

Chantal (Coordinatrice)	ABERNOT- LE GAC
Elvire	ANTAJAN
Gaëlle	COURTAY
Luc	DREVES
Tania	HERNANDEZ FARINAS
Laure	LAMORT
Christophe	LOOTS
Emilie	RABILLER
Michel	ROPERT
Ivan	SCHLAICH

Avril 2018 - RST ODE/LITTORAL/LER/BO/18.01

Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Flamanville

Année 2017



Flamanville, mars 2017

Marché n° C4493C0850

Numéro d'identification du rapport : ODE/LITTORAL/LER/BO/18.01		date de publication : Avril 2018 nombre de pages : 231 bibliographie : oui illustration(s) : oui langue du rapport : français
Diffusion : libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/> Validé par : Chantal Abernot-Le Gac		
Auteurs principaux : Abernot - Le Gac Chantal Antajan Elvire Courtay Gaelle Drévès Luc Hernandez Farinas Tania Lamort Laure Loots Christophe Michel Ropert Rabiller Emilie Schlaich Ivan		Organisme / Direction / Service, laboratoire Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - BO Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - BL Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / DIR BRETAGNE Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / RBE / HMMN / LRHBL Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / ODE / LITTORAL / DYNECO - Pelagos Ifremer / RBE / HMMN / RHPEB
Collaborateur(s) Caboche Josselin Caradec Florian Cordier Rémy Foveau Aurélie Françoise Sylvaine Gaffet Jean-Dominique Goascoz Nicolas Gohin Francis Hervio - Heath Dominique Maheux Frank Parrad Sophie Pierre-Duplessix Olivier Quinquis Jérôme Rouquette Manuel Simon Benjamin Schmitt Sophie		Ifremer / RBE / HMMN / LRHBL Ifremer / ODE / DYNECO - Pelagos Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - BN Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / ODE / DYNECO - LEBCO Ifremer / RBE / HMMN / RHPEB Ifremer / ODE / DYNECO - Pelagos Ifremer / RBE / SG2M / LSEM Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / RBE / HMMN / RHPEB Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / RBE / HMMN / RHPEB Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - BN Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / ODE / DYNECO - Pelagos
<i>Ifremer Centre de Bretagne, CS 10070, 29280 Plouzané</i> <i>Ifremer Centre de Boulogne/mer, 150 quai Gambetta, 62321 Boulogne/mer</i> <i>Ifremer Station de Dinard, 38 rue du Port Blanc, 35801 Dinard</i> <i>Ifremer Station de Port en Bessin, Av. Av. du Général de Gaulle, 14520 Port en Bessin</i> <i>Laboratoire départemental LABEO Franck Duncombe de Caen</i> <i>Laboratoire LASAT La Rochelle</i> <i>Laboratoire SGS Rouen</i>		
Cadre de la recherche : Projet Impact des Grands Aménagements (I.G.A.) Marché n° C4493C0850		
Organisme commanditaire : Electricité de France (EDF) – Production Transport – C.N.P.E. de Flamanville B.P. 4 – 50 340 Les Pieux		

Résumé

L'étude de surveillance n° 35 du centre nucléaire de production d'électricité de Flamanville (département de la Manche) concerne l'année 2017. Sont étudiés les domaines benthique, halieutique et pélagique.

L'année 2017 est la 32^{ème} année de fonctionnement du CNPE de Flamanville.

Abstract

The monitoring report (n° 35) of the nuclear power plant located in Flamanville (France) takes into account studies carried out between March and September 2017.

Environmental effects and potential impacts of the aquatic system are reported through different chapters: hydrology, microbiology, phytoplankton, zooplankton, fisheries, intertidal phytobenthos and zoobenthos.

This power plant has been in operation for thirty-two years.

Mots-clés

Centrale nucléaire, Flamanville, Surveillance, Benthos, Halieutique, Pelagos

Words keys

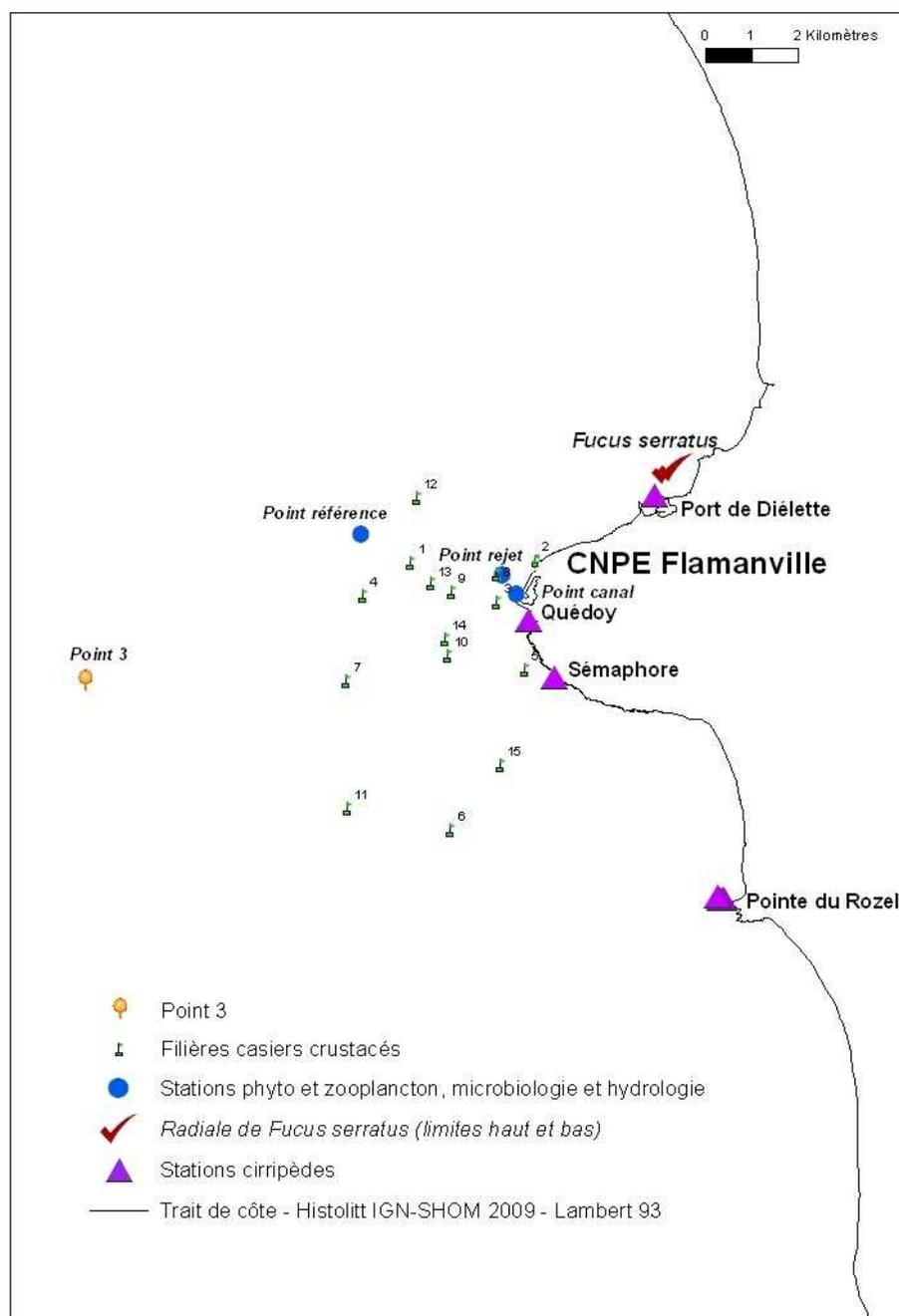
Flamanville, Monitoring, Nuclear power plant, Benthos, Fisheries, Pelagos

Commentaire

Ce document doit être cité de la manière suivante :

Abernot-Le Gac C, (coordinatrice), Antajan E., Courtay G., Drévès L., Hernandez Farinas T., Lamort L., Loots C., Rabiller E, Ropert M., Schlaich I., 2017. Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2017 – Ifremer RST. ODE/LITTORAL/LER / BO / 18.01 - Avril 2018, 231 p

Synthèse



Points de prélèvements échantillonnés par l'Ifremer

L'année 2017 est la trente-deuxième année de fonctionnement du CNPE de Flamanville, la trente-cinquième année consécutive des études de surveillance du milieu marin menées par l'Ifremer. Le bilan météorologique global de l'année 2017 observé dans ce secteur central de la Manche se caractérise par :

- Un cumul annuel des précipitations déficitaire au cumul moyen enregistré sur la période 1949-2017
- Une insolation annuelle (1727 heures), supérieure à la moyenne enregistrée depuis 1986 (1651 heures).
- Une température moyenne annuelle de l'air élevée supérieure à la moyenne enregistrée sur la période 1949-2017, résultant de moyennes mensuelles et trimestrielles généralement supérieures aux moyennes saisonnières, à la seule exception du mois de septembre

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

Domaine pélagique

Conformément à la stratégie mise en place pour la surveillance du site de Flamanville, les points échantillonnés sont :

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

Le matériel et les méthodes d'analyses utilisés en 2017 sont les mêmes que les années précédentes. Les campagnes de 2017 se sont déroulées les 4 avril, 16 juin et 25 septembre, en période de mortes eaux à bord du *N/O DELPHY* (hydrologie, phytoplancton et zooplancton) et au moyen de la vedette de la SNSM de Diélette (microbiologie).

Hydrologie et physico-chimie

Sur l'ensemble des points *canal*, *rejet* et *référence*, un prélèvement est effectué en surface. Les paramètres hydrologiques mesurés sont la température, la salinité, la turbidité, l'oxygène dissous et les sels nutritifs (ammonium, nitrate, nitrite, phosphate et silicate). Les mesures de la température, de la salinité et de l'oxygène dissous sont effectuées *in situ* au moyen de sondes multi-paramètres. La turbidité est mesurée *in situ* à l'aide d'un turbidimètre. Les prélèvements d'hydrazine et d'éthanolamine ont été réalisés conformément aux prescriptions fournies par le laboratoire SGS de Rouen.

Pour 2017, les paramètres suivis dans le cadre de la surveillance du compartiment pélagique ne présentent pas de profils atypiques en regard de la surveillance historique. La variabilité observée entre les points de suivis (et le point *Référence* en particulier) met le plus souvent en évidence un gradient côte-large caractéristique de la variabilité naturelle du milieu à Flamanville. L'arrêt total des 2 tranches au mois de juin est perceptible à travers la température du *Rejet* qui ne diffère pas de celle observée sur les autres points. Plus généralement les stocks de nutriments sont restés à des niveaux faibles qui placent l'année 2017 parmi les années les moins riches de la série. Seules les matières en suspension montrent des niveaux élevés, y compris au point référence, au printemps et en été sans pour autant que la tendance ne soit confirmée par le paramètre turbidité. Cette particularité reste sans explication claire.

Phytoplancton

L'étude quantitative de l'activité photosynthétique du phytoplancton complétée par la détermination de la biomasse, l'identification et le dénombrement des cellules, permet de suivre

l'évolution des communautés phytoplanctoniques et d'évaluer l'influence des facteurs abiotiques sur cette évolution. Les paramètres photosynthétiques d'une communauté phytoplanctonique dépendent de la quantité et qualité des pigments contenus dans les chloroplastes, de la quantité d'énergie lumineuse reçue, de la température et de la concentration en sels nutritifs du milieu. La chlorophylle a, présente chez tous les organismes autotrophes, est un bon estimateur de la biomasse phytoplanctonique. La production primaire représente la production potentielle maximale d'un peuplement *in vivo* et permet également d'estimer l'état physiologique de ce peuplement. L'abondance cellulaire de chaque espèce permet de caractériser quant à elle la structure et la diversité des communautés phytoplanctoniques.

Les prélèvements d'eau en vue de l'étude du phytoplancton ont été réalisés aux mêmes points et niveaux que pour les paramètres physico-chimiques et avec le même matériel. Les prélèvements sont effectués avec des bouteilles Niskin, en surface pour les points *canal*, *rejet* et *référence*.

Que ce soit au travers des indicateurs de Biomasse (Chlorophylle a, télédétection) ou de productivité primaire (rETR), l'activité phytoplanctonique en 2017 ne se distingue pas particulièrement de celle des années précédentes. Les populations montrent des signes de bon à très bon état en particulier en automne).

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 peuplement apparaît toujours dominé à plus de 90 % par les diatomées, les dinoflagellés atteignant difficilement 5 à 10 % en période estivale. Tout juste peut-on noter la présence structurante (dominante) mais finalement éphémère de Cryptophyceae (nanoplancton) lors de la campagne réalisée en avril (ce groupe n'est plus structurant un mois plus tard lors de la 2^{de} campagne).

La succession des communautés phytoplanctoniques observées à proximité du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2017 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 2017 ne présentent pas de caractéristiques pouvant mettre en cause l'activité du CNPE de Flamanville.

Microbiologie

Un suivi de l'évolution du compartiment microbien 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. 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. Douze espèces du genre *Vibrio* sont considérées comme pathogènes pour l'homme.

Le dénombrement des germes aérobies revivifiables est réalisé sur milieu de Zobell. L'identification et le dénombrement des vibrions halophiles mise au point par l'institut Pasteur de Lille en collaboration avec l'équipe R&D d'EDF appelée "Méthode EDF" dans ce rapport, est utilisée sur l'ensemble des centrales du bord de mer et permet ainsi la comparaison des populations de vibrions halophiles entre elles.

En cohérence avec les observations des années précédentes, les abondances en Germes revivifiables sont les plus fortes en été. L'année 2017 se distingue par les niveaux records qui ont été atteints durant l'été (*canal*) et qui se sont maintenus jusqu'en septembre. Cette tendance, également perceptible sur le point *référence*, est à appréhender à une échelle plus globale que celle du seul CNPE.

Le cycle saisonnier des vibrions halophiles observé en 2017 est conforme à ce qui est généralement observé sur ce site. Le point *canal* semble propice au développement des premiers vibrions cultivables dès le printemps. Cette situation n'est pas exceptionnelle et a déjà été observée aux printemps 2009, 2010, 2011, 2012 et 2015.

Le peuplement de vibrions est largement dominé par l'espèce *V. alginolyticus* quelle que soit la saison. Les quelques *V. vulnificus* pressentis n'ont pas pu être confirmés par les méthodes moléculaires (PCR).

En conclusion, en 2017, l'étude de l'ensemble des paramètres (germes revivifiables et vibrions halophiles) du compartiment microbiologique n'a pas mis en évidence, pour ces paramètres, de modification significative du milieu liée à l'activité du CNPE de Flamanville

Zooplancton

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 qui influencent l'abondance, la diversité et le cycle saisonnier du zooplancton.

Les échantillons zooplanctoniques ont été collectés à l'aide d'un filet à plancton de type WP2. Le filet est descendu jusqu'à environ 3 mètres au dessus du fond puis est ramené à la surface à une vitesse de 1 m s⁻¹. Un volucompteur 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 formolé en vue du dénombrement des espèces animales.

Les données historiques acquises depuis 1993 indiquent que la biomasse sestonique ne montre pas de différences significatives entre les points de prélèvement quelle que soit la saison considérée, alors que pour l'abondance zooplanctonique, les abondances printanières et estivales paraissent significativement plus faibles au point *canal* par rapport au point *référence*. Toutefois, la biomasse sestonique ne reflète pas les observations sur les abondances zooplanctoniques. Les rapports C/N du seston montrent bien la difficulté qu'il y a à déduire, ou estimer, la biomasse du zooplancton, sensu 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 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 2017, les abondances zooplanctoniques correspondaient à ce qui est habituellement observé sur le site de surveillance depuis 1993. 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 50 % du zooplancton total du fait de la prolifération des larves pélagiques de cirripèdes (balanes). L'holoplancton dominait largement le zooplancton en été et à l'automne (69 à 97%). Comme toujours en milieu côtier tempéré, il était essentiellement caractérisé par les copépodes. La diversité spécifique de ce groupe était assez faible et composée en général de moins d'une dizaine d'espèces dont une seule peu représenter entre 76 et 88 % du peuplement. Les copépodes appartenant à l'ordre des calanoides, typiquement pélagiques (*Acartia*, *Centropages*, *Paracalanus*, *Temora* 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 respecte, pour ce que peut montrer cette analyse de trois campagnes annuelles, sa répartition saisonnière habituelle et est caractéristique 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.

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. Et d'autre part du zoobenthos, au travers des populations de crustacés cirripèdes du Cap de Flamanville et de la Pointe du Rozel.

Fucus serratus

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.

La biomasse annuelle moyenne de *Fucus serratus* évaluée en 2017 sur le platier de Diélette reste, comme en 2016, 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. 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. Les populations de Paluel et de Guissény suivent cette même tendance néanmoins pour la seconde année consécutive les biomasses estimées dans ces secteurs sont en hausse. 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...

Les pourcentages de *Fucus serratus* plus ou moins fertiles évalués en mars, juin et septembre 2017 restent dans la gamme des valeurs habituellement observées depuis 1983 sur ce site.

En juin, le pourcentage observé se situe dans les plus fortes valeurs relevées depuis 1983 à cette période de l'année.

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 2017 avec en fin d'été un large pourcentage de thalles fertiles.

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 2017 sont conformes aux valeurs moyennes observées sur ces sites depuis 1997.

Cirripèdes

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*. A la pointe du Rozel, constituée d'un vaste platier de dalles de schistes, les peuplements sont représentés par une ceinture à *Semibalanus balanoides* prolongée en bas niveaux par une ceinture à *Balanus perforatus*. Ces ceintures, dominées par *Semibalanus balanoides*, comprennent également d'autres espèces de cirripèdes comme *Chthamalus stellatus*, *Chthamalus montagui* et *Astrominius modestus* (précédemment nommé *Eminius modestus*).

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 ainsi qu'au droit du sémaphore du cap de Flamanville ; 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. A partir de 1993, deux points de mesures sont ajoutés aux précédents, un dans l'anse de Quédoy située immédiatement au sud de la centrale, l'autre près du port de Diélette. A la station du Rozel, quatre points sont échantillonnés à quatre niveaux de l'estran à partir de la limite supérieure des populations de cirripèdes (Rozel 1) jusqu'à leur limite inférieure (Rozel 4). Ces prélèvements réalisés également au Sémaphore, à Quédoy et à Diélette permettent d'évaluer les densités de cirripèdes, les pourcentages des différentes espèces et la faune associée. Cette étude est menée une fois par an en fin d'été

Le **recrutement** des cirripèdes évalué près du CNPE de Flamanville en 2017 reste dans les plus faibles valeurs observées depuis 1983. Néanmoins, les cirripèdes juvéniles sont relativement plus nombreux en 2017 qu'en 2016 à toutes les stations. Le recrutement reste plus faible au Rozel et plus important au Sémaphore et ce depuis 2011

La **densité** moyenne de cirripèdes évaluée en septembre 2017 se maintient à sa valeur minimale pour la seconde année consécutive. C'est au Sémaphore que les densités moyennes de cirripèdes restent les plus fortes malgré une baisse des valeurs pour la seconde année consécutive.

Les températures relativement douces en 2017 n'ont pas favorisé 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. Une augmentation des densités est d'ailleurs observée à Quédoy en 2017.

La présence d'*Austrominius modestus* dans le peuplement reste faible et néanmoins constante. Elle est plus fréquente au Rozel.

Concernant les Fucales de Diélette et les Cirripèdes de la région de Flamanville, les résultats des observations faites au cours de l'année 2017 n'indiquent pas d'influence directe des rejets du CNPE.

Domaine halieutique

Dans le cadre de la surveillance halieutique de Flamanville, les études concernent des espèces à intérêt commercial.

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.

L'échantillonnage du zooplancton et les relevés hydrologiques sont, depuis 1988, réalisés en quatre points : le point *canal d'amenée*, le point *rejet* et deux points hors tache thermique (le point *référence* commun à l'étude du domaine pélagique et le point 3 plus au large et étudié depuis le début des études).

Depuis 1997, six missions sont réalisées dans l'année. La date de la première campagne est déterminée en fonction de la date d'éclosion des larves d'araignées estimée à partir de la température de l'eau entre février et mai. Dans la mesure du possible, la date des campagnes est choisie en fonction des coefficients de marée les plus faibles.

