais	1,11	≤ 0,08	1,56±0,19	≤ 0,10	≤ 0,11	≤ 0,08	≤ 0,09	≤ 0,11
Guilmécourt	01/08/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	28/09/2017	cendres	7,45	≤ 0,005	≤ 0,006	≤ 0,010	≤ 0,008	≤ 0,007	≤ 0,006	n.a.

n.a. : non analysé.

Tableau 7.4.10 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/sec	Date de mesure	³ H libre (Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation)	³ H libre (Bq.kg ⁻¹ frais ou Bq.L ⁻¹ d'ECH)	Unité ³ H libre
C.N.P.E. Penly < 1 km	01/08/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	4,22	23/10/2017	3,2±0,7	2,40±0,50	Bq.kg ⁻¹ frais
Guilmécourt	01/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	15,55	28/09/2017	1,2±0,6	1,10±0,60	Bq.kg ⁻¹ frais
Guilmécourt	01/08/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	7,55	27/09/2017	1,0±0,5	0,84±0,48	Bq.L ⁻¹ d'ECH
Guilmécourt	01/08/2017	Eau douce	Eau de boisson	Eau filtrée à 0,22µm	-	09/10/2017	0,9±0,5	0,90±0,50	Bq.L ⁻¹ d'ECH

n.a. : non analysé.

Tableau 7.4.11 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/sec	Date de mesure	TOL (Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg ⁻¹ frais ou Bq.L ⁻¹ d'ECH)	Unité TOL
C.N.P.E. Penly < 1 km	01/08/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	4,22	13/12/2017	2,3±0,8	0,28±0,09	Bq.kg ⁻¹ frais
Guilmécourt	01/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	15,55	20/11/2017	1,3±0,6	0,04±0,02	Bq.kg ⁻¹ frais
Guilmécourt	01/08/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	7,55	20/11/2017	1,3±0,6	0,13±0,06	Bq.L ⁻¹ d'ECH

n.a. : non analysé.

Tableau 7.4.12 - Activités en ¹⁴C mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure du ¹⁴ C	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ C)	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ frais ou Bq.L ⁻¹ d'ECH)	C TOT. (g.kg ⁻¹ frais ou g.L ⁻¹ d'ECH)	δ ¹³ C/12C (‰)	pMC (‰)	Unité
C.N.P.E. Penly < 1 km	01/08/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	sec	4,22	09/03/2018	240,8±2,2	24,58±0,22	100	-28,90	107,4±1,0	Frais
Guilmécourt	01/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	sec	15,55	16/03/2018	235±12	5,57±0,28	24	-28,20	105,0±5,0	Frais
Glicourt	01/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	sec	13,42	12/03/2018	228±11	6,60±0,32	29	-28,37	101,6±4,9	Frais
Guilmécourt	01/08/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	sec	7,55	17/03/2018	238±12	16,2±0,8	68	-22,38	105,0±5,0	Liquide

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly

Tableau 7.4.13 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein d'échantillons de sédiments collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹.sec)										
⁴⁰ K	66-170 (3/3)	78-180 (3/3)	82-91 (3/3)	75-186 (3/3)	98-204 (3/3)	36-209 (3/3)	41-202 (3/3)	73-179 (3/3)	80-207 (3/3)	76-255 (3/3)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	2,6-11 (3/3)	4,1-12 (3/3)	2,3-10 (3/3)	2,5-10 (3/3)	3,1-11,4 (3/3)	1,8-11,1 (3/3)	1,9-11,0 (3/3)	2,4-12,9 (3/3)	2,3-11,9 (3/3)	2,3-11,8 (3/3)
Famille de ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	-	-	-	46-52 (2/3)	40 (1/3)	29 (1/3)	17 (1/3)	26 (1/3)	19 (1/3)	26 (1/3)
²¹⁰ Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁷ Be	1,6-11 (2/3)	1,2-20 (2/3)	2,6-27 (2/3)	27-62 (2/3)	2-36 (2/3)	2-30 (2/3)	3-49 (2/3)	2,3-32,0 (2/3)	5,7-40,0 (2/3)	3,7-80,0 (2/3)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹.sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,2-2,4 (3/3)	0,3-3,2 (3/3)	0,3-3,2 (3/3)	0,2-3,2 (3/3)	0,4-3,0 (3/3)	0,1-3,5 (3/3)	0,2-3,0 (3/3)	0,2-1,9 (3/3)	0,2-2,5 (3/3)	0,2-3,9 (2/3)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	0,9 (1/3)	1,1 (1/3)	1,4 (1/3)	0,4-1,0 (2/3)	0,7 (1/3)	1,3 (1/3)	1,0 (1/3)	0,7 (1/3)	0,8 (1/3)	1,9 (1/3)
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/ ¹⁰⁶ Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

Tableau 7.4.14 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons d'algues collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹.sec)										
⁴⁰ K	950-1400 (3/3)	970-1400 (3/3)	930-1100 (3/3)	944-1135 (3/3)	1018-1296 (3/3)	941-1013 (3/3)	950-1080 (3/3)	1130-1290 (3/3)	1140-1300 (3/3)	880-990 (3/3)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	3,7-5,3 (3/3)	4,3-5,9 (3/3)	4,1-4,3 (2/3)	3,7-5,1 (3/3)	2,8-3,6 (3/3)	4,6-4,7 (3/3)	4,1-5,6 (3/3)	5,0-6,7 (3/3)	4,2-5,7 (3/3)	3,7-4,1 (3/3)
Famille de ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	4-9 (3/3)	4,1-6 (3/3)	2,6-6 (2/3)	2,5-7,9 (3/3)	3,6-8,2 (3/3)	2,7-9,0 (3/3)	2,6-9,7 (3/3)	2,5-7,4 (3/3)	2,1-5,2 (3/3)	2,8-9,0 (3/3)
²¹⁰ Pb	-	3 (1/3)	2,0-2,3 (2/3)	1,2-2,2 (2/3)	-	1,6-2,5 (2/3)	2,6-3,8 (3/3)	1,7-2,8 (3/3)	1,5-2,2 (2/3)	0,9-1,8 (3/3)
⁷ Be	9-13 (3/3)	14-18 (3/3)	7-10 (2/3)	6,2-8,1 (3/3)	2,6-4,8 (3/3)	12-29 (3/3)	13-26 (3/3)	14,2-16,9 (3/3)	12,1-18,4 (3/3)	8,5-11,6 (3/3)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹.sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,24-0,32 (3/3)	0,20-0,33 (3/3)	0,21-0,23 (3/3)	0,24-0,29 (3/3)	0,22-0,30 (3/3)	0,15-0,24 (3/3)	0,15-0,25 (3/3)	0,17-0,21 (3/3)	0,12-0,21 (3/3)	0,14-0,18 (3/3)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	0,3-0,6 (3/3)	0,3 (2/3)	0,2 (1/3)	-	-	-	-	-	0,29 (1/3)	0,16 (1/3)
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/ ¹⁰⁶ Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³¹ I	-	-	-	-	1,7-3,8 (3/3)	-	-	-	-	-

- : inférieur au seuil de décision ; n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017

- 101/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017

- 102/244 -

Tableau 7.4.14 (suite) - Activités en radionucléides émetteurs γ ($Bq.kg^{-1}.sec$) et β au sein d'échantillons d'algues collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km	1,4 à 19 km
Émetteurs β (3H libre : $Bq.L^{-1}$ d'eau de dessiccation, 3H lié : $Bq.L^{-1}$ d'eau de combustion, ^{14}C : $Bq.kg^{-1}$ C)										
3H libre	3,2-3,6 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	3,6-6,0 (3/3)	n.a.	n.a.	n.a.	2,4-2,7 (2/2)	3,8-5,1 (2/2)
3H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,7-5,4 (3/3)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
^{14}C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	244-275 (3/3)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

- : inférieur au seuil de décision ; n.a. : non analysé.

Tableau 7.4.15 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de poissons (muscle), mollusques et arthropodes collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	2 à 19 km	1,4 à 19 km	2 à 19 km	1,4 à 19 km	2 à 19 km	1,4 à 19 km	2 à 19 km	1,4 à 19 km
Nature	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode
Émetteurs γ d'origine naturelle ($Bq.kg^{-1}$ frais)								
^{40}K	100-110 (2/2)	49-92 (5/5)	93-200 (3/3)	34-115 (7/7)	101-130 (4/4)	56-112 (7/7)	96-108 (4/4)	47-124 (6/6)
Famille du ^{232}Th :								
^{228}Ac	-	0,2-1,1 (4/5)	-	0,2-0,9 (5/7)	-	0,3-1,1 (5/7)	-	0,2-1,1 (4/6)
Famille de ^{238}U :								
$^{234}Th/^{234m}Pa$	-	0,1-2,0 (5/5)	-	0,4-3,2 (6/7)	-	0,3-1,8 (7/7)	-	0,3-1,1 (3/6)
^{210}Pb	-	0,2-2,4 (3/5)	-	0,3-1,7 (6/7)	-	0,3-2,0 (6/7)	-	0,2-2,2 (4/6)
7Be	-	0,9-6,5 (4/5)	-	0,2-5,1 (5/7)	-	0,2-6,3 (5/7)	-	2,3-4,8 (2/6)
Émetteurs γ d'origine artificielle ($Bq.kg^{-1}$ frais)								
^{134}Cs	-	-	-	-	-	-	-	-
^{137}Cs	0,059-0,06 (2/2)	0,02-0,09 (3/5)	0,06-0,38 (3/3)	0,02-0,05 (4/7)	0,05-0,30 (4/4)	0,02-0,09 (6/7)	0,1-0,3 (4/4)	0,02-0,03 (3/6)
^{57}Co	-	-	-	-	-	-	-	-
^{58}Co	-	-	-	-	-	-	-	-
^{60}Co	-	0,11 (1/5)	-	0,02 (2/7)	-	0,01-0,03 (2/7)	-	0,03 (1/6)
^{109m}Ag	-	-	-	-	-	0,01-0,03 (2/7)	-	0,02 (1/6)
^{110m}Ag	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{106}Ru/Rh$	-	-	-	-	-	-	-	-
^{241}Am	-	-	-	-	0,02 (1/7)	-	0,02 (1/6)	-

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Tableau 7.4.15 (suite) - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de poissons (muscle), mollusques et arthropodes collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Distance au site	2 à 19 km	1,4 à 19 km	2 à 19 km	1,4 à 19 km	2 à 19 km	1,4 à 19 km	2 à 19 km	1,4 à 19 km	2 à 19 km	1,4 à 19 km	2 à 19 km	1,4 à 19 km	2 à 19 km	1,4 à 19 km	2 à 19 km	1,4 à 19 km
Nature	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode
Émetteurs β (^3H libre : Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation, ^3H lié : Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion, ^{14}C : Bq.kg ⁻¹ C)																
^3H libre	3,4-3,7 (2/2)	n.a.	2,2-2,7 (2/2)	3,7-3,8 (2/2)	2,4-5,6 (3/3)	3,0-6,6 (2/2)	n.a.	5,0-6,0 (2/2)	n.a.	5,8-5,9 (2/2)	n.a.	5,6-8,2 (2/2)	5,8-7,0 (2/2)	3,9-5,8 (4/4)	6,5-8,7 (2/2)	3,1-7,2 (4/4)
^3H lié	n.a.	n.a.	n.a.	4,1-4,8 (2/2)	3,6-4,1 (3/3)	3,5-4,1 (2/2)	n.a.	3,7-4,0 (2/2)	n.a.	4,0-4,6 (2/2)	n.a.	4,8-5,6 (2/2)	4,4-4,8 (2/2)	4,1-4,7 (2/2)	3,7-5,5 (2/2)	5,4-6,8 (4/4)
^{14}C	n.a.	n.a.	n.a.	276-304 (2/2)	319-454 (3/3)	285-314 (2/2)	n.a.	275-302 (2/2)	n.a.	272-322 (2/2)	n.a.	269,9-299,0 (2/2)	320-350 (2/2)	267-298 (2/2)	342-513 (2/2)	271-293 (2/2)

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Tableau 7.4.16 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin lors du suivi radioécologique 2017 du C.N.P.E. de Penly.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
1,4 km NE	C.N.P.E. digue Nord	1,22727	49,98535	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	27/02/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,34	-
1,4 km NE	C.N.P.E. digue Nord	1,22727	49,98535	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	27/02/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,34	-
1,4 km NE	C.N.P.E. digue Nord	1,22727	49,98535	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	27/02/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (cendres)	1,31	-
1,4 km NE	C.N.P.E. digue Nord	1,22727	49,98535	Algues brunes	<i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	27/02/2018	Spectrométrie gamma (cendres) + ^{131}I (frais)	4,78	3,91
1,4 km NE	C.N.P.E. digue Nord	1,22727	49,98535	Algues brunes	<i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	27/02/2018	Echantillonnage IRSN/EDF (cendres)	4,47	-
1,4 km NE	C.N.P.E. digue Nord	1,22727	49,98535	Mollusques	<i>Patella species</i>	Chair	27/02/2018	Spectrométrie gamma (cendres)	5,22	4,48
1,4 km NE	C.N.P.E. digue Nord	1,22727	49,98535	Mollusques	<i>Patella species</i>	Chair	27/02/2018	Tritium libre (liquide)	4,92	-
1,4 km NE	C.N.P.E. digue Nord	1,22727	49,98535	Mollusques	<i>Patella species</i>	Chair	27/02/2018	Tritium lié (sec)	4,92	-
1,4 km NE	C.N.P.E. digue Nord	1,22727	49,98535	Mollusques	<i>Patella species</i>	Chair	27/02/2018	^{14}C + C stable + $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (sec)	4,92	-
1,4 km NE	C.N.P.E. digue Nord	1,22727	49,98535	Mollusques	<i>Patella species</i>	Chair	27/02/2018	Echantillonnage IRSN/EDF (cendres)	5,22	4,48
2,0 km NO	C.N.P.E. au large	1,19530	49,98530	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	09/06/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	2,54	1,98
2,0 km NO	C.N.P.E. au large	1,19530	49,98530	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Chair	09/06/2017	Tritium lié (sec)	3,09	-

- : absence de traitement.

Dans les tableaux des pages suivantes, pour le milieu marin :

Prélèvements en champ lointain du dispositif de rejet des effluents liquides
Prélèvements en champ proche du dispositif de rejet des effluents liquides

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly

Tableau 7.4.16 (suite) - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin lors du suivi radioécologique 2017 du C.N.P.E. de Penly.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
2,0 km NO	C.N.P.E. au large	1,19530	49,98530	Poissons	Sole <i>Solea solea</i>	Muscle	18/02/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	4,75	16,48
2,0 km NO	C.N.P.E. au large	1,19530	49,98530	Poissons	Sole <i>Solea solea</i>	Muscle	18/02/2017	Tritium lié (sec)	4,70	-
2,0 km NO	C.N.P.E. au large	1,19530	49,98530	Poissons	Sole <i>Solea solea</i>	Muscle	18/02/2017	^{14}C + C stable + $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (sec)	4,70	-
16 km NE	Le Tréport	1,37536	50,06141	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	28/02/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,83	-
16 km NE	Le Tréport	1,37536	50,06141	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	28/02/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,83	-
16 km NE	Le Tréport	1,37053	50,06316	Algues brunes	<i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	28/02/2017	Spectrométrie gamma (cendres) + ^{131}I (frais)	3,89	4,15
19 km OSO	Vasterival	0,97508	49,91899	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	28/02/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,31	-
19 km OSO	Vasterival	0,97508	49,91899	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	28/02/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,31	-
19 km OSO	Vasterival	0,97508	49,91899	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	28/02/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,30	-
19 km OSO	Vasterival	0,97508	49,91899	Algues brunes	<i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	28/02/2017	Spectrométrie gamma (cendres) + ^{131}I (frais)	4,22	3,69
19 km OSO	Vasterival	0,97508	49,91899	Algues brunes	<i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	28/02/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	4,21	-
19 km OSO	Vasterival	0,97508	49,91899	Mollusques	Patelle <i>Patella species</i>	Chair	28/02/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	5,04	4,47
19 km OSO	Vasterival	0,97508	49,91899	Mollusques	Patelle <i>Patella species</i>	Chair	28/02/2017	Tritium libre (liquide)	4,86	-
19 km OSO	Vasterival	0,97508	49,91899	Mollusques	Patelle <i>Patella species</i>	Chair	28/02/2017	Tritium lié (sec)	4,86	-
19 km OSO	Vasterival	0,97508	49,91899	Mollusques	Patelle <i>Patella species</i>	Chair	28/02/2017	^{14}C + C stable + $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (sec)	4,86	-
19 km OSO	Vasterival	0,97508	49,91899	Mollusques	Patelle <i>Patella species</i>	Chair	28/02/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (cendres)	5,04	4,47

- : absence de traitement.

Tableau 7.4.16 (suite) - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin lors du suivi radioécologique 2017 du C.N.P.E. de Penly.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
19 km OSO	Vasterival au large	0,96420	49,93140	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	05/04/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	2,50	1,78
19 km OSO	Vasterival au large	0,96420	49,93140	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	05/04/2017	Tritium lié (sec)	3,31	-
19 km OSO	Vasterival au large	0,96420	49,93140	Poissons	Sole <i>Solea solea</i>	Muscle	04/02/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	4,87	17,42
19 km OSO	Vasterival au large	0,96420	49,93140	Poissons	Sole <i>Solea solea</i>	Muscle	04/02/2017	Tritium lié (sec)	4,80	-
19 km OSO	Vasterival au large	0,96420	49,93140	Poissons	Sole <i>Solea solea</i>	Muscle	04/02/2017	^{14}C + C stable + $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (sec)	4,80	-

- : absence de traitement.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 167/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 168/244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 169/244 -

Tableau 7.4.17 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiment collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Penly lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	Fractions	%
C.N.P.E. digue Nord	27/02/2017	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	02/01/2018	sec	1,34	Matière organique	0,24
								Argiles (< 2µm)	3,60
								Limons Fins	0,00
								Limons Grossiers	0,70
								Sables Fins	35,20
								Sables Grossiers	60,50
Le Tréport	28/02/2017	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	02/01/2018	sec	1,83	Matière organique	1,58
								Argiles (< 2µm)	23,50
								Limons Fins	29,90
								Limons Grossiers	24,50
								Sables Fins	19,80
								Sables Grossiers	2,30
Vasterival	28/02/2017	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	02/01/2018	sec	1,31	Matière organique	0,25
								Argiles (< 2µm)	2,70
								Limons Fins	0,10
								Limons Grossiers	0,20
								Sables Fins	24,90
								Sables Grossiers	72,10

Tableau 7.4.18 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Penly lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sédiments et les algues, $Bq.kg^{-1} frais$ pour les mollusques, les arthropodes et les poissons).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais / sec	^{40}K	Famille du ^{235}Th	Famille de ^{238}U			^{90}Be
									^{235}Ac	^{234m}Th	^{234m}Pa	^{210}Pb	
C.N.P.E. digue Nord	27/02/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	20/04/2017	sec	1,34	88±8	2,48±0,39	n.a.	≤ 6	n.a.	1,4±0,5
Le Tréport	28/02/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	11/04/2017	sec	1,83	205±18	12,00±1,50	n.a.	47±12	n.a.	26,9±2,6
Vasterival	28/02/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/04/2017	sec	1,31	73±7	1,73±0,28	n.a.	≤ 6	n.a.	≤ 0,6
C.N.P.E. digue Nord	27/02/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	02/06/2017	condres	4,78	1 060±100	4,0±0,6	7,3±0,8	15±6	1,97±0,43	14,3±1,6
Le Tréport	28/02/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	02/03/2017	condres	3,89	1 220±120	4,0±0,5	1,8±0,4	≤ 8	2,02±0,44	10,4±1,2
Vasterival	28/02/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	07/06/2017	condres	4,22	960±90	3,8±0,6	7,7±1,0	≤ 13	1,90±0,70	15,3±2,1
C.N.P.E. digue Nord	27/02/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	02/06/2017	condres	5,22	57±6	0,20±0,04	0,69±0,08	≤ 1,1	1,65±0,16	3,1±0,3
Vasterival	28/02/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	19/07/2017	condres	5,04	59±6	0,35±0,06	0,97±0,14	≤ 1,8	1,76±0,20	6,2±0,7
C.N.P.E. au large	09/06/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	27/11/2017	condres	2,54	65±7	0,77±0,19	0,63±0,31	≤ 7,0	0,65±0,28	≤ 2,4
Vasterival au large	05/04/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	27/11/2017	condres	2,50	60±6	1,03±0,19	0,67±0,21	≤ 3,5	1,26±0,28	≤ 3,7
C.N.P.E. au large	18/02/2017	Poissons	Sole <i>Solea solea</i>	Muscle	27/09/2017	condres	4,75	105±10	≤ 0,05	≤ 0,13	≤ 1,7	≤ 0,15	≤ 1,2
Vasterival au large	04/02/2017	Poissons	Sole <i>Solea solea</i>	Muscle	27/09/2017	condres	4,87	102±12	≤ 0,04	≤ 0,09	≤ 1,2	≤ 0,10	≤ 0,9

n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 170 244 -

Tableau 7.4.19 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Penly lors du suivi radioécologique 2017 ($mBq.kg^{-1} sec$ pour les sédiments et les algues, $mBq.kg^{-1} frais$ pour les mollusques, les arthropodes et les poissons).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais / sec	^{134}Cs	^{137}Cs	^{60}Co	^{60}Co	^{106m}Ag	^{110m}Ag	$^{106}Ru/Rh$	^{241}Am	^{54}Mn	^{131}I
C.N.P.E. digue Nord	27/02/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	20/04/2017	sec	1,34	≤ 110	340±60	≤ 120	≤ 90	≤ 130	≤ 120	≤ 700	n.a.	≤ 80	n.a.
Le Tréport	28/02/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	11/04/2017	sec	1,83	≤ 110	2440±240	≤ 160	580±120	≤ 140	≤ 140	≤ 1100	n.a.	≤ 110	n.a.
Vasterival	28/02/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/04/2017	sec	1,31	≤ 43	192±40	≤ 70	≤ 60	≤ 50	≤ 60	≤ 410	n.a.	≤ 50	n.a.
C.N.P.E. digue Nord	27/02/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	02/06/2017	condres	4,78	≤ 60	135±36	≤ 170	≤ 110	≤ 90	≤ 100	≤ 700	≤ 70	≤ 80	≤ 330
Le Tréport	28/02/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	02/03/2017	condres	3,89	≤ 50	186±34	≤ 130	182±50	≤ 70	≤ 80	≤ 600	≤ 70	≤ 70	≤ 500
Vasterival	28/02/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	07/06/2017	condres	4,22	≤ 90	160±50	≤ 230	≤ 130	≤ 120	≤ 140	≤ 1000	≤ 120	≤ 110	≤ 600
C.N.P.E. digue Nord	27/02/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	02/06/2017	condres	5,22	≤ 7	35±6	≤ 17	13±6	≤ 10	≤ 11	≤ 70	15,6±4,5	≤ 8	n.a.
Vasterival	28/02/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	19/07/2017	condres	5,04	≤ 13	32±5	≤ 49	≤ 19	≤ 17	≤ 22	≤ 140	≤ 17,0	≤ 17	n.a.
C.N.P.E. au large	09/06/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	27/11/2017	condres	2,54	≤ 45	≤ 42	≤ 200	≤ 50	≤ 60	≤ 80	≤ 480	≤ 40	≤ 50	n.a.
Vasterival au large	05/04/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	27/11/2017	condres	2,50	≤ 29	48±20	≤ 240	≤ 42	≤ 35	≤ 60	≤ 390	≤ 46	≤ 44	n.a.
C.N.P.E. au large	18/02/2017	Poissons	Sole <i>Solea solea</i>	Muscle	27/09/2017	condres	4,75	≤ 14	36±8	≤ 110	≤ 19	≤ 18	≤ 27	≤ 160	≤ 15	≤ 19	n.a.
Vasterival au large	04/02/2017	Poissons	Sole <i>Solea solea</i>	Muscle	27/09/2017	condres	4,87	≤ 9	35±6	≤ 80	≤ 12	≤ 10	≤ 18	≤ 110	≤ 10	≤ 13	n.a.

n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 171 244 -

Rapport RT/RSF-ENV/2018-00061

Tableau 7.4.20 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Penly lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/sec	Date de mesure	³ H libre (Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation)	³ H libre (Bq.kg ⁻¹ frais)
C.N.P.E. digue Nord	27/02/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	4,92	19/04/2017	9,6±0,8	7,6±0,7
Vasterival	28/02/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	4,86	19/04/2017	7,6±0,8	6,1±0,6

n.a. : non analysé.

Tableau 7.4.21 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Penly lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/sec	Date de mesure	TOL (Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg ⁻¹ frais)
C.N.P.E. digue Nord	27/02/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	4,92	20/09/2017	6,8±0,8	0,71±0,09
Vasterival	28/02/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	4,86	26/09/2017	4,4±0,8	0,51±0,09
C.N.P.E. au large	09/06/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Chair	3,09	13/12/2017	4,9±0,7	1,10±0,16
Vasterival au large	05/04/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Chair	3,31	13/12/2017	4,8±0,7	0,97±0,15
C.N.P.E. au large	18/02/2017	Poissons	Sole <i>Solea solea</i>	Muscle	4,70	08/03/2018	4,9±0,8	0,66±0,11
Vasterival au large	04/02/2017	Poissons	Sole <i>Solea solea</i>	Muscle	4,80	08/03/2018	4,8±0,7	0,63±0,10

n.a. : non analysé.

C.N.P.E. de Penly

Rapport RT/RSF-ENV/2018-00061

Tableau 7.4.22 - Activités en ¹⁴C mesurées au sein des échantillons de mollusques collectés dans l'environnement marin du site de Penly lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/sec	Date de mesure du ¹⁴ C	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ de C)	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ frais)	C TOT. (g.kg ⁻¹ frais)	δ ¹³ C/δ ¹² C (‰)	pMC (‰)
C.N.P.E. digue Nord	27/02/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	sec	4,92	27/11/2017	291±18	21,3±1,3	73	-16,77	127±8
Vasterival	28/02/2017	Mollusques	Patelle <i>Patella sp.</i>	Chair	sec	4,86	27/11/2017	265±17	21,8±1,4	82	-16,64	115±7
C.N.P.E. au large	18/02/2017	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	sec	4,70	28/11/2017	440±21	41,9±2,0	95	-16,68	191±9
Vasterival au Large	04/02/2017	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	sec	4,80	28/11/2017	489±24	46,3±2,3	95	-17,16	213±10

C.N.P.E. de Penly

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 172244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 173244 -

Rapport RI/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Penly

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. Français – Année 2017* - 174 244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et
marin des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 175/244 -

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Malherbe, J.-F. et Haugel, A., 1977. *Données courantologiques concernant le site de Penly et conséquences thermiques possibles (avis B)*. Direction des études et recherches EDF. E 41/77.03.
- [2] Haugel, A. et Lexmarie, J.-C., 1978. *Centrale de Penly (Avis C). Impact thermique*. Direction des études et recherches EDF. E 42/78-02.
- [3] Anonyme, 1988. *Point zéro radioécologique du site de Penly. Écosystème terrestre*. Laboratoire d'Études d'Impact, Cadarache. Contrat V.2199.001, 38.
- [4] Masson, M., Germain, P. et Guéguénat, P., 1986. *Point zéro radiohydrobiologique du site de Penly*. Laboratoire de Radioécologie Marine de La Hague. Contrat V.2199.001, 18.
- [5] Fernandez, J.M. et Calmet, D., 1988. *Point zéro radioécologique de la Manche. Site de Penly (1986)*. Station Marine de Toulon. Contrat V.2199.001, 26.
- [6] Anonyme, 1988. *Point zéro radioécologique du site de Penly. Écosystème terrestre. Résumé*. Laboratoire d'Études d'Impact, Cadarache. Contrat V.2199.001, 30.
- [7] Fernandez, J.M. et Charmasson, S., 1988. *État sédimentologique de la Manche. Site de Penly. Réactualisation*. Station marine de Toulon. Contrat V.2199.001, 6 p.
- [8] Masson, M., 1988. *Point zéro radiobiologique du site de Penly. Étude complémentaire*. Laboratoire de Radioécologie Marine de La Hague, Cherbourg. 4.
- [9] Ottavi, L., Charlent, O., Marchand, S. et Maubert, H., 1988. *Étude complémentaire du site de Penly. Écosystème terrestre*. Laboratoire d'Études d'Impact, Cadarache. 4 p.
- [10] Masson, M., Moisan, G., Leconte, D. et Foulquier, L., 1991. *Campagne de mesures radioactives sur des moules dans l'environnement du site de Penly*. Laboratoire de Radioécologie Marine de La Hague, Cherbourg. 11.
- [11] Deville-Cavelin, G., Métivier, J.M. et Masson, M., 1992. *Bilan des connaissances radioécologiques sur les sites de Penly, Saint Alban, Flamanville et Belleville. Annexe A: Centrale de Penly*. IPSN/DPEI/SERE, Cadarache. Document SERE 92/096(I).

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 176/244 -

- [12] Garnier-Laplace, J., Arnaud, M., Gontier, G., Lumia, G., Masson, M., Pujol, E. et Foulquier, L., 1993. *Suivi radioécologique des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1992.* IPSN. Document SERE/94/030, Document SERE/94/030, 797.
- [13] Gontier, G., Jourdeuil, L., Lumia, G., Masson, M., Pujol, E., Bouisset, P. et Foulquier, L., 1994. *Suivi radioécologique des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1993.* IPSN. Rapport SERE/94/175, Rapport SERE/94/175, 619.
- [14] Gontier, G., Barré, A., Jourdeuil, L., Lumia, G., Masson, M., Bouisset, P. et Foulquier, L., 1995. *Suivi radioécologique des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1994.* IPSN. Document SERE/95/040(P), Document SERE/95/040(P), 754.
- [15] Gontier, G., Barré, A., Jourdeuil, L., Lumia, G., Masson, M., Vray, F., Bouisset, P. et Foulquier, L., 1996. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1995.* IPSN. Rapport SERE/96/028, Rapport SERE/96/028, 945.
- [16] Gontier, G., Masson, M., Vray, F., Jourdeuil, L. et Bouisset, P., 1997. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1996.* IPSN. Rapport SERE/97/012, Rapport SERE/97/012, 778.
- [17] Vray, F., Clavel, B., Masson, M., Maro, D., Gontier, G. et Bouisset, P., 1998. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1997.* IPSN. Rapport SERE/98/012, Rapport SERE/98/012, 776.
- [18] Gontier, G., Clavel, B., Masson, M., Maro, D. et Bouisset, P., 1999. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1998.* IPSN. Rapport SERNAT 1999/11, Rapport SERNAT 1999/11, 818.
- [19] Gontier, G., Clavel, B., Masson, M., Pourcelot, L., Leprieux, F., Beguin, M. et Bouisset, P., 2000. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1999.* IPSN. Rapport SERNAT 2000/26, Rapport SERNAT 2000/26, 809.
- [20] Clavel, B., Bianciotto, A., Masson, M. et Gontier, G., 2001. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2000.* IPSN. Rapport SERNAT 2001/30, Rapport SERNAT 2001/30, 793.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 177/244 -

- [21] Masson, M., 2001. *Bilan radioécologique décennal du centre nucléaire de production d'électricité de Penly (2000)*. IPSN/DPRE/SERNAT. Document SERNAT 2001/44, 170.
- [22] Claval, D. et Masson, M., 2002. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2001*. IRSN. Rapport SERNAT 2002/07, Rapport SERNAT 2002/07, 843.
- [23] Claval, D., Masson, M. et Louvat, D., 2003. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2002*. IRSN. Rapport IRSN/DEI/SESURE/03-08, Rapport IRSN/DEI/SESURE/03-08, 886.
- [24] Duffa, C., Masson, M. et Claval, D., 2004. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2003*. IRSN. Rapport DEI/SESURE/04-09, Rapport DEI/SESURE/04-09, 962.
- [25] Claval, D., Masson, M., Eyrolle, F. et Gontier, G., 2005. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises. Année 2004*. IRSN. Rapport IRSN/DEI/SESURE/05-03, Rapport IRSN/DEI/SESURE/05-03, 1014.
- [26] Claval, D., Masson, M., Antonelli, C. et Gontier, G., 2006. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2005*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/06-04, Rapport DEI/SESURE/06-04, 1034.
- [27] Claval, D., Antonelli, C., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2007. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2006*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/07-26, Rapport DEI/SESURE/07-26, 1066.
- [28] Claval, D., Antonelli, C., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2008. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2007*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/08-04, Rapport DEI/SESURE/08-04, 1074.
- [29] Claval, D., Antonelli, C., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2009. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2008*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/09-21, Rapport DEI/SESURE/09-21, 678.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 178/244 -

- [30] Claval, D., Antonelli, C., Pommier, J., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2010. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2009.* IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/10-09, Rapport DEI/SESURE/10-09, 696.
- [31] Claval, D., Antonelli, C., Pommier, J. et Theureau, L., 2011. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2010.* IRSN. Rapport DEI/SESURE/11-06, Rapport DEI/SESURE/11-06, 694.
- [32] Claval, D., Antonelli, C., Pommier, J. et Theureau, L., 2012. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2011.* IRSN. Rapport PRP-ENV/SESURE/12-04, Rapport PRP-ENV/SESURE/12-04, 732.
- [33] Pommier, J. et Godinot, C., 2013. *Bilan radioécologique décennal 2011 de l'environnement proche du centre nucléaire de production d'électricité de Penly.* IRSN/PRP-ENV/SERIS/2013-0034, 138.
- [34] Claval, D., Antonelli, C., Godinot, C. et Theureau, L., 2013. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2012.* Rapport PRP-ENV/SESURE/2013-05, Rapport PRP-ENV/SESURE/2013-05, 718.
- [35] Godinot, C., Parache, V., Saey, L. et Theureau, L., 2014. *Suivi radiécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2013.* IRSN. PRP-ENV/SESURE/2014-15, PRP-ENV/SESURE/2014-15, 710.
- [36] Godinot, C., Parache, V., Saey, L., et Theureau, L., 2015. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2014.* IRSN. PRP-ENV/SESURE/2015-09. 714.
- [37] Beryouni, K., Claval, D., Godinot, C., Saey, L. et Theureau, L., 2016. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2015.* IRSN. PRP-ENV/SESURE/2016-04, PRP-ENV/SESURE/2016-04, 760.
- [38] Claval, D., Faramond, J., Godinot, C., Pourcelot, L., Reygrobellet, S. et Theureau, L., 2017. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2016.* IRSN. RT/PSE-ENV/2017-00035, 250 p.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 179/244 -

- [39] Roussel-Debet, S., 2014. *Données utiles à l'interprétation des mesures de carbone 14 en milieu terrestre*. Radioprotection 49(1): 49-54.
- [40] Le Roux, G. et Renaud, P., 2007. *Radionucléides naturels en France*. IRSN. Rapport DEI/SESURE n°2007-21, 45.
- [41] Reimann, C., Filzmoser, P. et Garrett, R.G., 2005. *Background and threshold: critical comparison of methods of determination*. Science of the Total Environment 346: 1-16.
- [42] IRSN, 2010. *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2009*. 175.
- [43] Roussel-Debet, S., 2014. *Synthèse du suivi radioécologique 2013 des 19 centres nucléaires de production d'électricité en exploitation*. IRSN. PRP-ENV/SESURE/2014-34, 132.
- [44] Roussel-Debet, S., 2014. *Bruit de fond du tritium en milieu terrestre*. Radioprotection 49(2): 139-142.
- [45] IRSN, 2015. *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de juin 2011 à décembre 2014*. 252.
- [46] Roussel-Debet, S., Gontier, G., Siclet, F. et Fournier, M., 2006. *Distribution of Carbon 14 in the terrestrial environment close to French nuclear power plants*. Journal of Environmental Radioactivity 87(3): 246-259.
- [47] IRSN, 2015. *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de juin 2011 à décembre 2014*. 252 p.
- [48] Masson, M., Siclet, F., Fournier, M., Maigret, A., Gontier, G. et Bailly du Bois, P., 2005. *Tritium along the French coast of the English Channel*. Radioprotection 40(Suppl. 1): S621-S627.
- [49] Bailly du Bois, P., 2003. *TRANSMER : modèle de simulation des transferts de radionucléides en Manche et Mer du Nord. Choix des options, description, validation et fonctionnalités*. IRSN. Rapport DPRE/SERNAT/2003-04.
- [50] Bailly du Bois, P. et Dumas, F., 2005. *TRANSMER, hydrodynamic model for medium- and long-term simulation of radionuclides transfers in the English Channel and southern North Sea*. Radioprotection 40: S575-S580.
- [51] DEI, 2009. *Le tritium dans l'environnement. Synthèse des connaissances*. IRSN. Rapport DEI/09 05, 110.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et
marin des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 180/244 -

[52] Fiévet, B., Voiseux, C., Rozet, M., Masson, M. et Bailly du Bois, P., 2006. *Transfer of radiocarbon liquid releases from the AREVA La Hague spent fuel reprocessing plant in the English Channel*. Journal of Environmental Radioactivity 90(3): 173-196.

[53] ASN, 2010. *Livre blanc du tritium*. ASN. 304 p, <http://livre-blanc-tritium.asn.fr/>.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 181/244 -

7.5. SITE DE GRAVELINES

7.5.1. Rappels et généralités sur le C.N.P.E.

Le Centre Nucléaire de Production d'Électricité (C.N.P.E.) de Gravelines est implanté sur le littoral de la mer du Nord, entre Calais et Dunkerque, à 2 km à l'est de Petit-Fort-Philippe et à 3 km au nord de Gravelines, au voisinage de l'avant-port ouest de Dunkerque (figure 7.5.1 page 195). Au regard de la circulation résiduelle générale des masses d'eau en Manche, dont la résultante est orientée vers l'est, le C.N.P.E. de Gravelines est situé "en aval" de l'usine de traitement de combustibles usés ORANO La Hague (anciennement AREVA 320 km à vol d'oiseau) et des C.N.P.E. de Flamanville (330 km), Paluel (167 km) et Penly (130 km). Le C.N.P.E. de Gravelines se compose de six tranches de la filière des réacteurs à eau pressurisée (R.E.P.) de 900 MWe, couplées au réseau en mars et août 1980 (réacteurs 1 et 2 ; INB n° 96), en novembre 1980 et mai 1981 (réacteurs 3 et 4 ; INB n° 97) et en août 1984 et juillet 1985 (réacteurs 5 et 6 ; INB n° 122).

Les modalités d'exploitation et les limites des rejets d'effluents du C.N.P.E. de Gravelines, en mer et dans l'atmosphère, sont régies par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Le tableau 2.2 du document principal présente une synthèse des activités rejetées annuellement par voie liquide (principale voie de rejets en termes d'activités) par l'installation depuis 1991. En 2017, l'exploitant n'a déclaré aucun incident (www.asn.fr) ayant pu avoir une conséquence mesurable sur les niveaux d'activité des échantillons analysés dans le cadre du suivi.

La dispersion des rejets d'effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions météorologiques et hydrodynamiques propres au site. Les vents de secteurs ouest-sud-ouest sont les plus fréquents. Les vents de secteur nord-est, bien que non dominants, n'en demeurent pas moins fréquents. La circulation résiduelle générale des masses d'eaux le long de la côte d'Opale et des dunes de Flandre assure, quant à elle, la dispersion des effluents liquides vers le nord-est. Cependant, le modèle TRANSMER développé par l'IFREMER et l'IRSN a permis de mettre en évidence que sous certaines conditions météorologiques, associées à des vents persistants de nord-est, le régime de dispersion des masses d'eau vers le nord-est peut être freiné, voire inversé et orienté vers le Cap Gris-Nez [28, 29]. En vives-eaux, la tache thermique, qui peut être assimilée à l'influence des rejets d'effluents liquides du site, est contenue dans un cercle de 6 km de rayon. En mortes-eaux, la tache thermique est contenue dans un cercle de 7 km de rayon. L'échauffement à la station de rejet est évident en vives-eaux comme en mortes-eaux (supérieur à +3°C ; [30]).

La chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Gravelines et les références bibliographiques associées sont exposées sur la figure 7.5.2 page 197. Un état de référence (« point zéro » radioécologique) a été réalisé de mars 1977 à mars 1978 pour l'écosystème terrestre [1] et de mars 1977 à septembre 1977 pour l'écosystème marin [2, 3]. Ces études ont donné lieu à un rapport de synthèse [4]. Un suivi radioécologique annuel est réalisé depuis 1992 [5, 7 à 16, 18 à 31, 33 à 35]. Trois bilans radioécologiques décennaux ont été réalisés en 1992 [6], 2002 [17] et 2013 [32]. La campagne de prélèvements de l'année 2017 du suivi radioécologique du C.N.P.E. de Gravelines a fait l'objet de plusieurs missions qui se sont déroulées de janvier à octobre. Les prélèvements et analyses réglementaires annuelles sont exploités dans ce rapport.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 182/244 -

7.5.2. Radioécologie du milieu terrestre

7.5.2.1. Rappel des données antérieures

Les résultats acquis lors de l'établissement de l'état de référence radioécologique du site et dans le cadre des suivis radioécologiques annuels et bilans décennaux menés jusqu'en 2016, sont rappelés ci-après. Ces résultats sont en partie illustrés sur la figure 7.5.3 page 199 et au sein du tableau 7.5.1 au tableau 7.5.5, pages 207 à 211.

Lors de l'état de référence établi en 1977-1978, l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines portait la trace des retombées des essais nucléaires atmosphériques chinois de 1977 et de 1978. Les végétaux cultivés présentaient la plus grande diversité de radionucléides artificiels avec la présence de ^{137}Cs , ^{141}Ce , ^{144}Ce , ^{95}Nb , ^{103}Ru et de ^{95}Zr .

En 1992, lors de l'établissement du premier suivi radioécologique annuel du site, seul le ^{137}Cs était mesuré significativement dans les sols, les indicateurs végétaux, l'échantillon de lait, l'eau d'irrigation, les boues et les végétaux cultivés. Le ^{134}Cs a été également quantifié (activité supérieure au seuil de décision) en 1992 dans les boues et dans les mousses terrestres, la présence de ce radionucléide étant attribuable aux retombées atmosphériques consécutives à l'accident de Tchernobyl d'avril 1986. Des traces de ^{60}Co ont aussi été mesurées dans un échantillon d'herbe. Le ^{134}Cs n'a ensuite été quantifié qu'à une seule autre reprise, en 1993, année où des traces de ce radionucléide ont été mises en évidence dans un échantillon de sol. Depuis 1994, le ^{137}Cs est le seul radionucléide artificiel quantifié dans les sols, mousses, feuilles de salade et le lait échantillonnés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines. Les activités les plus fortes en ^{137}Cs ont été reportées dans un échantillon de mousses terrestres prélevées hors vents dominants, dans la forêt d'Eperlecques ($34 \pm 2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ en 2010). Les niveaux d'activités en ^{137}Cs dans les sols sont plus faibles, et proches ou inférieurs au seuil de décision ($0,5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) au sein des végétaux cultivés (salades), de l'herbe et du lait. Depuis 1993, aucun radionucléide émetteur gamma d'origine artificielle n'a été mesuré dans l'eau de boisson. L' ^{131}I , recherché dans les mousses depuis 1997, n'a jamais été quantifié. Depuis 2000, le tritium libre est recherché dans l'eau de boisson et le lait, et depuis 2015 dans l'herbe et la salade également, ainsi que dans le lierre en 2016 ; son activité est généralement proche du seuil de décision (i.e., 1 Bq.L^{-1}) hormis pour l'herbe et le lierre échantillonnés à proximité du C.N.P.E. en 2016, pour lesquels un apport local en tritium est probable. Depuis 2011, le tritium organiquement lié est également recherché dans le lait, et dans la salade depuis 2015 ; et le ^{14}C dans l'herbe (depuis 2011), la salade et le lait (depuis 2015). L'activité du ^{14}C et/ou du tritium organiquement lié dans le lait et les salades ne met pas en évidence de marquage, alors que l'activité en ^{14}C dans l'herbe collectée à proximité immédiate du C.N.P.E. montre un léger marquage lié aux rejets du C.N.P.E. de Gravelines.

7.5.2.2. Suivi annuel 2017

7.5.2.2.1. Cartographie, calendrier et nature des prélèvements

La campagne de prélèvements en 2017 s'est déroulée en plusieurs missions réalisées en janvier et en août.

La localisation des stations de prélèvements ainsi que la nature des échantillons sont reportées sur la figure 7.5.1 page 195. Les dates de prélèvement, stations, natures et caractéristiques identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le tableau 7.5.6 pages 212 et suivantes. L'analyse granulométrique et la teneur en matière organique des sols non cultivés échantillonnés sont présentées dans le tableau 7.5.7 page 215.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 183/244 -

Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les sols sont les substrats des cultures étudiées. On distingue les sols cultivés pour lesquels des labours sont réalisés, des sols non cultivés sur lesquels les cultures, pluriannuelles, ne demandent aucun remaniement (pâturages). Des sols non cultivés sont privilégiés dans l'objectif de mesurer l'accumulation des dépôts atmosphériques. Les échantillons sont, en dehors des indicateurs végétaux (mousse et lichen), des vecteurs directs ou indirects de radioactivité vers l'homme. Les végétaux cultivés (salade et herbe) sont communs sur l'ensemble du territoire français. Leur cycle végétatif annuel et leur grande surface d'interception en font d'assez bons indicateurs de marquage. De l'eau de boisson et du lait de vache sont collectés à proximité du site.

La stratégie de prélèvement et d'analyse est commune à l'ensemble des sites. Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées. Dans la stratégie générale, une mousse terricole, une production agricole ainsi que le sol associé, un sol de prairie, de l'herbe, un lait et une eau de boisson sont prélevés sous les vents dominants. Hors vents, une mousse et une production agricole sont collectées.

Les stations de prélèvements des sols et végétaux terrestres sont définies en fonction du régime éolien local, généralement dominé par les vents de secteurs ouest-sud-ouest portant les effluents atmosphériques en majorité vers la mer. La zone terrestre potentiellement la plus influencée par les rejets d'effluents à l'atmosphère du C.N.P.E. se trouve majoritairement sous les vents à l'est du C.N.P.E. (C.N.P.E. de Gravelines < 1 km, Avant-Port ouest de Dunkerque et Grande-Synthe). Une zone d'influence secondaire potentielle, associée aux vents de secteur nord-est, se situe à l'ouest-sud-ouest du C.N.P.E. (Grand-Fort-Philippe, Oye-Plage et Offekerque). La zone hors vents dominants se situe dans le secteur sud (Saint-Georges-sur-l'Aa, Gravelines-Pont-de-Pierre et Forêt d'Eperlecques). Malgré une prospection approfondie, il n'a pas été possible cette année de récolter 3 échantillons de même espèce pour les bryophytes. Du fait de sa trop faible abondance eu égard aux biomasses minimales requises pour les analyses, le lichen (*Rhamalina sp.*) échantillonné dans l'environnement terrestre des autres C.N.P.E. du littoral de la Manche n'a pas pu être échantillonné dans les environs de Gravelines.

L'eau de boisson prélevée à Grande-Synthe provient d'un réseau d'eau potable distribuée par le Syndicat de l'Eau du Dunkerquois, et dont le site de distribution est situé à la station de pompage des Broucks, elle-même alimentée par la station de pompage de Moulle, à 45 km au sud-sud-est du C.N.P.E. Ce site alimente la majorité des communes du secteur sud-est du C.N.P.E. La station de pompage de Moulle exploite une nappe phréatique située encore plus au sud, vers Saint-Omer, à 70 m de profondeur. La nappe phréatique qui l'alimente est donc située dans une zone hors de l'influence du C.N.P.E. Il n'a pas été possible de trouver une nappe, exploitée pour produire de l'eau potable ou d'irrigation qui soit sous l'influence de la nappe située sous le C.N.P.E.. En 2017, de l'eau de la nappe phréatique locale, utilisée pour l'irrigation des salades, a également été prélevée à Grande-Synthe dans le but de mieux caractériser cette station.

Les mousses étant de bons bioindicateurs, elles ont été récoltées sous les vents dominants et secondaires (Avant-port ouest de Dunkerque et Grand-Fort-Philippe) et hors vents dominants (Forêt d'Eperlecques). La matière fraîche des mousses a été conditionnée en vue d'une recherche de I^{131} par spectrométrie gamma. Les échantillons de sol de pâturage, d'herbe et de salades récoltés sous les vents dominants (Grande-Synthe et C.N.P.E. < 1 km) et secondaires (Offekerque et Oye-Plage), ainsi que les échantillons de sol de prairie et les salades récoltés hors vents (Saint-Georges-sur-l'Aa et Gravelines-Pont-de-Pierre) ont été conditionnés en vue de mesures en spectrométrie gamma. Le lait de vache prélevé les années précédentes sous les vents dominants principaux au niveau de Loon-Plage, et sur lequel des mesures gamma, de tritium libre, de tritium lié et de ^{14}C étaient prévues, n'a pas pu être prélevé en 2017, comme depuis 2015, du fait de la cessation d'activité de la ferme dans laquelle le lait était collecté auparavant. A défaut, ces analyses ont été reportées sur le lait prélevé hors vents dominants, à Saint-Georges-sur-l'Aa. L'eau de boisson, l'eau d'irrigation puisée dans la nappe

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 184/244 -

phréatique et les salades sous les vents dominants principaux (Grande-Synthe), l'herbe prélevée dans l'environnement proche du C.N.P.E., et le lait prélevé hors influence (Saint-Georges-sur-l'Aa) ont fait l'objet d'une mesure par scintillation liquide destinée à évaluer les activités en tritium libre. L'herbe prélevée à proximité du C.N.P.E., les salades récoltées à Grande-Synthe et le lait récolté à Saint-Georges-sur-l'Aa ont fait l'objet d'une recherche d'activité en tritium organiquement lié (TOL). Le niveau d'activité en ^{14}C a également été déterminé, dans les échantillons de salades (Grande-Synthe, Offekerque et Gravelines-Pont-de-Pierre), d'herbe (Gravelines < 1 km) et de lait (Saint-Georges-sur-l'Aa).

Les sols maraîchers sous les vents dominants principaux (Grande-Synthe) et secondaires (Offekerque), ainsi que le sol de prairie et les salades récoltés hors vents (Saint-Georges-sur-l'Aa et Gravelines-Pont-de-Pierre), ont été traités, conditionnés puis archivés. Ces échantillons pourraient ainsi être mesurés *a posteriori* dans le cas d'un marquage inhabituel des autres échantillons. Les sols de prairie et les herbes hors (Saint-Georges-sur-l'Aa) et sous vents, principaux (C.N.P.E. < 1 km) et secondaires (Oye-Plage), sont placés en échantillonnaire pour une durée de 10 ans.

7.5.2.2.2. Résultats de spectrométrie γ

Les résultats d'analyse par spectrométrie γ des activités en radionucléides d'origine naturelle et d'origine artificielle dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines sont respectivement présentés au sein du tableau 7.5.8 et du tableau 7.5.9, pages 216 et 217.

• Sols

La radioactivité d'origine naturelle des sols de pâturage et de prairie est majoritairement due au ^{40}K (164 ± 15 à 350 ± 30 Bq.kg $^{-1}$ sec) et, dans une moindre mesure, aux éléments de la famille du ^{232}Th ($4,2 \pm 0,6$ à $19,6 \pm 2,4$ Bq.kg $^{-1}$ sec) et de ^{238}U (18 ± 8 Bq.kg $^{-1}$ sec).

La radioactivité d'origine artificielle quantifiée se caractérise quant à elle par la seule présence du ^{137}Cs ($0,99 \pm 0,12$ à $11,80 \pm 0,90$ Bq.kg $^{-1}$ sec).

• Végétaux

La radioactivité d'origine naturelle est essentiellement due au ^{40}K , quantifié à raison de 161 ± 12 à 371 ± 16 Bq.kg $^{-1}$ sec dans les mousses terrestres, de 182 ± 18 et 462 ± 45 Bq.kg $^{-1}$ sec dans l'herbe, et de 1370 ± 130 à 2310 ± 220 Bq.kg $^{-1}$ sec dans les salades. Par ailleurs, le ^7Be , radionucléide d'origine cosmogénique, est très présent dans les mousses terrestres (230 ± 15 à 438 ± 25 Bq.kg $^{-1}$ sec), ce qui rend compte de leur intérêt en tant qu'intégrateurs des apports atmosphériques. Le ^7Be est également quantifié, mais à des niveaux d'activité moindre dans les feuilles de salade et l'herbe (86 ± 8 à 324 ± 29 Bq.kg $^{-1}$ sec). Le ^{228}Ac est quantifié dans l'herbe à raison de $0,76 \pm 0,16$ et $0,96 \pm 0,15$ Bq.kg $^{-1}$ sec, et dans 2 des 3 mousses terrestres à raison de $3,0 \pm 1,4$ et $3,3 \pm 1,9$ Bq.kg $^{-1}$ sec. Le ^{210}Pb est quantifié au sein des échantillons d'herbe et de salade ($4,0 \pm 1,1$ à $75,0 \pm 7,0$ Bq.kg $^{-1}$ sec).

La radioactivité d'origine artificielle se caractérise par la présence du ^{137}Cs dans 2 des 3 mousses ($0,46 \pm 0,34$ et $6,80 \pm 0,90$ Bq.kg $^{-1}$ sec) et dans l'herbe de Oye-Plage ($0,174 \pm 0,025$ Bq.kg $^{-1}$ sec). Ce radionucléide n'est pas quantifié dans les salades en 2017, ni dans l'herbe échantillonnées à proximité du C.N.P.E.. Des traces de ^{60}Co sont quantifiées dans l'herbe prélevée à proximité du C.N.P.E. ($0,105 \pm 0,039$ Bq.kg $^{-1}$ sec). Les analyses d' ^{131}I réalisées sur les échantillons frais de mousses ne révèlent pas la présence de cet élément à des niveaux d'activité supérieurs au seuil de décision ($\leq 0,39$ Bq.kg $^{-1}$ sec).

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 185/244 -

- *Lait*

La radioactivité d'origine naturelle est exclusivement liée au ^{40}K ($48,6 \pm 4,7 \text{ Bq.L}^{-1}$). Aucune trace de radioactivité d'origine gamma artificielle n'est quantifiée dans le lait en 2017.