L'engin utilisé pour les pêches de larves d'araignée est un échantillonneur de type Bongo grand modèle conçu pour l'échantillonnage de l'ichtyoplancton. Pour les pêches de larves de homard de plus grande taille et plus dispersées, un échantillonneur neustonique d'ouverture plus large et de maillage supérieur est utilisé.

Les larves d'araignée et de homard sont comptées sur la totalité des échantillons et leur stade est identifié.

En 2017, les six missions prévues par le contrat se sont déroulées les 16 juin, 4 et 17 juillet, 4, 17 et 31 août.

Pour l'araignée de mer, l'année 2017 montre comme les années précédentes des abondances plus fortes au *point 3* pour les zoés et au *point 3* et *référence* pour les mégaloopes. Pour les zoés, l'année 2017 confirme la tendance des plus fortes abondances observées depuis ces dernières années sur l'ensemble de la série. Pour les mégaloopes, l'année 2017 montre des abondances légèrement supérieures à 2016 mais qui restent dans la tendance basse observée depuis 2015.

Pour le homard, l'année 2017 semble être une année très particulière puisque c'est la première fois que des abondances aussi faibles ont été enregistrées au *point 3* sur l'ensemble de la série historique. L'absence de larves dans nos prélèvements reflète soit des abondances effectivement très faibles en 2017, soit un biais dû à la période d'échantillonnage. En effet, il est possible que la ponte du homard ait été plus précoce cette année et que la période échantillonnée qui elle est centrée sur l'araignée de mer n'ait pas permis d'échantillonner correctement la fin du pic d'abondances des larves de

homard. De plus, du fait des contraintes météorologiques et de marée, la première campagne a dû être réalisée de nuit alors que les larves de homard sont connues pour être plus facilement capturables de jour car elles remontent à la surface pour se nourrir. Cependant, lors des années précédentes, des larves avaient été capturées durant toute la période échantillonnée, ce qui n'est pas le cas cette année alors que les campagnes suivantes ont bien été réalisées de jour. La période d'échantillonnage n'a donc eu que peu d'influence et il est fort probable que les abondances en 2017 soient effectivement réellement plus faibles que durant les autres années.

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. Les données d'activité et de production des navires suivis dans le cadre de cette étude sont, pour des raisons de disponibilité, présentées avec un décalage d'une année par rapport à la réalisation des campagnes.

En ce qui concerne les débarquements de captures réalisées par les professionnels on peut noter une légère diminution par rapport à 2015. Cette diminution est probablement due au retard dans la saisie des déclarations ou dans une moindre mesure de la non exhaustivité du rendu de fiches déclaratives. 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 conditions de marché 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. 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 abondances en **homard** sont cette année encore parmi les plus fortes jamais enregistrées. 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 un recrutement annuel important de jeunes individus capturés sur l'ensemble de la pêcherie depuis 2007. Il semble que la population profite encore cette année d'une augmentation du nombre de pré-recrues dont les densités sont supérieures aux plus hauts historiques. Ils sont observés au sud du cantonnement de Flamanville. Les jeunes homards représentent en 2017 plus 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 méta-populations du Golfe normand breton par dispersion larvaire ou d'une meilleure survie des larves en lien avec l'augmentation de la température.

Le **tourteau** n'est plus la principale espèce capturée depuis plusieurs années et ceci peut être due à l'augmentation de l'abondance du homard. Les captures exceptionnellement faibles enregistrées en septembre ont été confirmées par le professionnel qui avait, lui aussi, observé cette tendance.

Les **araignées** étaient présentes sur l'ensemble de la zone lors de la campagne du mois de juin et, comme en 2016, des concentrations exceptionnelles de grands mâles ont été enregistrées 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 septembre.

La taille moyenne des **étrilles** capturées est toujours faible (50 mm) mais semble stabilisée 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.

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 montrent qu'il existe certainement un bon recrutement annuel.

Dans la réserve, un certain nombre de points peuvent être mis en avant :

Les captures de homards sont encore importantes cette année et sont au plus haut depuis la création de la réserve. 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 population capturable de la réserve 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.

Les rendements en tourteaux diminuent encore cette année et les captures deviennent insignifiantes dans cette zone. L'absence de tourteau en septembre 2017, vient renforcer l'idée que les individus sont exclus de la zone interdite à la pêche 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. Le faible nombre d'individus capturés n'est probablement plus représentatif de la population qui se trouve encore dans la zone.

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.

Les études réalisées par l'Ifremer dans le cadre de la surveillance du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2017 ne révèlent pas d'incidences des rejets de la centrale sur le milieu marin environnant et de ses ressources pour les différents paramètres suivis.

Sommaire

Synthèse	5
Préambule.....	17
1. Fonctionnement du CNPE et programme Ifremer en 2017	19
1.1. Fonctionnement de la Centrale.....	21
1.2. Travaux réalisés par Ifremer.....	25
2. Caractéristiques environnementales	29
2.1. Climatologie	31
2.2. Température de l'eau de mer.....	37
3. Le domaine pélagique	45
3.1. Préambule.....	46
3.2. Hydrologie, Physico-chimie, Chimie.....	48
3.3. Phytoplancton	75
3.4. Microbiologie.....	101
3.5. Zooplancton	113
4. Le domaine benthique.....	127
4.1. Phytobenthos intertidal.....	130
4.2. Zoobenthos des substrats durs intertidaux.....	150
4.3. Conclusion	167
5. Le domaine halieutique	169
5.1. Larves de crustacés décapodes	171
5.2. Surveillance de la pêche côtière des crustacés.....	179
5.3. Annexes	200
6. Conclusion	209
6.1. Le domaine pélagique.....	211
6.2. Le domaine benthique.....	213
6.3. Le domaine halieutique	214
7. Bibliographie	217

Préambule

Dans le cadre de l'implantation d'une Centrale électronucléaire sur le littoral de la commune de Flamanville (département de la Manche) et du contexte législatif en vigueur, **Électricité de France** a confié à l'**IFREMER**¹ les études écologique et halieutique du milieu marin encadrant ce site.

Une étude essentiellement bibliographique, dite d'**Avant-projet**, fut réalisée en 1975 par le CNEXO², pour la partie écologique, et l'ISTPM³, pour la partie halieutique.

L'**étude de Projet**, menée par ces deux organismes de juillet 1976 à août 1978 (étude écologique), et d'avril 1977 à septembre 1979 (étude halieutique), eut pour objet d'établir un état de référence avant l'implantation de la centrale électronucléaire. Seule la composante de l'étude halieutique traitant de la pêche des crustacés a été maintenue entre les deux phases de Projet et de Surveillance (de 1980 à 1982).

L'**étude de Surveillance** a commencé en 1983, soit deux années avant la date théorique de mise en fonctionnement de la première tranche de la Centrale (janvier 1985). La mise en route s'étant effectuée progressivement à partir de 1986, le contenu de cette étude est resté inchangé au cours des sept premières années de fonctionnement réel de la Centrale.

Cette étude de surveillance devait permettre dans un premier temps d'apprécier les fluctuations naturelles pluriannuelles des principaux paramètres retenus à partir de l'étude de Projet. Dans un deuxième temps, elle doit permettre d'analyser l'incidence éventuelle de la Centrale sur le milieu marin environnant et ses ressources.

A partir de 1993, le 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 Sciotot (espèce cible : *Urothoë 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.

Pour le site de Flamanville, les travaux de prélèvements et d'analyses sont désormais réalisés dans le cadre de la décision n°2010-DC-0189 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 7 juillet 2010 *fixant à Electricité de France les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau et de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux pour l'exploitation des réacteurs « Flamanville 1 » (INB n°108), « Flamanville 2 » (INB n°109) et Flamanville 3 » (INB n°167).*

La commande d'exécution passée par EDF-CNPE de Flamanville à Ifremer (marché référencé C4493C0850) prévoit la fourniture par Ifremer des documents contractuels suivants :

- Un état d'avancement des travaux réalisés au cours du premier semestre de l'année N, à remettre pour le 15 juillet.
- Un rapport annuel, dont la version provisoire est remise le 31 janvier de l'année N+1.
- Un rapport annuel, dont l'édition définitive est remise au plus tard le 31 mars de l'année N+1.

¹ *Organisme issu de la fusion en 1984 du CNEXO et de l'ISTPM*

² *Centre National pour l'Exploitation des Océans*

³ *Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes*

Au cours de 2017, 32^{ème} année de fonctionnement de cette Centrale, les études réalisées par l'Ifremer sur le site de Flamanville sont menées sous la responsabilité de :

- **Chantal Abernot-Le Gac** (ODE/LITTORAL/LER-BO⁴) pour le domaine benthique et la coordination de l'ensemble des études sur ce site
- **Elvire Antajan** (ODE/LITTORAL/LER-BL⁵) pour le zooplancton
- **Gaëlle Courtay et Tania Fernandez Farinas** (ODE/LITTORAL/LER-N⁶) pour le phytoplancton
- **Luc Drévès** (DIR Bretagne⁷) pour les caractéristiques environnementales (climatologie, température de l'eau de mer)
- **Laure Lamort** (ODE/LITTORAL/LER-N⁸) pour la microbiologie en collaboration avec Dominique Hervio-Heath (RBE/SG2M/LSEM⁹) et le laboratoire LABEO Franck Duncombe de Caen (microbiologie)
- **Emilie Rabiller et Michel Ropert** (ODE/LITTORAL//LER-N¹⁰) pour l'hydrologie, la physico-chimie et la chimie en collaboration avec le laboratoire Eurofins de Bordeaux, les laboratoires LASAT de la Rochelle et SGS de Rouen (hydrazine et ethalonamine)
- **Christophe Loots** (RBE-HMMN-LRHBL¹¹) pour les larves de crustacés
- **Ivan Schlaich** (RBE-HMMN-RHPEB¹²) pour la surveillance de la pêche côtière des crustacés

Concernant la surveillance scientifique du CNPE de Flamanville réalisée au cours de l'année 2017,

- L'état d'avancement des travaux a été adressé à EDF le 13 juillet 2017 - ABERNOT-LE GAC C., ANTAJAN E., COURTAY G., DREVES L., LAMORT L., LOOTS C., SCHLAICH I. (2017).- Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2017 – Etat d'avancement des travaux – premier semestre. Rapp. Ifremer LER/BO/17.009, juillet 2017, 12 p)

- L'édition définitive du rapport scientifique annuel fait l'objet du présent document, prenant en compte les remarques formulées sur la version provisoire

⁴ Laboratoire Environnement Ressources - Bretagne Occidentale (LER/BO)

⁵ Laboratoire Environnement Ressources de Boulogne-sur-Mer (LER/BL)

⁶ Laboratoire Environnement Ressources de Normandie (LER/N)

⁷ Direction Centre Bretagne (DIR BRETAGNE)

⁸ Laboratoire Environnement Ressources de Normandie (LER/N)

⁹ Laboratoire Santé Environnement et Microbiologie (LSEM)

¹⁰ Laboratoire Environnement Ressources de Normandie (LER/N)

¹¹ Laboratoire Ressources Halieutiques de Boulogne-sur-Mer (LRHBL)

¹² Laboratoire Ressources Halieutiques de Port-en-Bessin (RHPEB)

**1. Fonctionnement du
C.N.P.E. de Flamanville
et programme d'intervention
de l'Ifremer au cours de l'année 2017**

Luc Drévès (DIR BRETAGNE)

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

1.1. 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 2017 est la 32^{ème} année de fonctionnement de ce CNPE, la trente-cinquième année consécutive des études de surveillance du milieu marin menées par l'Ifremer.

Au-delà de quelques arrêts de courte durée, les principaux arrêts de tranches concernent la tranche 1 entre mi-février et début juillet (figure 1.1.1) ; la tranche 2 entre mi-mai et fin août.

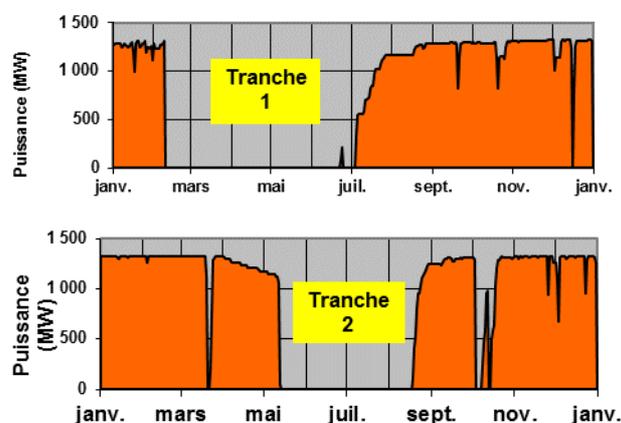


Figure 1.1.1 : Puissance nette moyenne des tranches 1 et 2 de Flamanville en 2017

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 (figures 1.1.2 et 1.1.3). 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.

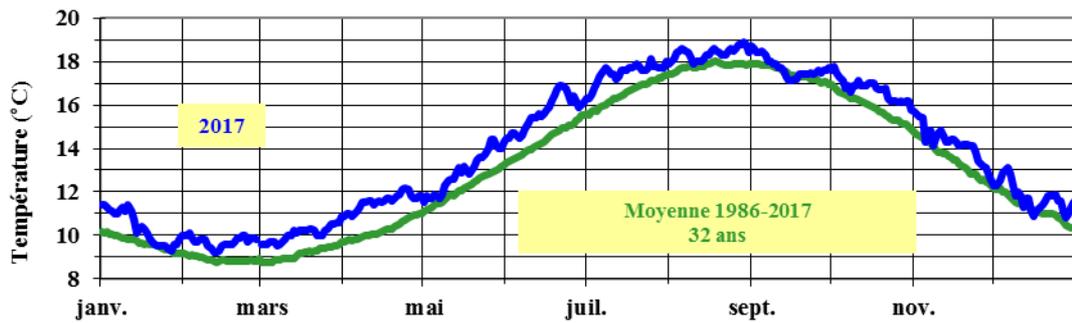


Figure 1.1.2 : Évolution de la température journalière (à 16 h) de l'eau de mer dans le canal d'amenée du C.N.P.E. de Flamanville au cours de l'année 2017, comparée à la moyenne journalière enregistrée sur la période 1986-2017 (32 années)

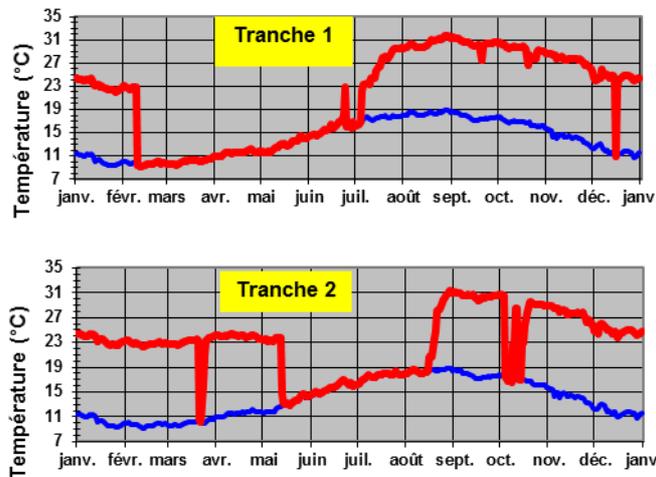


Figure 1.1.3 : Comparaison de la température de l'eau de mer entre le canal d'amenée (courbe bleue) et la sortie des condenseurs des tranches 1 et 2 (courbe rouge), au cours de l'année 2017

L'écart journalier moyen entre la sortie des condenseurs et le canal d'amenée peut ainsi être calculé (figure 1.1.4). Cet écart thermique journalier moyen est à rapprocher de la puissance nette moyenne des deux tranches (figure 1.1.5).

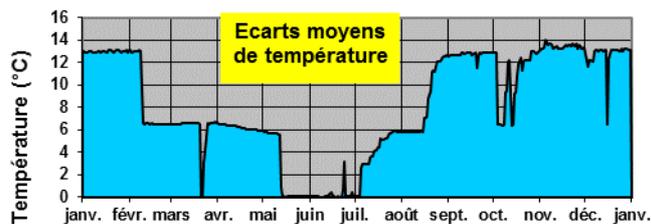


Figure 1.1.4 : Écarts journaliers moyens de la température de l'eau de mer entre la sortie des deux condenseurs et le canal d'amenée, au cours de l'année 2017

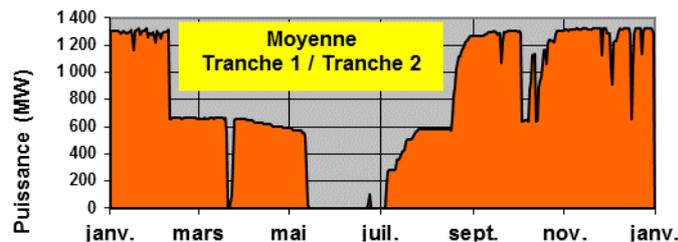


Figure 1.1.5 : Puissance nette moyenne du CNPE de Flamanville, au cours de l'année 2017

En 2017, hormis un fonctionnement en janvier pour la tranche 2, la procédure antisalissure par électrochloration n'a fonctionné qu'à partir du mois d'avril pour les deux tranches, et ce jusqu'à fin décembre, avec une interruption en mai en tranche 1, en juin et juillet en tranche 2. Comme l'indiquent les tableaux 1.1.1 et 1.1.2 ci-dessous, 286 tonnes de chlore ont ainsi été injectées dans les circuits de refroidissement au cours de l'année 2017. A noter que le tonnage injecté en tranche 1 en 2017 (131,1 T) est inférieur à celui injecté en tranche 2 (154,6 T).

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	0,5	0,0	17,2	28,1	21,2	14,5	25,6	17,4	6,6	131,1
Tranche 2	10,8	0,0	0,0	29,4	5,6	0,0	0,0	19,0	26,2	13,8	22,2	27,6	154,6
Total	10,8	0,0	0,0	29,9	5,6	17,2	28,1	40,2	40,7	39,5	39,6	34,2	285,7

Tableau 1.1.1 : 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 2017

Le tonnage annuel moyen de chlore injecté sur la période 1987-2017 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, 283 tonnes sur la période 1994-2017 (24 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, 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 tonnage annuel est sensiblement supérieur à la moyenne enregistrée depuis 1995.

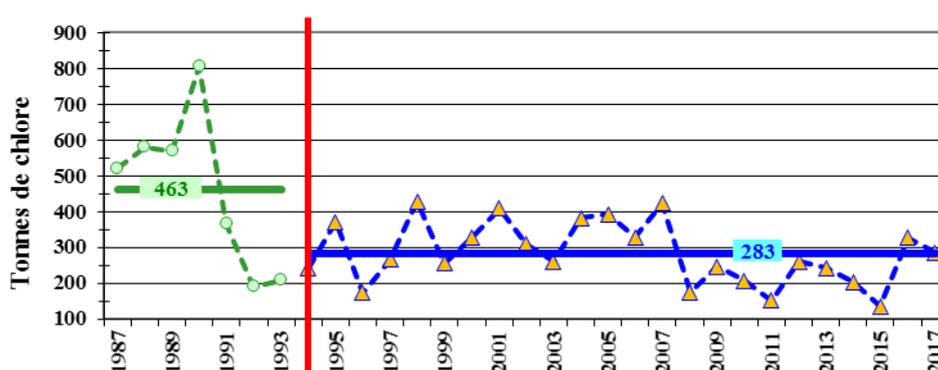


Figure 1.1.6 : Evolution du tonnage annuel de chlore injecté à Flamanville depuis 1987, comparé aux moyennes annuelles des périodes 1987-1993 et 1994-2017

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
Moyenne 1987-1993		463
<i>Modification du protocole</i>		
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
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
Moyenne 1994-2017		283

Tableau 1.1.2 : Récapitulatif du tonnage annuel de chlore injecté dans le circuit de refroidissement du C.N.P.E. de Flamanville depuis 1987

1.2. Travaux réalisés par Ifremer

Les travaux réalisés au cours de l'année 2017 ont été menés conformément au marché n° C4493C0850. Ils sont présentés dans le tableau 1.2.2 page 29.

Les points de prélèvements sont localisés sur la carte de la figure 1.2.1. Les coordonnées géographiques de ces points sont présentés dans le tableau 1.2.1 page suivante.