7.5.2.2.3. Résultats de mesure du tritium

L'activité en tritium libre est de $0,78 \pm 0,25 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($1,9 \pm 0,6 \text{ Bq.L}^{-1}$ ED¹) dans l'herbe, de $1,30 \pm 0,60 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($1,4 \pm 0,6 \text{ Bq.L}^{-1}$ ED) dans les feuilles de salade, de $0,89 \pm 0,48 \text{ Bq.L}^{-1}$ ECH.² ($1,0 \pm 0,5 \text{ Bq.L}^{-1}$ ED) dans le lait, et de $0,80 \pm 0,50 \text{ Bq.L}^{-1}$ ECH. ($0,80 \pm 0,50 \text{ Bq.L}^{-1}$ ED) dans l'eau d'irrigation. Cette activité reste inférieure au seuil de décision ($\leq 0,49 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'ED) dans l'eau de boisson (tableau 7.5.10 page 218).

L'activité en tritium organiquement lié (TOL) quantifiée dans les salades de Grande-Synthe est de $0,028 \pm 0,014 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($1,5 \pm 0,7 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC³), de $0,99 \pm 0,21 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($3,1 \pm 0,6 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC) dans l'herbe prélevée à proximité du C.N.P.E., et de $0,08 \pm 0,05 \text{ Bq.L}^{-1}$ ($0,9 \pm 0,6 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC) dans le lait de Saint-Georges-sur-l'Aa (tableau 7.5.11 page 218).

7.5.2.2.4. Résultats de mesure du ^{14}C

L'activité en ^{14}C dans l'herbe échantillonnée à moins d'un kilomètre du C.N.P.E. de Gravelines est de $71,3 \pm 0,6 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($268,0 \pm 2,4 \text{ Bq.kg}^{-1}$ C ; $117,2 \pm 1,1\%$ de pMC). Dans les salades, elle est de $3,15 \pm 0,16 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($233 \pm 12 \text{ Bq.kg}^{-1}$ C ; $104,0 \pm 5,0\%$ de pMC) à Grande-Synthe, de $5,49 \pm 0,28 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($233 \pm 11 \text{ Bq.kg}^{-1}$ C ; $104,0 \pm 4,9\%$ de pMC) à Offekerque, et de $6,04 \pm 0,31 \text{ Bq.kg}^{-1}$ frais ($234 \pm 12 \text{ Bq.kg}^{-1}$ C ; $104,0 \pm 5,0\%$ de pMC) à Gravelines-Pont-de-Pierre. Dans le lait, elle est de $16,2 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'ECH. ($233 \pm 11 \text{ Bq.kg}^{-1}$ C ; $102,0 \pm 4,8\%$ de pMC ; tableau 7.5.12 page 219).

7.5.2.3. Bilan annuel et comparaison avec les résultats des études radioécologiques antérieures

En 2017, la radioactivité d'origine naturelle détectée dans les matrices terrestres environnant le C.N.P.E. de Gravelines est du même ordre de grandeur que celle mesurée lors de l'état de référence et depuis le début des suivis radioécologiques annuels. Elle présente une composante tellurique prépondérante dans les sols et les végétaux, représentée par le ^{40}K et, dans une moindre mesure, par les familles du ^{232}Th et de ^{238}U . Dans les sols, les activités massiques en ^{40}K , en fils du ^{232}Th et du ^{238}U sont conformes aux valeurs observées en France métropolitaine ([36 et 37] § 2.6.1 du document principal). La seconde composante, d'origine cosmogénique, est due au ^7Be , présent principalement dans les végétaux dont la surface foliaire est propice à la captation des retombées atmosphériques.

¹ : Bq.L^{-1} ED : Bq.L^{-1} d'eau de dessiccation

² : Bq.L^{-1} d'ECH. : Bq.L^{-1} d'échantillon

³ : Bq.L^{-1} EC : Bq.L^{-1} d'eau de combustion

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 186/244 -

Dans le lait de vache, le ^{40}K est toujours proche de 50 Bq.L^{-1} , quels que soient l'année ou le lieu du prélèvement.

En 2017, au prix d'un effort métrologique renouvelé chaque année, le ^{137}Cs est détecté de manière quasi systématique dans les échantillons analysés. Son activité a pu être quantifiée dans 6 des 12 échantillons prélevés en 2017, à des niveaux de l'ordre de grandeur de ceux attendus et observés par ailleurs dans le nord et l'ouest de la France. Comme en 2016, l'activité maximale en ^{137}Cs est mesurée dans le sol sableux de pâturage échantillonné depuis 2016 à Oye-Plage, dans la zone sous les vents secondaires du C.N.P.E. Les valeurs obtenues en 2017 sont conformes aux niveaux observés au cours des dix dernières années. L'évolution temporelle des niveaux d'activité du ^{137}Cs dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. témoigne de la décroissance radioactive de cet élément depuis l'état de référence mené en 1981, ainsi que de son recyclage dans le cas des sols. Le ^{60}Co , détecté à l'état de traces dans l'herbe prélevée à proximité du C.N.P.E., à faible distance de la mer, peut être imputable à un apport atmosphérique *via* les embruns et aérosols marins [38] marqués par les rejets d'effluents liquides des installations implantées en Manche et Mer du Nord dont le C.N.P.E. de Gravelines et l'usine ORANO La Hague. Le ^{131}I , recherché dans les mousses, n'a jamais été mesuré à une activité supérieure aux seuils de décision.

Les activités en tritium libre dans l'herbe, les feuilles de salade, le lait et l'eau de nappe phréatique et de boisson, et en tritium organiquement lié dans les feuilles de salade, l'herbe et le lait sont proches du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local ($1,4 \pm 1,2 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'après [39, 40, 41]).

L'activité en ^{14}C dans les feuilles de salade et le lait échantillonnés est proche du bruit de fond sur le territoire français hors influence industrielle (proche de $230 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ en 2017 d'après [40 et 42]). Au sein de l'herbe prélevée en champ proche du C.N.P.E. ($\sim 1 \text{ km}$), l'activité en ^{14}C est en revanche supérieure à ce bruit de fond. Par ailleurs, l'analyse statistique des données acquises en milieu terrestre autour des 19 C.N.P.E. [43] a permis de démontrer que les rejets atmosphériques des C.N.P.E. français contribuaient à une augmentation moyenne d'environ $+3 \text{ bq.kg}^{-1} \text{ de C}$ de l'activité en ^{14}C des échantillons biologiques terrestres. Ainsi, en se basant sur les résultats des années précédentes et de cette année, un apport local est démontré dans l'environnement proche du site de Gravelines.

7.5.3. Radioécologie du milieu aquatique

7.5.3.1. Rappel des données antérieures

Les résultats acquis lors de l'établissement de l'état de référence radioécologique du site et dans le cadre des suivis radioécologiques annuels et bilans décennaux menés jusqu'en 2016 sont rappelés ci-après. Ces résultats sont en partie illustrés sur la figure 7.5.4 et la figure 7.5.5, pages 201 et 203, et au sein du tableau 7.5.13 au tableau 7.5.15, pages 220 et suivantes.

Lors de l'état de référence (1977), la radioactivité artificielle détectée par spectrométrie gamma au sein des matrices sédimentaires et biologiques du milieu marin était essentiellement attribuable au $^{144}\text{Ce/Pr}$ et au $^{106}\text{Ru/Rh}$ et, dans une moindre mesure, aux ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{125}Sb et à l' ^{241}Am , l'ensemble de ces radionucléides provenant essentiellement des rejets d'effluents liquides de l'usine de traitement du combustible usé ORANO La Hague.

Parmi les radionucléides artificiels susmentionnés, le $^{144}\text{Ce/Pr}$ n'était plus quantifiable dans les matrices marines échantillonnées lors du premier suivi radioécologique annuel (1992) du C.N.P.E. de Gravelines. De plus, le niveau d'activité en $^{106}\text{Ru/Rh}$ avait fortement diminué, en particulier dans les sédiments (baisse d'un facteur 10 de l'activité mesurée). Au cours de ce premier suivi radioécologique annuel, des traces d' ^{241}Am , dont l'origine est attribuable aux rejets d'effluents liquides de l'usine

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 187/244 -

ORANO La Hague, avaient été quantifiées dans les sédiments. L'^{110m}Ag et/ou le ⁵⁸Co, plus spécifiques des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E., avaient été mis en évidence dans les sédiments, les algues, les mollusques et les arthropodes. Le ⁶⁰Co, entrant dans la composition des rejets d'effluents des deux installations nucléaires de base susmentionnées, était plus fréquemment quantifié. Enfin, le ¹³⁷Cs, lié aux retombées globales des essais atmosphériques d'armes nucléaires et de l'accident de Tchernobyl, mais aussi rejeté dans les effluents liquides du C.N.P.E. et de l'usine ORANO La Hague, présentait des niveaux d'activités du même ordre de grandeur que ceux mesurés lors de l'état de référence.

Depuis 1993, le ¹³⁷Cs est le seul radionucléide artificiel quasi systématiquement quantifié au sein des diverses matrices du milieu marin échantillonnées dans l'environnement du C.N.P.E. de Gravelines. Ce radiocésium fut en particulier l'unique témoin de la radioactivité artificielle dans les poissons au cours des 10 dernières années (à l'exception de traces d'²⁴¹Am quantifiées en 2005, et de traces de ⁶⁰Co quantifiées en 2015). Depuis 1993, le ⁶⁰Co est également régulièrement mesuré au sein des sédiments, algues, mollusques et arthropodes. Le ⁵⁸Co, essentiellement quantifié dans les algues, ne l'est plus depuis 2004. L'^{110m}Ag n'est plus quantifié dans les sédiments depuis 2008, mais continue de l'être au sein des mollusques, et parfois dans les algues (2011). L'^{108m}Ag a également été quantifié au sein des mollusques en 2009 et 2013. L'²⁴¹Am n'est plus quantifiable dans les sédiments depuis 1996, mais a, ponctuellement, été significativement mesuré au sein des algues (1995, 2009, 2014 et 2016), et continue de l'être au sein des mollusques et arthropodes (2000, 2001, 2004 à 2008, 2013, 2014 et 2016). Des traces de ¹⁰⁶Ru/Rh ont été quantifiées au sein des mollusques en 2004, 2006, 2007 et 2009. L'¹³¹I, recherché dans les échantillons d'algues, n'a quant à lui jamais été quantifié. Les niveaux d'activité du tritium libre mesurés dans les algues de 2000 à 2007, dans les poissons de 2008 à 2010, dans les mollusques depuis 2011, et dans les algues et poissons depuis 2015, sont dans la gamme des valeurs mesurées sur l'ensemble de la Manche orientale et cohérents eu égard aux niveaux d'activités dans l'eau de mer attribuables majoritairement aux rejets de l'usine ORANO La Hague. Le ¹⁴C est recherché dans les moules depuis 2011, et dans les poissons depuis 2015, et les activités mesurées sont cohérentes avec les valeurs moyennes enregistrées par le passé du fait du marquage global des INB de la Manche [39]. Ce marquage en ¹⁴C tend à être plus prononcé au voisinage du point des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Gravelines pour les moules.

7.5.3.2. Suivi annuel 2017

7.5.3.2.1. Cartographie, calendrier et natures des prélèvements

La campagne de prélèvements en 2017 s'est déroulée de janvier à octobre.

La localisation des stations de prélèvements et la nature des échantillons prélevés sont indiquées sur la figure 7.5.1 page 195. Les dates, stations, natures et caractéristiques identifiant chaque échantillon ayant fait l'objet d'une analyse sont répertoriées dans le tableau 7.5.16 page 225 et suivantes. La granulométrie et la teneur en matière organique des sédiments échantillonnés sont rapportées dans le tableau 7.5.17 page 228.

Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les matrices biologiques échantillonnées sont les plus abondantes localement et/ou caractéristiques de l'économie locale. Elles correspondent également, pour la plupart, aux espèces prélevées lors de l'état de référence. Au niveau des stations côtières, accessibles à marée basse, les prélèvements de sédiments, d'algues et de moules ont été effectués à la main. Dans la mesure du possible, des sédiments de granulométrie fine, qui permettent une meilleure rétention des

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 188/244 -

radionucléides, ont été échantillonnés. Toutefois, le fort régime hydrodynamique le long de la côte d'Opale ne permet pas la sédimentation des particules les plus fines (limons et argiles) autour du C.N.P.E. de Gravelines, à l'exception du port de Grand-Fort-Philippe, en champ proche⁴, au niveau duquel un sédiment fin a été échantillonné. Des sédiments sableux ont également été prélevés en champ proche (C.N.P.E. prise d'eau et Jetée des Huttes) et en champ lointain⁵ (Cap Gris-Nez). Des algues brunes du genre *Fucus* ont été prélevées sur les enrochements naturels et artificiels en champ proche (C.N.P.E. prise d'eau, Jetée des Huttes et Grand-Fort-Philippe) et lointain (Cap Gris-Nez). Des mollusques (moules) ont été récoltés en champ proche (Jetée des Huttes) et lointain (Cap Gris-Nez). Seules les parties molles des mollusques ont été utilisées en vue d'analyses de radioactivité.

Les prélèvements de poissons et d'arthropodes ont été confiés à un pêcheur professionnel. Les pêches ont été effectuées dans la zone d'excursion du panache des rejets d'effluents liquides, près des émissaires de rejets (station dénommée C.N.P.E. au large) ainsi qu'hors de la zone d'excursion du panache des rejets du C.N.P.E. de Gravelines, en champ lointain (au large du Cap Gris-Nez). Une espèce de poisson rond (le mulot) et une espèce de poisson plat (le flet) ont été pêchées au large du C.N.P.E.. Du fait de contraintes locales et du remplacement en cours d'année du pêcheur professionnel auquel l'IRSN fait appel, en 2017, il n'a pas été possible de pêcher de mulots ou de flets au large du Cap Gris-Nez. Des bars élevés par la ferme Aquanord, qui utilise les rejets d'eau chaude du C.N.P.E. pour chauffer l'eau au sein de ses installations, ont été échantillonnés. Les analyses ont porté sur les filets (muscles) afin d'étudier la fraction susceptible d'être consommée par l'homme et de s'affranchir du tractus gastro-intestinal. Depuis 2011, du fait de l'insuffisance des biomasses disponibles à la côte, l'échantillonnage de arthropodes (crabe nageur ou crevette grise) au large du Cap Gris-Nez et du C.N.P.E. est difficile. En 2017, il a toutefois été possible de pêcher des araignées de mer à ces deux stations.

L'ensemble des échantillons a été traité et conditionné en vue de leur analyse par spectrométrie gamma. La recherche de ^{131}I a été entreprise sur les échantillons d'algues, à l'état frais, par spectrométrie gamma. La recherche du tritium libre a été entreprise sur les moules, et celle du tritium organiquement lié sur les moules, poissons et arthropodes. Des mesures de ^{14}C ont été entreprises sur les moules et les poissons, selon le protocole détaillé dans l'appendice méthodologique du document principal.

Le sédiment, les algues et les moules échantillonnés en champ proche (prise d'eau du C.N.P.E. ou Jetée des Huttes) et ceux échantillonnés en champ lointain (Cap Gris-Nez) ont été traités, conditionnés puis placés en échantillonnage pour une durée de 10 ans.

7.5.3.2.2. Résultats de spectrométrie γ

Les résultats d'analyse par spectrométrie γ des activités en radionucléides naturels et artificiels dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines sont présentés au sein du tableau 7.5.18 et du tableau 7.5.19, pages 229 et 230, respectivement.

⁴ Le terme « **champ proche** » désigne des stations situées à proximité du ou des points de rejets d'effluents liquides du C.N.P.E., et/ou dans la zone d'excursion du panache des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E., et qui sont donc potentiellement influencées quotidiennement par ces rejets. A Gravelines, le champ proche désigne les stations situées à quelques kilomètres au sud-ouest et au nord-est du C.N.P.E., soit de Oye-Plage à Dunkerque.

⁵ Le terme « **champ lointain** » désigne des stations situées suffisamment à distance du ou des points de rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. pour être considérées comme n'étant que peu influencées par ces rejets. Cette distance s'apprécie en fonction des conditions hydrodynamiques locales moyennes. A Gravelines, où la dérive des eaux côtières peut s'inverser temporairement vers l'ouest en période de vents de secteur est à nord-est persistant [28 et 44], le champ lointain désigne les stations situées au-delà de quelques dizaines de kilomètres à l'ouest du C.N.P.E., soit à l'ouest du Cap Gris-Nez.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 189/244 -

- *Sédiments*

La radioactivité d'origine naturelle des 4 échantillons de sédiments prélevés est majoritairement due au ^{40}K (158 ± 14 à 325 ± 29 Bq.kg $^{-1}$ sec) et, dans une moindre mesure, à ^{228}Ac ($3,5 \pm 0,5$ à $15,7 \pm 2,0$ Bq.kg $^{-1}$ sec), et au $^{234\text{m}}\text{Pa}$ (12 ± 7 et 34 ± 13 Bq.kg $^{-1}$ sec) détectable uniquement dans les sables silto-argileux de la prise d'eau du C.N.P.E. et les silts sablo-argileux de Grand Fort Philippe. Le ^7Be est également quantifié dans ces deux sédiments, à un niveau d'activité de $4,4 \pm 1,4$ et $50,0 \pm 5,0$ Bq.kg $^{-1}$ sec.

La radioactivité artificielle est quant à elle due au ^{137}Cs , quantifié dans les 4 échantillons de sédiments (127 ± 44 à $3\,380 \pm 320$ mBq.kg $^{-1}$ sec), ainsi qu'au ^{60}Co (300 ± 90 et $1\,530 \pm 230$ mBq.kg $^{-1}$ sec), uniquement quantifié au sein des silts sablo-argileux de Grand Fort Philippe et des sables silto-argileux de la Prise d'eau.

- *Algues*

La radioactivité d'origine naturelle des algues est dominée par le ^{40}K ($1\,150 \pm 110$ à $1\,290 \pm 130$ Bq.kg $^{-1}$ sec). Dans une moindre mesure, le ^7Be ($8,8 \pm 1,6$ à $16,8 \pm 2,2$ Bq.kg $^{-1}$ sec), ^{228}Ac ($4,8 \pm 0,7$ à $8,4 \pm 1,0$ Bq.kg $^{-1}$ sec) et les descendants de la famille de ^{238}U ($2,2 \pm 0,8$ à $9,5 \pm 1,2$ Bq.kg $^{-1}$ sec) sont également quantifiés.

La radioactivité d'origine artificielle quantifiée au sein des échantillons de *Fucus* est due au ^{137}Cs , systématiquement quantifié dans les échantillons collectés (150 ± 60 à 230 ± 60 mBq.kg $^{-1}$ sec), et dans une moindre mesure, au ^{60}Co (250 ± 100 à 350 ± 110 mBq.kg $^{-1}$ sec, quantifié dans les 3 sédiments prélevés en champ proche). Les analyses d' ^{131}I réalisées sur les échantillons d'algues à l'état frais ne témoignent pas de niveaux d'activités supérieurs au seuil de décision ($\leq 1\,600$ mBq.kg $^{-1}$ sec).

- *Mollusques et arthropodes*

Le ^{40}K domine la radioactivité naturelle quantifiée au sein des moules et des araignées de mer (54 ± 5 à 76 ± 8 Bq.kg $^{-1}$ frais). Des traces de ^7Be ($0,30 \pm 0,05$ à $1,35 \pm 0,43$ Bq.kg $^{-1}$ frais) et des descendants de la famille du ^{232}Th ($0,11 \pm 0,04$ à $0,98 \pm 0,21$ Bq.kg $^{-1}$ frais) et de ^{238}U ($0,20 \pm 0,03$ à $1,73 \pm 0,35$ Bq.kg $^{-1}$ frais) sont également quantifiés au sein de ces échantillons.

Le ^{137}Cs , radioélément d'origine artificielle, est quantifié à l'état de traces au sein des moules (19 ± 3 et 29 ± 8 mBq.kg $^{-1}$ frais), ainsi que des arthropodes prélevés en champ proche (44 ± 27 mBq.kg $^{-1}$ frais). Du ^{60}Co (32 ± 12 mBq.kg $^{-1}$ frais) est également quantifié à l'état de traces dans les moules de la Jetée des Huttes.

- *Poissons*

Au sein des poissons, la radioactivité d'origine naturelle quantifiée est uniquement attribuable au ^{40}K (119 ± 12 à 139 ± 14 Bq.kg $^{-1}$ frais).

La radioactivité d'origine artificielle quantifiée est uniquement due au ^{137}Cs (73 ± 9 à 117 ± 13 mBq.kg $^{-1}$ frais).

7.5.3.2.3. Résultats de mesure du tritium

Les activités en tritium libre (HTO) sont quantifiées dans les moules à raison de $3,7 \pm 0,5$ Bq.kg $^{-1}$ frais ($4,9 \pm 0,7$ Bq.L $^{-1}$ ED) et $5,4 \pm 0,6$ Bq.kg $^{-1}$ frais ($6,4 \pm 0,7$ Bq.L $^{-1}$ ED ; tableau 7.5.20 page 231).

L'activité en tritium organiquement lié (TOL) quantifiée au sein des moules est de $0,38 \pm 0,03$ Bq.kg $^{-1}$ frais ($4,3 \pm 0,4$ Bq.L $^{-1}$ EC ; en champ proche) et $0,65 \pm 0,11$ Bq.kg $^{-1}$ frais

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 190/244 -

($4,3 \pm 0,7$ Bq.L⁻¹ EC ; en champ lointain) ; de $0,85 \pm 0,15$ ($6,4 \pm 1,1$ Bq.L⁻¹ EC) dans les araignées de mer en champ proche ; de $0,69 \pm 0,10$ et $0,90 \pm 0,12$ Bq.kg⁻¹ frais ($5,3 \pm 0,7$ et $6,0 \pm 0,7$ Bq.L⁻¹ EC) dans les poissons en champ proche ; et de $0,39 \pm 0,03$ Bq.kg⁻¹ frais ($1,8 \pm 0,1$ Bq.L⁻¹ EC) dans les poissons du Centre Aquacole (tableau 7.5.21 page 231).

7.5.3.2.4. Résultats de mesure du ¹⁴C

Les niveaux d'activité en ¹⁴C dans les moules de la Jetée des Huttes (en champ proche) et du Cap Gris-Nez (en champ lointain) sont respectivement de $22,3 \pm 1,4$ et $36,7 \pm 2,3$ Bq.kg⁻¹ frais (390 ± 24 et 337 ± 21 Bq.kg⁻¹ C ; pMC de 171 ± 11 et 147 ± 9 %). Dans les poissons, l'activité en ¹⁴C est de $37,9 \pm 1,9$ Bq.kg⁻¹ frais (239 ± 12 Bq.kg⁻¹ C ; pMC de 105 ± 5 % pour les bars de la Ferme Aquacole), de $32,7 \pm 1,6$ Bq.kg⁻¹ frais (356 ± 17 Bq.kg⁻¹ C ; pMC de 156 ± 7 %) pour les mulets pêchés au large du C.N.P.E., et de $51,6 \pm 2,5$ Bq.kg⁻¹ frais (477 ± 23 Bq.kg⁻¹ C ; pMC de 207 ± 10 %) pour les flets pêchés au large du C.N.P.E. (tableau 7.5.22 page 232).

7.5.3.3. Bilan annuel et comparaison avec les résultats des études radioécologiques antérieures

En 2017, la radioactivité d'origine naturelle détectée dans les matrices marines environnant le C.N.P.E. de Gravelines est qualitativement et quantitativement du même ordre de grandeur que celle mesurée lors des études antérieures. Le ⁴⁰K est le radionucléide prépondérant en termes d'activité. Les activités en ⁴⁰K dans les poissons sont conformes aux valeurs attendues pour ces animaux dont la teneur en potassium est physiologiquement régulée (activité massique toujours proche de 100 Bq.kg⁻¹ frais). Le ⁷Be est quantifié dans les matrices régulièrement émergées lors du cycle de marée, les sédiments (à l'exception des sédiments grossiers de la de la Jetée des Huttes et du Cap-Gris-Nez), les algues, les moules ; à des teneurs plus élevées dans les algues du fait de leur capacité à capter les aérosols. Il l'est aussi à l'état de traces dans les arthropodes.

Le ¹³⁷Cs et le ⁶⁰Co sont les seuls radionucléides d'origine artificielle émetteurs gamma quantifiés (respectivement 14 et 6 fois sur 15 prélèvements totaux). Les niveaux d'activité de ces deux radionucléides artificiels sont faibles et du même ordre de grandeur que ceux mesurés au cours de la dernière décennie. L'¹³¹I ne présente pas, en 2017, d'activité supérieure au seuil de décision.

Les activités en tritium libre dans les moules, ainsi qu'en tritium organiquement lié dans les moules, les araignées de mer et les poissons, sont cohérentes au regard des niveaux d'activités mesurables dans l'eau de la Manche et de la Mer du Nord (de l'ordre de 5 Bq.L⁻¹, et comprises entre 3,7 et 5,9 Bq.L⁻¹ à distance de l'usine ORANO [40 et 45]), et témoignent d'un léger marquage par les rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Gravelines en champ proche pour les moules (tritium libre).

L'activité en ¹⁴C quantifiée au sein des poissons prélevés à la Ferme Aquacole est comparable au bruit de fond (bruit de fond en ¹⁴C d'origine naturelle et anthropique dans les matrices biologiques collectées en entrée de Manche de 240 ± 2 Bq.kg⁻¹ C d'après [39]). Les activités en ¹⁴C quantifiées au sein des moules échantillonnées en champ proche et lointain des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Gravelines, et au sein des poissons en champ proche, sont quant à elles supérieures à ce bruit de fond, mais cohérentes avec les valeurs moyennes enregistrées par le passé du fait du marquage global par la présence des CNPE de la Manche et de l'usine ORANO La Hague. Ce marquage en ¹⁴C est plus prononcé au voisinage du point des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Gravelines pour les mollusques (moules).

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 191/244 -

7.5.4. État radioécologique de l'environnement du C.N.P.E. et son évolution depuis la mise en service industrielle.

Les niveaux d'activités des radionucléides naturels détectés en 2017 dans l'environnement du C.N.P.E. de Gravelines sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés depuis l'instauration des suivis radioécologiques. Le ^{40}K est le radionucléide d'origine naturelle prépondérant dans tous les échantillons.

Dans le milieu terrestre, la radioactivité gamma d'origine artificielle résulte essentiellement des retombées globales des essais d'armes nucléaires atmosphériques et en moindre proportion de celles de l'accident de Tchernobyl⁶. Du fait de la décroissance radioactive du ^{137}Cs , la fréquence de détection de cet isotope est plus faible qu'au cours de la décennie 1990-2000. Les traces de ^{137}Cs quantifiées dans les produits de consommation humaine (salade) sont très faibles. Le ^{60}Co , quantifié à l'état de traces dans l'herbe prélevée à proximité du C.N.P.E., à faible distance de la mer, peut être imputable à un apport atmosphérique *via* les embruns et aérosols marins [38] marqués par les rejets du C.N.P.E. de Gravelines et de l'usine ORANO La Hague (ces derniers étant environ 100 fois plus importants que ceux du C.N.P.E.). Les activités en tritium libre ne mettent pas en évidence de marquage lié aux rejets d'effluents à l'atmosphère du C.N.P.E. dans les denrées consommées (salade, lait et eau de boisson), mais témoignent d'un apport local pour le tritium organiquement lié dans l'herbe échantillonnée à proximité du C.N.P.E. L'activité en ^{14}C dans l'herbe échantillonnée à proximité immédiate du C.N.P.E. de Gravelines est significativement supérieure au bruit de fond moyen sur le territoire français hors influence industrielle (proche de $230 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ en 2017 d'après [40 et 42]). Au vu des résultats obtenus dans le cadre du suivi radioécologique 2017, il apparaît que les rejets d'effluents à l'atmosphère du C.N.P.E. de Gravelines ne donnent pas lieu à un marquage mesurable de l'environnement terrestre du site, si ce n'est pour le ^{14}C à proximité immédiate du site.

En 2017, le marquage par les radionucléides artificiels émetteurs gamma de l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines est faible et concerne essentiellement le ^{137}Cs et, dans une moindre mesure, le ^{60}Co . Le ^{137}Cs trouve son origine dans la rémanence des retombées atmosphériques globales ainsi que dans les rejets d'effluents liquides de l'usine ORANO La Hague et du C.N.P.E. de Gravelines. Le ^{60}Co provient des apports des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. mais aussi et surtout de ceux de l'usine ORANO La Hague. L' ^{131}I , recherché dans les algues, ne présente pas d'activité supérieure au seuil de décision. L'activité en tritium libre et lié dans les différentes matrices est cohérente au regard des niveaux d'activités mesurables dans l'eau de la Manche et de la Mer du Nord ($\sim 5 \text{ Bq.L}^{-1}$ [39]) et majoritairement imputables à la dispersion des rejets d'effluents liquides de l'usine de traitement du combustible usé ORANO La Hague (12 300 TBq rejetés par ORANO La Hague en 2017, à comparer aux 66 TBq/an rejetés en moyenne par le C.N.P.E. de Gravelines [46]), avec toutefois un apport local probable en champ proche pour le tritium libre dans les moules. Les activités en ^{14}C quantifiées dans les moules en champ lointain (Cap Gris-Nez) et en champ proche (Jetée des Huttes) des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Gravelines, ainsi que dans les poissons prélevés au large du C.N.P.E., sont supérieures au bruit de fond en entrée de Manche. Ce marquage en ^{14}C est plus prononcé au voisinage du point des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Gravelines pour les mollusques (moules).

⁶ Les retombées consécutives à l'accident de Fukushima Daiichi (2011) n'ont eu qu'un impact fugace.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 192/244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 193/244 -

FIGURES

- Figure 7.5.1** - Localisation générale du C.N.P.E. de Gravelines et des stations terrestres et marines échantillonnées dans le cadre du suivi radioécologique 2017. 195
- Figure 7.5.2** - Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Gravelines. 197
- Figure 7.5.3** - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des **sols** (cultivés et non cultivés), **végétaux cultivés** (herbe et légumes) et **indicateurs végétaux** (mousses) échantillonnés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines. 199
- Figure 7.5.4** - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des **sédiments** et des **algues** échantillonnés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines. 201
- Figure 7.5.5** - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des **mollusques et arthropodes** et des **poissons** échantillonnés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines. 203

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 194/244 -

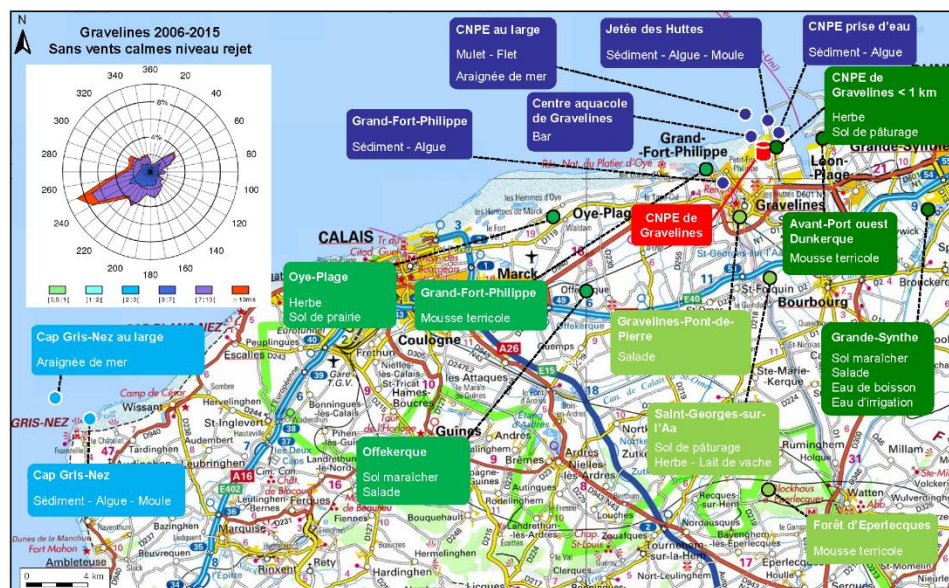


Figure 7.5.1 - Localisation générale du C.N.P.E. de Gravelines et des stations terrestres et marines échantillonnées dans le cadre du suivi radioécologique 2017.

* en vert clair : stations hors vents dominants ; en vert moyen : stations sous les vents dominants secondaires ; en vert foncé : stations sous les vents dominants principaux. ** en bleu clair : station en champ lointain ; en bleu foncé : station en champ proche.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017*

- 197/244 -

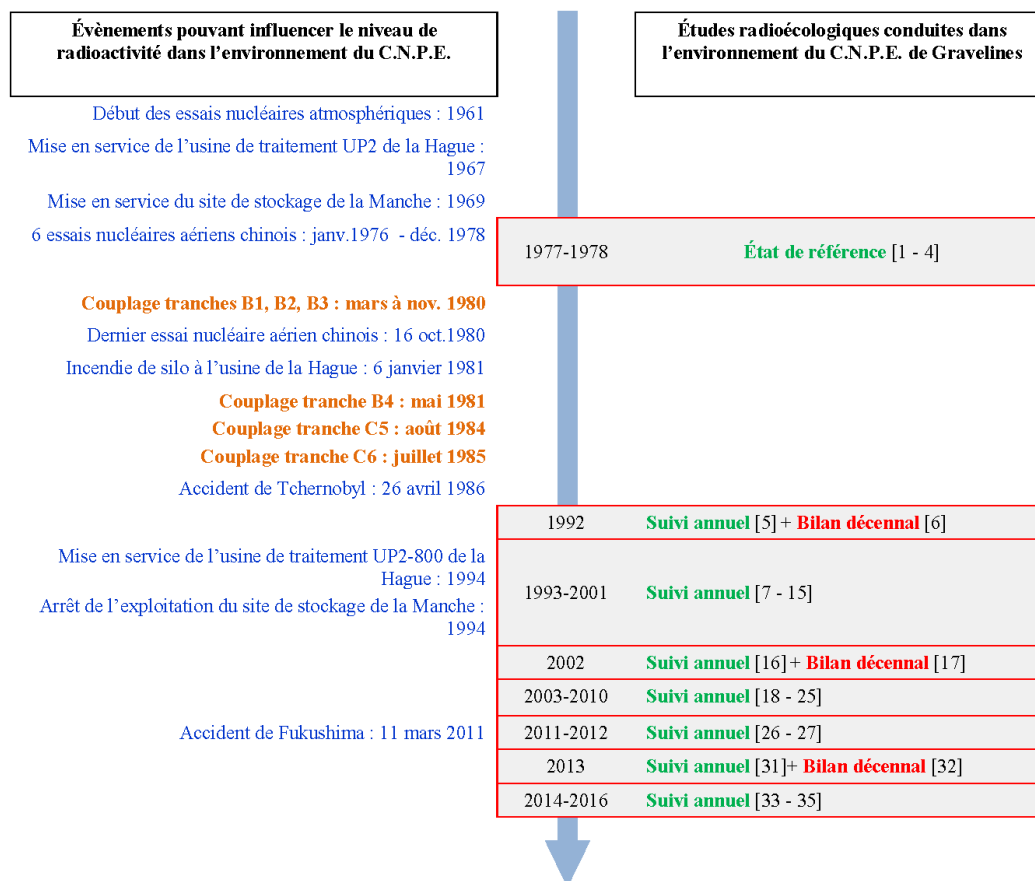


Figure 7.5.2 - Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Gravelines.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017*

- 198/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

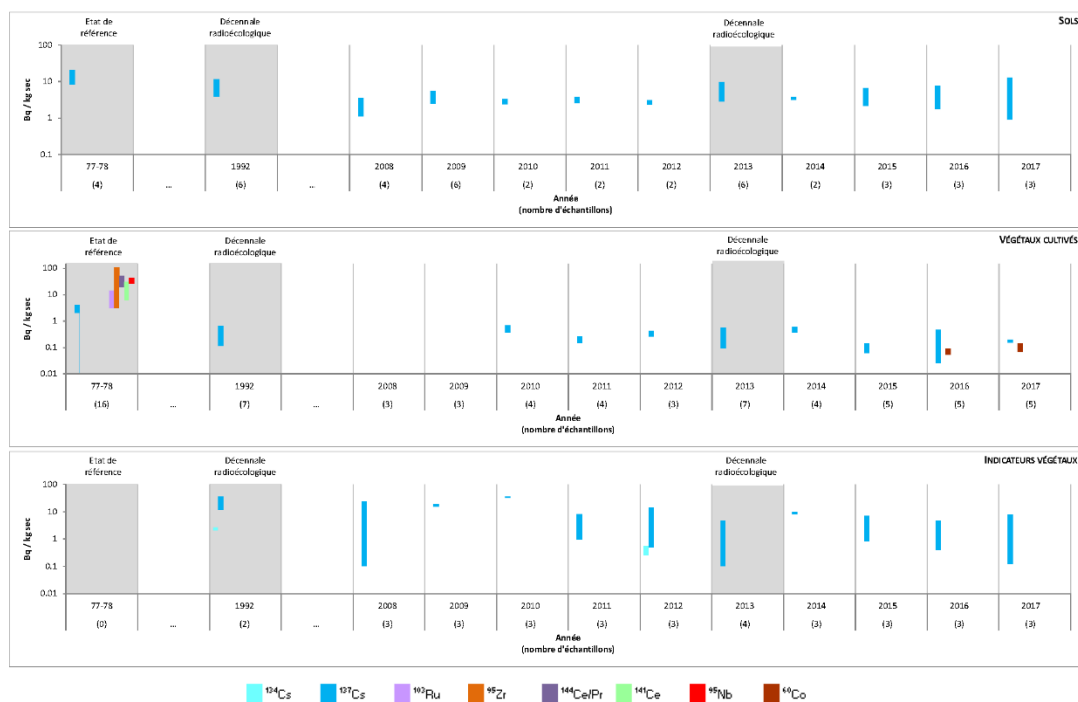


Figure 7.5.3 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des sols (cultivés et non cultivés), végétaux cultivés (herbe et légumes) et indicateurs végétaux (mousses) échantillonnés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines.

Suivi radiocécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 199/244 -

Suivi radiocécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 200/244 -

Rapport RT/SE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Rapport RT/SE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Suivi radiocécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017

- 2012/44 -

Suivi radiocécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français – Année 2017

- 2012/44 -

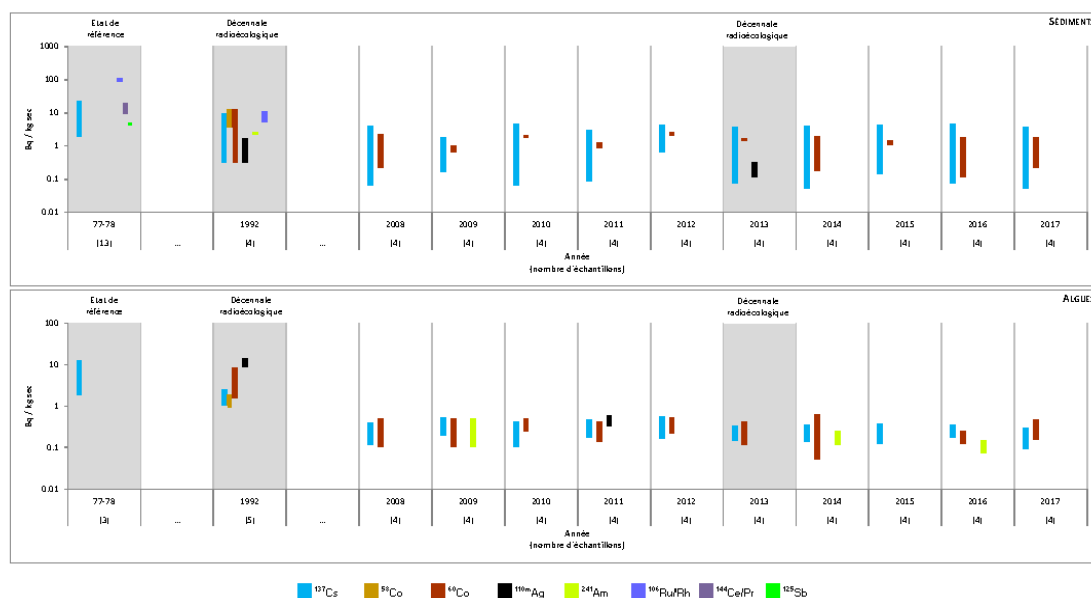


Figure 7.5.4 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des sédiments et des algues échantillonnés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines.

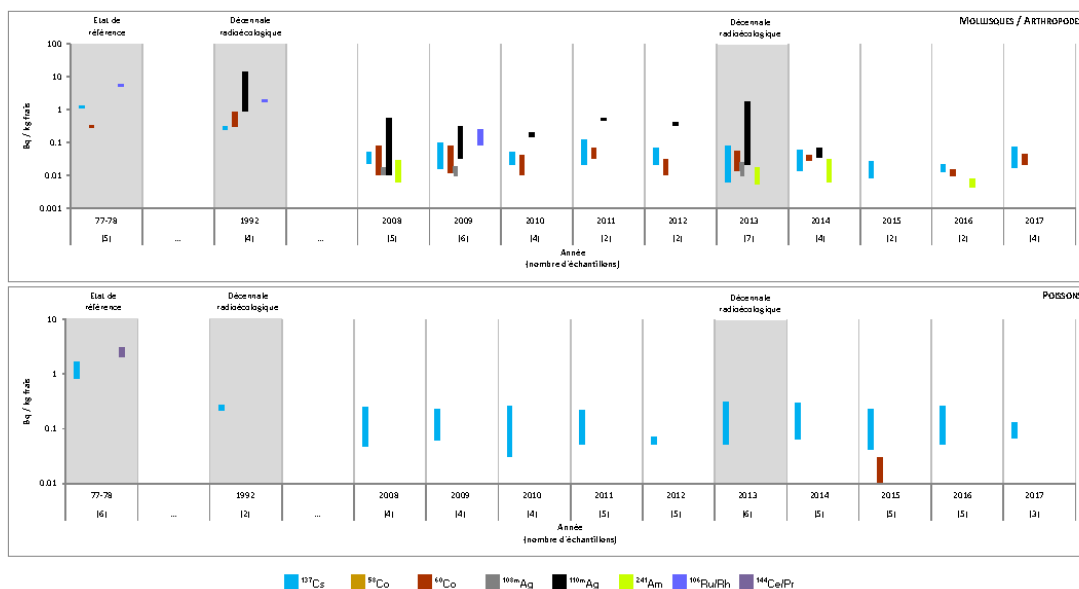


Figure 7.5.5 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à maximales) des principaux radionucléides artificiels détectés par spectrométrie γ au sein des mollusques et arthropodes et des poissons échantillonnés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 204/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 205/244 -

TABLEAUX

Tableau 7.5.1 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	207
Tableau 7.5.2 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	208
Tableau 7.5.3 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein des échantillons de végétaux cultivés (herbe et légumes) collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	209
Tableau 7.5.4 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	210
Tableau 7.5.5 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein des échantillons d'eau collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	211
Tableau 7.5.6 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.	212
Tableau 7.5.7 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sol collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.	215
Tableau 7.5.8 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).	216
Tableau 7.5.9 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).	217
Tableau 7.5.10 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.	218
Tableau 7.5.11 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.	218
Tableau 7.5.12 - Activités en ^{14}C mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.	219
Tableau 7.5.13 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein des échantillons de sédiments collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	220
Tableau 7.5.14 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein des échantillons d'algues collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	221

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 206/244 -

Tableau 7.5.15 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein des échantillons de poissons (muscle), mollusques et arthropodes collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.	223
Tableau 7.5.16 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.....	225
Tableau 7.5.17 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiment collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.....	228
Tableau 7.5.18 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sédiments et les algues, $Bq.kg^{-1} frais$ pour les mollusques et les poissons).	229
Tableau 7.5.19 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017 ($mBq.kg^{-1} sec$ pour les sédiments et les algues, $mBq.kg^{-1} frais$ pour les mollusques et les poissons).	230
Tableau 7.5.20 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons prélevés dans l'environnement marin du site de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.....	231
Tableau 7.5.21 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons prélevés dans l'environnement marin du site de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.	231
Tableau 7.5.22 - Activités en ^{14}C mesurées au sein des échantillons de mollusques et poissons collectés dans l'environnement marin du site de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.	232

Rapport RT/SE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Tableau 7.5.1 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	11 et 11,6 km	11 et 11,6 km	11 et 11,6 km	11 et 11,6 km	11 et 11,6 km	11 et 11,6 km	6,0 à 17,7 km	11,6 et 13 km	6,0 à 13 km	6,0 à 13 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹ sec)										
⁴⁰ K	240-370 (5/5)	270-380 (4/4)	200-380 (6/6)	265-380 (2/2)	270-346 (2/2)	254-333 (3/3)	224-490 (10/10)	380-390 (2/2)	340-350 (3/3)	159-338 (3/3)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	9-22 (5/5)	11-19 (4/4)	8-23 (6/6)	11-20 (2/2)	13-20 (2/2)	11-19 (3/3)	9-32 (10/10)	20-24 (2/2)	17,7-21,3 (3/3)	3,9-18,6 (3/3)
Famille de l' ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	19-30 (2/5)	15-22 (3/4)	15-30 (3/6)	-	-	23 (1/3)	21-39 (4/10)	14-17 (2/2)	23-27 (3/3)	10-16 (2/3)
⁷ Be	-	3-4 (3/4)	3-5 (3/6)	-	-	-	3,4-4,4 (2/10)	-	-	-
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,5-5,1 (5/5)	1,3-3,2 (4/4)	2,7-5,0 (6/6)	2,8-3,0 (2/2)	2,8-3,4 (2/2)	2,5-5,1 (3/3)	2,4-8,7 (10/10)	3,4-3,5 (2/2)	2,3-5,9 (3/3)	1,9-7,1 (3/3)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ C)										
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,1-3,2 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.
³ H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,4-2,3 (4/4)	n.a.	n.a.	n.a.
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	211-240 (4/4)	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

Rapport RT/SE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Tableau 7.5.2 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	2,7 à 19 km	2,7 à 19 km	2,7 à 19 km	2,7 à 19 km	2,7 à 19 km	2,7 à 19 km	2,7 à 19 km	2,7 à 19 km	2,7 à 19 km	2,7 à 19 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg⁻¹ sec)										
⁴⁰ K	160-300 (3/3)	170-460 (3/3)	170-290 (3/3)	265-1200 (3/3)	119-321 (3/3)	212-356 (3/3)	120-204 (3/3)	142-400 (3/3)	119-298 (3/3)	155-309 (3/3)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	7 (1/4)	9 (1/3)	3 (2/3)	5-26 (3/3)	-	3,1-9,7 (3/3)	2,4-5,0 (2/3)	3,7-7,0 (3/3)	1,9-2,6 (2/3)	2,6-6,6 (2/3)
Famille de l' ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	-	-	-	-	-	-	1,7-4,5 (3/3)	-	-	-
⁷ Be	340-640 (3/3)	600-680 (3/3)	210-450 (3/3)	674-2175 (3/3)	176-480 (3/3)	365-725 (3/3)	202-390 (3/3)	336-820 (3/3)	307-431 (3/3)	458-830 (3/3)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	0,6 (1/3)	0,05-0,15 (2/3)	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,8-24 (2/3)	0,6-21 (3/3)	17 (1/3)	34 (1/3)	1,7-3,0 (2/3)	1,2-12,6 (3/3)	0,8-3,7 (3/3)	8,7 (1/3)	1,5-6,3 (2/3)	0,4-4,1 (2/3)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³¹ I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 207/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 208/244 -

Tableau 7.5.3 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein des échantillons de végétaux cultivés (herbe et légumes) collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Distance au site	11 à 11,6 km		11 et 11,6 km		11 et 11,6 km		5 à 11,6 km		6,0 à 17,7 km		11,6 et 13 km		11,6 et 13 km 3,5 à 13 km		1,2 et 6,0 km 3,5 à 13 km	
Nature	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade	herbe	salade
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg ⁻¹ sec)																
⁴⁰ K	880-1100 (2/2)	2100-2200 (3/3)	698-947 (2/2)	1705-1807 (2/2)	742-798 (2/2)	1514-1727 (2/2)	514-969 (2/2)	1518-1864 (3/3)	740-990 (3/3)	1620-2530 (3/3)	460-830 (2/2)	1670-1750 (2/2)	760-1550 (2/2)	1410-3200 (3/3)	225-380 (2/2)	1630-2340 (3/3)
Famille du ²³² Th :																
²²⁸ Ac	1,4-1,7 (2/2)	-	1,2-2,6 (2/2)	2,2-2,5 (2/2)	1,7-2,8 (2/2)	1,6 (1/2)	0,9-1,4 (2/2)	0,9-1,4 (3/3)	2,2-2,9 (2/3)	2,2 (1/3)	3,2 (1/2)	1,0-3,0 (2/2)	1,8-3,2 (2/2)	1,1-1,9 (3/3)	0,7 (2/2)	0,8-1,2 (3/3)
Famille de ²³⁸ U :																
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,1 (1/3)	-	2,2 (1/2)	-	0,9-2,1 (3/3)	-	-
²¹⁰ Pb	4,1-5,6 (2/2)	5 (1/3)	15,7-15,9 (2/2)	9-14 (2/2)	7,2-13,8 (2/2)	2,8-4,9 (2/2)	6,4-12,2 (2/2)	4,7-8,0 (3/3)	14,8-20,5 (3/3)	14-16 (3/3)	12,9-38,0 (2/2)	6,1-11,8 (2/2)	19,1-23,3 (2/2)	8,9-17,6 (3/3)	13,4-26,6 (2/2)	5,1-8,7 (3/3)
⁷ Be	77-101 (2/2)	24-63 (3/3)	194-231 (2/2)	129-176 (2/2)	105-155 (2/2)	29-44 (2/2)	84-146 (2/2)	39-93 (3/3)	144-229 (3/3)	117-159 (3/3)	135-360 (2/2)	74-155 (2/2)	253-350 (2/2)	96-255 (3/3)	154 (2/2)	74-179 (3/3)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ sec)																
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	-	-	-	0,5 (1/2)	-	0,2 (1/2)	-	0,18-0,34 (2/3)	-	0,2-0,5 (2/3)	-	0,48 (1/2)	-	0,1-0,5 (3/3)	0,04-0,29 (2/2)	0,1-0,4 (3/3)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,072 (1/2)	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/ ¹⁰⁶ Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs β (³ H libre : Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation, ³ H lié : Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴ C : Bq.kg ⁻¹ C)																
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,6 (2/2)	1,0-1,8 (2/2)	n.a.	n.a.	1,6 (1/1)	1,2 (1/1)	6,7 (1/1)	1,6 (1/1)
³ H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,7-2,1 (3/3)	2,4-2,7 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	1,3 (1/1)	n.a.	1,6 (1/1)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	229 (1/1)	n.a.	232 (1/1)	n.a.	229-334 (3/3)	229-231 (2/2)	227 (1/1)	n.a.	271 (1/1)	224-229 (3/3)	272 (1/1)	228-233 (3/3)

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Tableau 7.5.4 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein d'échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	11,6 et 12 km	9,3 km et 11,6 km	9,3 km et 11,6 km	11,6 km	-	11,6 km	11,6 à 17,7 km	11,6 km	6,0 km	6,0 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.L ⁻¹)										
⁴⁰ K	42-56 (2/2)	53-62 (2/2)	43-51 (2/2)	32 (1/1)	n.a.	46 (1/1)	42-51 (3/3)	46 (1/1)	n.a.	46 (1/1)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	n.a.	-
Famille de ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	n.a.	-
²¹⁰ Pb	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	n.a.	-
⁷ Be	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	n.a.	-
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.L ⁻¹)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	n.a.	-
¹³⁷ Cs	-	-	0,01 (1/2)	-	n.a.	-	-	0,0077 (1/1)	n.a.	-
⁵⁷ Co	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	n.a.	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	n.a.	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	n.a.	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	n.a.	-
¹⁰⁶ Ru/ ¹⁰⁶ Rh	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	n.a.	-
²⁴¹ Am	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	n.a.	-
Émetteurs β (³ H libre : Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation, ³ H lié : Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴ C : Bq.kg ⁻¹ C)										
³ H libre	1,0-1,6 (2/2)	0,9 (1/1)	0,9 (1/2)	-	n.a.	0,9 (1/1)	0,7-0,8 (2/2)	-	n.a.	-
³ H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,8 (1/1)	0,9-2,1 (2/2)	1,0 (1/1)	n.a.	1,5 (1/1)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	233-235 (2/2)	n.a.	230 (1/1)	n.a.

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé. Nota bene : l'indisponibilité de la ressource en 2011 et en 2015 ne nous a pas permis d'échantillonner le lait habituellement collecté à la ferme de Loon-Plage.

Rapport RT/PSF-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Tableau 7.5.5 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein des échantillons d'eau collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	11,6 km	11,6 km	11,6 km	11,6 km	11,6 km	11,6 km	11,6 km	11,6 km	11,6 km	11,6 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.L⁻¹)										
⁴⁰ K	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Famille de ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
²¹⁰ Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁷ Be	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.L⁻¹)										
¹³⁴ Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
¹³⁷ Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁵⁷ Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁵⁸ Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁶⁰ Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
^{110m} Ag	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
¹⁰⁶ Ru/ ¹⁰⁶ Rh	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
²⁴¹ Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ C)										
³ H libre	-	-	1,0 (1/2)	-	-	0,7 (1/2)	0,9 (1/1)	0,7 (1/2)	0,9 (1/2)	-
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	165 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.

- : inférieur au seuil de décision ; n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 211/244 -

Rapport RT/PSF-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Tableau 7.5.6 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WCS 84	Latitude WCS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
1,2 km NE	C.N.P.E. Gravelines < 1 km	2,14813	51,02063	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/08/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,06	-
1,2 km NE	C.N.P.E. Gravelines < 1 km	2,14813	51,02063	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/08/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,06	-
1,2 km NE	C.N.P.E. Gravelines < 1 km	2,14813	51,02063	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/08/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,08	-
1,2 km NE	C.N.P.E. Gravelines < 1 km	2,14813	51,02063	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	22/08/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,74	15,72
1,2 km NE	C.N.P.E. Gravelines < 1 km	2,14813	51,02063	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	22/08/2017	Tritium libre (liquide)	1,70	-
1,2 km NE	C.N.P.E. Gravelines < 1 km	2,14813	51,02063	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	22/08/2017	Tritium lié (sec)	1,70	-
1,2 km NE	C.N.P.E. Gravelines < 1 km	2,14813	51,02063	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	22/08/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	1,70	-
1,2 km NE	C.N.P.E. Gravelines < 1 km	2,14813	51,02063	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	22/08/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,70	-
2,7 km OSO	Grand-Fort-Philippe	2,09717	51,00463	Mousses terricoles	Mousse <i>Eurhynchium sp.</i>	Entier	17/01/2018	Spectrométrie gamma - ¹³¹ I (frais)	1,13	-
3,5 km S	Gravelines-Pont-de-Pierre	2,13421	50,98239	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Entier	21/08/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	15,77	5,24
3,5 km S	Gravelines-Pont-de-Pierre	2,13421	50,98239	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Entier	21/08/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	13,81	-
3,5 km S	Gravelines-Pont-de-Pierre	2,13421	50,98239	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Entier	21/08/2017	Archivage (sec)	13,81	-
4,4 km O	Avant-Port ouest Dunkerque	2,19922	51,02141	Mousses terricoles	Mousse <i>Tortula ruralis</i>	Entier	16/01/2017	Spectrométrie gamma - ¹³¹ I (frais)	1,11	-

- : absence de traitement.