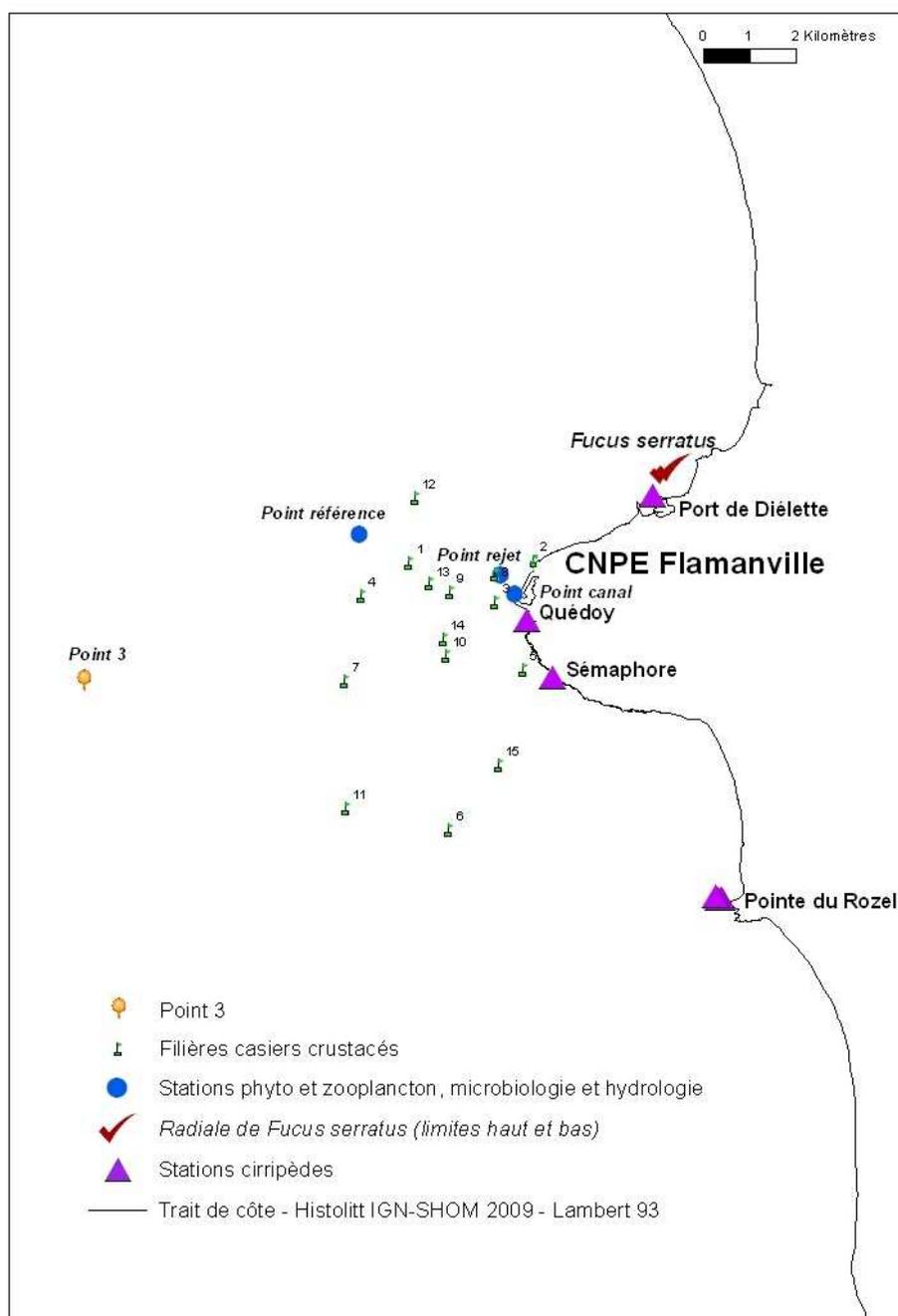


Figure 1.2.1 : Carte des abords de Flamanville, indiquant les points de prélèvements échantillonnés par l'Ifremer

Hydrologie - Physico-chimie Microbiologie Phytoplancton Zooplancton Larves crustacés	Canal	49° 32,112' N	1° 53,317' W
	Rejet	49° 32,328' N	1° 53,477' W
	Référence	49° 32,818' N	1° 55,127' W
Cirripèdes	Sémaphore	49° 31,132' N	1° 52,869' W
	Quédoy	49° 31,805' N	1° 53,166' W
	Rozel 1	49° 28,538' N	1° 50,888' W
	Rozel 2	49° 28,534' N	1° 50,915' W
	Rozel 3	49° 28,531' N	1° 50,932' W
	Rozel 4	49° 28,554' N	1° 50,973' W
	Diélette	49° 33,272' N	1° 51,701' W
<i>Fucus serratus</i>	Haut radiale	49° 33,600' N	1° 51,452' W
	Bas radiale	49° 33,574' N	1° 51,527' W
Larves crustacés	Point 3	49° 31,446' N	1° 57,722' W
Filières crustacés	1	49° 32,480' N	1° 54,54' W
	2	49° 32,510' N	1° 53,096' W
	3	49° 32,018' N	1° 53,540' W
	4	49° 32,102' N	1° 55,102' W
	5	49° 31,222' N	1° 53,216' W
	6	49° 29,336' N	1° 54,078' W
	7	49° 31,090' N	1° 55,294' W
	8	49° 32,354' N	1° 53,546' W
	9	49° 32,144' N	1° 54,072' W
	10	49° 31,396' N	1° 54,120' W
	11	49° 29,588' N	1° 55,282' W
	12	49° 33,240' N	1° 54,474' W
	13	49° 32,240' N	1° 54,312' W
	14	49° 31,582' N	1° 54,150' W
	15	49° 30,102' N	1° 53,498' W

Tableau 1.2.1 : Coordonnées géographiques des points de prélèvement (degrés minutes décimales, WGS84)

2017		Points de prélèvements	Paramètres étudiés	Nombre de répliqués à chaque point	Dates missions
Domaine pélagique	Hydrologie Physico-chimie	Référence Rejet Canal d'aménée	Température, Salinité, Ammonium, Nitrates, Nitrites, Phosphates, Silicates, Hydrazine, Ethanolamine, Turbidité néphélogométrique Oxygène dissous	Référence 1 subsurf Rejet 1 subsurf. C.aménée 1 subsurf	
	Phytoplancton	Référence Rejet Canal d'aménée	Détermination et dénombrement des espèces Biomasse chlorophyllienne	Référence 1 subsurf Rejet 1 subsurf. C.aménée 1 subsurf	
			Production primaire	Référence 3 subsurf Rejet 3 subsurf. C.aménée 3 subsurf	04/04 16/06 25/09
	Zooplancton	Référence Rejet Canal d'aménée	Identification et abondance des taxons (1 WP2 formolé) Biomasse zooplanctonique (1 WP2 congelé)	Référence 1 subsurf Rejet 1 subsurf. C.aménée 1 subsurf	
Microbiologie	Référence Rejet Canal d'aménée	Dénombrement des germes revivifiables Identification et dénombrement des souches de vibrions halophiles	Référence 2 subsurf. Rejet 2 subsurf. C.aménée 2 subsurf		
Domaine benthique	Phytobenthos	Platier de Diélette Radiale dans la zone à <i>Fucus serratus</i>	- Biométrie - Longueur - Diamètre du thalle - Biomasse - Fertilité	10 pieds tous les 10 m sur chaque radiale 10 quadrats /secteur	30/03 27/06 (Fertilité) 21/09
	Zoobenthos	ROZEL (1, 2, 3, 4) SEMAPHORE QUEDOY DIELETTE	-Étude de la recolonisation des cirripèdes (mars, juin et septembre) - Densité des différentes espèces de cirripèdes - Faune associée en septembre uniquement	4 quadrats 3x25 cm ² par point -8 quadrats -12 comptages par point -4 grattages par point	29-30/03 26-27/06 21-22/09
Domaine halieutique	Zooplancton et Hydrologie	[Point 3] Référence Rejet Canal d'aménée	Densité des larves d'araignée et de homard - température - salinité	2 Bongo 1 Neuston surface	6 campagnes 16/06-04/07 17/07-04/08 17/08-31/08
	Suivi de l'exploitation et de la biologie des espèces commerciales	N.O. Cotentin 15 points (1 filière par point)	Recueil d'informations sur la pêche professionnelle Pêches expérimentales - pour homard, tourteau, araignée, étrille (longueur, sex-ratio) - autres espèces (présence) 4 levées des 15 filières d'au moins 20 casiers 12 au 15/06 16 au 19/09

Tableau 1.2.2 : Récapitulatif de l'activité réalisée par l'Ifremer en 2017 devant le C.N.P.E. de Flamanville

2. Caractéristiques environnementales de l'année 2017

Luc Drévès (DIR BRETAGNE)



Echantillonnage en contrebas du sémaphore de Flamanville

2.1. Climatologie

Les données communiquées par le centre de météo-France de Cherbourg proviennent d'enregistrements réalisés au sémaphore d'Auderville¹³ (température de l'air et pluviométrie) depuis janvier 1949 (l'année 2017 est ainsi la 69^{ème} année d'observations météorologiques sur ce site), et à la station de Valognes¹⁴ (insolation) entre janvier 1986 et décembre 2008. A partir de janvier 2009, les données d'insolation proviennent de Sainte Marie du Mont. 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.

2.1.1. Pluviométrie

Au regard des données acquises depuis 1949, la pluviométrie sur le nord-ouest Cotentin au cours de l'année 2017 (figure 2.1.1) se caractérise par :

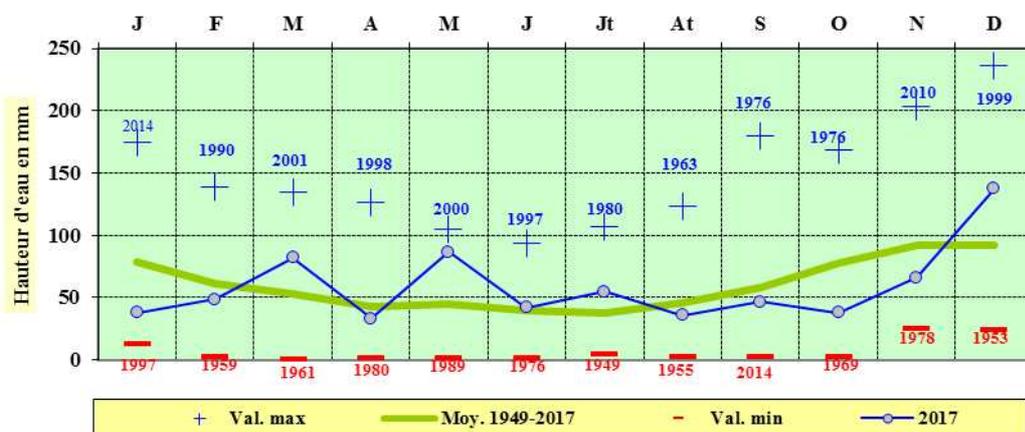


Figure 2.1.1 : Pluviométrie mensuelle au sémaphore de La Hague au cours de l'année 2017, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles obtenues sur la période 1949-2017.

- un excédent pluviométrique du second trimestre (+ 35,78 mm), dû essentiellement par le mois de mai (+ 42,3 mm) ;
- un déficit pluviométrique des trois autres trimestres, - 23,8 mm pour le premier, - 5,2 mm pour le troisième et - 20,6 mm pour le dernier malgré l'excédent de décembre (+ 45,5 mm).

¹³ Altitude : 3 m ; latitude : 49,73° N ; longitude : 1,94° W

¹⁴ Altitude : 61 m ; latitude 49,52° N ; longitude 1,50° W

Le cumul pluviométrique annuel noté en 2017 est de 709,6 mm. Il est faiblement déficitaire (- 13,7 mm) au cumul annuel moyen établi sur la période 1949-2017 (723,3 mm).

Sur la période 1949-2017, la pluviométrie mensuelle moyenne est ainsi de 60,29 mm, les moyennes extrêmes étant notées en juillet pour le minimum (37,9 mm) et novembre pour le maximum (92,2 mm). Le cumul annuel moyen sur la période de 1949/2017 est de 723,3 mm, variant de 430 mm en 1953 (déficit pluviométrique annuel de 292,9 mm) à 1001 mm en 1994 (excédent annuel de 277,9 mm) (figure 2.1.2).

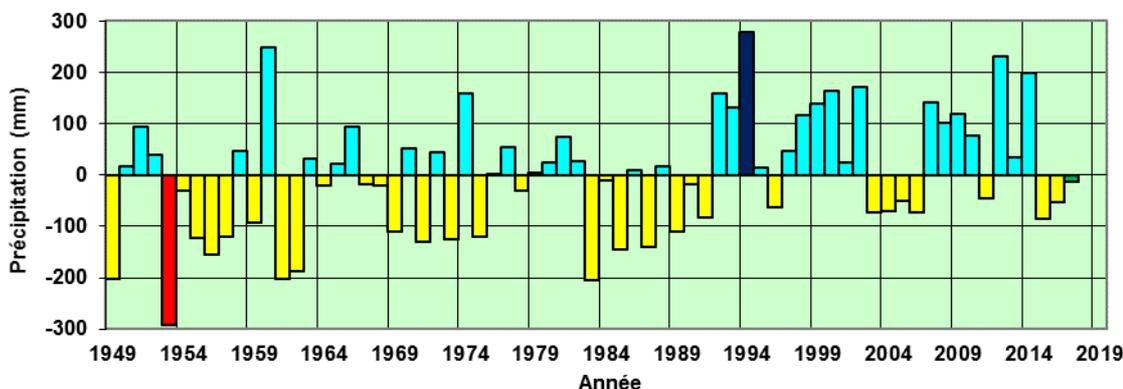


Figure 2.1.2 : Ecarts pluviométriques annuels à la moyenne 1949-2017 au sémaphore de La Hague. Les deux années extrêmes 1953 et 1994, ainsi que l'année en cours sont repérées par une couleur spécifique.

Sur cette période 1949/2017, l'observation des cumuls annuels par période décennale (figure 2.1.3) 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 mmm)..

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).

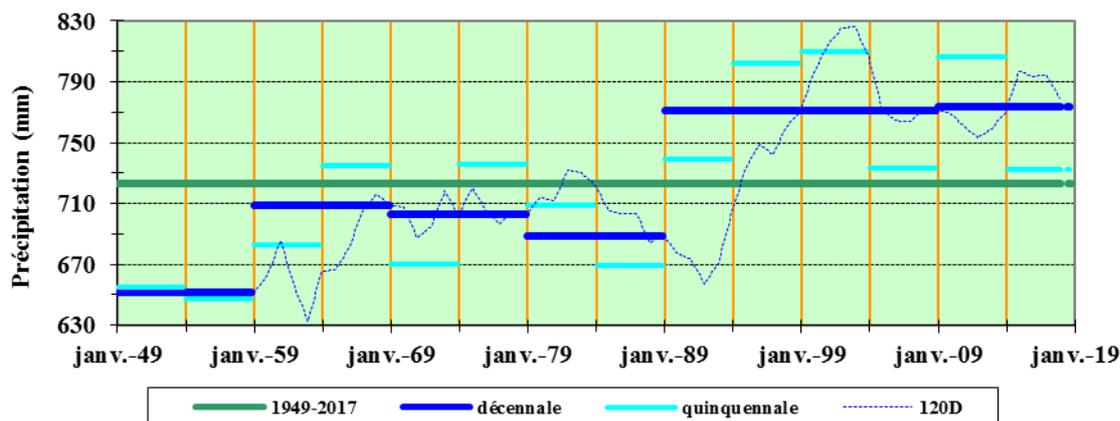


Figure 2.1.3 : Pluviométrie au sémaphore de La Hague de 1949 à 2017 - Comparaison des cumuls quinquennaux et décennaux au cumul moyen annuel observé sur la totalité de la période.

NB : le cumul décennal moyen de la période 2009-2018 n'est représenté ici qu'à titre indicatif

Les données météorologiques à notre disposition à la station d'Auderville remontent à 1949, permettant ainsi d'y disposer de quatre périodes finies d'observations de trente ans. Cette durée est similaire à celle retenue par la météorologie pour définir la "normale

saisonniers¹⁵ 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 (fig. 2.1.4) montre une augmentation importante et régulière de la pluviométrie, phénomène pas aussi visualisable aux abords du Pays de Caux en Manche Est.

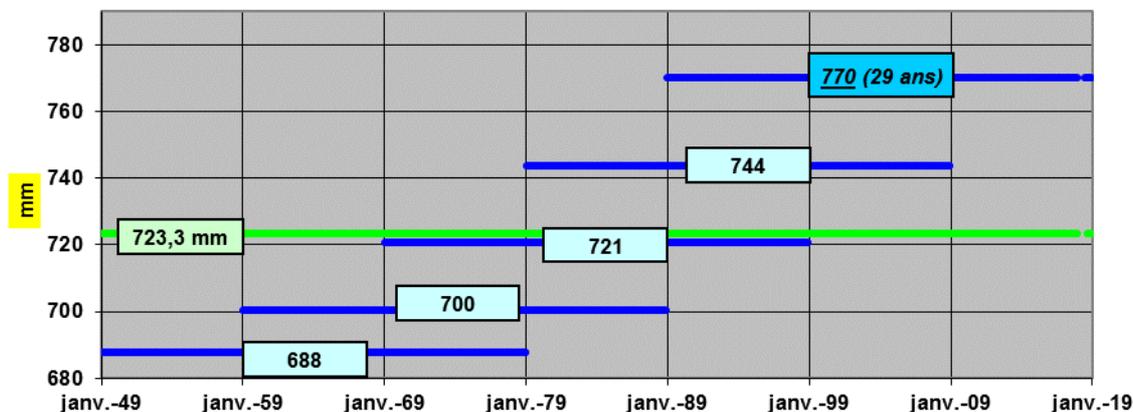


Figure 2.1.4 : Pluviométrie au sémaphore de La Hague de 1949 à 2017
 Visualisation de l'évolution des « moyennes trentenaires » (~ « normales saisonnières ») depuis le 1^{er} janvier 1949 [NB : la moyenne de la période 1989-2018 n'est représentée ici qu'à titre indicatif]

2.1.2. Insolation

L'importance de l'insolation mensuelle moyenne (figure 2.1.5) est directement dépendante de la durée même du jour. Sur la période 1986-2017, 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 217 heures d'insolation. Mais la couverture nuageuse peut perturber ce schéma.

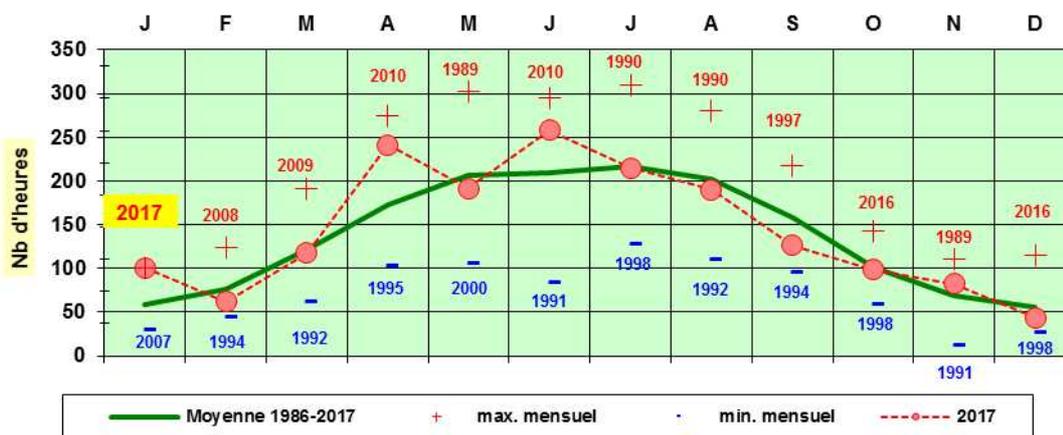


Figure 2.1.5 : Insolation mensuelle à Sainte Marie du Mont au cours de l'année 2017, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles obtenues sur la période 1986-2017

¹⁵ « Moyennes de variables météorologiques/hydrométéorologiques (température, pluie, humidité) calculées sur une période uniforme relativement longue portant sur un minimum de trente années consécutives. »

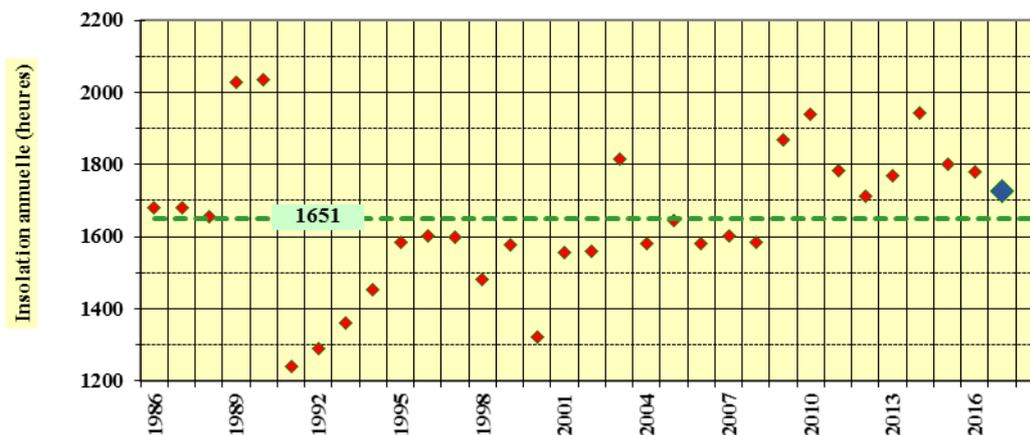


Figure 2.1.6 : Insolation annuelle dans le secteur de La Hague depuis 1986, comparée à la moyenne annuelle obtenue sur la totalité de la période.