Dans les tableaux des pages suivantes, pour le milieu terrestre (hors eau de boisson et d'irrigation) :

Prélèvements hors vents dominants de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants secondaires de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants principaux de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants de l'installation mais alimenté par une nappe phréatique située hors influence de l'installation

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 212/244 -

Rapport RT/PSF-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Tableau 7.5.6 (suite) - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
6,0 km OSO	Oye-Plage	2,05488	50,99683	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/08/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,10	-
6,0 km OSO	Oye-Plage	2,05488	50,99683	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/08/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,10	-
6,0 km OSO	Oye-Plage	2,05488	50,99683	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/08/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,12	-
6,0 km OSO	Oye-Plage	2,05488	50,99683	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	22/08/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	2,58	13,31
6,0 km OSO	Oye-Plage	2,05488	50,99683	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	22/08/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	2,44	-
6,0 km S	Saint-Georges-sur-l' Aa	2,13835	50,95207	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/08/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,20	-
6,0 km S	Saint-Georges-sur-l' Aa	2,13835	50,95207	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/08/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,21	-
6,0 km S	Saint-Georges-sur-l' Aa	2,13835	50,95207	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/08/2017	Archivage (sec)	1,20	-
6,0 km S	Saint-Georges-sur-l' Aa	2,13835	50,95207	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	22/08/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	4,76	-
6,0 km S	Saint-Georges-sur-l' Aa	2,13835	50,95207	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	22/08/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	8,10	15,47
6,0 km S	Saint-Georges-sur-l' Aa	2,13835	50,95207	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	22/08/2017	Tritium libre (liquide)	7,59	-
6,0 km S	Saint-Georges-sur-l' Aa	2,13835	50,95207	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	22/08/2017	Tritium lié (sec)	7,59	-
6,0 km S	Saint-Georges-sur-l' Aa	2,13835	50,95207	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	22/08/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	7,59	-

- : absence de traitement.

Rapport RT/PSF-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Tableau 7.5.6 (suite) - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
9,5 km ESE	Grande-Synthe	2,27139	51,00894	Sols cultivés	Sol maraîcher (culture ou jardin) 0-20 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/08/2017	Archivage (sec)	-	-
9,5 km ESE	Grande-Synthe	2,27139	51,00894	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	22/08/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	25,29	4,53
9,5 km ESE	Grande-Synthe	2,27139	51,00894	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	22/08/2017	Tritium libre (liquide)	24,86	-
9,5 km ESE	Grande-Synthe	2,27139	51,00894	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	22/08/2017	Tritium lié (sec)	24,86	-
9,5 km ESE	Grande-Synthe	2,27139	51,00894	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	22/08/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	24,86	-
9,5 km ESE	Grande-Synthe	2,27139	51,00894	Eau douce	Eau de boisson	Eau filtrée à 0,22 µm	22/08/2017	Tritium libre (liquide)	-	-
9,5 km ESE	Grande-Synthe	2,27139	51,00894	Eau douce	Eau d'irrigation	Eau filtrée à 0,22 µm	22/08/2017	Tritium libre (liquide)	-	-
13 km SO	Offekerque	2,01705	50,94702	Sols cultivés	Sol maraîcher (culture ou jardin) 0-20 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/08/2017	Archivage (sec)	-	-
13 km SO	Offekerque	2,01705	50,94702	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	22/08/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	14,94	7,38
13 km SO	Offekerque	2,01705	50,94702	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	22/08/2017	¹⁴ C + C stable + ¹³ C/ ¹² C (sec)	15,14	-
19 km S	Forêt d'Eperlecques	2,14247	50,83386	Mousses terrioles	Mousse <i>Polytrichum sp.</i>	Entier	17/01/2017	Spectrométrie gamma + ¹³¹ I (frais)	1,10	-

- : absence de traitement.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 215/244 -

Tableau 7.5.7 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sol collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	Fractions	%
C.N.P.E. Gravelines < 1 km	22/08/2017	Sols non cultivés	Sols de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	02/01/2018	sec	1,06	Matière organique	1,23
								Argile (< 2µm)	6,10
								Limons fins	2,00
								Limons grossiers	2,30
								Sables fins	34,50
								Sables grossiers	55,10
Oye-Plage	22/08/2017	Sols non cultivés	Sols de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	02/01/2018	sec	1,10	Matière organique	5,99
								Argile (< 2µm)	6,80
								Limons fins	0,70
								Limons grossiers	0,90
								Sables fins	5,60
								Sables grossiers	86,00

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Tableau 7.5.8 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1}$ sec pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	⁴⁰ K	Famille du ²³² Th	Famille de ²³⁸ U				¹⁰ Be
									²²⁸ Ac	²³² Th	^{234m} Pa	²¹⁴ Pb		
C.N.P.E. Gravelines < 1 km	22/08/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/11/2017	sec	1,06	234±21	8,9±1,2	n.a.	≤ 12	n.a.	≤ 2,0	
Oye-Plage	22/08/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/11/2017	sec	1,10	164±15	4,2±0,6	n.a.	≤ 10	n.a.	≤ 2,2	
Saint-Georges-sur- l'Aa	22/08/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/11/2017	sec	1,20	350±30	19,6±2,4	n.a.	18±8	n.a.	≤ 2,5	
Grande-Synthe	22/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	23/11/2017	condres	25,29	2 310±220	≤ 0,7	≤ 1,9	≤ 23	4,0±1,1	94±9	
Offekerque	22/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	27/09/2017	condres	14,94	1 370±130	≤ 0,5	≤ 1,1	≤ 18	4,2±0,8	86±8	
Gravelines-Pont- de-Pierre	21/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	27/11/2017	condres	15,77	1 700±160	≤ 0,5	≤ 1,2	≤ 18	6,2±1,0	99±10	
C.N.P.E. Gravelines < 1 km	22/08/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	27/09/2017	condres	1,74	182±18	0,76±0,16	≤ 0,48	≤ 5	75,0±7,0	324±29	
Oye-Plage	22/08/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	08/12/2017	condres	2,58	462±45	0,96±0,15	≤ 0,37	≤ 5	27,8±2,6	249±22	
Avant-Port ouest Dunkerque	16/01/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Tortula ruralis</i>	Entier	20/01/2017	frais	1,11	161±12	3,0±1,4	n.a.	≤ 33	n.a.	438±25	
Grand-Fort- Philippe	17/01/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Eurhynchium sp.</i>	Entier	20/01/2017	frais	1,13	371±16	3,3±1,9	n.a.	≤ 34	n.a.	281±16	
Forêt d'Eperlecques	17/01/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Polytrichum sp.</i>	Entier	19/01/2017	frais	1,10	187±17	≤ 2,2	n.a.	≤ 60	n.a.	230±15	
Saint-Georges-sur- l'Aa	22/08/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	02/10/2017	condres	8,10	48,6±4,7	≤ 0,024	≤ 0,06	≤ 0,8	≤ 0,07	≤ 0,05	

n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 21/6244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Tableau 7.5.9 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1}$ sec pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{60}Co	^{110m}Ag	^{54}Mn	^{131}I
C.N.P.E. Gravelines < 1 km	22/08/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/11/2017	sec	1,06	≤ 0,09	0,99±0,12	≤ 0,22	≤ 0,12	≤ 0,13	≤ 0,12	n.a.
Oye-Plage	22/08/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/11/2017	sec	1,10	≤ 0,09	11,50±0,90	≤ 0,16	≤ 0,09	≤ 0,12	≤ 0,09	n.a.
Saint-Georges-sur-l'Aa	22/08/2017	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0-5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	22/11/2017	sec	1,20	≤ 0,11	1,53±0,17	≤ 0,25	≤ 0,13	≤ 0,15	≤ 0,15	n.a.
Grande-Synthe	22/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	23/11/2017	condres	25,29	≤ 0,15	≤ 0,14	≤ 0,38	≤ 0,22	≤ 0,23	≤ 0,19	n.a.
Offekerque	22/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	27/09/2017	condres	14,94	≤ 0,10	≤ 0,11	≤ 0,16	≤ 0,17	≤ 0,15	≤ 0,13	n.a.
Gravelines-Pont-de-Pierre	21/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	27/11/2017	condres	15,77	≤ 0,11	≤ 0,14	≤ 0,30	≤ 0,18	≤ 0,18	≤ 0,14	n.a.
C.N.P.E. Gravelines < 1 km	22/08/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	27/09/2017	condres	1,74	≤ 0,034	≤ 0,042	≤ 0,05	0,105±0,039	≤ 0,05	≤ 0,038	n.a.
Oye-Plage	22/08/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	08/12/2017	condres	2,58	≤ 0,031	0,174±0,025	≤ 0,10	≤ 0,049	≤ 0,049	≤ 0,042	n.a.
Avant-Port ouest Dunkerque	16/01/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Tortula ruralis</i>	Entier	20/01/2017	frais	1,11	≤ 0,22	≤ 0,28	≤ 0,22	≤ 0,28	≤ 0,22	≤ 0,28	≤ 0,33
Grand-Fort-Philippe	17/01/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Eurhynchium sp.</i>	Entier	20/01/2017	frais	1,13	≤ 0,23	0,46±0,34	≤ 0,28	≤ 0,34	≤ 0,28	≤ 0,34	≤ 0,28
Forêt d'Eperlecques	17/01/2017	Mousses terricoles	Mousse <i>Polytrichum sp.</i>	Entier	19/01/2017	frais	1,10	≤ 0,39	6,50±0,90	≤ 0,44	≤ 0,60	≤ 0,39	≤ 0,50	≤ 0,39
Saint-Georges-sur-l'Aa	22/08/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	02/10/2017	condres	8,10	≤ 0,005	≤ 0,005	≤ 0,008	≤ 0,008	≤ 0,007	≤ 0,006	n.a.

n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 21/7244 -

Tableau 7.5.10 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/ sec	Date de mesure	³ H libre (Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation)	³ H libre (Bq.kg ⁻¹ frais ou Bq.L ⁻¹ d'ECH.)	Unité ³ H libre
C.N.P.E. Gravelines < 1 km	22/08/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	1,70	28/09/2017	1,9±0,6	0,78±0,25	Bq.kg ⁻¹ frais
Grande-Synthe	22/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	24,86	28/09/2017	1,4±0,6	1,30±0,60	Bq.kg ⁻¹ frais
Saint-Georges-sur-l'Aa	22/08/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	7,59	27/09/2017	1,0±0,5	0,89±0,48	Bq.L ⁻¹ d'ECH.
Grande-Synthe	22/08/2017	Eau douce	Eau de boisson	Eau filtrée à 0,22µm	-	09/10/2017	≤ 0,49	≤ 0,49	Bq.L ⁻¹ d'ECH.
Grande-Synthe	22/08/2017	Eau douce	Eau d'irrigation	Eau filtrée à 0,22µm	-	09/10/2017	0,80±0,50	0,80±0,50	Bq.L ⁻¹ d'ECH.

n.a. : non analysé.

Tableau 7.5.11 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/ sec	Date de mesure	TOL (Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg ⁻¹ frais ou Bq.L ⁻¹ d'ECH.)	Unité TOL
C.N.P.E. Gravelines < 1 km	22/08/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	1,70	20/11/2017	3,1±0,6	0,99±0,21	Bq.kg ⁻¹ frais
Grande-Synthe	22/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	24,86	03/12/2017	1,5±0,7	0,028±0,014	Bq.kg ⁻¹ frais
Saint-Georges-sur-l'Aa	22/08/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	7,59	20/11/2017	0,9±0,6	0,08±0,05	Bq.L ⁻¹ d'ECH.

n.a. : non analysé.

Tableau 7.5.12 - Activités en ¹⁴C mesurées au sein des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/sec	Date de mesure du ¹⁴ C	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ C)	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ frais)	C TOT. (g.kg ⁻¹ frais)	δ ¹³ C/δ ¹² C (‰)	pMC (‰)
C.N.P.E. Gravelines < 1 km	22/08/2017	Prairies	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	sec	1,70	09/03/2018	268,0±2,4	71,3±0,6	270	-27,43	119,2±1,1
Grande-Synthe	22/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	sec	24,86	12/03/2018	233±12	3,15±0,16	25	-27,05	104,0±5,0
Offekerque	22/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	sec	15,14	17/03/2018	233±11	5,49±0,28	14	-29,36	104,0±4,9
Gravelines-Pont-de-Pierre	21/08/2017	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Feuilles	sec	13,81	13/03/2018	234±12	6,04±0,31	26	-29,03	104,0±5,0
Saint-Georges-sur-l'Aa	22/08/2017	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	sec	7,59	17/03/2018	233±11	16,2±0,8	9,2	-19,88	102,0±4,8

Tableau 7.5.13 - Activités en radionucléides émetteurs γ au sein des échantillons de sédiments collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	1,6 à 41 km	1,6 à 41 km	1,6 à 41 km	1,6 à 41 km	1,6 à 41 km	1,6 à 41 km	1,0 à 41 km	1,0 à 41 km	1,7 à 41 km	1,7 à 41 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg ⁻¹ sec)										
⁴⁰ K	160-340 (4/4)	124-300 (4/4)	170-240 (4/4)	168-326 (4/4)	186-277 (4/4)	149-309 (4/4)	191-311 (4/4)	177-302 (4/4)	163-320 (4/4)	180-318 (4/4)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	4,3-18 (4/4)	4-15 (4/4)	4-9 (4/4)	4-17 (4/4)	4-15 (4/4)	4-16 (4/4)	4,1-17,0 (4/4)	3,5-16,3 (4/4)	3,5-17,7 (4/4)	3,3-15,2 (4/4)
Famille de l' ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	25-60 (2/4)	38 (1/4)	-	44 (1/4)	27 (1/4)	84 (1/4)	36 (1/4)	11-46 (2/4)	87 (1/4)	53 (1/4)
²¹⁰ Pb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁷ Be	6-51 (2/4)	2,5-50 (2/4)	3-10 (2/4)	2-44 (3/4)	34 (1/4)	1-31 (2/4)	45 (1/4)	1,8-53,0 (3/4)	1,1-51,0 (2/4)	3,7-68,0 (2/4)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,2-5,7 (4/4)	0,1-3,6 (3/4)	0,3-1,6 (3/4)	0,1-4,2 (4/4)	0,1-2,8 (4/4)	0,1-3,9 (4/4)	0,1-3,3 (4/4)	0,09-3,60 (4/4)	0,18-3,90 (2/4)	0,12-4,10 (4/4)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	0,3-5,4 (2/4)	0,3-1,9 (2/4)	0,8 (1/4)	1,9 (1/4)	1,0 (1/4)	2,3 (1/4)	1,5 (1/4)	0,3-1,7 (2/4)	1,2 (1/4)	0,2-1,6 (2/4)
^{110m} Ag	0,3 (1/4)	-	-	-	-	-	0,2 (1/4)	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs β (³ H libre : Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation, ³ H lié : Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴ C : Bq.kg ⁻¹ C)										
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,4-5,9 (4/4)	n.a.	n.a.	n.a.
³ H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	8,1 (1/4)	n.a.	n.a.	n.a.
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	305 (1/4)	n.a.	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision.

Tableau 7.5.14 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein des échantillons d'algues collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	1,6 à 41 km	1,6 à 41 km	1,6 à 41 km	1,6 à 41 km	1,6 à 41 km	1,6 à 41 km	1,0 à 41 km	1,0 à 41 km	1,7 à 41 km	1,7 à 41 km
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg ⁻¹ sec)										
⁴⁰ K	730-1040 (4/4)	1000-1100 (4/4)	1000-1200 (4/4)	1044-1295 (4/4)	1038-1240 (4/4)	1088-1223 (4/4)	1020-1240 (4/4)	1220-1320 (4/4)	1050-1270 (4/4)	1180-1370 (4/4)
Famille du ²³² Th :										
²²⁸ Ac	3,3-71 (4/4)	2,8-5 (4/4)	2,4-4,7 (4/4)	3,0-4,5 (4/4)	2,9-5,9 (4/4)	3,0-5,3 (4/4)	2,8-8,3 (4/4)	3,9-8,5 (4/4)	3,0-5,7 (4/4)	4,9-11,4 (4/4)
Famille de l' ²³⁸ U :										
²³⁴ Th/ ^{234m} Pa	5-14 (4/4)	7-10 (4/4)	8-11 (4/4)	5-11 (4/4)	4-6 (4/4)	8-11 (4/4)	1,5-6,1 (4/4)	4,4-8,4 (4/4)	4,8-6,8 (4/4)	3,2-7,7 (4/4)
²¹⁰ Pb	7 (1/4)	5 (1/4)	2-6 (2/4)	2-5 (3/4)	3-8 (3/4)	1-6 (3/4)	1,8-6,4 (4/4)	1,6-7,8 (3/4)	1,8-4,2 (2/4)	2,1-6,6 (4/4)
⁷ Be	2-12 (4/4)	9-27 (4/4)	4-12 (4/4)	13-25 (4/4)	5-13 (4/4)	6-14 (4/4)	10-22 (4/4)	16,9-27,0 (4/4)	6,3-11,0 (4/4)	17,0-42,0 (4/4)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,3-0,5 (3/4)	0,2-0,4 (4/4)	0,3-0,5 (4/4)	0,2-0,3 (4/4)	0,2-0,4 (4/4)	0,2-0,4 (4/4)	0,2-0,3 (4/4)	0,20-0,27 (4/4)	0,19-0,31 (4/4)	0,22-0,30 (4/4)
⁵⁷ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	0,2-0,3 (3/4)	0,3 (2/4)	0,2-0,3 (3/4)	0,4 (1/4)	0,3 (2/4)	0,4 (1/4)	0,2-0,3 (4/4)	0,16-0,49 (4/4)	-	0,18-0,20 (3/4)
^{110m} Ag	0,5 (1/4)	-	-	-	0,46 (1/4)	-	-	-	-	-
¹⁰⁶ Ru/Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
²⁴¹ Am	-	-	0,3 (1/4)	-	-	-	-	0,18 (1/4)	-	0,11 (1/4)
¹³¹ I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Rapport RT/SE-ENV/2018-00061

Tableau 7.5.14 (suite) - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein des échantillons d'algues collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines de 2007 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Distance au site	1,6 à 41 km	1,6 à 41 km	1,6 à 41 km	1,6 à 41 km	1,6 à 41 km	1,6 à 41 km	1,0 à 41 km	1,0 à 41 km	1,7 à 41 km	1,7 à 41 km
Émetteurs β (^3H libre : Bq.L $^{-1}$ d'eau de dessiccation, ^3H lié : Bq.L $^{-1}$ d'eau de combustion, ^{14}C : Bq.kg $^{-1}$ C)										
^3H libre	2,1-3,9 (4/4)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,8-3,0 (3/3)	n.a.	1,8-4,4 (3/3)	2,2-3,2 (3/3)
^3H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,6-4,2 (3/3)	n.a.	n.a.	n.a.
^{14}C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	238-286 (3/3)	n.a.	n.a.	n.a.

- : inférieur au seuil de décision ; n.a. : non analysé.

C.N.P.E. de Gravelines

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. Français – Année 2017

- 223244 -

Rapport RT/SE-ENV/2018-00061

Tableau 7.5.15 - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein des échantillons de poissons (muscle), mollusques et arthropodes collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Distance au site	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km
Nature	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque	poisson	mollusque
Émetteurs γ d'origine naturelle (Bq.kg $^{-1}$ frais)																
^{40}K	100-133 (4/4)	31-110 (5/6)	93-109 (4/4)	46-84 (4/4)	95-120 (5/5)	65-94 (2/2)	103-130 (5/5)	64-84 (3/3)	94-127 (6/6)	30-95 (7/7)	81-125 (5/5)	55-95 (4/4)	101-135 (5/5)	58-74 (2/2)	111-127 (5/5)	38-61 (2/2)
Famille du ^{232}Th :																
^{228}Ac	0,1 (1/4)	0,2-0,8 (4/6)	-	0,1-0,7 (3/4)	-	0,4 (1/2)	-	0,1-0,3 (2/3)	-	0,1-0,3 (6/7)	-	0,1-0,3 (3/4)	-	-	-	0,04-0,06 (2/2)
Famille de ^{238}U :																
$^{234}\text{Th}/^{234\text{mPa}}$	-	0,3-2,3 (4/6)	-	1,1-1,6 (3/4)	-	0,9-1,4 (2/2)	-	0,2-0,6 (3/3)	-	0,2-0,7 (7/7)	-	0,2-0,7 (4/4)	-	0,3 (2/2)	-	0,3-0,4 (2/2)
^{210}Pb	-	0,3-1,3 (4/6)	0,3 (1/4)	0,4-1,3 (4/4)	-	0,7-2,7 (2/2)	-	0,3-1,3 (3/3)	-	0,2-2,1 (5/7)	-	0,5-0,6 (2/4)	-	0,6-0,7 (2/2)	-	0,4 (2/2)
^{7}Be	-	0,2-2,3 (5/6)	-	0,8-5,8 (3/4)	-	0,7-6,3 (2/2)	-	0,6-4,1 (3/3)	-	0,1-4,6 (6/7)	-	0,13-0,61 (3/4)	-	0,6-0,9 (2/2)	-	0,24-0,27 (2/2)
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg $^{-1}$ frais)																
^{134}Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{137}Cs	0,1-0,2 (4/4)	0,02-0,08 (6/6)	0,04-0,2 (4/4)	0,03-0,04 (3/4)	0,1-0,2 (5/5)	0,03-0,1 (2/2)	0,06-0,20 (5/5)	0,03-0,06 (3/3)	0,06-0,28 (6/6)	0,01-0,07 (7/7)	0,07-0,26 (5/5)	0,02-0,05 (4/4)	0,05-0,21 (5/5)	0,01-0,02 (2/2)	0,06-0,24 (5/5)	0,01-0,02 (2/2)
^{57}Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{58}Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{60}Co	-	0,02-0,03 (5/6)	-	0,02-0,03 (2/4)	-	0,05 (1/2)	-	0,02 (1/3)	-	0,01-0,04 (4/7)	-	0,03 (1/4)	0,02 (1/5)	-	-	0,01 (1/2)
$^{109\text{m}}\text{Ag}$	-	0,01 (1/6)	-	-	-	-	-	-	-	0,02 (1/7)	-	-	-	-	-	-
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	-	0,05-0,27 (2/6)	-	0,17 (1/4)	-	0,50 (1/2)	-	0,36 (1/3)	-	0,03-1,49 (4/7)	-	0,05 (1/4)	-	-	-	-
$^{106}\text{Ru/Rh}$	-	0,16 (1/6)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{241}Am	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01 (3/7)	-	0,01-0,02 (2/4)	-	-	-	0,01 (1/2)

- : inférieur au seuil de décision ; n.a. : non analysé.

C.N.P.E. de Gravelines

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. Français – Année 2017

- 223244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Tableau 7.5.15 (suite) - Activités en radionucléides émetteurs γ et β au sein des échantillons de poissons (muscle), mollusques et arthropodes collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines de 2009 à 2016 dans le cadre du suivi radioécologique.

Date	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Distance au site	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km	0,2 à 41 km	1,7 à 41 km
Nature	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque et arthropode	poisson	mollusque	poisson	mollusque
Émetteurs β (^3H libre : Bq.L $^{-1}$ d'eau de dessiccation, ^3H lié : Bq.L $^{-1}$ d'eau de combustion, ^{14}C : Bq.kg $^{-1}$ C)																
^3H libre	3,1-5,5 (3/3)	n.a.	2,7-3,3 (2/2)	n.a.	n.a.	3,9-31,3 (2/2)	n.a.	3,8-5,0 (2/2)	2,8-3,5 (3/3)	1,6-6,3 (5/5)	n.a.	4,2-7,0 (2/2)	3,8-5,5 (3/3)	3,4-3,7 (2/2)	5,0-6,9 (3/3)	4,6-6,9 (2/2)
^3H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,4-11,7 (2/2)	n.a.	3,0-6,6 (2/2)	1,0-4,7 (3/3)	4,0-7,5 (5/5)	n.a.	4,4-5,7 (2/2)	2,5-4,8 (3/3)	4,4-5,8 (2/2)	2,6-5,1 (3/3)	3,6-6,6 (2/2)
^{14}C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	333-350 (2/2)	n.a.	324-358 (2/2)	240-312 (3/3)	308-562 (5/5)	n.a.	318-399 (2/2)	233-440 (3/3)	342-373 (2/2)	237-408 (3/3)	321-454 (2/2)

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 224/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Tableau 7.5.16 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
0,2 km N	Centre Aquacole Gravelines	2,13580	51,01810	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	17/01/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	3,31	23,77
0,2 km N	Centre Aquacole Gravelines	2,13580	51,01810	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	17/01/2017	Tritium lié (sec)	3,32	-
0,2 km N	Centre Aquacole Gravelines	2,13580	51,01810	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	17/01/2017	^{14}C + C stable + $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (sec)	3,32	-
1,7 km ENE	C.N.P.E. prise d'eau	2,15124	51,02140	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	17/01/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,45	-
1,7 km ENE	C.N.P.E. prise d'eau	2,15124	51,02140	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	17/01/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,45	-
1,7 km ENE	C.N.P.E. prise d'eau	2,15124	51,02140	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	17/01/2017	Spectrométrie gamma (cendres) + ^{131}I (frais)	5,06	3,74
1,7 km ENE	C.N.P.E. prise d'eau	2,15124	51,02140	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	17/01/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	4,75	-
1,7 km NE	Jetée des Huttes	2,15027	51,03410	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	17/01/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,22	-
1,7 km NE	Jetée des Huttes	2,15027	51,03410	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	17/01/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,22	-
1,7 km NE	Jetée des Huttes	2,15027	51,03410	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	17/01/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,24	-
1,7 km NE	Jetée des Huttes	2,15027	51,03410	Algues brunes	Fucus <i>Fucus spiralis</i>	Entier	17/01/2017	Spectrométrie gamma (cendres) + ^{131}I (frais)	5,24	3,56

- : absence de traitement.

Dans les tableaux des pages suivantes, pour le milieu marin :

Prélèvements en champ lointain du dispositif de rejet des effluents liquides
Prélèvements en champ proche du dispositif de rejet des effluents liquides

Tableau 7.5.16 (suite) - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 225/244 -

Rapport RT/SE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
1,7 km NE	Jetée des Huttes	2,15027	51,03410	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	17/01/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	6,11	4,08
1,7 km NE	Jetée des Huttes	2,15027	51,03410	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	17/01/2017	Tritium libre (liquide)	6,39	-
1,7 km NE	Jetée des Huttes	2,15027	51,03410	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	17/01/2017	Tritium lié (sec)	6,39	-
1,7 km NE	Jetée des Huttes	2,15027	51,03410	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	17/01/2017	$^{14}\text{C} + \text{C stable} + ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (sec)	6,39	-
1,7 km NE	Jetée des Huttes	2,15027	51,03410	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	17/01/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (cendres)	6,11	4,08
2,0 km N	C.N.P.E. au large	2,13440	51,03310	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	14/10/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	2,55	1,76
2,0 km N	C.N.P.E. au large	2,13440	51,03310	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Chair	14/10/2017	Tritium lié (sec)	4,76	-
2,0 km N	C.N.P.E. au large	2,08250	51,01560	Poissons	Mulet <i>Mugil labrosus</i>	Muscle	21/05/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	4,81	16,36
2,0 km N	C.N.P.E. au large	2,08250	51,01560	Poissons	Mulet <i>Mugil labrosus</i>	Muscle	21/05/2017	Tritium lié (sec)	4,99	-
2,0 km N	C.N.P.E. au large	2,08250	51,01560	Poissons	Mulet <i>Mugil labrosus</i>	Muscle	21/05/2017	$^{14}\text{C} + \text{C stable} + ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (sec)	4,99	-
2,0 km N	C.N.P.E. au large	2,13440	51,03310	Poissons	Flet <i>Platichthys flesus</i>	Muscle	09/10/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	4,11	11,50
2,0 km N	C.N.P.E. au large	2,13440	51,03310	Poissons	Flet <i>Platichthys flesus</i>	Muscle	09/10/2017	Tritium lié (sec)	4,28	-
2,0 km N	C.N.P.E. au large	2,13440	51,03310	Poissons	Flet <i>Platichthys flesus</i>	Muscle	09/10/2017	$^{14}\text{C} + \text{C stable} + ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (sec)	4,28	-
2,5 km OSO	Grand-Fort-Philippe	2,10544	51,00430	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	17/01/2017	Spectrométrie gamma (sec)	2,95	-
2,5 km OSO	Grand-Fort-Philippe	2,10544	51,00430	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	17/01/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	2,95	-
2,5 km OSO	Grand-Fort-Philippe	2,10419	51,00526	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	17/01/2017	Spectrométrie gamma (cendres) + ^{131}I (frais)	6,38	4,12

- : absence de traitement. La station « C.N.P.E. au large » concerne des pêches réalisées dans le panache de rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Gravelines.

Rapport RT/SE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Tableau 7.5.16 (suite) - Identification des échantillons analysés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
41 km SO	Cap Gris-Nez	1,59163	50,87201	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	18/01/2017	Spectrométrie gamma (sec)	1,22	-
41 km SO	Cap Gris-Nez	1,59163	50,87201	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	18/01/2017	Granulométrie et teneur en matière organique (sec)	1,22	-
41 km SO	Cap Gris-Nez	1,59163	50,87201	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	18/01/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	1,23	-
41 km SO	Cap Gris-Nez	1,59163	50,87201	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	18/01/2017	Spectrométrie gamma (cendres) + ^{131}I (frais)	5,19	3,69
41 km SO	Cap Gris-Nez	1,59163	50,87201	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	18/01/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (sec)	4,60	-
41 km SO	Cap Gris-Nez	1,59150	50,87120	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	03/09/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	3,57	13,66
41 km SO	Cap Gris-Nez	1,59150	50,87120	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	03/09/2017	Tritium libre (liquide)	3,94	-
41 km SO	Cap Gris-Nez	1,59150	50,87120	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	03/09/2017	Tritium lié (sec)	3,94	-
41 km SO	Cap Gris-Nez	1,59150	50,87120	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	03/09/2017	$^{14}\text{C} + \text{C stable} + ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (sec)	3,94	-
41 km SO	Cap Gris-Nez	1,59150	50,87120	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	03/09/2017	Echantillonnage IRSN/EDF (cendres)	3,57	13,66
41 km SO	Cap Gris-Nez au Large	1,57170	50,87610	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	19/09/2017	Spectrométrie gamma (cendres)	3,07	1,90

- : absence de traitement.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 226244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 227244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 228/244 -

Tableau 7.5.17 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiment collectés dans l'environnement marin du C.N.P.E. de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	Fractions	%
C.N.P.E. prise d'eau	17/01/2017	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	02/01/2018	sec	1,45	Matière organique	0,90
								Argiles (< 2µm)	11,00
								Limons Fins	7,40
								Limons Grossiers	5,20
								Sables Fins	20,60
								Sables Grossiers	55,80
Jetée des Huttes	17/01/2017	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	02/01/2018	sec	1,22	Matière organique	0,11
								Argiles (< 2µm)	2,30
								Limons Fins	0,20
								Limons Grossiers	0,50
								Sables Fins	30,90
								Sables Grossiers	66,10
Grand-Fort-Philippe	17/01/2017	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	02/01/2018	sec	2,95	Matière organique	3,55
								Argiles (< 2µm)	28,00
								Limons Fins	32,20
								Limons Grossiers	21,20
								Sables Fins	12,80
								Sables Grossiers	5,80
Cap Gris-Nez	18/01/2017	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	02/01/2018	sec	1,22	Matière organique	0,16
								Argiles (< 2µm)	2,70
								Limons Fins	0,10
								Limons Grossiers	0,60
								Sables Fins	24,10
								Sables Grossiers	72,50

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Tableau 7.5.18 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017 ($Bq.kg^{-1}$ sec pour les sédiments et les algues, $Bq.kg^{-1}$ frais pour les mollusques et les poissons).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	⁴⁰ K	Famille du ²³² Th	Famille de l' ²³⁸ U			⁷ Be
									²²⁸ Ac	²³⁴ Th	^{234m} Pa	²¹⁰ Pb	
C.N.P.E. prise d'eau	17/01/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	20/04/2017	sec	1,45	252±23	7,8±1,0	n.a.	12±7	n.a.	4,4±1,4
Jetée des Huttes	17/01/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	20/04/2017	sec	1,22	228±20	3,7±0,5	n.a.	≤ 9	n.a.	≤ 1,6
Grand-Fort- Philippe	17/01/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	20/04/2017	sec	2,95	325±29	15,7±2,0	n.a.	34±13	n.a.	50,0±5,0
Cap Gris-Nez	18/01/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	11/04/2017	sec	1,22	158±14	3,5±0,5	n.a.	≤ 10	n.a.	≤ 1,5
C.N.P.E. prise d'eau	17/01/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	19/04/2017	condres	5,06	1 150±110	5,9±0,8	8,1±1,0	≤ 17	2,8±0,7	13,9±1,9
Jetée des Huttes	17/01/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus spiralis</i>	Entier	19/04/2017	condres	5,24	1 190±120	5,1±0,7	9,5±1,2	≤ 15	2,2±0,8	11,4±1,8
Grand-Fort- Philippe	17/01/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	19/04/2017	condres	6,38	1 220±120	8,4±1,0	3,3±0,8	≤ 16	5,9±1,0	16,8±2,2
Cap Gris-Nez	18/01/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	18/04/2017	condres	5,19	1 290±130	4,8±0,7	5,3±0,9	≤ 16	≤ 1,6	8,8±1,6
Jetée des Huttes	17/01/2017	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	19/04/2017	condres	6,11	57±6	0,11±0,04	0,61±0,10	≤ 1,8	0,77±0,12	0,40±0,14
Cap Gris-Nez	03/09/2017	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	24/11/2017	condres	3,57	76±8	≤ 0,02	0,20±0,03	≤ 0,6	0,59±0,07	0,30±0,05
C.N.P.E. au large	14/10/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	19/12/2017	condres	2,55	61±6	0,98±0,21	1,41±0,31	≤ 5,0	1,73±0,35	1,35±0,43
Cap Gris-Nez au large	19/09/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	13/11/2017	condres	3,07	54±5	0,46±0,13	1,16±0,24	≤ 3,9	0,65±0,22	0,52±0,26
Centre Aquacole	17/01/2017	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	19/04/2017	condres	3,31	130±12	≤ 0,03	≤ 0,09	≤ 1,2	≤ 0,10	≤ 0,15
C.N.P.E. au large	21/05/2017	Poissons	Mulet <i>Mugil labrosus</i>	Muscle	26/09/2017	condres	4,81	119±12	≤ 0,03	≤ 0,10	≤ 1,2	≤ 0,11	≤ 0,24
C.N.P.E. au large	09/10/2017	Poissons	Flet <i>Platichthys flesus</i>	Muscle	13/11/2017	condres	4,11	139±14	≤ 0,04	≤ 0,10	≤ 1,3	≤ 0,13	≤ 0,08

n.a. : non analysé.

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Tableau 7.5.19 - Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle au sein des échantillons collectés dans l'environnement marin du site de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017 ($mBq.kg^{-1}$ sec pour les sédiments et les algues, $mBq.kg^{-1}$ frais pour les mollusques et les poissons).

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/sec	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{60}Co	^{106}Ag	^{110m}Ag	$^{106}Ru/Rh$	^{241}Am	^{54}Mn	^{131}I
C.N.P.E. prise d'eau	17/01/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	20/04/2017	sec	1,45	≤ 90	960±120	≤ 210	300±90	≤ 100	≤ 130	≤ 900	n.a.	≤ 110	n.a.
Jetée des Huttes	17/01/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	20/04/2017	sec	1,22	≤ 70	127±44	≤ 160	≤ 90	≤ 80	≤ 90	≤ 700	n.a.	≤ 80	n.a.
Grand-Fort-Philippe	17/01/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	20/04/2017	sec	2,95	≤ 130	3 380±320	≤ 300	1 530±230	≤ 160	≤ 190	≤ 1400	n.a.	≤ 160	n.a.
Cap Gris-Nez	18/01/2017	Sédiments	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	11/04/2017	sec	1,22	≤ 80	95±46	≤ 160	≤ 90	≤ 90	≤ 100	≤ 800	n.a.	≤ 90	n.a.
C.N.P.E. prise d'eau	17/01/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	19/04/2017	condres	5,06	≤ 110	230±60	≤ 280	350±110	≤ 150	≤ 170	≤ 1200	≤ 120	≤ 120	≤ 1300
Jetée des Huttes	17/01/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus spiralis</i>	Entier	19/04/2017	condres	5,24	≤ 100	150±60	≤ 270	250±100	≤ 140	≤ 160	≤ 1200	≤ 150	≤ 130	≤ 1600
Grand-Fort-Philippe	17/01/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	19/04/2017	condres	6,38	≤ 100	210±60	≤ 260	350±110	≤ 140	≤ 170	≤ 1200	≤ 140	≤ 120	n.a.
Cap Gris-Nez	18/01/2017	Algues brunes	Fucus <i>Fucus vesiculosus</i>	Entier	18/04/2017	condres	5,19	≤ 110	220±70	≤ 260	≤ 130	≤ 150	≤ 160	≤ 1200	≤ 150	≤ 130	≤ 1300
Jetée des Huttes	17/01/2017	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	19/04/2017	condres	6,11	≤ 11	29±8	≤ 27	32±12	≤ 15	≤ 17	≤ 120	≤ 13	≤ 13	n.a.
Cap Gris-Nez	03/09/2017	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	24/11/2017	condres	3,57	≤ 4,2	19±3	≤ 10	≤ 7	≤ 6	≤ 6	≤ 45	≤ 7	≤ 5	n.a.
C.N.P.E. au large	14/10/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	19/12/2017	condres	2,55	≤ 44	44±27	≤ 70	≤ 50	≤ 60	≤ 60	≤ 440	≤ 48	≤ 45	n.a.
Cap Gris-Nez au large	19/09/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	13/11/2017	condres	3,07	≤ 32	≤ 33	≤ 50	≤ 42	≤ 47	≤ 41	≤ 300	≤ 37	≤ 33	n.a.
Centre Aquacole	17/01/2017	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	19/04/2017	condres	3,31	≤ 8	117±13	≤ 20	≤ 12	≤ 11	≤ 12	≤ 90	≤ 9	≤ 10	n.a.
C.N.P.E. au large	21/05/2017	Poissons	Mulet <i>Mugil labrosus</i>	Muscle	26/09/2017	condres	4,81	≤ 8	83±10	≤ 27	≤ 12	≤ 11	≤ 13	≤ 90	≤ 10	≤ 10	n.a.
C.N.P.E. au large	09/10/2017	Poissons	Flet <i>Platichthys flesus</i>	Muscle	13/11/2017	condres	4,11	≤ 8	73±9	≤ 12	≤ 13	≤ 11	≤ 11	≤ 80	≤ 11	≤ 9	n.a.

n.a. : non analysé.

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 230/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017

- 230/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

Tableau 7.5.20 - Activités en tritium libre (HTO) mesurées au sein des échantillons prélevés dans l'environnement marin du site de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/sec	Date de mesure	³ H libre (Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation)	³ H libre (Bq.kg ⁻¹ frais)
Jetée des Huttes	17/01/2017	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	6,39	27/02/2017	6,4±0,7	5,4±0,6
Cap Griz-Nez	03/09/2017	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	3,94	28/09/2017	4,9±0,7	3,7±0,5

Tableau 7.5.21 - Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées au sein des échantillons prélevés dans l'environnement marin du site de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/sec	Date de mesure	TOL (Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg ⁻¹ frais)
Jetée des Huttes	17/01/2017	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	6,39	26/01/2018	4,3±0,4	0,38±0,03
Cap Griz-Nez	03/09/2017	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	3,94	20/11/2017	4,3±0,7	0,65±0,11
C.N.P.E. au large	14/10/2017	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Chair	4,76	15/03/2018	6,4±1,1	0,85±0,15
Centre Aquacole	17/01/2017	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	3,32	25/01/2018	1,8±0,1	0,39±0,03
C.N.P.E. au large	21/05/2017	Poissons	Mulet <i>Mugil labrosus</i>	Muscle	4,99	08/03/2018	5,3±0,7	0,69±0,10
C.N.P.E. au large	09/10/2017	Poissons	Flet <i>Platichthys flesus</i>	Muscle	4,28	18/01/2018	6,0±0,7	0,90±0,12

C.N.P.E. de Gravelines

Tableau 7.5.22 - Activités en ¹⁴C mesurées au sein des échantillons de mollusques et poissons collectés dans l'environnement marin du site de Gravelines lors du suivi radioécologique 2017.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/sec	Date de mesure du ¹⁴ C	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ C)	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ frais)	C TOT. (g.kg ⁻¹ frais)	δ ¹³ C/12C (‰)	pMC (‰)
Jetée des Huttes	17/01/2017	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	sec	6,39	28/05/2017	390±24	22,3±1,4	57	-19,54	171±11
Cap Griz-Nez	03/09/2017	Mollusques	Moule <i>Mytilus edulis</i>	Contenu intervalvaire	sec	3,94	24/01/2018	337±21	36,7±2,3	110	-19,43	147±9
Centre Aquacole	17/01/2017	Poissons	Bar <i>Dicentrarchus labrax</i>	Muscle	sec	3,32	30/09/2017	239±12	37,9±1,9	160	-22,32	105±5
C.N.P.E. au large	21/05/2017	Poissons	Mulet <i>Mugil labrosus</i>	Muscle	sec	4,99	28/11/2017	356±17	32,7±1,6	92	-20,85	156±7
C.N.P.E. au large	09/10/2017	Poissons	Flet <i>Platichthys flesus</i>	Muscle	sec	4,28	20/03/2018	477±23	51,6±2,5	110	-16,19	207±10

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

C.N.P.E. de Gravelines

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. Français - Année 2017

- 231/244 -

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. Français - Année 2017

- 232/244 -

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 233/244 -

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Anonyme, 1978. *Point zéro radioécologique du site de Gravelines. Domaine terrestre.* Groupe de Radioécologie Appliquée, Cadarache. 26 p. et annexes.
- [2] Germain, P. et Masson, M., 1978. *Étude radioécologique du site de Gravelines. Point zéro radiobiologique.* Laboratoire de Radioécologie Marine, La Hague. Contrat GRB 1234/1302, 22 p. et annexes.
- [3] Picat, P., Debeuns, G. et Ottavi, L., 1978. *Étude radioécologique du site de Gravelines. Point zéro radiosédimentologique.* Laboratoire d'Études de Pollution des Eaux, Cadarache. Contrat GR 1234/1302, 99 p. et annexes.
- [4] Picat, P., Debeuns, G., Germain, P., Masson, M., Hugon, J., Marechal, M. et Caput, C., 1978. *Étude radioécologique du site de Gravelines. Point zéro radioactif. Résumé.* Section de Radioécologie, Cadarache. Contrat GRB 1234/1302, 26 p.
- [5] Garnier-Laplace, J., Arnaud, M., Gontier, G., Lumia, G., Masson, M., Pujol, E. et Foulquier, L., 1993. *Suivi radioécologique des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1992.* IPSN/DPEI/SERE/URSED, Cadarache. Document SERE/93/101 (I), 797 p. et annexes.
- [6] Masson, M., Moisan, G., Gandon, R. et Foulquier, L., 1993. *Bilan radioécologique décennal du C.N.P.E. de Gravelines.* IPSN/DPEI/SERE, Laboratoire d'Études de la Façade Atlantique, La Hague. Document SERE/93/091 (I), 143 p.
- [7] Gontier, G., Jourd'heuil, L., Lumia, G., Masson, M., Pujol, E., Bouisset, P. et Foulquier, L., 1994. *Suivi radioécologique des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1993.* IPSN. Rapport SERE/94/175, Rapport SERE/94/175, 619.
- [8] Gontier, G., Barré, A., Jourd'heuil, L., Lumia, G., Masson, M., Bouisset, P. et Foulquier, L., 1995. *Suivi radioécologique des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1994.* IPSN. Document SERE/95/040(P), Document SERE/95/040(P), 754.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017* - 234/244 -

- [9] Gontier, G., Barré, A., Jourd'heuil, L., Lumia, G., Masson, M., Vray, F., Bouisset, P. et Foulquier, L., 1996. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1995.* IPSN. Rapport SERE/96/028, Rapport SERE/96/028, 945.
- [10] Gontier, G., Masson, M., Vray, F., Jourd'heuil, L. et Bouisset, P., 1997. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1996.* IPSN. Rapport SERE/97/012, Rapport SERE/97/012, 778.
- [11] Vray, F., Clavel, B., Masson, M., Maro, D., Gontier, G. et Bouisset, P., 1998. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1997.* IPSN. Rapport SERE/98/012, Rapport SERE/98/012, 776.
- [12] Gontier, G., Clavel, B., Masson, M., Maro, D. et Bouisset, P., 1999. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1998.* IPSN. Rapport SERNAT 1999/11, Rapport SERNAT 1999/11, 818.
- [13] Gontier, G., Clavel, B., Masson, M., Pourcelot, L., Leprieur, F., Beguin, M. et Bouisset, P., 2000. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 1999.* IPSN. Rapport SERNAT 2000/26, Rapport SERNAT 2000/26, 809.
- [14] Clavel, B., Bianciotto, A., Masson, M. et Gontier, G., 2001. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2000.* IPSN. Rapport SERNAT 2001/30, Rapport SERNAT 2001/30, 793.
- [15] Claval, D. et Masson, M., 2002. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2001.* IRSN. Rapport SERNAT 2002/07, Rapport SERNAT 2002/07, 843.
- [16] Claval, D., Masson, M. et Louvat, D., 2003. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2002.* IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/03-08, 875 p. et annexes.

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 235/244 -

- [17] Masson, M., 2004. *Deuxième bilan radioécologique décennal du Centre Nucléaire de Production d'électricité de Gravelines, 2002*. IRSN/DEI/SECRE. Rapport IRSN/DEI/SECRE/04-12, 136 p.
- [18] Duffa, C., Masson, M. et Claval, D., 2004. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises (spectrométrie gamma). Année 2003*. IRSN. Rapport DEI/SESURE/04-09, Rapport DEI/SESURE/04-09, 962.
- [19] Claval, D., Masson, M., Eyrolle, F. et Gontier, G., 2005. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centrales nucléaires françaises. Année 2004*. IRSN. Rapport IRSN/DEI/SESURE/05-03, Rapport IRSN/DEI/SESURE/05-03, 1014.
- [20] Claval, D., Masson, M., Antonelli, C. et Gontier, G., 2006. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2005*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/06-04, 1034 p.
- [21] Claval, D., Antonelli, C., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2007. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2006*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/07-26, 1066 p.
- [22] Claval, D., Antonelli, C., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2008. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2007*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/08-04, 1074 p.
- [23] Claval, D., Antonelli, C., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2009. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2008*. IRSN/DEI/SESURE. Rapport DEI/SESURE/09-21, 678 p.
- [24] Claval, D., Antonelli, C., Pommier, J., Masson, M., Gontier, G. et Theureau, L., 2010. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres*

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 236/244 -

*nucléaires de production d'électricité français. Année 2009. IRSN/DEI/SESURE.
Rapport DEI/SESURE/10-09, 696 p.*

[25] Claval, D., Antonelli, C., Pommier, J. et Theureau, L., 2011. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. Français. Année 2010.* IRSN. Rapport DEI/SESURE/11-06, 694 p.

[26] Claval, D., Antonelli, C., Pommier, J. et Theureau, L., 2012. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2011.* IRSN. Rapport PRP-ENV/SESURE/12-04, 732 p.

[27] Claval, D., Antonelli, C., Godinot, C. et Theureau, L., 2013. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2012.* IRSN. Rapport PRP-ENV/SESURE/2013-05, 718.

[28] Bailly du Bois, P., 2003. *TRANSMER : modèle de simulation des transferts de radionucléides en Manche et Mer du Nord. Choix des options, description, validation et fonctionnalités.* IRSN. Rapport DPRE/SERNAT/2003-04.

[29] "Conditions météo-océaniques." 2014, http://www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/static/polmar59/Geographie/conditions_meteo_oceaniques.pdf.

[30] Anonyme, 1998. *Dossier de demande de renouvellement des autorisations de prélèvement d'eau et de rejets de la centrale nucléaire de Gravelines.* EDF.

[31] Godinot, C., Parache, V., Saey, L. et Theureau, L., 2014. *Suivi radiécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2013.* IRSN. PRP-ENV/SESURE/2014-15, 710 p.

[32] Godinot, C., 2015. *Troisième bilan radioécologique décennal du Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Gravelines (2013).* IRSN. PRP-ENV/SERIS/2015-00007, 130.

[33] Godinot, C., Parache, V., Saey, L., et Theureau, L., 2015. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de*

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017* - 237/244 -

*production d'électricité français. Année 2014. IRSN. PRP-ENV/SESURE/2015-09.
714.*

[34] Beryouni, K., Claval, D., Godinot, C., Saey, L. et Theureau, L., 2016. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2015. IRSN. PRP-ENV/SESURE/2016-04, PRP-ENV/SESURE/2016-04, 760.*

[35] Claval, D., Faramond, J., Godinot, C., Pourcelot, L., Reygrobellet, S. et Theureau, L., 2017. *Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des centres nucléaires de production d'électricité français. Année 2016. IRSN. RT/PSE-ENV/2017-00035, 250 p.*

[36] Le Roux, G. et Renaud, P., 2007. *Radionucléides naturels en France. IRSN. Rapport DEI/SESURE n°2007-21, 45.*

[37] Reimann, C., Filzmoser, P. et Garrett, R.G., 2005. *Background and threshold: critical comparison of methods of determination. Science of the Total Environment 346: 1-16.*

[38] Adam, C., Garnier-Laplace, J., Roussel-Debet, S., Beaugelin-Seller, K., Germain, P., Connan, O., Boust, D., Fiévet, B., Coppin, F., Gagnaire, B., Laguionie, P., Cagnat, X., Vidal, R., Picolo, J.L. et Renaud, P., 2010. *Fiche radionucléide environnement - Cobalt 60 et environnement. IRSN. 22.*

[39] Roussel-Debet, S., 2014. *Synthèse du suivi radioécologique 2013 des 19 centres nucléaires de production d'électricité en exploitation. IRSN. PRP-ENV/SESURE/2014-34, 132.*

[40] IRSN, 2015. *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de juin 2011 à décembre 2014. 252 p.*

[41] Roussel-Debet, S., 2014. *Bruit de fond du tritium en milieu terrestre. Radioprotection 49(2): 139-142.*

[42] Roussel-Debet, S., 2014. *Données utiles à l'interprétation des mesures de carbone 14 en milieu terrestre. Radioprotection 49(1): 49-54.*

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin
des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 238/244 -

- [43] Roussel-Debet, S., Gontier, G., Siclet, F. et Fournier, M., 2006. *Distribution of Carbon 14 in the terrestrial environment close to French nuclear power plants*. Journal of Environmental Radioactivity 87(3): 246-259.
- [44] Bailly du Bois, P. et Dumas, F., 2005. *TRANSMER, hydrodynamic model for medium- and long-term simulation of radionuclides transfers in the English Channel and southern North Sea*. Radioprotection 40: S575-S580.
- [45] Masson, M., Siclet, F., Fournier, M., Maigret, A., Gontier, G. et Bailly du Bois, P., 2005. *Tritium along the French coast of the English Channel*. Radioprotection 40(Suppl. 1): S621-S627.
- [46] ASN, 2010. *Livre blanc du tritium*. ASN. 304 p, <http://livre-blanc-tritium.asn.fr/>.

7.6. Synthèse du littoral de la Manche et de la Mer du Nord

7.6.1. Radioécologie du milieu terrestre

Le ^{137}Cs est détecté dans plus de la moitié des échantillons prélevés (25 fois sur 37). L'activité la plus élevée ($11,80 \pm 0,90 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) est observée dans le sol de pâturage d'Oye-Plage, dans la zone sous les vents secondaires du C.N.P.E. de Gravelines. Son activité résulte essentiellement des retombées globales des anciens essais d'armes nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl (figure 7.1.2 page 8), même si l'influence des aérosols marins n'est pas à exclure pour cette station située en bord de mer. En 2017, comme entre 1998 et 2011, la présence quantifiable de ^{60}Co dans de l'herbe collectée sur la côte a rappelé le marquage de l'environnement terrestre, via les embruns, par les rejets d'effluents liquides autorisés.

En plus de l'eau de boisson et du lait de vache, dans lesquels l'activité en ^3H libre est recherchée depuis plusieurs années, cette activité a également été recherchée depuis 2015 dans l'herbe, les feuilles de salade, voire le lierre pour le C.N.P.E. de Flamanville (depuis 2016 pour ce dernier). Comme observé les années précédentes, les niveaux d'activité en ^3H libre dans les eaux de boisson ou d'irrigation sont inférieurs au seuil de décision ($\leq 0,5 \text{ Bq.L}^{-1}$ pour les eaux de boisson) ou proche de celui-ci ($0,8 \pm 0,5 \text{ Bq.L}^{-1}$ dans l'eau d'irrigation à Grande-Synthe, dans l'environnement du C.N.P.E. de Gravelines ; et $0,9 \pm 0,5 \text{ Bq.L}^{-1}$ dans l'eau de boisson à Guilmécourt, dans l'environnement du C.N.P.E. de Penly). Le ^3H libre est également détecté dans trois des quatre échantillons de lait de vache récoltés, à des niveaux d'activité proches du seuil de décision (activité de $1,0 \pm 0,5$ à $1,0 \pm 0,6 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}^1$ dans l'environnement des C.N.P.E. de Flamanville, Penly et Gravelines ; et $\leq 0,5 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$ dans l'environnement du C.N.P.E. de Paluel). Dans les salades échantillonnées sous influence des C.N.P.E., ainsi que dans les herbes échantillonnées à proximité des C.N.P.E. de Paluel et Gravelines, l'activité en ^3H libre est un peu plus élevée ($1,2 \pm 0,6$ à $2,4 \pm 0,6 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$), mais reste de l'ordre de grandeur du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence des rejets des INB (i.e. $1,4 \pm 1,2 \text{ Bq.L}^{-1}$; [1 et 2]). Dans les herbes et feuilles de lierre échantillonnées à proximité du C.N.P.E. de Flamanville, on mesure un apport local en tritium libre ($8,8 \pm 0,8$ et $9,3 \pm 0,9 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$).