Avec un cumul d'insolation annuelle de 1727 heures, l'année 2017 est excédentaire, comparée à l'insolation annuelle moyennes des 32 dernières années (1651 heures).

L'année 2017 est caractérisée par un ensoleillement excédentaire au cours du premier semestre (+ 124 h), déficitaire au cours du second (- 48 h). Pour ce dernier semestre, à la seule exception de novembre (+ 14 h), tous les mois sont déficitaires (entre -2 h en juillet à - 32 h en septembre)

2.1.3. Température de l'air

Au cours des 69 dernières années (1949/2017), la température moyenne mensuelle de l'air (figure 2.1.7) varie de 6,83 °C en février à 17,03 °C en août, donnant un écart thermique moyen de 10,20 °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 1949/2017, la température moyenne annuelle est de 11,65 °C. Depuis la première période décennale 1949/1958 (11,3 °C), la hausse est continue.

Période	1958	1968	1978	1988	1998	2008	2017
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 / 2017 (69 ans)	11,65 °C						

Tableau 2.1.1 : Evolution de la température moyenne pluriannuelle de l'air depuis 1949

L'année la plus chaude 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 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'écart thermique moyen annuel étant de 10,8 °C, 2017 présente un écart thermique inférieur (9,4 °C)

A la seule exception du mois de septembre très légèrement déficitaire (- 0,05 °C), l'année 2017 se caractérise par des températures mensuelles supérieures aux moyennes saisonnières, avec l'enregistrement d'un nouveau maximum thermique pour le mois d'avril. A noter le bilan thermique excédentaire de mars (+ 2,21 °C), celui moyen mensuel du 1^{er} semestre (+ 1,3 °C) quasiment le double du second semestre (+ 0,7 °C). La température moyenne annuelle de l'année 2017 est de 12,64 °C.

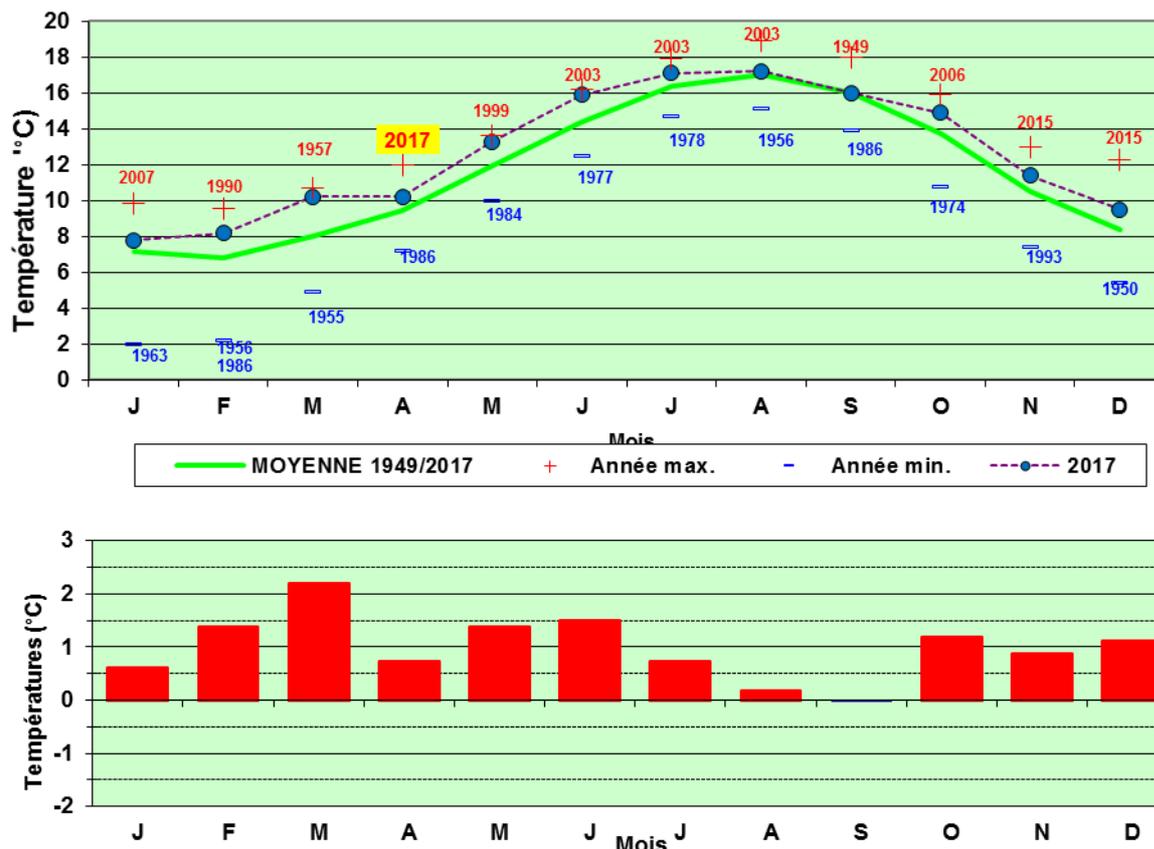


Figure 2.1.7 : Température mensuelle moyenne de l'air à La Hague au cours de l'année 2017, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées sur la période 1949-2017, et visualisation des écarts mensuels 2017.

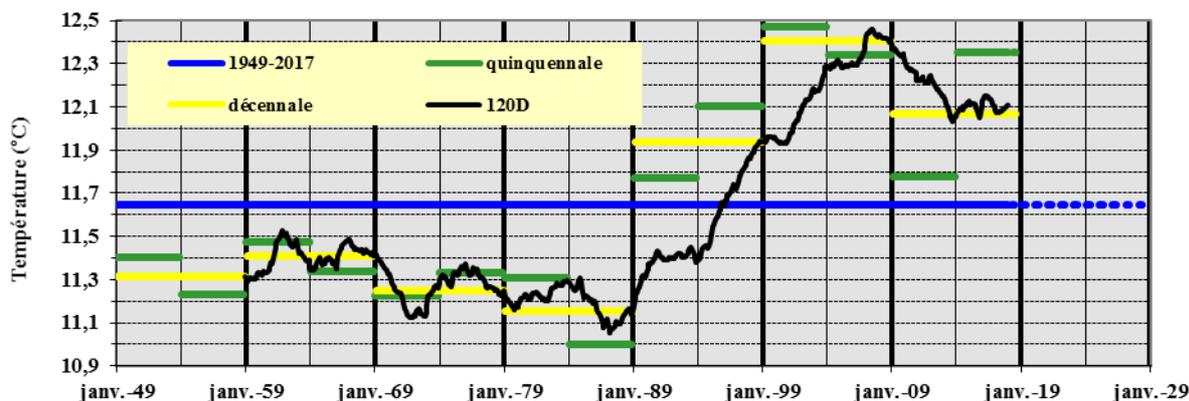


Figure 2.1.8 : Température de l'air au sémaphore de La Hague de 1949 à 2017. Comparaison des moyennes quinquennales et décennales à la moyenne observée sur la totalité de la période

Sur la période 1949/2017, 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'accroissement 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 moyennes trentenaires (assimilables à la notion de « normales saisonnières ») à partir de 1949

(fig. 2.1.9) montre l'augmentation importante et régulière de la température de l'air au cours des trois dernières décennies.

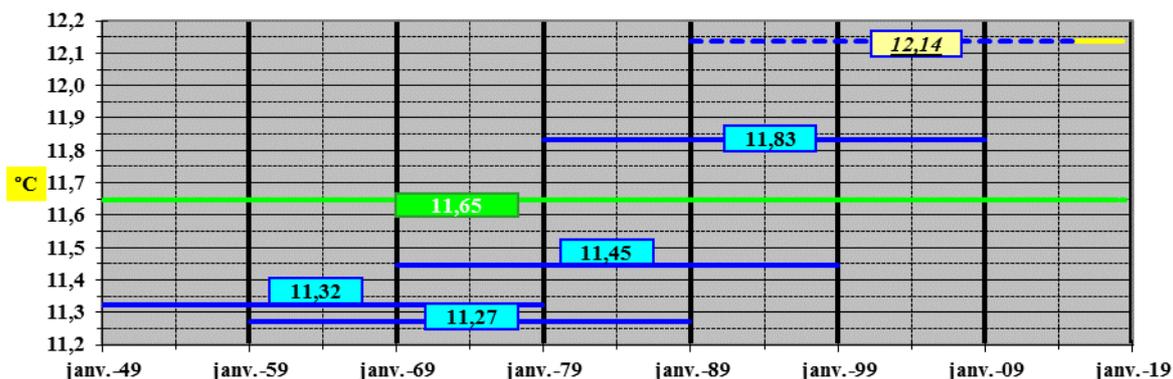


Figure 2.1.9 : Température de l'air au sémaphore de La Hague de 1949 à 2017

Visualisation de l'évolution des moyennes trentennaires depuis le 1er janvier 1949

NB : la moyenne de la période 1989-2018 n'est représentée ici qu'à titre indicatif

2.1.4. Caractéristiques de l'année 2017

L'année 2017 se caractérise par :

- Un cumul annuel des précipitations (710 mm), déficitaire de 14 mm au cumul moyen enregistré sur la période 1949-2017 (723 mm).

	Minimum	Année	Moyenne	2017	Rang/69	Maximum	Année
Trim. 1	48,60	1953	192,6	168,8	30	377,8	2014
Trim. 2	26,20	1976	126,4	162,2	55	243,7	1964
Trim. 3	52,40	1964	142,4	137,2	38	307,5	1974
Trim. 4	101,80	1953	262,3	241,4	30	422,6	2012
Cumul	430,4	1953	723,5	709,6	32	1001,2	1994

Tableau 2.1.2 : Bilan des cumuls pluviométriques trimestriels (en mm) sur la période 1949-2017

(rang/69 ans : 1 sec – 69 très humide)

- Une insolation annuelle (1727 heures), supérieure à la moyenne enregistrée depuis 1986 (1651 heures).
- Une température moyenne annuelle de l'air élevée (12,64 °C) supérieure à la moyenne enregistrée sur la période 1949-2017 (11,65 °C), résultant de moyennes mensuelles et trimestrielles généralement supérieures aux moyennes saisonnières, à la seule exception du mois de septembre.

	Minimum	Année	Moyenne	2017	Rang/69	Maximum	Année
Trim. 1	3,77	1963	7,33	8,73	7	9,46	2007
Trim. 2	10,59	1977	11,93	13,13	6	13,30	1961
Trim. 3	14,97	1986	16,48	16,77	24	17,95	2003
Trim. 4	9,17	1952	10,86	11,93	5	13,00	2015
Année	9,99	1963	11,63	12,64	4	12,96	2014

Tableau 2.1.3 : Bilan des températures moyennes trimestrielles (°C) sur la période 1949-2017

(Rang/69 ans : 1 chaud – 69 froid)

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

2.2. Température de l'eau de mer

Depuis 1986 (soit 32 années de mesures), EDF effectue un relevé quotidien (à 16h00) de la température de l'eau de mer dans le canal d'aménée. Le résultat des levés réalisés au cours de l'année 2017 est présenté sur la figure 1.1.2 (page 24).

Sur l'ensemble de ces 32 années (tableau 2.2.3, p. 44), le minimum de température mensuelle moyenne de l'eau de mer dans le canal d'aménée est noté en février (8,89 °C), les valeurs extrêmes étant enregistrées en 1986 (6,80 °C) et 2016 (10,33 °C). Le maximum mensuel moyen est observé en août (17,79 °C), oscillant entre 16,28 °C en 1986 et 18,60 °C en 2014.

La température moyenne annuelle est de 13,08 °C si on se réfère à la moyenne des 32 années, 13,10 °C si on se réfère à la moyenne des 11 688 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 moyen journalier est de 2,8 °C.

L'observation des moyennes mensuelles enregistrées au cours de l'année 2017 (fig. 2.2.1) montre des températures toujours supérieures aux moyennes saisonnières, avec l'établissement d'une nouvelle moyenne record en avril, puis en juin.

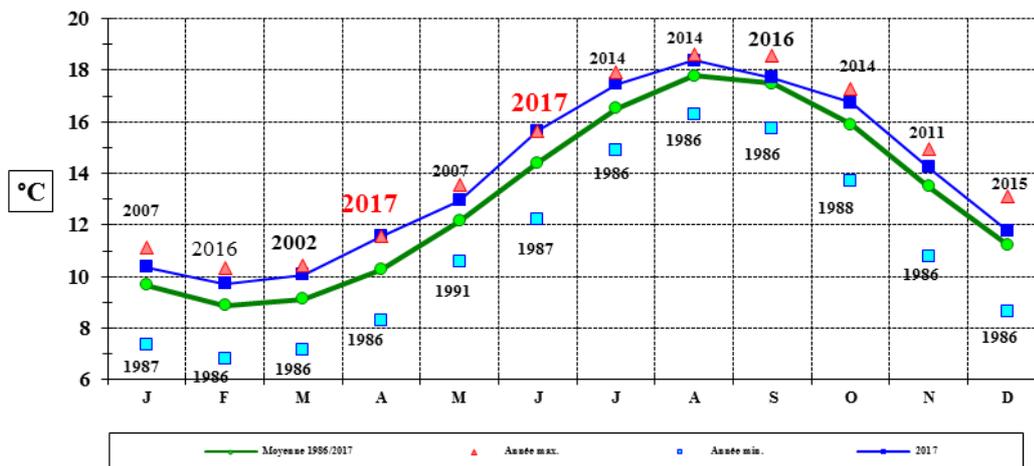


Figure 2.2.1 : Évolution de la température moyenne mensuelle de l'eau de mer dans le canal d'aménée du CNPE de Flamanville en 2017, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées sur la période 1986-2017 (32 années)

En 2017, l'écart mensuel le plus faible à la moyenne du mois est noté en septembre (+ 0,24 °C), puis en décembre (+ 0,53 °C). L'écart maximal est observé en avril (+ 1,28 °C), puis en juin (+ 1,26 °C).

Au niveau des températures, tant de l'eau de mer que de l'air, l'hiver 2016-2017 est très doux, à l'image de l'hiver 2015-2016.

Les observations faites sur la température de l'air au cours de l'année 2017 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 2017 se caractérise ainsi par des températures moyennes mensuelles, tant pour l'air que pour l'eau de mer, quasiment toujours supérieures aux normales saisonnières. La seule exception à ce constat concerne le mois de septembre pour la température de l'air.

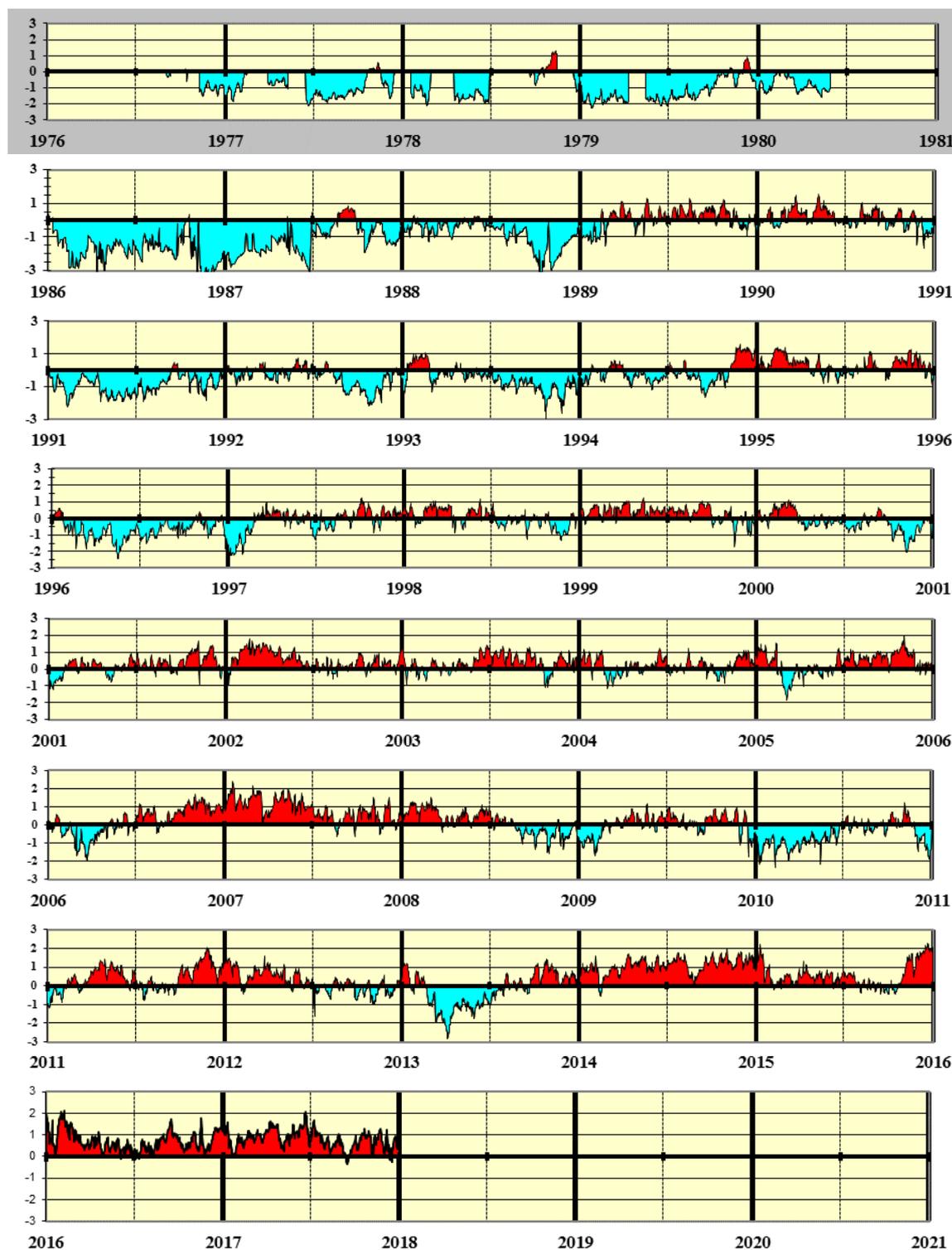


Figure 2.2.2 : Anomalies de la température de l'eau de mer à Flamanville
 Ecart thermique journalier (en °C) à la moyenne quotidienne
 (moyenne estimée sur la période janvier 1986 - décembre 2017)

Pour un jour donné, l'écart journalier à la moyenne quotidienne estimée au cours de ces 32 années est calculé. Les écarts oscillent entre -3,66 °C (le 14/11/1986) et +2,38 °C (le 18/01/2007). En 2017, les écarts thermiques extrêmes ont été observés, positivement le 21 juin (+2,09 °C), négativement le 15 septembre (-0,33 °C).

La représentation graphique de ces anomalies journalières permet de visualiser la dominante thermique d'une année donnée (figure 2.2.2), ou par exemple les conditions thermiques des périodes (jours, semaines, ...) précédant les jours de prélèvements.

Ces écarts, moyennés sur l'année (tableau 2.2.1), permettent :

- D'apprécier le bilan thermique record, excédentaire de l'année 2014 (+ 1,07 °C.j⁻¹), déficitaire de l'année 1986 (- 1,74 °C.j⁻¹). L'écart thermique entre ces deux années atteint 2,8 °C.j⁻¹, laissant supposer une réelle adaptation de la flore et de la faune marines du nord-ouest Cotentin.
- D'observer la place des quatre dernières années 2014 à 2017 qui enregistrent huit maxima thermiques mensuels sur les 12 mois de l'année (cf. 2.2.1)
- De noter que les années 2010 et 2013 sont les deux seules années du XXI^{ème} siècle à présenter un bilan thermique déficitaire.

An	2014	2007	2017	2016	2015	2002	2011	2005	2003	1999	1995	2001	2012
Ecart (°C.j ⁻¹)	1,07	0,87	0,81	0,72	0,56	0,51	0,40	0,34	0,33	0,33	0,29	0,23	0,21
An	2004	2006	2008	1990	1989	1998	2009	1997	1994	2000	2013	1992	1993
Ecart (°C.j ⁻¹)	0,193	0,192	0,16	0,12	0,10	0,030	0,029	-0,13	-0,15	-0,18	-0,24	-0,42	-0,534
An	2010	1996	1988	1991	1987	1986							
Ecart (°C.j ⁻¹)	-0,536	-0,70	-0,83	-0,92	-1,11	-1,74							

Tableau 2.2.1 : Bilan thermique moyen journalier de 1986 à 2017
(les 31 années sont classées de la plus chaude à la plus froide).

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 2.2.2), observation similaire à celle faite pour la température de l'air.

Période	Durée (années)	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	%
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%
1986/2017	32	13,104 °C							+0,4%

Tableau 2.2.2 : Evolution de la température moyenne pluriannuelle de l'eau de mer depuis 1986

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, par exemple benthiques mais sans exclusivité, devraient être constatés.

Au cours de la période 1986/2017, 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 32 dernières années, la température moyenne annuelle est de 13,08 °C pour l'eau de mer, 12,04°C pour l'air.

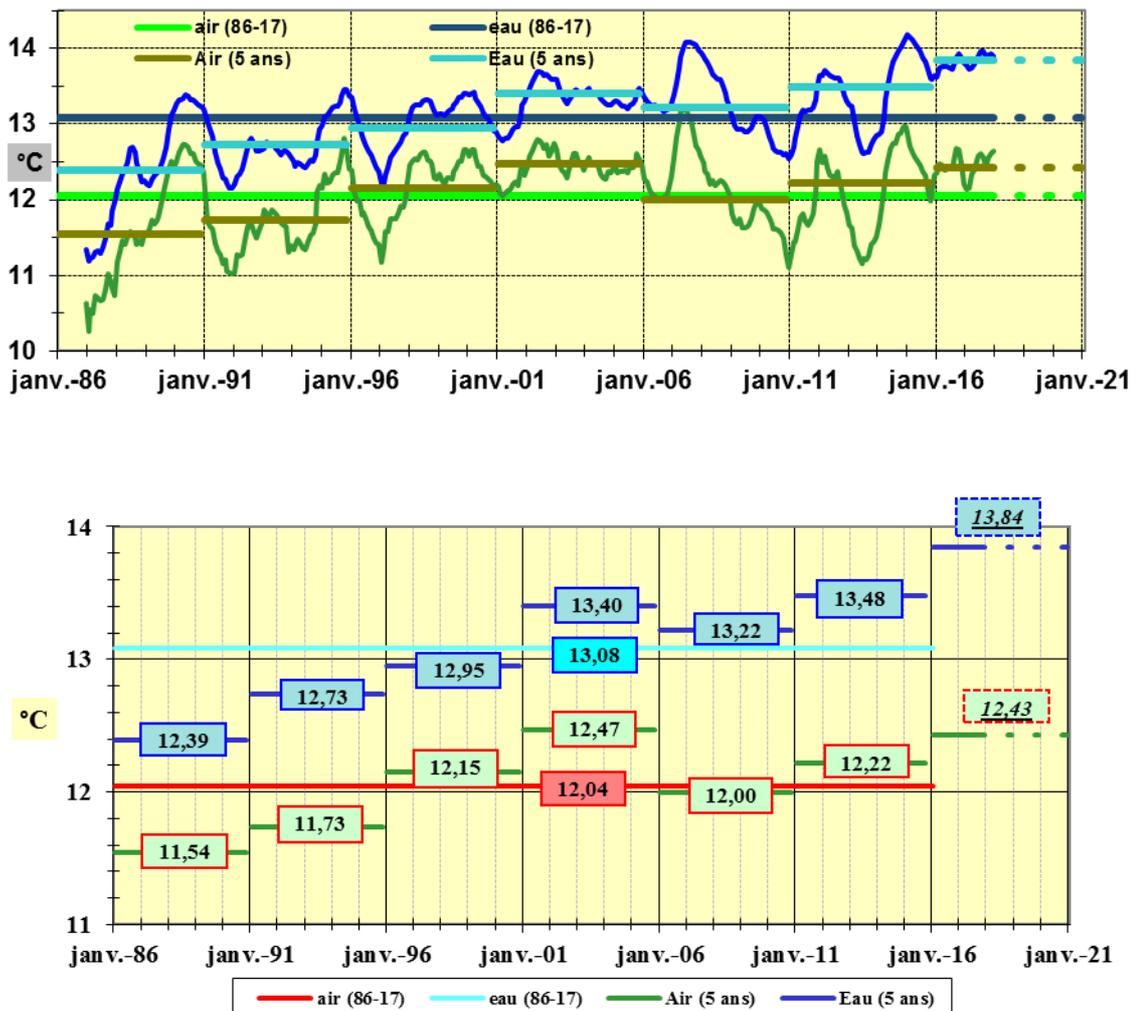


Figure 2.2.3 : Comparaison des « anomalies » mensuelles des températures de l'air (Cap de La Hague) et de l'eau de mer (Flamanville) au cours des 32 dernières années (1986-2017)

La comparaison de ces températures (figure 2.2.3), 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 2.2.4). 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 sont clairement positionnés sous cette courbe.

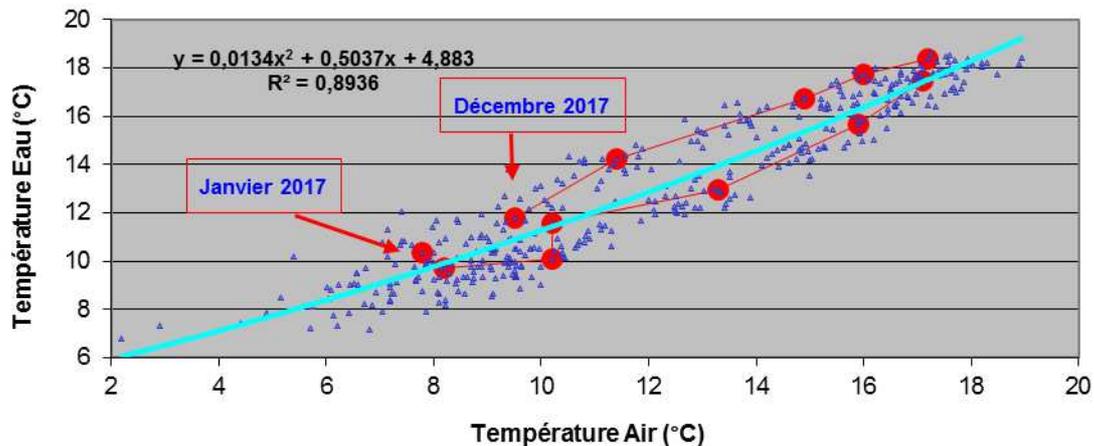


Figure 2.2.4 : Variation de la température moyenne mensuelle de l'eau de mer (données EDF) en fonction de celle de l'air (données Météo-France). Les données 2017 sont repérées en rouge.

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 (LNH¹⁶), 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 11 688 données acquises quotidiennement pendant ces 32 années ; figures 2.2.5 et 2.2.6). L'échauffement mensuel moyen de la période 1986-2017 par rapport à la période 1904-1923 est de 1,17 °C. Il est moindre en janvier et décembre (respectivement + 0,23 °C et + 0,30 °C), supérieure à 1,5 °C de mai à septembre, l'écart maximal étant observé en juillet (+ 2,05 °C). A noter que ces valeurs ont augmenté de 0,03 °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 °C est ainsi observé entre ces deux périodes d'une vingtaine d'années pour la plus ancienne, d'une trentaine pour la plus récente.

¹⁶ Aujourd'hui dénommé Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement (LNHE)

Source = acquisition mesures EDF - CNPE de Flamanville ; traitement Ifremer Drévès (2018)

	FLA	Jan.		Fév.		Mars		Avril		Mai		Juin		Juil.		Août		Sept.		Oct.		Nov.		Déc.		Nb mois	Nb Valeurs	Moy. 12 M	Moy. 365 J	
		31		28		31		30		30		31		30		31		30		31		30		31						31
1	1986	31	9,11	28	6,80	31	7,16	30	8,31	31	10,61	30	12,63	31	14,91	31	16,28	30	15,74	31	15,12	30	10,78	31	8,63	12	365	11,34	11,37	
2	1987	31	7,34	28	7,21	31	7,34	30	9,02	31	10,95	30	12,22	31	15,83	31	17,65	30	18,01	31	14,96	30	13,00	31	10,05	12	365	11,97	11,99	
3	1988	31	9,34	29	8,41	31	8,65	30	9,76	31	12,08	30	14,28	31	16,05	31	16,91	30	16,35	31	13,69	30	11,28	31	10,24	12	366	12,25	12,27	
4	1989	31	8,74	28	8,17	31	9,59	30	10,38	31	12,44	30	14,61	31	16,95	31	18,23	30	17,95	31	16,44	30	12,41	31	11,01	12	365	13,08	13,11	
5	1990	31	9,76	28	8,86	31	9,74	30	10,51	31	12,98	30	14,43	31	16,38	31	18,19	30	17,59	31	15,98	30	13,36	31	10,65	12	365	13,20	13,23	
6	1991	31	9,04	28	7,44	31	8,57	30	9,31	31	10,57	30	12,90	31	15,29	31	16,80	30	17,33	31	15,47	30	12,55	31	10,65	12	365	12,16	12,19	
7	1992	31	9,49	29	8,64	31	9,15	30	9,94	31	12,21	30	14,54	31	16,45	31	17,41	30	16,33	31	14,35	30	12,48	31	10,91	12	366	12,66	12,67	
8	1993	31	9,78	28	9,52	31	8,74	30	10,19	31	11,93	30	14,09	31	15,89	31	16,98	30	16,77	31	14,37	30	12,04	31	10,36	12	365	12,56	12,57	
9	1994	31	9,25	28	8,65	31	9,47	30	9,81	31	11,68	30	13,89	31	16,44	31	17,59	30	16,53	31	15,35	30	14,12	31	12,35	12	365	12,93	12,96	
10	1995	31	9,94	28	10,02	31	9,67	30	10,53	31	12,21	30	14,22	31	16,42	31	18,15	30	17,46	31	16,36	30	14,21	31	11,30	12	365	13,37	13,39	
11	1996	31	9,77	29	8,12	31	8,19	30	9,36	31	10,66	30	13,54	31	15,48	31	17,22	30	16,85	31	15,51	30	13,11	31	10,75	12	366	12,38	12,39	
12	1997	31	7,88	28	8,16	31	9,39	30	10,54	31	12,24	30	14,19	31	16,08	31	17,74	30	17,58	31	16,41	30	13,65	31	11,55	12	365	12,95	12,98	
13	1998	31	9,93	28	9,28	31	9,77	30	10,50	31	12,35	30	14,72	31	16,31	31	17,69	30	17,38	31	15,83	30	12,71	31	10,99	12	365	13,12	13,15	
14	1999	31	10,01	28	9,31	31	9,67	30	10,84	31	12,72	30	14,85	31	17,00	31	18,10	30	18,24	31	15,86	30	13,33	31	10,99	12	365	13,41	13,43	
15	2000	31	9,76	29	9,53	31	9,77	30	9,97	31	11,95	30	14,23	31	16,01	31	17,64	30	17,66	31	15,22	30	12,21	31	10,90	12	366	12,90	12,92	
16	2001	31	8,92	28	9,24	31	9,33	30	10,49	31	11,99	30	14,77	31	16,81	31	18,12	30	17,58	31	16,55	30	14,24	31	11,67	12	365	13,31	13,33	
17	2002	31	9,88	28	10,16	31	10,41	30	11,24	31	12,85	30	14,68	31	16,68	31	17,80	30	17,63	31	16,25	30	13,91	31	11,64	12	365	13,59	13,61	
18	2003	31	9,88	28	8,70	31	9,36	30	10,35	31	12,37	30	15,04	31	17,39	31	18,44	30	18,11	31	15,85	30	13,80	31	11,61	12	365	13,41	13,44	
19	2004	31	10,13	29	9,20	31	8,71	30	10,41	31	12,24	30	14,97	31	16,58	31	18,04	30	17,69	31	15,59	30	13,81	31	11,95	12	366	13,28	13,29	
20	2005	31	10,54	28	9,02	31	8,38	30	10,11	31	12,06	30	14,71	31	17,08	31	18,37	30	18,28	31	16,83	30	14,34	31	11,39	12	365	13,43	13,45	
21	2006	31	9,69	28	8,43	31	7,92	30	9,80	31	12,11	30	14,48	31	17,15	31	18,00	30	17,97	31	16,91	30	14,64	31	12,13	12	365	13,27	13,30	
22	2007	31	11,13	28	10,20	31	10,35	30	11,46	31	13,54	30	15,46	31	17,17	31	17,91	30	17,88	31	16,58	30	14,01	31	11,72	12	365	13,95	13,97	
23	2008	31	10,47	29	9,80	31	9,75	30	10,50	31	12,57	30	15,06	31	16,84	31	17,79	30	17,02	31	15,30	30	12,98	31	10,80	12	366	13,24	13,25	
24	2009	31	8,82	28	8,25	31	9,17	30	10,62	31	12,45	30	14,68	31	16,94	31	17,87	30	17,46	31	16,40	30	13,78	31	10,84	12	365	13,11	13,14	
25	2010	31	8,51	28	7,84	31	7,88	30	9,34	31	11,30	30	13,96	31	16,56	31	17,71	30	17,37	31	16,09	30	13,79	31	10,16	12	365	12,54	12,57	
26	2011	31	9,08	28	9,05	31	9,24	30	11,26	31	13,02	30	14,83	31	16,47	31	17,74	30	17,40	31	16,58	30	14,95	31	12,21	12	365	13,49	13,51	
27	2012	31	10,83	29	9,09	31	10,02	30	10,93	31	12,55	30	14,62	31	16,34	31	17,73	30	17,48	31	15,63	30	13,24	31	11,10	12	366	13,29	13,31	
28	2013	31	10,20	28	8,90	31	7,76	30	8,64	31	11,02	30	13,48	31	16,13	31	17,93	30	17,54	31	16,74	30	14,06	31	11,67	12	365	12,84	12,87	
29	2014	31	10,49	28	9,33	31	9,94	30	11,51	31	13,35	30	15,52	31	17,90	31	18,60	30	18,50	31	17,27	30	14,84	31	12,57	12	365	14,15	14,18	
30	2015	31	10,79	28	9,04	31	9,52	30	10,92	31	12,68	30	14,83	31	17,03	31	17,85	30	17,33	31	15,83	30	14,71	31	13,10	12	365	13,64	13,66	
31	2016	31	10,71	29	10,33	31	9,82	30	10,86	31	12,70	30	14,71	31	16,84	31	18,29	30	18,55	31	16,45	30	14,12	31	12,24	12	366	13,80	13,81	
32	2017	31	10,36	28	9,72	31	10,06	30	11,55	31	12,96	30	15,66	31	17,47	31	18,38	30	17,72	31	16,73	30	14,25	31	11,78	12	365	13,89	13,91	
Nb années		32		32		32		32		32		32		32		32		32		32		32		32			11 688	13,08	13,10	
Nb Valeurs		992		904		992		960		992		960		992		992		960		992		960		992						
Moy. M			9,68		8,89		9,14		10,28		12,17		14,40		16,53		17,79		17,48		15,89		13,46		11,25					
Max mois			11,13		10,33		10,41		11,55		13,54		15,66		17,90		18,60		18,55		17,27		14,95		13,10				14,15	14,18
Min mois			7,34		6,80		7,16		8,31		10,57		12,22		14,91		16,28		15,74		13,69		10,78		8,63				11,34	11,37

Tableau 2.2.3 : Bilan détaillé des mesures de température de l'eau de mer réalisée entre janvier 1986 et décembre 2017 par EDF dans le canal d'aménée 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

FLA	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1 1986	-0,57	-2,09	-1,98	-1,97	-1,56	-1,77	-1,62	-1,51	-1,74	-0,77	-2,68	-2,62
2 1987	-2,34	-1,68	-1,80	-1,26	-1,22	-2,18	-0,70	-0,14	0,53	-0,93	-0,46	-1,20
3 1988	-0,34	-0,48	-0,49	-0,52	-0,09	-0,12	-0,48	-0,88	-1,13	-2,20	-2,18	-1,01
4 1989	-0,94	-0,72	0,45	0,10	0,27	0,21	0,42	0,44	0,47	0,55	-1,05	-0,24
5 1990	0,08	-0,03	0,60	0,23	0,81	0,03	-0,15	0,40	0,11	0,09	-0,10	-0,60
6 1991	-0,64	-1,45	-0,57	-0,97	-1,60	-1,50	-1,24	-0,99	-0,15	-0,42	-0,91	-0,60
7 1992	-0,19	-0,25	0,01	-0,34	0,04	0,14	-0,08	-0,38	-1,15	-1,54	-0,98	-0,34
8 1993	0,10	0,63	-0,40	-0,09	-0,24	-0,31	-0,64	-0,81	-0,71	-1,52	-1,42	-0,89
9 1994	-0,43	-0,24	0,33	-0,47	-0,49	-0,51	-0,09	-0,20	-0,95	-0,54	0,66	1,10
10 1995	0,26	1,13	0,53	0,25	0,04	-0,18	-0,11	0,36	-0,02	0,47	0,75	0,05
11 1996	0,09	-0,77	-0,95	-0,92	-1,51	-0,86	-1,05	-0,57	-0,63	-0,38	-0,35	-0,50
12 1997	-1,80	-0,73	0,25	0,26	0,07	-0,21	-0,45	-0,05	0,11	0,52	0,19	0,30
13 1998	0,26	0,39	0,63	0,22	0,18	0,32	-0,22	-0,09	-0,09	-0,06	-0,75	-0,26
14 1999	0,34	0,43	0,53	0,56	0,55	0,45	0,48	0,31	0,76	-0,03	-0,13	-0,25
15 2000	0,09	0,65	0,63	-0,31	-0,22	-0,17	-0,52	-0,15	0,18	-0,67	-1,25	-0,35
16 2001	-0,76	0,35	0,19	0,21	-0,18	0,37	0,28	0,33	0,11	0,66	0,78	0,42
17 2002	0,21	1,27	1,27	0,96	0,68	0,28	0,16	0,01	0,16	0,35	0,45	0,39
18 2003	0,21	-0,18	0,22	0,07	0,20	0,64	0,87	0,65	0,64	-0,04	0,34	0,36
19 2004	0,45	0,31	-0,43	0,13	0,07	0,57	0,06	0,26	0,22	-0,30	0,35	0,70
20 2005	0,86	0,13	-0,76	-0,17	-0,11	0,31	0,56	0,59	0,80	0,94	0,88	0,14
21 2006	0,02	-0,46	-1,22	-0,48	-0,06	0,08	-1,22	0,62	0,21	0,49	1,02	0,88
22 2007	1,46	1,32	1,21	1,18	1,37	1,06	0,64	0,12	0,40	0,69	0,55	0,47
23 2008	0,80	0,91	0,61	0,22	0,41	0,66	0,31	0,00	-0,46	-0,59	-0,48	-0,44
24 2009	-0,86	-0,64	0,03	0,34	0,28	0,28	0,41	0,09	-0,01	0,51	0,32	-0,41
25 2010	-1,16	-1,05	-1,26	-0,94	-0,86	-0,44	0,03	-0,08	-0,11	0,20	0,33	-1,08
26 2011	-0,59	0,16	0,10	0,98	0,86	0,43	-0,05	-0,04	-0,07	0,69	1,49	0,96
27 2012	1,15	0,20	0,88	0,65	0,38	0,22	-0,19	-0,06	0,00	-0,26	-0,22	-0,14
28 2013	0,53	0,01	-1,38	-1,64	-1,14	-0,92	-0,40	0,15	0,07	0,84	0,60	0,42
29 2014	0,82	0,44	0,80	1,23	1,19	1,12	1,37	0,82	1,02	1,38	1,38	1,32
30 2015	1,12	0,15	0,38	0,64	0,51	0,43	0,50	0,07	-0,15	-0,06	1,25	1,85
31 2016	1,03	1,45	0,68	0,58	0,54	0,31	0,31	0,51	1,07	0,56	0,6642	0,99
32 2017	0,69	0,83	0,92	1,27	0,79	1,26	0,95	0,59	0,24	0,84	0,79	0,53



Tableau 2.2.4 : Bilan détaillé des anomalies journalières de température de l'eau de mer entre janvier 1986 et décembre 2017 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 31 années étant repérées en trame bleue (anomalie négative la plus forte) ou rouge (anomalie positive la plus forte).