Depuis 2010, le ^3H organiquement lié est lui aussi quantifié dans le lait de vache, à un niveau d'activité proche du seuil de décision (activité maximale de $1,5 \pm 0,6 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}^2$ dans l'environnement du C.N.P.E. de Flamanville en 2017). En 2017, le ^3H organiquement lié a également été recherché dans la salade et l'herbe, et son activité y est proche du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence des rejets des INB, hormis dans l'herbe et le lierre échantillonnés à proximité du C.N.P.E. de Flamanville, où les activités en OBT mesurées témoignent d'un apport local ($5,2 \pm 0,7$ et $6,3 \pm 0,7 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$).

Enfin, l'activité en ^{14}C dans les feuilles de salade et le lait est comparable à la valeur du bruit de fond moyen sur le territoire français hors influence industrielle (proche de $230 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ en 2017 d'après [2 et 3]). L'activité en ^{14}C dans l'herbe échantillonnée à proximité des C.N.P.E. (à environ un kilomètre ou moins des différents C.N.P.E.) est quant à elle significativement supérieure au bruit de fond hors influence industrielle (activité comprise entre $240,8 \pm 2,2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$, dans l'herbe échantillonnée à proximité du C.N.P.E. de Penly, et $282,4 \pm 2,5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$, dans l'herbe échantillonnée

¹ : $\text{Bq.L}^{-1} \text{ ED}$: Bq.L^{-1} d'eau de dessiccation

² : $\text{Bq.L}^{-1} \text{ EC}$: Bq.L^{-1} d'eau de combustion

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 240/244 -

à proximité du C.N.P.E. de Flamanville); témoignant d'un apport local probable en ^{14}C dans l'environnement immédiat des C.N.P.E. pour l'herbe.

À la vue des résultats obtenus dans le cadre du suivi radioécologique 2017, il apparaît que les rejets d'effluents à l'atmosphère des C.N.P.E. français côtiers de la Manche et de la Mer du Nord ne donnent pas lieu à un marquage mesurable de l'environnement terrestre, hormis pour les échantillons d'herbe et de lierre échantillonnés à proximité immédiate des C.N.P.E., pour lesquels le marquage par les rejets d'effluents atmosphériques des C.N.P.E. est visible pour le ^3H (HTO et/ou OBT) et le ^{14}C .

7.6.2. Radioécologie du milieu marin

Les radionucléides artificiels détectés au sein des diverses matrices sédimentaires et biologiques échantillonnées dans l'environnement marin des C.N.P.E. côtiers de la Manche et de la Mer du Nord trouvent leur origine potentielle au niveau :

- des eaux de l'océan Atlantique, marquées par les retombées globales des essais d'armes nucléaires atmosphériques et par les rejets de l'usine de retraitement de Sellafield (Royaume-Uni), contribuant notamment à l'apport de ^{137}Cs et de ^3H . De plus, en 2011, le marquage fugace de l'environnement marin par les retombées du panache radioactif provenant de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi au Japon n'est pas à exclure ;
- des fleuves, en particulier la Seine qui draine un bassin versant fortement industrialisé, avec notamment la présence du C.N.P.E. de Nogent-sur-Seine ainsi que de nombreux hôpitaux et centres de recherche utilisant des traceurs radioactifs ;
- des rejets d'effluents liquides des C.N.P.E. de Flamanville, Paluel, Penly et Gravelines ;
- des rejets d'effluents liquides de l'usine de traitement du combustible usé ORANO La Hague.

Parmi ces diverses origines, les rejets d'effluents liquides de l'usine ORANO La Hague sont les plus à même de marquer l'environnement marin des C.N.P.E. côtiers de la Manche et de la Mer du Nord. Certains radionucléides émetteurs gamma (tels que le ^{137}Cs , le ^{60}Co , le ^{54}Mn et le $^{110\text{m}}\text{Ag}$), tout comme le ^3H libre, sont communs aux rejets d'effluents liquides des C.N.P.E. et de l'usine de retraitement du combustible usé. Cependant, les niveaux d'activité en radionucléides artificiels dans les effluents liquides rejetés en mer par l'usine ORANO La Hague sont de 2 à 4 ordres de grandeur supérieurs à ceux des C.N.P.E., notamment dans le cas du ^3H libre. Ceci se traduit par un gradient décroissant des activités de ces radionucléides entre la presqu'île du Cotentin et le détroit du Pas-de-Calais (figure 7.6.1).

Le ^{137}Cs est le radionucléide artificiel le plus fréquemment détecté au sein des matrices échantillonnées (45 fois sur 51). Les activités en ^{137}Cs sont relativement homogènes de Flamanville à Gravelines (figure 7.6.2). Néanmoins, les apports de l'usine ORANO La Hague contribuent à doubler les activités en ^{137}Cs sur cette zone comparativement aux niveaux mesurés au sein des eaux Atlantiques en entrée de Manche. Les mollusques sont les organismes au sein desquels la plus grande diversité de radionucléides artificiels est détectée. A cet égard, sur un plan qualitatif, les gastéropodes brouteurs (patelles) s'avèrent être d'excellents bioindicateurs de la radioactivité gamma artificielle présente dans l'environnement marin des C.N.P.E. côtiers de la Manche et de la Mer du Nord. Néanmoins, d'un point de vue quantitatif, les niveaux d'activités en émetteurs gamma artificiels au sein de ces organismes demeurent très faibles, de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de mBq par kg de matière fraîche. L' ^{131}I , recherché dans les algues, ne présente pas d'activité supérieure au seuil de décision.

Les activités en tritium libre ($2,9 \pm 0,6$ à $9,6 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1}$ ED) dans les mollusques échantillonnés en champ proche comme en champ lointain des rejets d'effluents liquides des C.N.P.E. sont globalement cohérentes avec les valeurs attendues du fait des niveaux d'activités mesurables dans

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 241/244 -

l'eau de mer en Manche (de l'ordre de $5 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$ [1, 2]) et majoritairement imputables à la dispersion des rejets d'effluents liquides de l'usine ORANO La Hague, ainsi qu'en témoignent les activités mesurées qui tendent à être légèrement supérieures à Flamanville qu'aux autres C.N.P.E. depuis 2000 (figure 7.6.1). On observe toutefois un marquage en tritium libre pour les patelles et les moules échantillonnées à proximité des C.N.P.E. de Flamanville, Penly et Gravelines. Par ailleurs, les activités en tritium organiquement lié ($1,8 \pm 0,1$ à $13,2 \pm 1,0 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$) dans les mollusques, les arthropodes et les poissons échantillonnés dans l'environnement marin proche des C.N.P.E. côtiers de la Manche et de la Mer du Nord sont également cohérentes avec les valeurs attendues, tout en témoignant d'un léger marquage par l'OBT pour certains échantillons (8 des 24 activités mesurées sont légèrement supérieures à $5 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$, avec une activité maximale de $13,2 \pm 1,0 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$ dans les vieilles pêchées à proximité du C.N.P.E. de Flamanville), notamment à proximité de l'usine ORANO La Hague et des C.N.P.E. de Flamanville et Penly.

Les activités en ^{14}C quantifiées au sein des mollusques et des poissons échantillonnées dans l'environnement marin des C.N.P.E. (239 ± 12 à $548 \pm 27 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$) sont pour la plupart (16 des 17 activités mesurées, l'exception étant représentée par les bars d'aquaculture du Centre Aquacole de Gravelines) supérieures au bruit de fond hors influence industrielle (i.e., $240 \pm 2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ d'après [1]), mais cohérentes avec les valeurs moyennes enregistrées par le passé du fait du marquage global par les INB de la Manche [1], et notamment de la proximité de l'usine ORANO La Hague. Ce marquage en ^{14}C tend à être plus prononcé au voisinage des points de rejet d'effluents liquides des C.N.P.E. pour les mollusques (figure 7.6.3), hormis pour les patelles prélevées à proximité du C.N.P.E. de Paluel où il n'y a pas de différence significative entre les activités en champ proche et en champ lointain en 2017. Ce marquage est également plus prononcé pour les poissons à proximité du C.N.P.E. de Flamanville en 2017.

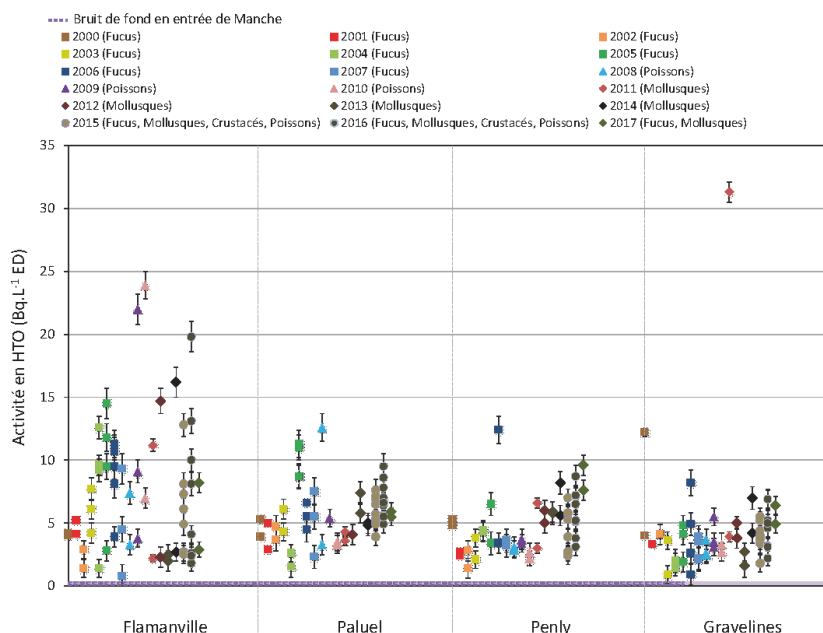


Figure 7.6.1 - Activités en tritium libre ($\text{Bq.L}^{-1} \text{ ED}$) mesurées dans les algues, les mollusques, les crustacés et les poissons échantillonnés dans l'environnement proche des C.N.P.E. en Manche et Mer

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 242/244 -

du Nord depuis 2000. La zone violette indique le bruit de fond attendu en entrée de Manche (i.e. $0,1 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'après [4]).

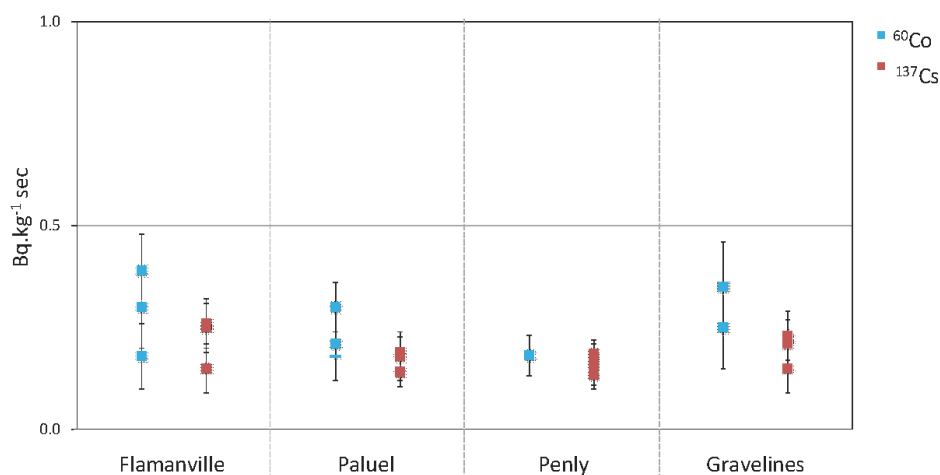


Figure 7.6.2 - Activités en ^{60}Co et en ^{137}Cs mesurées dans les algues échantillonnées en 2017 dans l'environnement proche des C.N.P.E. en Manche et Mer du Nord.

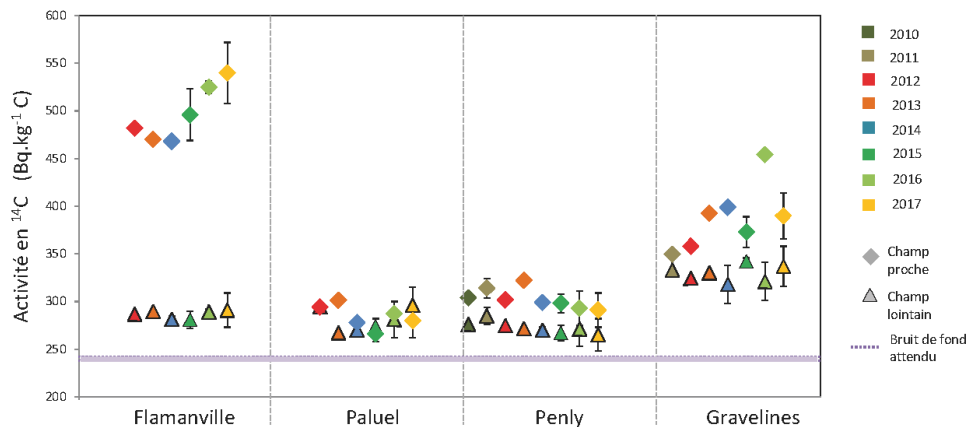


Figure 7.6.3 - Activités en ^{14}C (Bq.kg^{-1} de C) dans les mollusques (patelles et moules) échantillonnés depuis 2010 dans l'environnement proche des C.N.P.E. en Manche et Mer du Nord. Le graphique distingue les prélèvements fait en champ proche de chaque C.N.P.E. (losanges) de ceux effectués en champ lointain (triangles), et indique en violet le bruit de fond attendu hors influence industrielle (i.e., $240 \pm 2 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ d'après [1]).

Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et marin des C.N.P.E. français - Année 2017

- 243/244 -

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Roussel-Debet, S., 2014. *Synthèse du suivi radioécologique 2013 des 19 centres nucléaires de production d'électricité en exploitation*. IRSN. PRP-ENV/SESURE/2014-34, 132 p.
- [2] IRSN, 2015. *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de juin 2011 à décembre 2014*. 252 p.
- [3] Roussel-Debet, S., 2014. *Données utiles à l'interprétation des mesures de carbone 14 en milieu terrestre*. Radioprotection 49(01): 49-54.
- [4] Bailly du Bois, P. et Dumas, F., 2005. *Fast hydrodynamic model for medium- and long-term dispersion in seawater in the english Channel and southern North Sea, qualitative and quantitative validation by radionuclide tracers*. Ocean Modeling 9(169-210).

*Suivi radioécologique de l'environnement terrestre, aquatique continental et
marin des C.N.P.E. français - Année 2017*

- 244/244 -

Rapport RT/PSE-ENV/2018-00061

Synthèse Manche

**ANNEXE 10 – RESULTATS DES MESURES RADIOLOGIQUES AU VOISINAGE DU CNPE DE
FLAMANVILLE REALISES EN 2018**



950 à 970 Chemin des Agriculteurs – BP 45 – 26701 PIERRELATTE Cedex
Tél. : 04.75.96.23.70 – Fax. : 04.75.04.79.27

**CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS ET DE MESURES RADIOECOLOGIQUES AU
VOISINAGE DU C.N.P.E. DE FLAMANVILLE**

RAPPORT SIMPLIFIE EXIGE AU TITRE DE LA REGLEMENTATION 2018

Référence : A3001 17 NT 0040 0006 B

Nombre de pages (Page de garde incluse) : 19

Préparé pour :

EDF

Par :

ONET TECHNOLOGIES ND ACTIVITE DECHETS NUCLEAIRES

Liste de distribution : EDF / DIPDE - UNIE - CNPE.

Circuit de validation	Rédacteur	Vérificateur		Approbateur
Nom	L. THEUREAU	T. CHAUDET ONET Technologies	D. CLAVAL IRSN	P. PLANTIER
Date	22/03/2019	22/03/2019	29/01/2019	26/03/2019
Signature				

AVIS CLIENT		STATUT ONET TECHNOLOGIES	
Nom :	<input type="checkbox"/> VAO (Vu Avec Observation) le/...../.....	<input type="checkbox"/> BPO/PRE (Bon pour Observation / Etat préliminaire) le...../...../.....	
Signature :	<input type="checkbox"/> VSO (Vu Sans Observation) le/...../.....	<input type="checkbox"/> BPE (Bon Pour Exécution) le...../...../.....	
	<input type="checkbox"/> AUTRE : le/...../.....	<input type="checkbox"/> CAE (Conforme à Exécution) le...../...../.....	

Propriété d'ONET TECHNOLOGIES. Reproduction ou exploitation interdite sans notre autorisation préalable écrite.

Indice	Date	Description de la modification
A	28/01/2019	Edition initiale
B	22/03/2019	Édition après corrections suite aux remarques EDF

Vérification par l'IRSN des résultats métrologiques produits par l'IRSN.

Réf. : A3001 17 NT 0040 0006 B

**RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE
FLAMANVILLE**



Page : 3 de 19

SOMMAIRE

1. OBJET	4
2. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE IMPOSEE AU TITRE REGLEMENTAIRE.....	5
3. COMPTE-RENDU D'ECHANTILLONNAGE	7
4. RESULTATS 2018	12
4.1 GAMMA	12
4.2 CARBONE 14.....	16
4.3 TRITIUM LIBRE.....	16
4.4 TRITIUM LIE	16
5. FICHES DE CONSTAT	17
6. ANNEXES	19

Réf. : A3001 17 NT 0040 0006 B

**RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE
FLAMANVILLE**



Page : 4 de 19

1. OBJET

Dans le cadre du « suivi radioécologique de l'environnement proche des C.N.P.E. et des sites en déconstruction du Rhône, de la Seine, de la Manche et du Nord-est – Année 2018 », une partie des prélèvements et les analyses (référence à la note EDF D455618001439 indice A) sont réalisées pour respecter les prescriptions réglementaires relatives à la surveillance radiologique de l'environnement (marché N° C4498C0170).

Les mesures ont été réalisées par l'IRSN ainsi que les prélèvements et traitements d'échantillons. Les prélèvements trimestriels de végétaux sont effectués par le C.N.P.E.

Les mesures de radioactivité de l'environnement réalisées à titre réglementaire sont effectuées par des laboratoires agréés par l'Autorité de Sûreté Nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement (portée détaillée de l'agrément disponible sur le site Internet de l'Autorité de Sûreté Nucléaire).

Les résultats sont exprimés à la date de prélèvement conformément aux exigences du RNM (Réseau National de Mesure).

Les rapports de masse utilisés sont définis comme suit :

- Frais/Sec : rapport de masse entre l'échantillon frais et l'échantillon sec ;
- Sec/Cendres : rapport de masse entre l'échantillon sec et l'échantillon en cendres ;
- Vi/Psec : rapport entre le volume initial (en litres) et la masse de l'échantillon sec.

Les résultats des analyses de carbone 14 et spectrométrie gamma sont exprimés en Bq/kg frais ou en Bq/L pour les produits biologiques solides ou liquides directement consommables par l'homme (produits alimentaires) et en Bq/kg sec pour les produits biologiques non directement consommables par l'homme. Toutes les mesures sur le tritium libre et organiquement lié sont exprimées en Bq/kg ou Bq/L de produit frais quelle que soit la matrice, consommable directement par l'homme ou non sauf pour les sols et les sédiments où l'unité est Bq/kg sec. Le choix de l'unité est contraint par l'ASN (cf. guide RNM). L'intégralité des résultats de la surveillance de la radioactivité de l'environnement réalisée par le C.N.P.E. de Flamanville est consultable sur le site internet du Réseau National de Mesure de la radioactivité de l'environnement (www.mesure-radioactivite.fr).

Les remarques du courrier de surveillance de documents externes (n° de référence D455619006576) ont été prises en compte.

Les résultats des spectrométries gamma du présent rapport ne pourront être considérés comme définitifs qu'après leur exploitation dans le rapport complet du suivi radioécologique annuel. L'édition du rapport provisoire de ce dernier est prévue fin mars 2019.

Réf. :

A3001 17 NT 0040 0006 B

RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE FLAMANVILLE



Page : 5 de 19

2. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE IMPOSEE AU TITRE REGLEMENTAIRE

FLAMANVILLE-TERRESTRE																			
Nature	Espèce	Situation	Nom station réglementaire	Nom station préalable	Distance	Orientation	Remarques	HTO	TOL	14C	Cist	d13C	spectro α	1331	1271	2 global	WSP (+Ca)	SSFe	spectro α
bryophytes	mousses	Z1		Port mielard	6	ENE								1	1	1			
		ZN		Le Rosol	7	SE								PREL	PREL	PREL			
feuilles d'arbre	lierre	Z1	sous les vents dominants	Flamanville, « l'île du site »	0,7	ENE		1	1	4 (trm)	4 (trm)	4 (trm)	1						
algues-feuilles	salade	Z1	sous les vents dominants	Closerie	4	NE		1	1	1	1	1	1						
		ZN	hors influence du site	Surtainville	12	SE													
végétaux herbacés	herbe	Z1		Flamanville, « l'île du site »	0,7	ENE													1
		ZN		Closerie en Beaumont	10	SE													1
lait	lait de vache	Z1	sous les vents dominants	Closerie	4	NE		1	1	1	1	1	1						
couches superficielles des terres	solo non cultivés (graines)	Z1	sous les vents dominants	Closerie	4	NE													1
		ZN	hors influence du site	Surtainville en Beaumont	10	SE													1
eau de boisson		Z1		Closerie	5	NE		1											1
TOTAL REGLO								3	2	7	7	7	4	0	0	0	0	0	0
TOTAL SANRU								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL QUINQUENNAL								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DECENNAL								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL								4	2	7	7	7	4	0	0	0	0	0	0
réglementaire annuel			PREL : prélèvement sans analyse																
quinquennal																			
decennal																			

1. Prélèvements et analyses réglementaires prescrits dans le milieu terrestre du C.N.P.E. de Flamanville extraits de la note d'étude EDF D 4556 18 001439 A.

Propriété d'ONET TECHNOLOGIES. Reproduction ou exploitation interdite sans notre autorisation préalable écrite.

Réf. :

A3001 17 NT 0040 0006 B

RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE FLAMANVILLE



Page : 6 de 19

FLAMANVILLE-AQUATIQUE																			
Nature	Espèce	Situation	Nom station réglementaire	Nom station préalable	Distance	Orientation	Remarques	HTO	TOL	14C	Cist	d13C	spectro α	1331	1271	2 global	WSP (+Ca)	SSFe	spectro α
algues macroscopiques		Z1	En zone d'influence, zones de prélèvement sur la bande littorale délimitée au Sud du site par Schlot et au Nord par l'île de l'île	Dilectes part.	3	NE		1	1	1	1	1	1				1	1	
		ZN	Hors zone d'influence (point de référence à Carment, à environ 20 km au Sud du site)	Carment Saint-George La Rivière	29	S		1	1	1	1	1	1				1	1	
		Z1		CNPE, algues Nord	0,5	NE													
multicellulaires		Z1	En zone d'influence, zones de prélèvement sur la bande littorale délimitée au Sud du site par Schlot et au Nord par l'île de l'île	Dilectes part.	3	NE		1	1	1	1	1	1						
		ZN	Hors zone d'influence (point de référence à Carment, à environ 20 km au Sud du site)	Carment Saint-George La Rivière	25	S		1	1	1	1	1	1						
		Z1		CNPE au large	2	E													
crustacés	★	Z1	En zone d'influence, zones de prélèvement sur la bande littorale délimitée au Sud du site par Schlot et au Nord par l'île de l'île	Flamanville, CNPE au large	2	E		1											
	♦	ZN	Hors zone d'influence (point de référence à Carment, à environ 20 km au Sud du site)	Carment au large	30	SSE		1											
poissons	♦	Z1	En zone d'influence, zones de prélèvement sur la bande littorale délimitée au Sud du site par Schlot et au Nord par l'île de l'île	Flamanville, CNPE au large	2	E		1	1	1	1	1	1						
		ZN	Hors zone d'influence (point de référence à Carment, à environ 20 km au Sud du site)	Carment au large	30	SSE		1	1	1	1	1	1						
sédiments		Z1	En zone d'influence, zones de prélèvement sur la bande littorale délimitée au Sud du site par Schlot et au Nord par l'île de l'île	Dilectes part.	3	NE													1
		ZN	Hors zone d'influence (point de référence à Carment, à environ 20 km au Sud du site)	Carment part.	30	SSE													1
		Z1		Grosny part.	30	NNE													1
TOTAL REGLO								0	4	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
TOTAL SANRU								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL QUINQUENNAL								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DECENNAL								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL								0	4	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
réglementaire annuel																			
quinquennal																			
decennal																			

2. Prélèvements et analyses réglementaires prescrits dans le milieu aquatique du C.N.P.E. de Flamanville extraits de la note d'étude EDF D 4556 18 001439 A.

♦ Fiche de constat n° 2018-01 et ★ Fiche de constat n° 2018-02.

Propriété d'ONET TECHNOLOGIES. Reproduction ou exploitation interdite sans notre autorisation préalable écrite.

Réf. :

A3001 17 NT 0040 0006 B

RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE FLAMANVILLE



Page : 7 de 19

3. COMPTE-RENDU D'ECHANTILLONNAGE

3. Identification des échantillons prélevés et analysés, réalisés à titre réglementaire, dans les domaines terrestre et aquatique de l'environnement du C.N.P.E. de Flamanville :

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
0,7 km ENE	CNPE Flamanville < 1 km	-01,86417	49,53517	Végétaux spontanés divers	Lierre <i>Hedera helix</i>	Feuilles	10/04/2018	Carbone 14 (sec)	2,69	-
0,7 km ENE	CNPE Flamanville < 1 km	-01,86417	49,53517	Végétaux spontanés divers	Lierre <i>Hedera helix</i>	Feuilles	10/04/2018	Carbone total	2,69	-
0,7 km ENE	CNPE Flamanville < 1 km	-01,86417	49,53517	Végétaux spontanés divers	Lierre <i>Hedera helix</i>	Feuilles	05/07/2018	Carbone 14 (sec)	2,60	-
0,7 km ENE	CNPE Flamanville < 1 km	-01,86417	49,53517	Végétaux spontanés divers	Lierre <i>Hedera helix</i>	Feuilles	05/07/2018	Carbone total	2,60	-
0,7 km ENE	CNPE Flamanville < 1 km	-01,86417	49,53517	Végétaux spontanés divers	Lierre <i>Hedera helix</i>	Feuilles	02/10/2018	Carbone 14 (sec)	2,98	-
0,7 km ENE	CNPE Flamanville < 1 km	-01,86417	49,53517	Végétaux spontanés divers	Lierre <i>Hedera helix</i>	Feuilles	02/10/2018	Carbone total	2,98	-
0,7 km ENE	CNPE Flamanville < 1 km	-01,86417	49,53517	Végétaux spontanés divers	Lierre <i>Hedera helix</i>	Feuilles	08/01/2019	Carbone 14 (sec)	3,10	-
0,7 km ENE	CNPE Flamanville < 1 km	-01,86417	49,53517	Végétaux spontanés divers	Lierre <i>Hedera helix</i>	Feuilles	08/01/2019	Carbone total	3,10	-
0,7 km ENE	CNPE Flamanville < 1 km	-01,87540	49,53766	Végétaux spontanés divers	Lierre <i>Hedera helix</i>	Feuilles	20/09/2018	Tritium lié	3,26	-
0,7 km ENE	CNPE Flamanville < 1 km	-01,87540	49,53766	Végétaux spontanés divers	Lierre <i>Hedera helix</i>	Feuilles	20/09/2018	Tritium libre	3,26	-
0,7 km ENE	CNPE Flamanville < 1 km	-01,87540	49,53766	Végétaux spontanés divers	Lierre <i>Hedera helix</i>	Feuilles	20/09/2018	Hydrogène	3,26	-

Propriété d'ONET TECHNOLOGIES. Reproduction ou exploitation interdite sans notre autorisation préalable écrite.