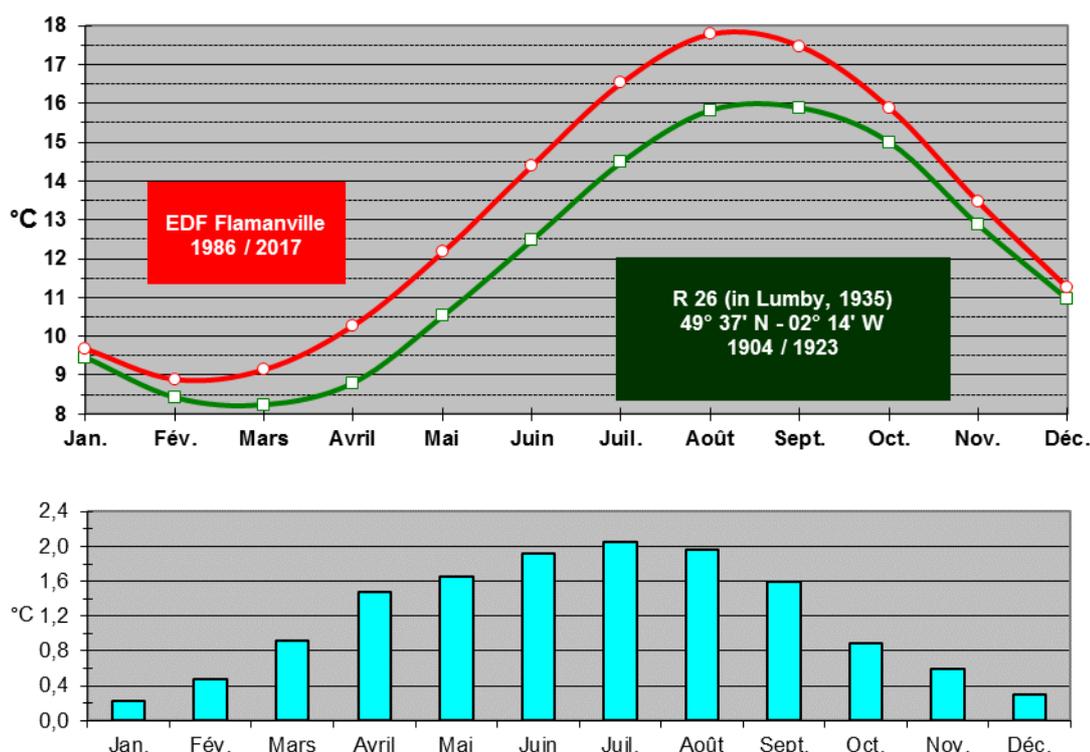


Figure 2.2.5 : Comparaison des températures mensuelles moyennes de l'eau de mer au droit du Cap de Flamanville, entre 1904 et 2017, avec représentation graphique des écarts mensuels.

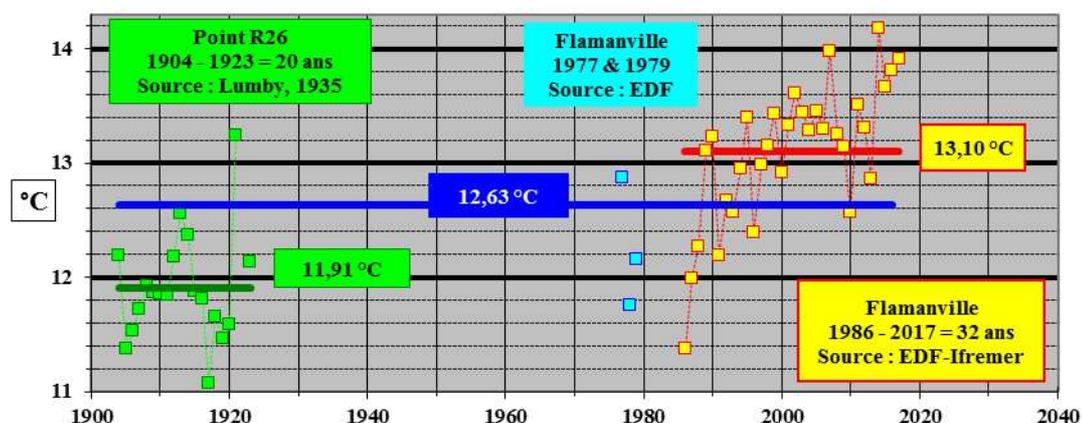


Figure 2.2.6 : Comparaison des températures annuelles moyennes de l'eau de mer au droit du Cap de Flamanville, Entre 1904 et 2017

En complément de la synthèse des caractéristiques météorologiques de l'année 2017 présentée en page 38, enrichie de la comparaison avec le bilan thermique excédentaire de l'eau de mer pour la même année en page 39, le constat est fait pour les 17 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. A 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).

3. Le domaine pélagique

Etudes et rapport réalisés par

<i>Elvire</i>	<i>Antajan</i>	<i>(LER / BL)</i>	<i>Zooplancton</i>
<i>Gaëlle</i>	<i>Courtay</i>	<i>(LER / N)</i>	<i>Phytoplancton</i>
<i>Laure</i>	<i>Lamort</i>	<i>(LER / N)</i>	<i>Microbiologie</i>
<i>Emilie</i>	<i>Rabiller</i>	<i>(LER / N)</i>	<i>Hydrologie, physico-chimie et chimie</i>
<i>Michel</i>	<i>Ropert</i>	<i>(LER / N)</i>	<i>Hydrologie, physico-chimie et chimie</i>

Avec la collaboration pour les prélèvements et les analyses de

<i>Florian</i>	<i>Caradec</i>	<i>(DYNECO / pelagos)</i>
<i>Rémy</i>	<i>Cordier</i>	<i>(LER / BL)</i>
<i>Gaëlle</i>	<i>Courtay</i>	<i>(LER / N)</i>
<i>Sylvaine</i>	<i>Françoise</i>	<i>(LER / N)</i>
<i>Laure</i>	<i>Lamort</i>	<i>(LER / N)</i>
<i>Frank</i>	<i>Maheux</i>	<i>(LER / N)</i>
<i>Olivier</i>	<i>Pierre – Duplessix</i>	<i>(LER / N)</i>
<i>Emilie</i>	<i>Rabiller</i>	<i>(LER / N)</i>
<i>Michel</i>	<i>Ropert</i>	<i>(LER / N)</i>
<i>Sophie</i>	<i>Schmitt</i>	<i>(DYNECO / pelagos)</i>
<i>Benjamin</i>	<i>Simon</i>	<i>(LER / N)</i>

Traitement statistique des résultats en physico-chimie par
(LER / N)

Expertise microbiologie

<i>Dominique</i>	<i>Hervio-Heath</i>	<i>(RBE/SG2M/LSEM)</i>
------------------	---------------------	------------------------

Traitement des images satellites par

<i>Francis</i>	<i>Gohin</i>	<i>(DYNECO / pelagos)</i>
----------------	--------------	---------------------------

Analyses complémentaires réalisées par

Laboratoire départemental et régional de Biologie et d'Hygiène Franck Duncombe de Caen (Microbiologie)

Laboratoire Eurofins de Bordeaux et SGS Rouen (Hydrazine, Ethalonamine)

3.1. Préambule

Le suivi écologique annuel du domaine pélagique est réalisé en trois périodes saisonnières (printemps, été, automne). 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 3.1.1 résume ces différentes interactions.

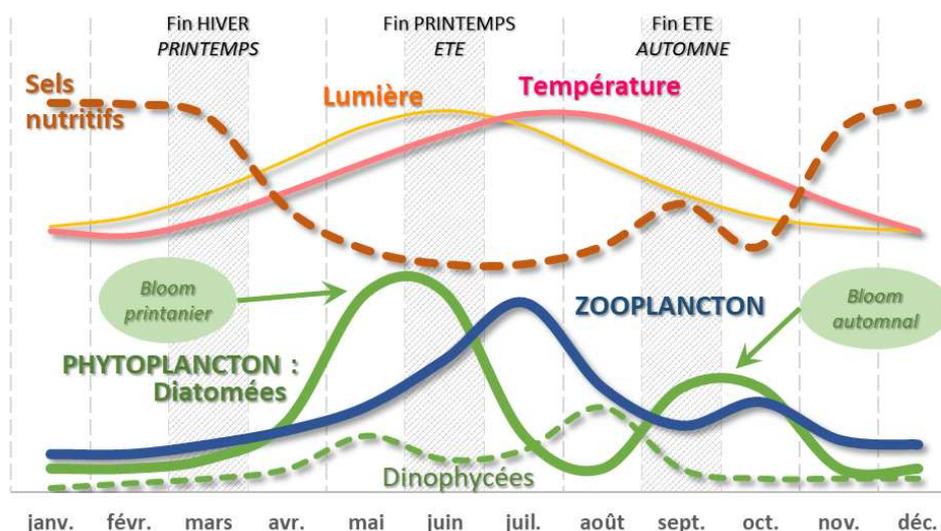


Figure 3.1.1 : Schéma synthétique de la dynamique saisonnière des différents domaines (Température, Sels nutritifs, Phytoplancton, zooplancton) associés au compartiment pélagique du milieu marin

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, turbidité), soit après retour au laboratoire par analyses sur des échantillons d'eau prélevés lors de la campagne en mer (ammonium, nitrate, nitrite, phosphate, silicate 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 (éthanolamine, hydrazine) et par les substances susceptibles d'être générées lors du traitement par chloration des circuits de refroidissement (trihalométhanes).

Selon le CNPE concerné, les paramètres sont ajustés en fonction de leur pertinence (c'est en particulier le cas pour la Chimie, seules les molécules utilisées par le CNPE sont tracées).

Les trois campagnes de surveillance ont été menées les 4 avril, 16 juin et 25 septembre 2017.

HYDROLOGIE, PHYSICO CHIMIE, CHIMIE

Rapport

Emilie Rabiller (LERN)
Michel Ropert (LERN)

Prélèvements et mesures in situ

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

Analyses de sels nutritifs

Emilie Rabiller (LERN)

Analyses de matière en suspension

Emilie Rabiller (LERN),

Traitement statistique des résultats

Emilie Rabiller (LERN)

Analyses chimiques complémentaires

Laboratoire LABEO Franck Duncombe, Caen [14]
Laboratoire LASAT, La Rochelle [17]
Laboratoire SGS, Rouen [76]

Avertissement :

Des modifications de forme ont été proposées dans cette partie du document par rapport à ce qui était présenté jusqu'à présent. Une attention particulière a été portée pour que tous les éléments de fond attendus soient préservés. Ces changements s'inscrivent dans une volonté partagée de faire évoluer les documents vers une amélioration et une harmonisation des rapports annuels de surveillance pour l'ensemble des CNPE de Bord de mer. Ils ont été rendus possibles par une meilleure intégration de l'ensemble des processus de traitement et d'analyse des données depuis la bancarisation jusqu'à la production des figures présentées ici.

3.2. 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).

3.2.1. 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 THALIA¹⁷ 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 DELPHY¹⁸, embarcation plus légère et polyvalente, mieux adaptée au contexte de la surveillance écologique.

Tableau 3.2.1 : Récapitulatif des paramètres suivis dans les domaines hydrologie et physico-Chimie

PARAMETRES	Nb. Ech.	Stations (N° Quadrige = 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 néphélogométrique			
Oxygène dissous			
Hydrazine, Ethalonamine			

Les 3 campagnes de surveillance ont été menées :

le 4 avril 2017
le 16 juin 2017
Le 25 septembre 2017

¹⁷ <http://www.flotteoceanographique.fr/La-flotte/Navires/Navires-cotiers/Thalia>

¹⁸ <http://wwz.ifremer.fr/lern/Nos-outils/Nos-moyens-d-interventions-nautiques>

3.2.2. Matériels et méthodes

3.2.2.1. Mesures *in situ* et prélèvements

Les mesures de température et la salinité sont directement effectuées *in situ* au moyen de sondes multi-paramètres YSI 6600EDS-M ou 600QS.

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.

3.2.2.2. Méthodes et précisions

Les méthodes analytiques mises en œuvres pour le suivi des paramètres physico-chimiques et chimiques sont détaillées dans le **Tableau 3.2.2**

Tableau 3.2.2 : Références analytiques normalisées pour la physico-chimie et la chimie.
(N.C. : Non communiqué) - (N° [XXX] : Référence code SANDRE
(<http://www.sandre.eaufrance.fr/Rechercher-une-donnee-d-un-jeu>)

Paramètre	Méthode d'analyse	LD / LQ ⁽¹⁾	Précision **
Température [TEMP]	mesure <i>in situ</i> [500]	0,01°C (LD constructeur)	± 0,01 °C
Salinité [SALI]	mesure <i>in situ</i> [512]	0,01 (LD constructeur)	± 0,01
Oxygène dissous [OXY]	mesure <i>in situ</i> (luminescence) [752]	-	± 0,1 mg/l
Turbidité [NTU]	mesure <i>in situ</i> (diffusion lumière blanche à 90°) [776]	0,01 NTU (LD constructeur)	± 2 % entre 0 et 500 NTU
Matières en Suspension [MES]	Méthode par gravimétrie après filtration (Aminot et Kérouel 2004) [519]	LD : 0,01 mg/L	± 0,1 mg/l
Nitrate et Nitrite ⁽²⁾ [NO3 + NO2]	Spectrophotométrie flux 2007 Aminot et Kérouel 2007 [754]	LQ : 0,05 µmol/L	6,1 % ⁽³⁾
Ammonium ⁽²⁾ [NH4]	Spectrophotométrie flux Aminot et Kérouel 2007 [764]	LQ : 0,1 µmol/L	15,4 % ⁽³⁾
Phosphate ⁽²⁾ [PO4]	Spectrophotométrie flux Aminot et Kérouel 2007 [762]	LQ : 0,04 µmol/L	6,1 % ⁽³⁾
Silicate ⁽²⁾ [SiOH]	Spectrophotométrie flux Aminot et Kérouel 2007 [763]	LQ : 0,2 µmol/L	0,7 % ⁽³⁾
ETHANOLAMINE ⁽⁴⁾	Chromatographie ionique (méthode interne SGS 76)	LQ variable selon nature échantillon :	N.C.

Paramètre	Méthode d'analyse	LD / LQ ⁽¹⁾	Précision **
		2 à 20 mg/L	
HYDRAZINE ⁽⁴⁾	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° I-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° I-0281. Portée disponible sur www.cofrac.fr)

⁽⁵⁾ Le dosage des trihalométhanes est réalisé par le laboratoire LABÉO Manche, accrédité Cofrac (Numéro d'accréditation Cofrac n° I-6185. Portée disponible sur www.cofrac.fr)

3.2.2.3. 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)¹⁹.

Toutes ces dimensions sont combinées sous une seule et même représentation graphique, le BoxPlot, dont le principe est rappelé dans la Figure 3.2.1.

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.

¹⁹ 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.

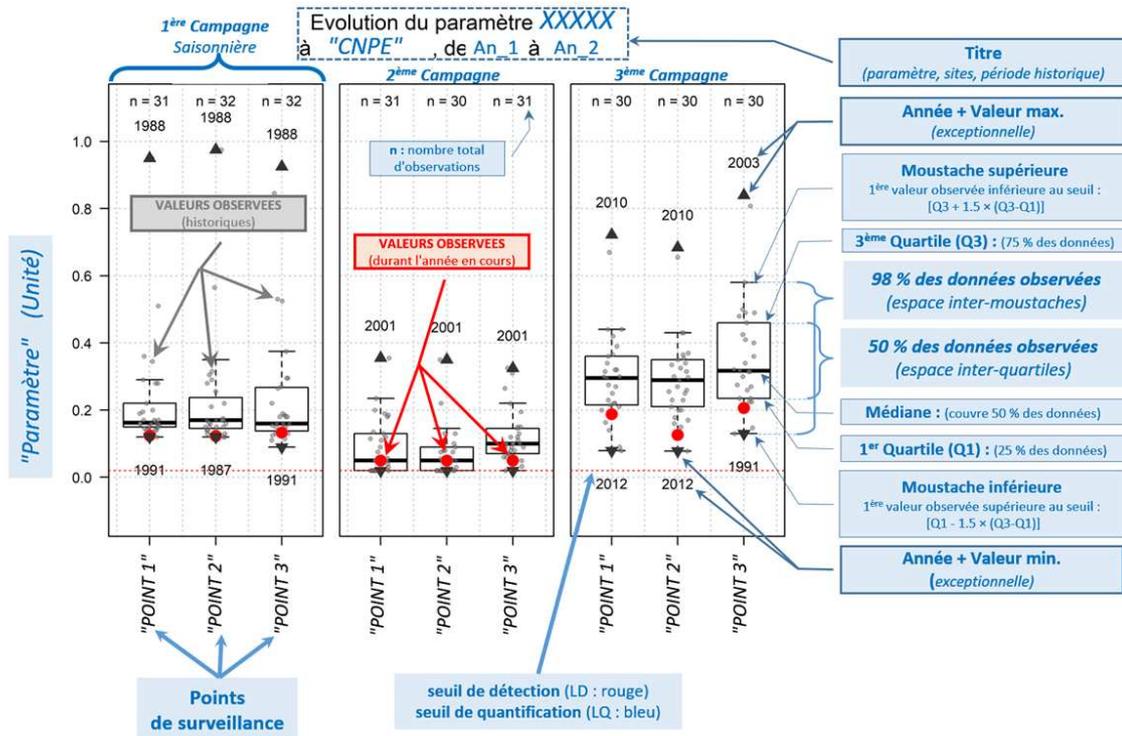


Figure 3.2.1 : Description des graphiques de type "Boxplot" utilisés pour présenter les résultats de la surveillance annuelle en perspective de l'ensemble des observations historiques de la surveillance.

- 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*) 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 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. Il a permis de compléter de manière significative les séries historiques existantes.

3.2.3. Résultats

Le détail des résultats par paramètre et par point est consultable en fin de chapitre (p. 71).