Réf. :

A3001 17 NT 0040 0006 B

RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE FLAMANVILLE



Page : 8 de 19

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
4 km NE	Siouville	-01,82759	49,56196	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	≤ 2 mm	18/09/2018	Spectrométrie gamma (sec)	1,07	-
4 km NE	Siouville	-01,84216	49,56200	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa L.</i>	Feuilles	18/09/2018	Spectrométrie gamma (cendres)	22,02	5,55
4 km NE	Siouville	-01,84216	49,56200	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa L.</i>	Feuilles	18/09/2018	Tritium lié	22,84	-
4 km NE	Siouville	-01,84216	49,56200	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa L.</i>	Feuilles	18/09/2018	Tritium libre	22,84	-
4 km NE	Siouville	-01,84216	49,56200	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa L.</i>	Feuilles	18/09/2018	Carbone 14 (sec)	22,84	-
4 km NE	Siouville	-01,84216	49,56200	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa L.</i>	Feuilles	18/09/2018	Carbone total	22,84	-
4 km NE	Siouville	-01,84216	49,56200	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa L.</i>	Feuilles	18/09/2018	Hydrogène	22,84	-
4 km NE	Siouville	-01,82759	49,56196	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	18/09/2018	Tritium libre	-	-
4 km NE	Siouville	-01,82759	49,56196	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	18/09/2018	Carbone 14 (sec)	8,71	-
4 km NE	Siouville	-01,82759	49,56196	Produits alimentaires liquides non transformés	Lait de vache	Entier	18/09/2018	Carbone total	8,71	-
12 km SSE	Surtainville	-01,81832	49,46498	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa L.</i>	Feuilles	20/09/2018	Spectrométrie gamma (cendres)	24,82	5,27
12 km SSE	Surtainville	-01,81832	49,46498	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa L.</i>	Feuilles	20/09/2018	Carbone 14 (sec)	20,81	-
12 km SSE	Surtainville	-01,81832	49,46498	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa L.</i>	Feuilles	20/09/2018	Carbone total	20,81	-
18 km SE	Sorteville-en-Besumont	-01,72838	49,42702	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	≤ 2 mm	20/09/2018	Spectrométrie gamma (sec)	1,14	-

☒ stations terrestres sous les vents dominants
☐ stations terrestres hors vents

Propriété d'ONET TECHNOLOGIES. Reproduction ou exploitation interdite sans notre autorisation préalable écrite.

Réf. :

A3001 17 NT 0040 0006 B

RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE FLAMANVILLE



Page : 9 de 19

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
2 km O	Flamanville CNPE Rejet	-01,89720	49,53830	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Chair	19/06/2018	Tritium lié	6,68	-
2 km O	Flamanville CNPE Rejet	-01,89720	49,53830	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Chair	19/06/2018	Hydrogène	6,68	-
2 km O	Flamanville CNPE Rejet	-01,89720	49,53830	Arthropodes	Araignée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier ★	19/06/2018	Spectrométrie gamma (cendres)	2,21	1,99
2 km O	Flamanville CNPE Rejet	-01,89720	49,53830	Poissons	Vieille <i>Labrus bergyllia</i>	Muscle	15/05/2018	Spectrométrie gamma (cendres)	5,01	14,79
2 km O	Flamanville CNPE Rejet	-01,89720	49,53830	Poissons	Vieille <i>Labrus bergyllia</i>	Muscle	15/05/2018	Tritium lié	4,72	-
2 km O	Flamanville CNPE Rejet	-01,89720	49,53830	Poissons	Vieille <i>Labrus bergyllia</i>	Muscle	15/05/2018	Carbone 14 (sec)	4,72	-
2 km O	Flamanville CNPE Rejet	-01,89720	49,53830	Poissons	Vieille <i>Labrus bergyllia</i>	Muscle	15/05/2018	Carbone total	4,72	-
2 km O	Flamanville CNPE Rejet	-01,89720	49,53830	Poissons	Vieille <i>Labrus bergyllia</i>	Muscle	15/05/2018	Hydrogène	4,72	-
3 km NE	Dielette port	-01,86050	49,55100	Sédiment	Sédiment	≤ 2 mm	17/01/2018	Spectrométrie gamma (sec)	2,47	-
3 km NE	Dielette port	-01,86048	49,55904	Algues brunes	Fucus <i>Fucus serratus</i>	Entier	03/01/2018	Spectrométrie gamma (cendres)	5,32	4,13
3 km NE	Dielette port	-01,86140	49,55430	Mollusques	Patelle <i>Patella species</i>	Chair	03/01/2018	Spectrométrie gamma (cendres)	5,91	4,21
3 km NE	Dielette port	-01,86140	49,55430	Mollusques	Patelle <i>Patella species</i>	Chair	03/01/2018	Tritium lié	5,95	-
3 km NE	Dielette port	-01,86140	49,55430	Mollusques	Patelle <i>Patella species</i>	Chair	03/01/2018	Hydrogène	5,95	-
20 km SSO	Carteret Port	-01,78615	49,37681	Sédiment	Sédiment	≤ 2 mm	04/01/2018	Spectrométrie gamma (sec)	2,89	-
20 km SSO	Carteret au Large			Arthropodes	Arthropodes ♦					
20 km SSO	Carteret au Large			Poissons	Poissons ♦					

Propriété d'ONET TECHNOLOGIES. Reproduction ou exploitation interdite sans notre autorisation préalable écrite.

Réf. :

A3001 17 NT 0040 0006 B

RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE FLAMANVILLE



Page : 10 de 19

Situation par rapport au C.N.P.E.	Station	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
25 km S	Saint-Georges-de- la-Rivière	-01,75871	49,34825	Algues brunes	Fucus <i>Fucus serratus</i>	Entier	04/01/2018	Spectrométrie gamma (cendres)	4,31	3,91
25 km S	Saint-Georges-de- la-Rivière	-01,75871	49,34825	Mollusques	Patelle <i>Patella species</i>	Chair	04/01/2018	Spectrométrie gamma (cendres)	6,07	2,77
25 km S	Saint-Georges-de- la-Rivière	-01,75871	49,34825	Mollusques	Patelle <i>Patella species</i>	Chair	04/01/2018	Tritium lié	5,70	-
25 km S	Saint-Georges-de- la-Rivière	-01,75871	49,34825	Mollusques	Patelle <i>Patella species</i>	Chair	04/01/2018	Hydrogène	5,70	-

■ stations aquatiques champ proche

□ stations aquatiques champ lointain

♦ Fiche de constat n° 2018-01 et ★ Fiche de constat n° 2018-02.

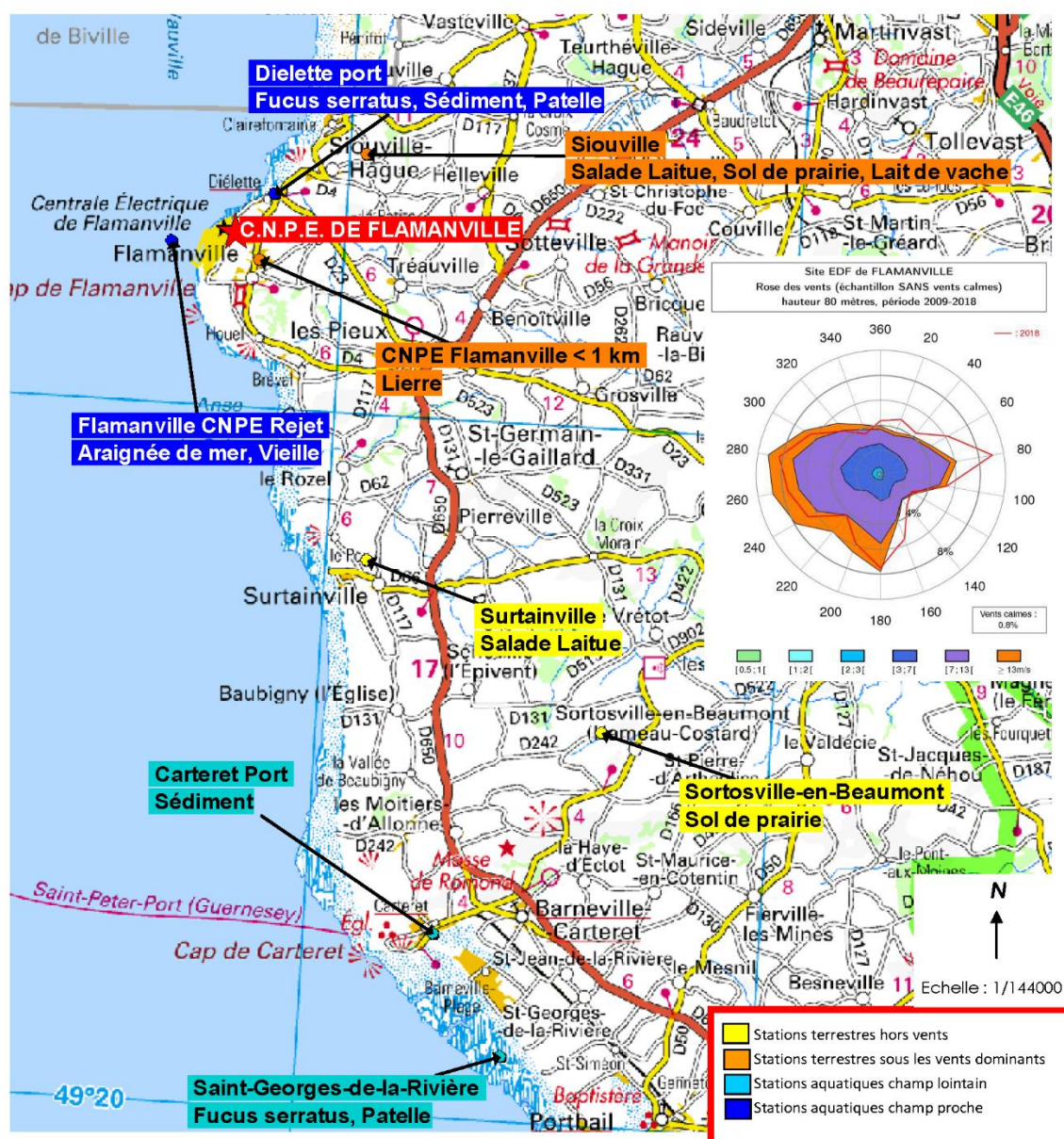
Propriété d'ONET TECHNOLOGIES. Reproduction ou exploitation interdite sans notre autorisation préalable écrite.

Réf. : A3001 17 NT 0040 0006 B

RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE FLAMANVILLE



Page : 11 de 19



Source : Scanreg / MapInfo 6.5

4. Localisation des stations de prélèvements du C.N.P.E. de Flamanville réalisés à titre réglementaire, dans les milieux terrestre et aquatique.

Propriété d'ONET TECHNOLOGIES. Reproduction ou exploitation interdite sans notre autorisation préalable écrite.

Réf. :

A3001 17 NT 0040 0006 B

RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE FLAMANVILLE



Page : 12 de 19

4. RESULTATS 2018

4.1 GAMMA

5. Activités massiques en radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville :

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/Sec	40K	Famille du 232Th	Famille de 238U			232Th	Unité
									228Ac	228Th	232Pa	208Pb		
Slouville	18/09/2018	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	≤ 2 mm	22/10/2018	sec	1,07	451±39	31,4±3,8	n.a.	18±11	n.a.	≤ 1,5	Bq.kg-1 sec
Sortosville-en-Beaumont	20/09/2018	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	≤ 2 mm	22/10/2018	sec	1,14	590±50	49±6	n.a.	39±12	n.a.	≤ 1,8	Bq.kg-1 sec
Slouville	18/09/2018	Légumes	Salade Laitue Lactuca sativa L.	Feuilles	23/10/2018	cendres	22,02	94±9	0,020±0,010	≤ 0,044	≤ 0,6	0,091±0,028	1,34±0,13	Bq.kg-1 frais
Surtainville	20/09/2018	Légumes	Salade Laitue Lactuca sativa L.	Feuilles	21/11/2018	cendres	24,82	86±9	≤ 0,018	≤ 0,048	≤ 0,6	0,066±0,027	0,69±0,08	Bq.kg-1 frais

n.a. non analysé.

☒ station terrestre sous les vents dominants☐ stations terrestres hors vents

≤ : Les valeurs non significatives correspondent au seuil de décision.

Propriété d'ONET TECHNOLOGIES. Reproduction ou exploitation interdite sans notre autorisation préalable écrite.

Réf. :

A3001 17 NT 0040 0006 B

RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE FLAMANVILLE



Page : 13 de 19

6. Activités massiques en radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Flamanville :

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	⁶⁰ Co	^{110m} Ag	⁵⁴ Mn	Unité
Slouville	18/09/2018	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	≤ 2 mm	sec	1,07	22/10/2018	≤ 0,14	3,31±0,30	≤ 0,19	≤ 0,17	≤ 0,18	≤ 0,18	Bq.kg ⁻¹ sec
Sortosville-en-Beaumont	20/09/2018	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm	≤ 2 mm	sec	1,14	22/10/2018	≤ 0,15	9,5±0,8	≤ 0,20	≤ 0,18	≤ 0,20	≤ 0,20	Bq.kg ⁻¹ sec
Slouville	18/09/2018	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i> L.	Feuilles	cendres	22,02	23/10/2018	≤ 0,0037	≤ 0,0038	≤ 0,006	≤ 0,006	≤ 0,005	≤ 0,0044	Bq.kg ⁻¹ frais
Surtainville	20/09/2018	Légumes	Salade Laitue <i>Lactuca sativa</i> L.	Feuilles	cendres	24,82	21/11/2018	≤ 0,0038	≤ 0,0039	≤ 0,008	≤ 0,006	≤ 0,006	≤ 0,0046	Bq.kg ⁻¹ frais

☒ station terrestre sous les vents dominants☐ stations terrestres hors vents

≤ : Les valeurs non significatives correspondent au seuil de décision.

Propriété d'ONET TECHNOLOGIES. Reproduction ou exploitation interdite sans notre autorisation préalable écrite.

Réf. :

A3001 17 NT 0040 0006 B

RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE FLAMANVILLE



Page : 14 de 19

7. Activités massiques en radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Flamanville :

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Date de mesure	Qualité	Frais/Sec	⁴⁰ K	Famille du ²³⁵ Th	Famille de ²³⁸ U			²³² Th	Unité
									²²³ Ac	^{234m} Pa	²³⁴ Pa	²¹⁰ Pb		
Dielette port	17/01/2018	Sédiment	Sédiment	≤ 2 mm	22/02/2018	sec	2,47	520±44	32,7±3,9	n.a.	35±10	n.a.	16,0±1,7	Bq.kg ⁻¹ sec
Carteret Port	04/01/2018	Sédiment	Sédiment	≤ 2 mm	22/02/2018	sec	2,89	272±24	14,8±1,8	n.a.	21±7	n.a.	22,4±2,2	Bq.kg ⁻¹ sec
Dielette port	03/01/2018	Algues brunes	Fucus <i>Fucus serratus</i>	Entier	22/02/2018	cendres	5,32	1 310±130	5,7±0,8	18,1±1,9	17±9	4,5±1,1	48,3±4,7	Bq.kg ⁻¹ sec
Saint-Georges-de-la-Rivière	04/01/2018	Algues brunes	Fucus <i>Fucus serratus</i>	Entier	26/02/2018	cendres	4,31	1 170±110	9,2±1,3	13,0±1,5	± 21	5,5±1,0	51±5	Bq.kg ⁻¹ sec
Flamanville CNPE Rejet	19/06/2018	Arthropodes	Anaigée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	20/11/2018	cendres	2,21	78±8	1,02±0,21	≤ 0,6	≤ 7	0,70±0,26	± 2,2	Bq.kg ⁻¹ frais
Dielette port	03/01/2018	Mollusques	Patelle <i>Patella species</i>	Chair	26/02/2018	cendres	5,91	51±5	0,33±0,06	0,76±0,11	≤ 1,5	3,16±0,32	8,0±0,8	Bq.kg ⁻¹ frais
Saint-Georges-de-la-Rivière	04/01/2018	Mollusques	Patelle <i>Patella species</i>	Chair	27/02/2018	cendres	6,07	46,6±4,6	1,88±0,25	2,16±0,24	2,5±1,1	2,41±0,27	2,27±0,27	Bq.kg ⁻¹ frais
Flamanville CNPE Rejet	15/05/2018	Poissons	Vicille <i>Labrus bergylla</i>	Muscle	05/10/2018	cendres	5,01	120±12	≤ 0,026	≤ 0,05	≤ 0,9	≤ 0,05	≤ 0,21	Bq.kg ⁻¹ frais

n.a. : non analysé.

☒ stations aquatiques champ proche☐ stations aquatiques champ lointain

≤ : Les valeurs non significatives correspondent au seuil de décision.

Propriété d'ONET TECHNOLOGIES. Reproduction ou exploitation interdite sans notre autorisation préalable écrite.

Réf. :

A3001 17 NT 0040 0006 B

RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE FLAMANVILLE



Page : 15 de 19

8. Activités massiques en radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Flamanville :

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	^{110m} Ag	⁵⁴ Mn	Unité
Dielette port	17/01/2018	Sédiment	Sédiment	≤ 2 mm	sec	2,47	22/02/2018	≤ 0,14	3,72±0,32	≤ 0,18	5,4±0,6	≤ 0,18	≤ 0,16	Bq.kg ⁻¹ sec
Carteret Port	04/01/2018	Sédiment	Sédiment	≤ 2 mm	sec	2,89	22/02/2018	≤ 0,10	0,86±0,11	≤ 0,16	0,66±0,12	≤ 0,13	≤ 0,12	Bq.kg ⁻¹ sec
Dielette port	03/01/2018	Algues brunes	Fucus <i>Fucus serratus</i>	Entier	cendres	5,32	22/02/2018	≤ 0,10	0,24±0,07	≤ 0,18	0,88±0,15	0,17±0,09	≤ 0,14	Bq.kg ⁻¹ sec
Saint-Georges-de-la-Rivière	04/01/2018	Algues brunes	Fucus <i>Fucus serratus</i>	Entier	cendres	4,31	26/02/2018	≤ 0,11	≤ 0,14	≤ 0,19	0,24±0,10	≤ 0,15	≤ 0,13	Bq.kg ⁻¹ sec
Flamanville CNPE Rejet	19/06/2018	Arthropodes	Anaigée de mer <i>Maja brachydactyla</i>	Entier	cendres	2,21	20/11/2018	≤ 0,07	≤ 0,048	≤ 0,22	≤ 0,08	≤ 0,09	≤ 0,07	Bq.kg ⁻¹ frais
Dielette port	03/01/2018	Mollusques	Patelle <i>Patella species</i>	Chair	cendres	5,91	26/02/2018	≤ 0,011	0,015±0,006	≤ 0,019	≤ 0,017	0,049±0,011	≤ 0,012	Bq.kg ⁻¹ frais
Saint-Georges-de-la-Rivière	04/01/2018	Mollusques	Patelle <i>Patella species</i>	Chair	cendres	6,07	27/02/2018	≤ 0,015	0,022±0,008	≤ 0,024	≤ 0,027	≤ 0,022	≤ 0,017	Bq.kg ⁻¹ frais
Flamanville CNPE Rejet	15/05/2018	Poissons	Vicille <i>Labrus bergylla</i>	Muscle	cendres	5,01	05/10/2018	≤ 0,006	0,184±0,017	≤ 0,024	≤ 0,009	≤ 0,010	≤ 0,008	Bq.kg ⁻¹ frais

☒ stations aquatiques champ proche☐ stations aquatiques champ lointain

≤ : Les valeurs non significatives correspondent au seuil de décision.

Propriété d'ONET TECHNOLOGIES. Reproduction ou exploitation interdite sans notre autorisation préalable écrite.

Réf. :

A3001 17 NT 0040 0006 B

RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE FLAMANVILLE



Page : 16 de 19

4.2 **CARBONE 14**

Les résultats seront dans l'addenda.

4.3 **TRITIUM LIBRE**

Les résultats seront dans l'addenda.

4.4 **TRITIUM LIE**

Les résultats seront dans l'addenda.

Propriété d'ONET TECHNOLOGIES. Reproduction ou exploitation interdite sans notre autorisation préalable écrite.

Réf. : A3001 17 NT 0040 0006 B

RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE
FLAMANVILLE

Page : 17 de 19

5. FICHES DE CONSTAT

Fiche de constat n° 2018-01 :

FICHE DE CONSTAT du GME IRSN-OTND / EDF

1. Contexte

N° De la fiche
Nom du C.N.P.E. : FLAMANVILLE2018-FLA-01
Milieu☐ Terrestre ☐ Aquatique ☒ Marin

Type d'étude :

☐ Suivi Annuel ☐ Décennale ☒ Réglementaire ☐ Autres :☒ Station☒ Matrice☒ Analyse☐ Autre :☐ Pérenne☒ Ponctuel

2. Description

Des pêches de crustacés et de poissons sont demandées en champ lointain du C.N.P.E. de Flamanville, au large de Carteret, au titre des prescriptions réglementaires (D305615000065D). En 2018, il n'a pas été possible de trouver un pêcheur pouvant effectuer ces pêches.

3. Solution proposée

Plusieurs pêcheurs ont été contactés, et malgré une prospection longue approfondie depuis fin 2017, il n'a pas été possible de trouver un prestataire pour effectuer ces pêches. Aucune solution alternative ne peut être proposée.

Date	Signature
12/10/2018	Claire GODINOT

Date	Signature coordonnateur IRSN
27/01/19	

4. Solution retenue

Les pêches n'ont pas été effectuées au large de Carteret.

Date	Signature coordonnateur EDF
22/03/2019	

Réf. : A3001 17 NT 0040 0006 B

RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE
FLAMANVILLE

Page : 18 de 19

Fiche de constat n° 2018-02 :

FICHE DE CONSTAT du GME IRSN-OTND / EDF

1. Contexte

N° De la fiche
Nom du C.N.P.E. : FLAMANVILLE2018-FLA-02
Milieu☐ Terrestre ☐ Aquatique ☒ Marin

Type d'étude :

☐ Suivi Annuel ☐ Décennale ☒ Réglementaire ☐ Autres :☐ Station☒ Matrice☒ Analyse☒ Autre : fraction analysée☒ Pérenne☐ Ponctuel

2. Description

Une analyse gamma a été effectuée sur les crustacés entiers récoltés en champ proche (au large du C.N.P.E.) du point de rejet du C.N.P.E. de Flamanville ; alors que cette analyse est demandée sur la chair de ces crustacés au titre des prescriptions réglementaires (D305615000065D).

3. Solution proposée

Pour ce qui est de la fraction analysée (crustacés entiers au lieu de la chair), il n'est pas réalistement et techniquement réalisable de récupérer suffisamment de chair sur des tourteaux et araignées de mer pour les analyses réalisées en cendres. En effet, la chair des crustacés a un rapport PF/PS de 5, et un rapport PF/PS de 8 environ, soit un rapport PF/PC de 40. Sachant qu'il faut 80g de cendres environ pour remplir une géométrie de comptage gamma, il faut donc 3,2 kg de chair fraîche de crustacé. Or sur un tourteau ou une araignée de mer, le rapport entre la fraction de chair techniquement récupérable à cru et le poids de l'animal entier est environ de 10. Soit une quantité de tourteaux ou d'araignées de mer à décortiquer de 32 kg environ pour chaque analyse gamma, ce qui représente environ 120 individus. Il n'est donc pas réalistement et techniquement réalisable de récupérer suffisamment de chair sur des tourteaux et araignées de mer pour les analyses réalisées en cendres, ni de pêcher de telles quantités de crustacés chaque année dans les zones précises demandées.

La chair du corps et des grosses pinces a donc été récupérée pour les seules analyses d'OBT, qui nécessitent des quantités de matière plus raisonnables.

Date	Signature
12/10/2018	Claire GODINOT
Date	Signature coordonnateur IRSN
22/01/19	

4. Solution retenue

Les analyses gamma ont été effectuées sur les araignées calcinées entières et non sur leur chair. Aucune solution alternative ne peut être proposée, étant donné l'impossibilité de pêcher des matrices alternatives en quantités suffisantes pour les besoins d'analyses (ex. crevettes ou homards, trop peu abondants). Les analyses d'OBT ont quant à elles été effectuées sur la chair.

Date	Signature coordonnateur EDF
22/03/2019	

Réf. : A3001 17 NT 0040 0006 B

RAPPORT SIMPLIFIE REGLEMENTAIRE DE
FLAMANVILLE

Page : 19 de 19

6. ANNEXES

Tableau récapitulatif des traitements par matrices et analyses :

	Spectrométrie gamma	Carbone 14	Tritium libre	Tritium lié
Herbe	Etuvage 105°C Calcination 480°C Broyage	Lyophilisation Broyage	Extraction de l'eau par lyophilisation Filtration à 0,22 µm	Lyophilisation Broyage
Lait	Etuvage 105°C Calcination 480°C Broyage	Lyophilisation Broyage	Extraction de l'eau par lyophilisation Filtration à 0,22 µm	Lyophilisation Broyage
Principales production agricoles	Etuvage 105°C Calcination 480°C Broyage	Lyophilisation Broyage	Extraction de l'eau par lyophilisation Filtration à 0,22 µm	Lyophilisation Broyage
Couches superficielles des terres	Lyophilisation Tamisage à 2mm Broyage	Lyophilisation Tamisage à 2mm Broyage	Extraction de l'eau par lyophilisation Filtration à 0,22 µm	Lyophilisation Tamisage à 2mm Broyage
Eau de pluie	Acidification Evaporation partielle 70°C	Précipitation des carbonates Lyophilisation	Eau filtrée à 0,22 µm	
Eau de nappe	Acidification Evaporation partielle 70°C	Précipitation des carbonates Lyophilisation	Eau filtrée à 0,22 µm	
Eau de surface	Acidification Evaporation partielle 70°C	Précipitation des carbonates Lyophilisation	Eau filtrée à 0,22 µm	
Eau de boisson	Acidification Evaporation partielle 70°C	Précipitation des carbonates Lyophilisation	Eau filtrée à 0,22 µm	
Sédiment	Lyophilisation Tamisage à 2mm Broyage	Lyophilisation Tamisage à 2mm Broyage	Extraction de l'eau par lyophilisation Filtration à 0,22 µm	Lyophilisation Tamisage à 2mm Broyage
Végétaux aquatiques et marins	Etuvage 105°C Calcination 480°C Broyage	Lyophilisation Broyage	Extraction de l'eau par lyophilisation Filtration à 0,22 µm	Lyophilisation Broyage
Poissons	Eviscération/Dissection Etuvage 105°C Calcination 480°C Broyage	Lyophilisation Broyage	Extraction de l'eau par lyophilisation Filtration à 0,22 µm	Lyophilisation Broyage
Crustacés	Dissection (selon espèces) Etuvage 90°C Calcination 480°C Broyage	Lyophilisation Broyage	Extraction de l'eau par lyophilisation Filtration à 0,22 µm	Lyophilisation Broyage
Mollusques	Séparation chair/coquille Etuvage 90°C Calcination 480°C Broyage	Lyophilisation Broyage	Extraction de l'eau par lyophilisation Filtration à 0,22 µm	Lyophilisation Broyage