3.2.3.1. Température

3.2.3.1..1 Variations spatiales et saisonnières de la température

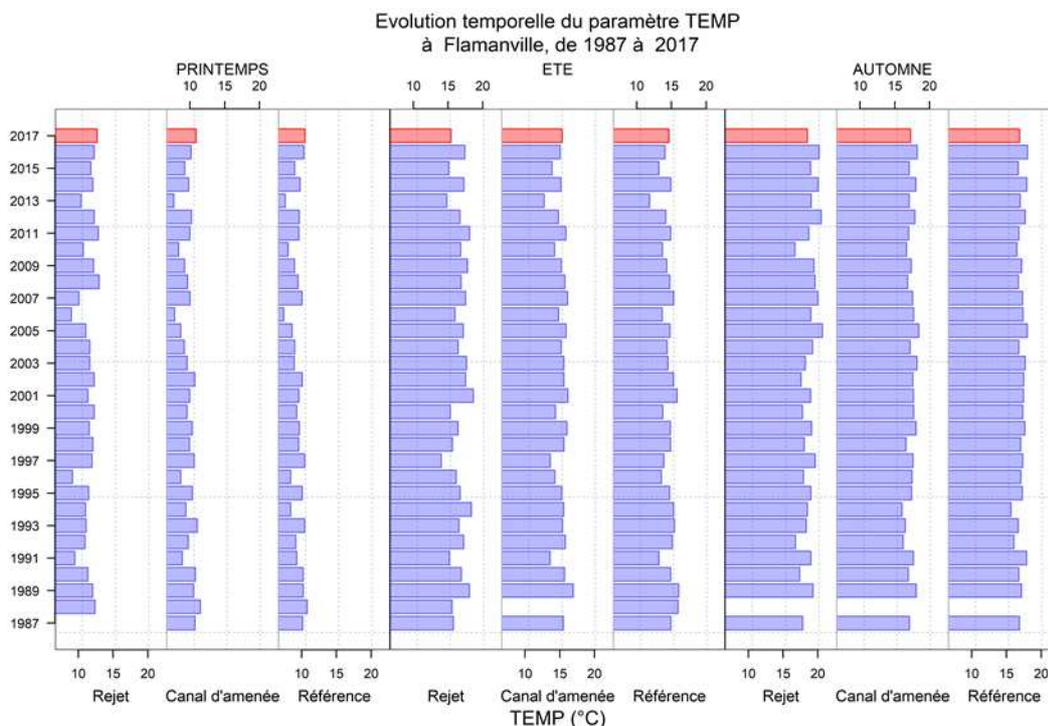


Figure 3.2.2 a : Mesures de Température réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal depuis 1987

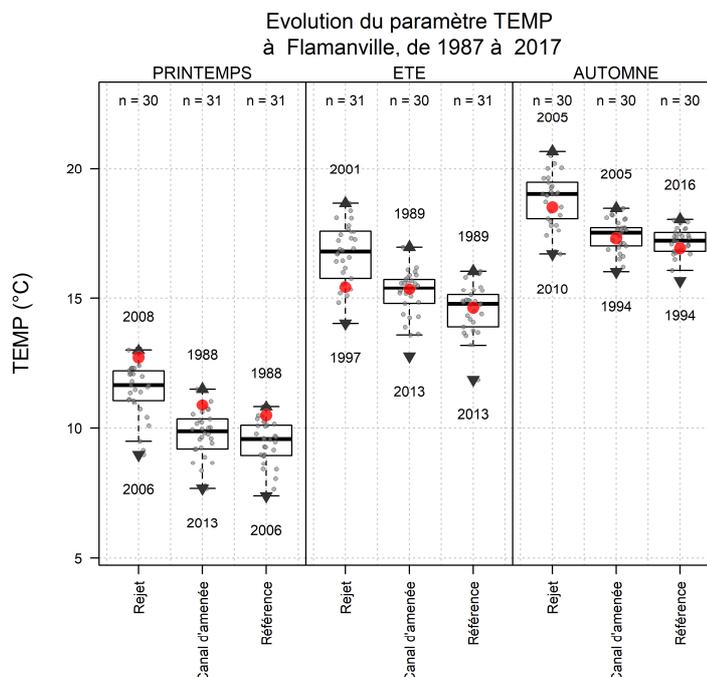


Figure 3.2.2 b : Mesures de Température réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année, mise en perspective de toutes les mesures réalisées depuis le début de la surveillance écologique du CNPE. (voir Figure 3.2.1, page 51 pour détail des boxplots). (Campagnes 2017 : 04 avril, 16 juin et 25 septembre)

Du point de vue spatial, les températures observées sur tous les points, en été et en automne, ne présentent pas de caractères particuliers (point REJET supérieur de 2 à 3 °C des autres points). L'absence de réchauffement des eaux au point *Rejet* au cours de la campagne de juin (été) est à mettre en relation avec l'arrêt temporaire du fonctionnement des 2 tranches simultanément. Sur le plan saisonnier, les températures relevées lors de la campagne de printemps (Mars) se situent dans la gamme haute de la série historique révélant, pour 2017, une dynamique de réchauffement des eaux plus précoce que les années précédentes.

Comme le montre la Figure 3.2.3, 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.

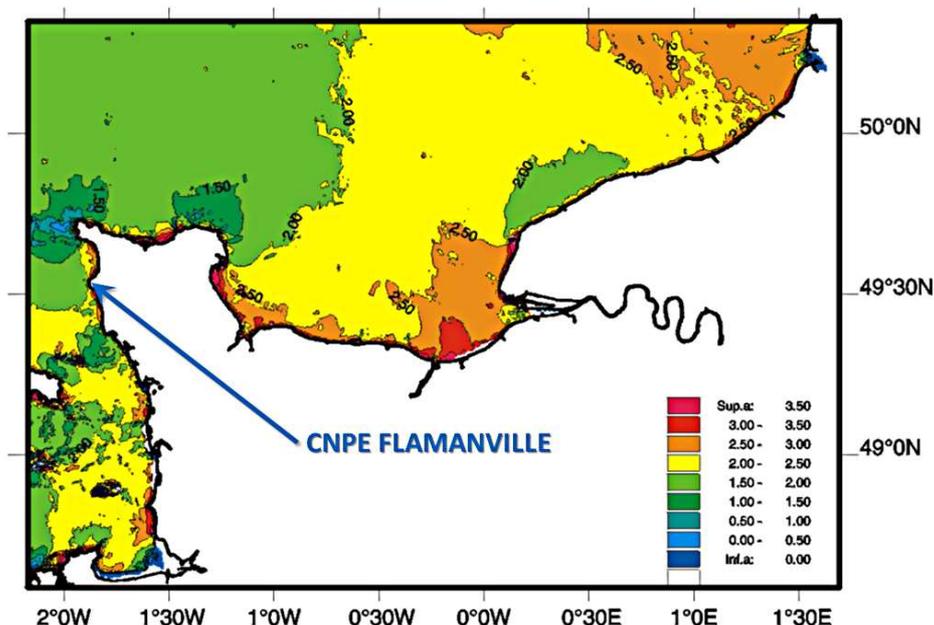


Figure 3.2.3 : Évolution spatiale du paramètre de stratification " H/u^3 " (Simpson et Hunter, 1974), en Manche réalisée à l'aide d'un modèle hydrodynamique 2D (IFREMER DEL/AO-LERN). Les faibles valeurs ($< 2,0$) traduisent un brassage important de la colonne d'eau limitant les possibilités de stratification. Au contraire, les valeurs fortes ($> 3,0$) traduisent des zones propices, en été, à une stratification de la colonne d'eau

Tableau 3.2.3 : 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 :	Printemps		Été		Automne	
	Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
1987 - 2017						
Canal/Référence	T	< 0,01	T	< 0,01	W	< 0,01
Canal/Rejet	T	< 0,01	T	< 0,01	T	< 0,01
Référence/Rejet	T	< 0,01	T	< 0,01	W	< 0,01

La comparaison des moyennes de température par points montre des différences significatives de manière systématique entre tous les points. Il paraît tout à fait logique que le point "rejet" diffère avec les 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) 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'aménée. Les travaux de modélisation du panache thermique réalisés par Violeau et Dribault (1997) montrent une élévation potentielle de température sur le canal d'aménée 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.

3.2.3.1..2 Écarts thermiques du Rejet et taux de dilution

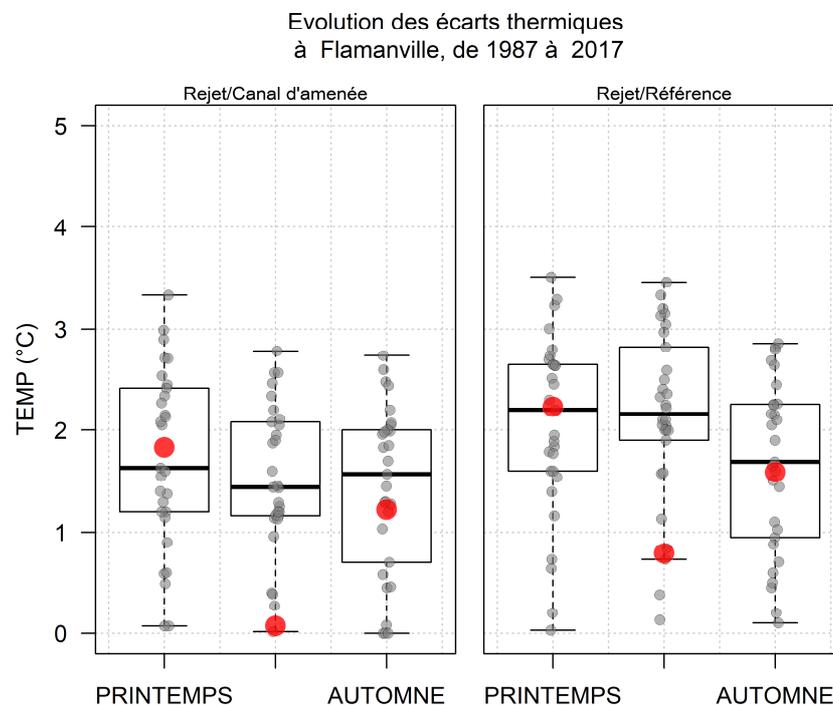


Figure 3.2.4 : Distributions des écarts thermiques entre les stations, *Rejet / canal* et *Rejet / Référence* depuis 1987. Le point rouge représente la valeur obtenue en 2017

Sur l'ensemble des campagnes de 2017, les écarts de température enregistrées entre la station *Rejet* et les autres stations *Canal* et *Référence* ont été comprises entre 1.2°C (Sept) et 2.2°C (Avr). Il convient de noter qu'au mois de juin, les écarts thermiques témoignent de l'arrêt technique des deux tranches du CNPE. La différence de 0.8°C mesurée entre le point "rejet" et le point "référence" ne relève que du gradient côte large.

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 des bouches de *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)²⁰. Les proportions d'eau échauffée et les taux de dilution théoriques qui en découlent sont présentés dans le tableau 3.2.4. L'exigence sur l'échauffement thermique est bien respectée.

Tableau 3.2.4 : Echauffements de l'eau de mer calculés à Flamanville en 2017 et taux de dilution (en gras les valeurs utilisées pour le calcul)

2017	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
04-avr	10,88	9,7	9,7	22,7	12,71	1,8	11,82	0,15	84,5
16-juin	15,36	15,8	15,8	15,9	15,43	0,1	tranches à l'arrêt		
25-sept	17,28	17,5	30,4	30,4	18,5	1,2	13,12	0,09	90,7

Les tranches ne fonctionnaient pas en juin. Les taux de dilution calculés au printemps et en octobre sont supérieurs à 80%, démontrant un pouvoir de dilution important du milieu.

3.2.3.2. Salinité

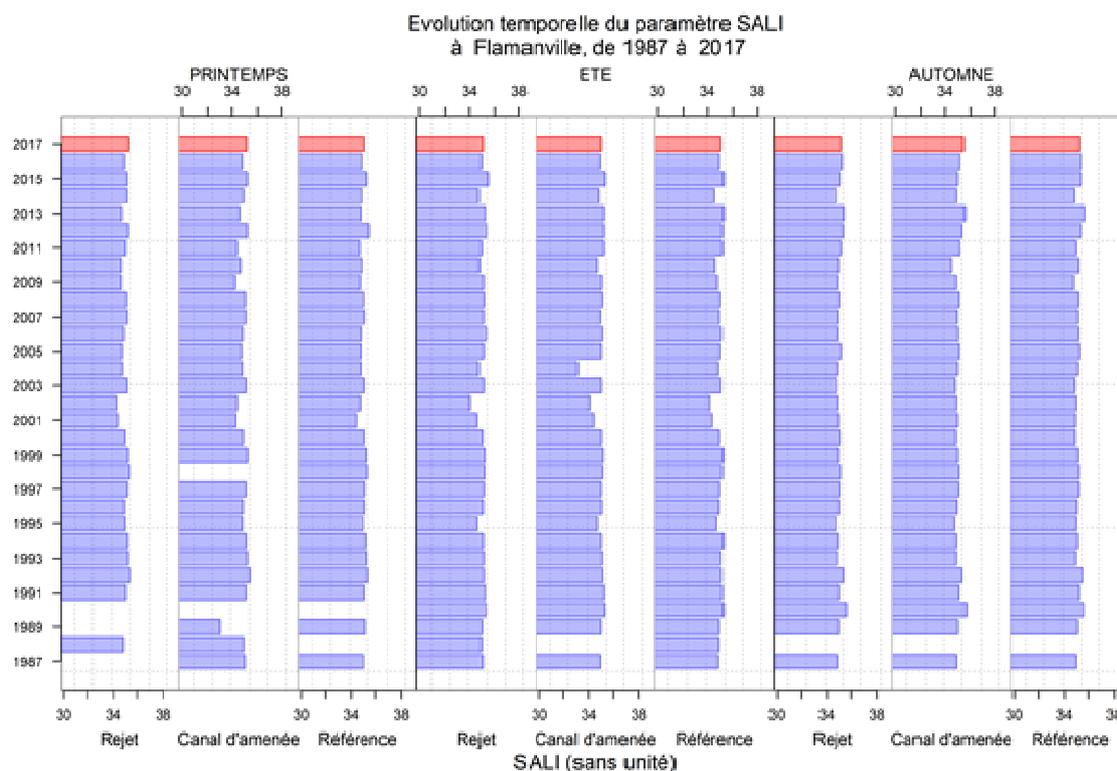


Figure 3.2.5 a : Mesures de Salinité (SALI) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal depuis 1987

²⁰ 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

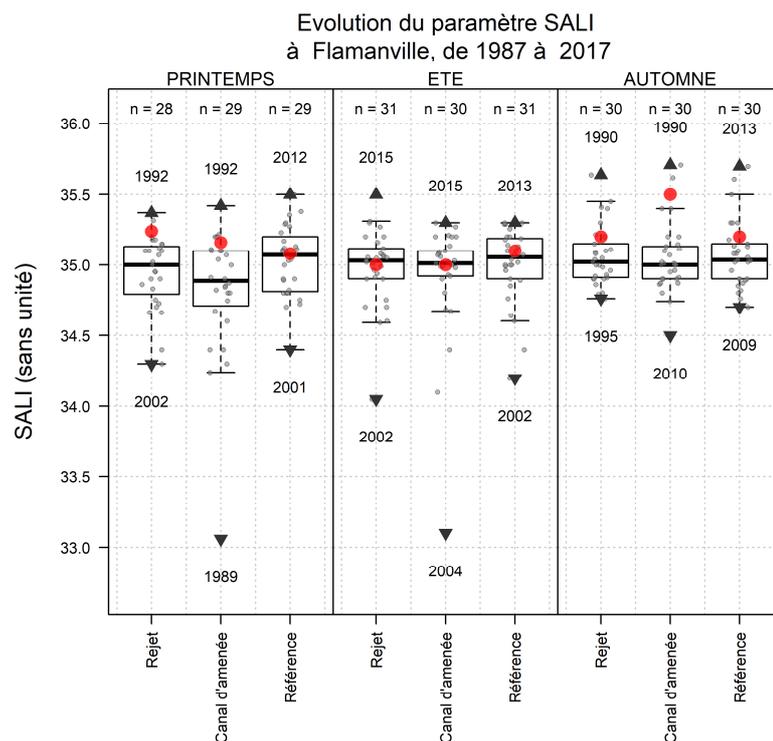


Figure 3.2.5 b : Mesures de Salinité (SALI) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année, mise en perspective de toutes les mesures réalisées depuis le début de la surveillance écologique du CNPE. (voir Figure 3.2.1, page 51 pour détail des boxplots). (Campagnes 2017 : 04 avril, 16 juin et 25 septembre)

La dispersion des valeurs de salinités mesurées en 2017 est contenue entre 35,0 et 35,5. Aucun gradient côte-large n'est perceptible. La valeur la plus forte est mesurée à l'automne au point Canal (35,5) sans qu'il y ait d'autre raison explicative que la simple variabilité spatiale pour ce paramètre. L'année 2017 ne présente pas d'anomalie particulière pour ce paramètre.

Tableau 3.2.5 : 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 :	Printemps		Été		Automne	
	Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
1987 - 2017						
Canal/Référence	W	0,00	W	0,01	W	0,62
Canal/Rejet	W	0,11	W	0,14	W	0,95
Référence/Rejet	T	0,06	T	0,36	T	0,77

Les seules différences significatives apparaissent entre les points "référence" (large) et "canal" au printemps et en été. Le caractère confiné du canal d'aménée 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.

Aucune différence significative entre les autres points n'apparaît pour le paramètre Salinité. Ce résultat témoigne d'un environnement dont l'hétérogénéité naturelle masque une éventuelle variabilité spatiale imputable au fonctionnement du CNPE.

3.2.3.3. Oxygène

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.

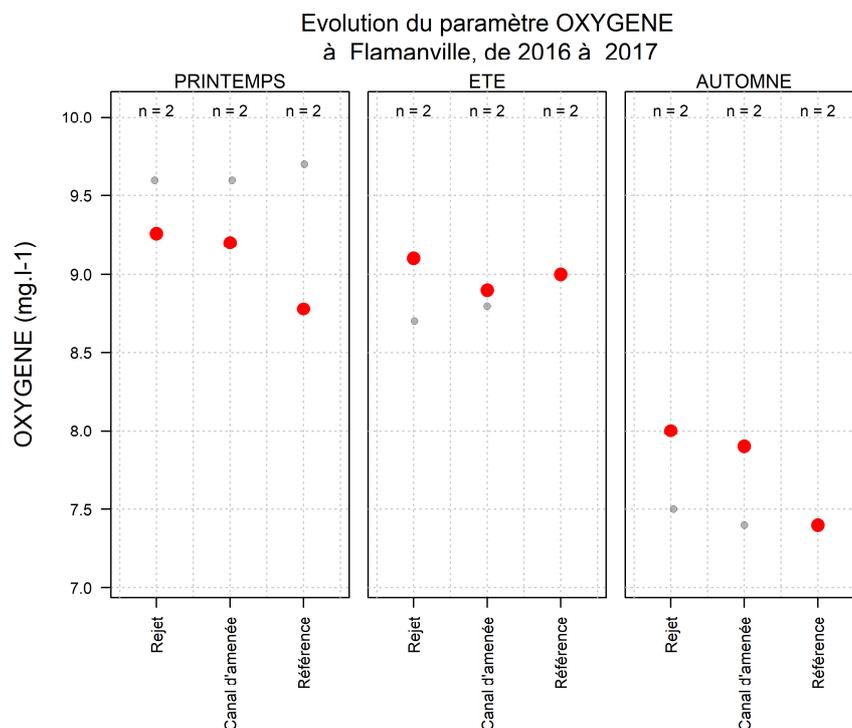


Figure 3.2.6 : Mesures de l'Oxygène Dissous (OXY) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année, mise en perspective de toutes les mesures réalisées depuis le début de la surveillance écologique du CNPE. (Campagnes 2017 : 04 avril, 16 juin et 25 septembre)

Les variations spatiales de l'oxygène sont peu marquées entre les stations de surveillance (entre 7,4 et 9,3 mg/L) (Figure 3.2.6). Le profil saisonnier est conforme à ce qui avait été observé en 2016 (valeurs les plus faibles à l'automne) et restent proche de la valeur de Référence pour la DCE qui se situe à 8,33 mg/L en Manche Atlantique²¹. (source : site www.envlit.ifremer.fr)

Le nombre de mesures d'oxygène dissous observées depuis 2016 (N=2) n'est pas encore suffisamment important pour permettre la réalisation d'une analyse de comparaison de moyenne comme cela est proposé pour les autres paramètres.

²¹ La valeur de référence d'oxygène dissous est établie sur des données acquises entre 2008 et 2013 sur l'ensemble des masses d'eau Manche-Atlantique suivi pour la Directive Cadre sur l'Eau

3.2.3.4. Ammonium

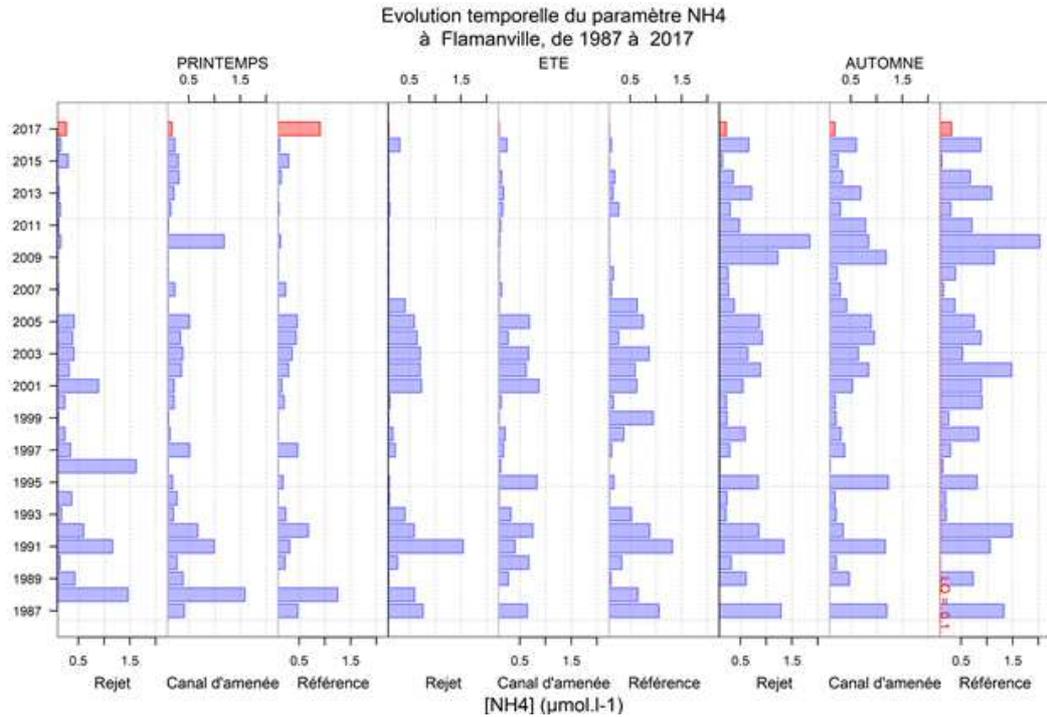


Figure 3.2.7.a : Mesures d'Ammonium [NH4] réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal depuis 1987

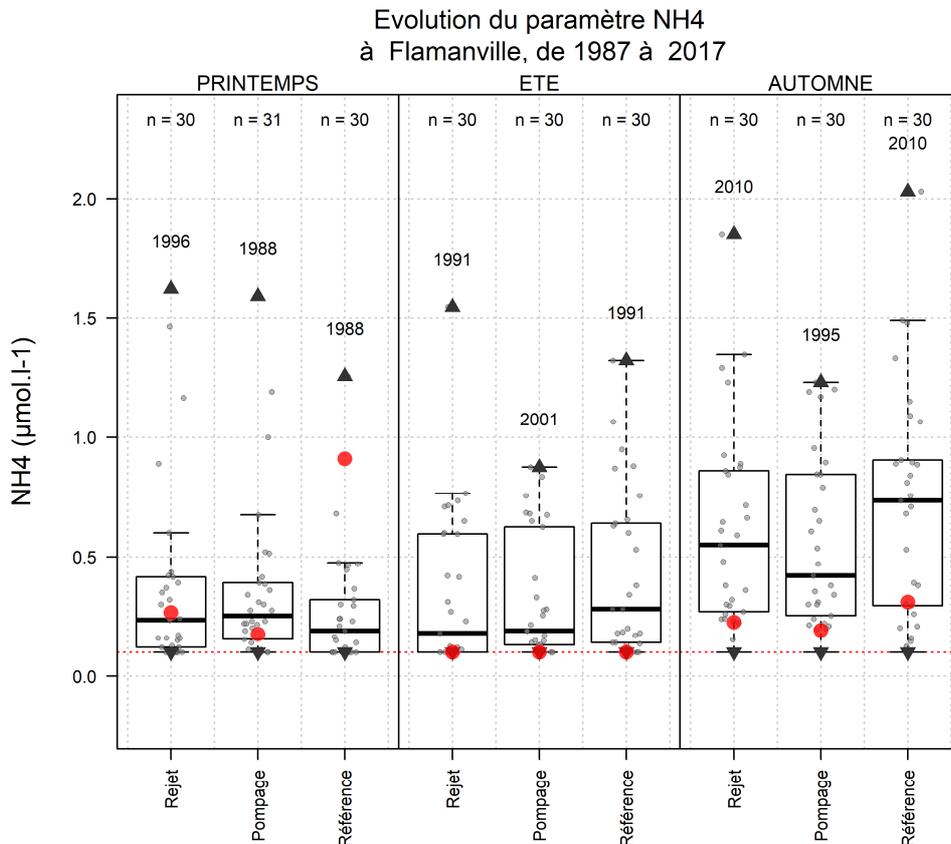


Figure 3.2.7 b : Mesures d'Ammonium(NH4) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année, mise en perspective de toutes les mesures réalisées depuis le début de la surveillance écologique du CNPE. (voir Figure 3.2.1, page 51 pour détail des boxplots). (Campagnes 2017 : 04 avril, 16 juin et 25 septembre)

Au cours des campagnes 2017, les plus fortes teneurs en ammonium ont été observées à la station *Référence* au printemps avec 0.91 μM . Les autres mesures n'ont pas dépassé 0,31 μM ce qui positionne l'année 2017 parmi les faibles niveaux de l'historique sans caractère exceptionnel.

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 – 2017 (N~30)						
Canal/Référence	W	0,00	W	0,18	W	0,1
Canal/Rejet	W	0,31	W	0,55	W	0,08
Référence/Rejet	W	0,49	W	0,05	W	0,04

Les différences significatives concernent le point "référence" avec, ponctuellement, le point "*Pompage (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 (FFigure 3.1.1 page 46). Aucune différence significative entre les autres points n'apparaît pour le paramètre Ammonium. Ce résultat témoigne d'un environnement dont l'hétérogénéité naturelle masque une éventuelle variabilité spatiale imputable au fonctionnement du CNPE.

3.2.3.5. Nitrite et nitrate

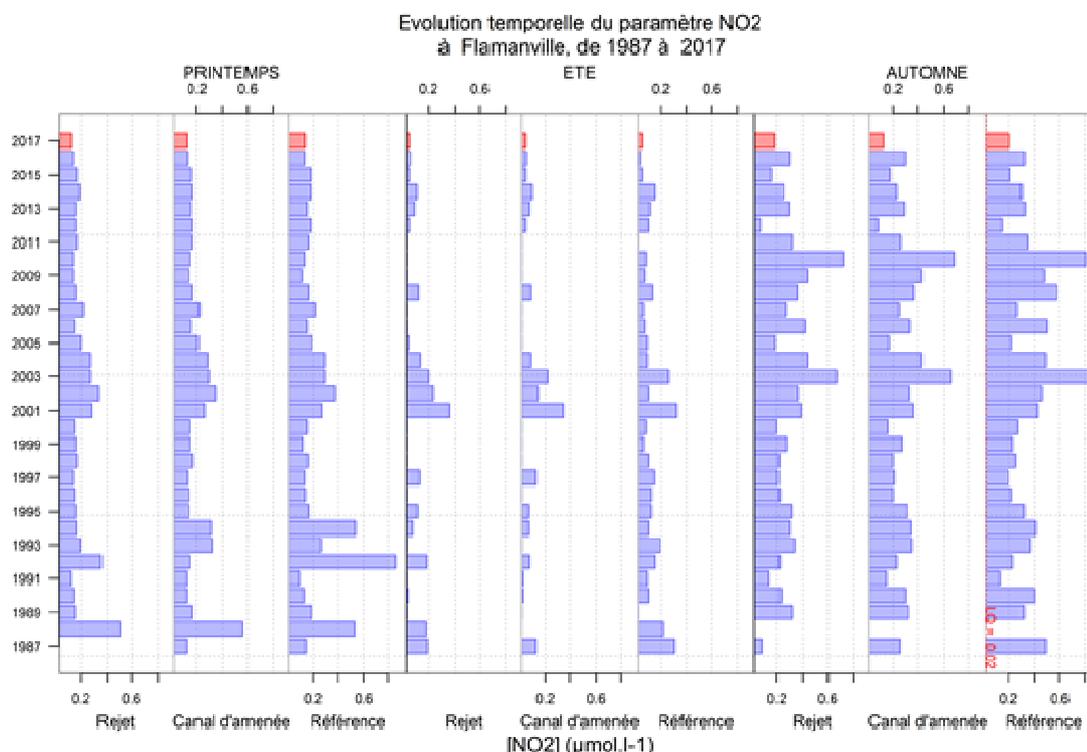


Figure 3.2.8 a : Mesures de Nitrites [NO₂] réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal depuis 1987

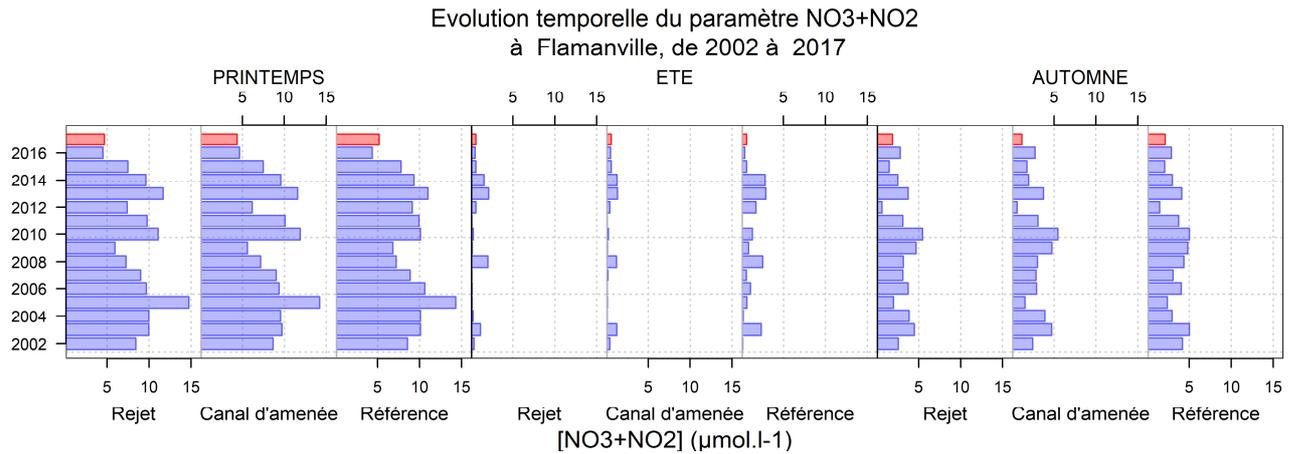


Figure 3.2.8 b : Mesures de Nitrate + Nitrites [NO₃+NO₂] réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal depuis 2002

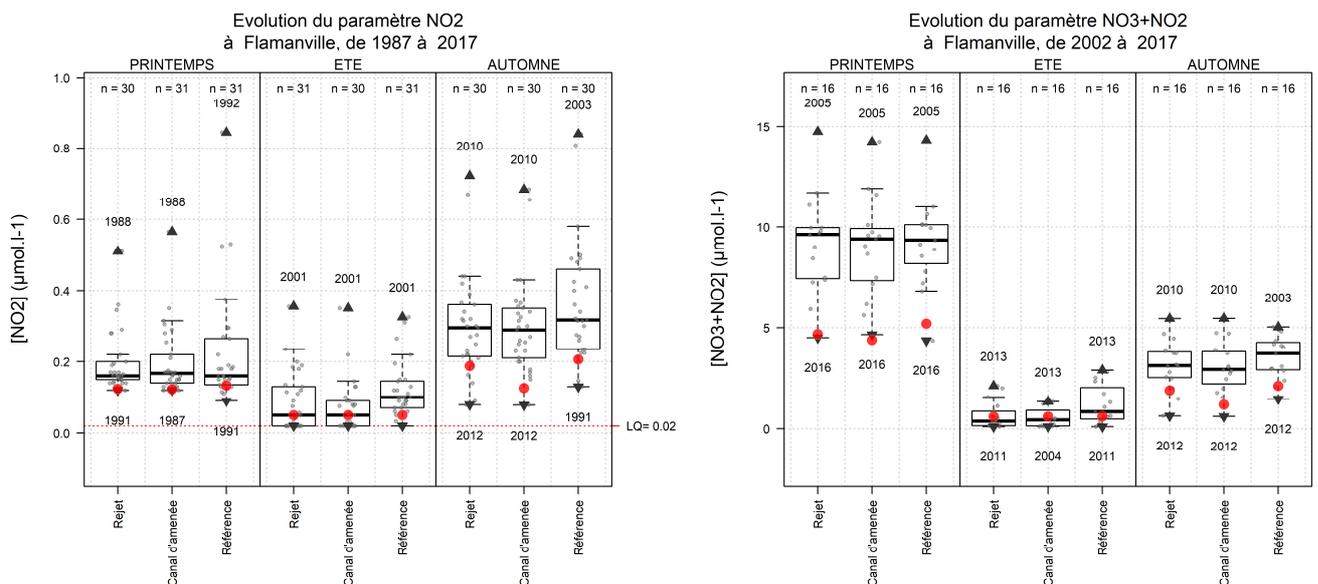


Figure 3.2.9 : Mesures de Nitrites (NO₂) et Nitrate+ Nitrites (NO₃+NO₂) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année, mise en perspective de toutes les mesures réalisées depuis le début de la surveillance écologique du CNPE (voir Figure 3.2.1, page 51 pour détail des boxplots). (Campagnes 2017 : 04 avril, 16 juin et 25 septembre) (LQ NO₂=0,02µM ; LQ NO₃=0,1µM)

À l'image des autres nutriments azotés, les stocks de nitrites sont homogènes spatialement. Ils le sont également sur le plan saisonnier, confirmant la tendance déjà identifiée que 2017 se distingue par des niveaux faibles de nutriments.

Tableau 3.2.7 : probabilité "p-value" associée aux tests d'hypothèse de comparaison de moyenne pour les Nitrate et Nitrite 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 - 2017		Printemps		Été		Automne	
		Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
NITRATE	Canal/Référence	W	0,08	W	0,00	T	0,00
	Canal/Rejet	T	0,09	W	0,01	W	0,33
	Référence/Rejet	T	0,39	W	0,00	T	0,00
NITRITE	Canal/Référence	W	0,65	W	0,00	T	0,00
	Canal/Rejet	W	0,83	W	0,02	W	0,08
	Référence/Rejet	W	0,91	T	0,00	W	0,00

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 environnement dont l'hétérogénéité naturelle masque une éventuelle variabilité spatiale 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.

3.2.3.6. Phosphate et Silicates

Sur le plan spatial, les mesures de phosphate sont homogènes entre les points (Figure 3.2.10 b). D'un point de vue saisonnier, les concentrations de phosphate suivent une progression classique avec les plus fortes valeurs au printemps (entre 0,252 et 0,282 μM), chutant en été (entre 0,045 et 0,057 μM) (consommation) et augmentant de nouveau à l'automne (entre 0,187 et 0,228 μM). Elles s'établissent globalement à des niveaux qui se situent toutefois dans la partie basse de la série historique quelle que soit la saison...

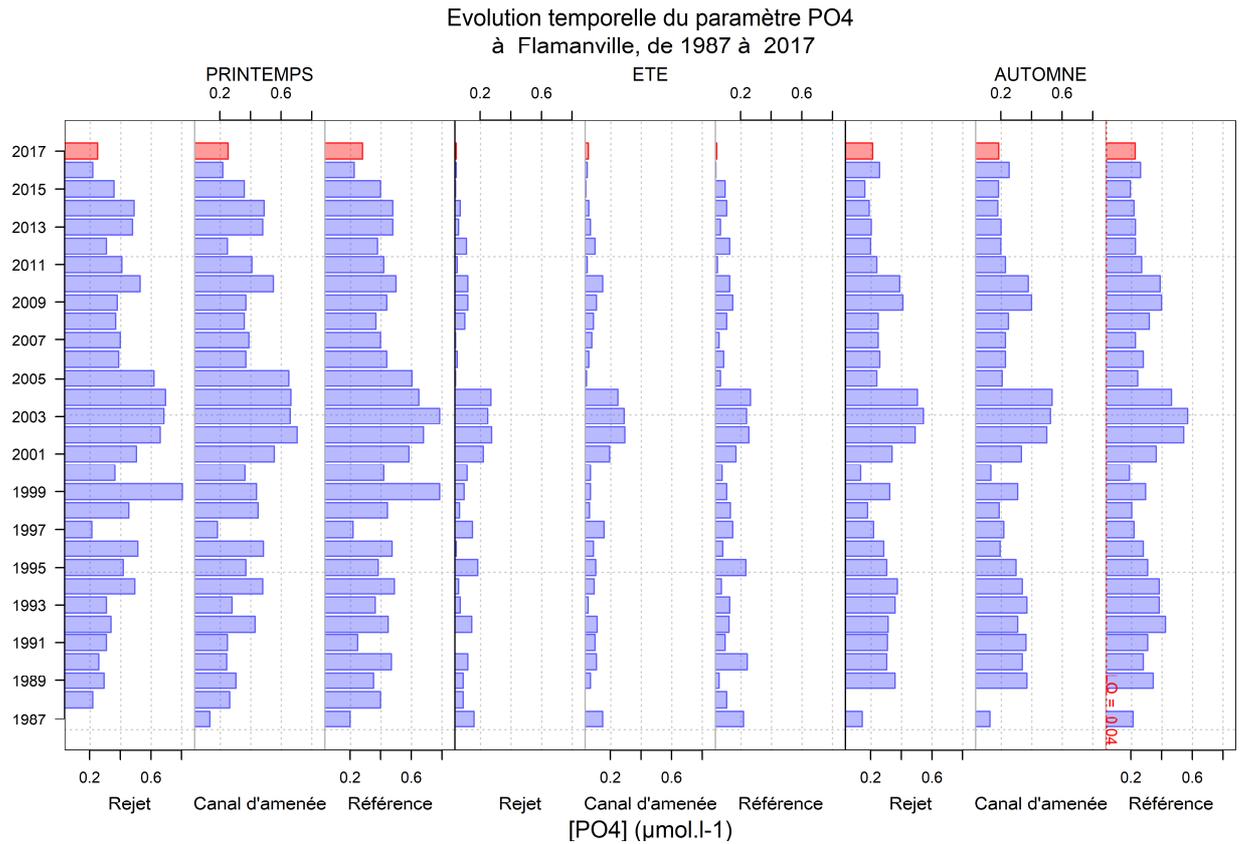


Figure 3.2.10 a : Mesures de phosphates [PO4] réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal depuis 1987

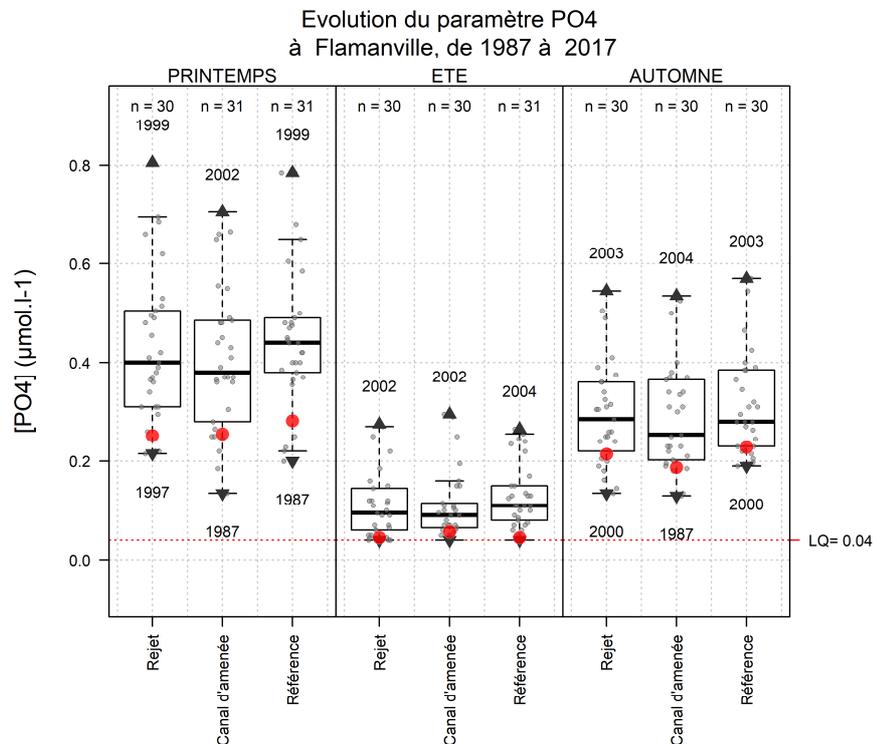


Figure 3.2.10 b : Mesures de phosphates (PO4) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année, mise en perspective de toutes les mesures réalisées depuis le début de la surveillance écologique du CNPE. (voir Figure 3.2.1, page 51 pour détail des boxplots). (Campagnes 2017 : 04 avril, 16 juin et 25 septembre) (LQ PO4=0,04μM)

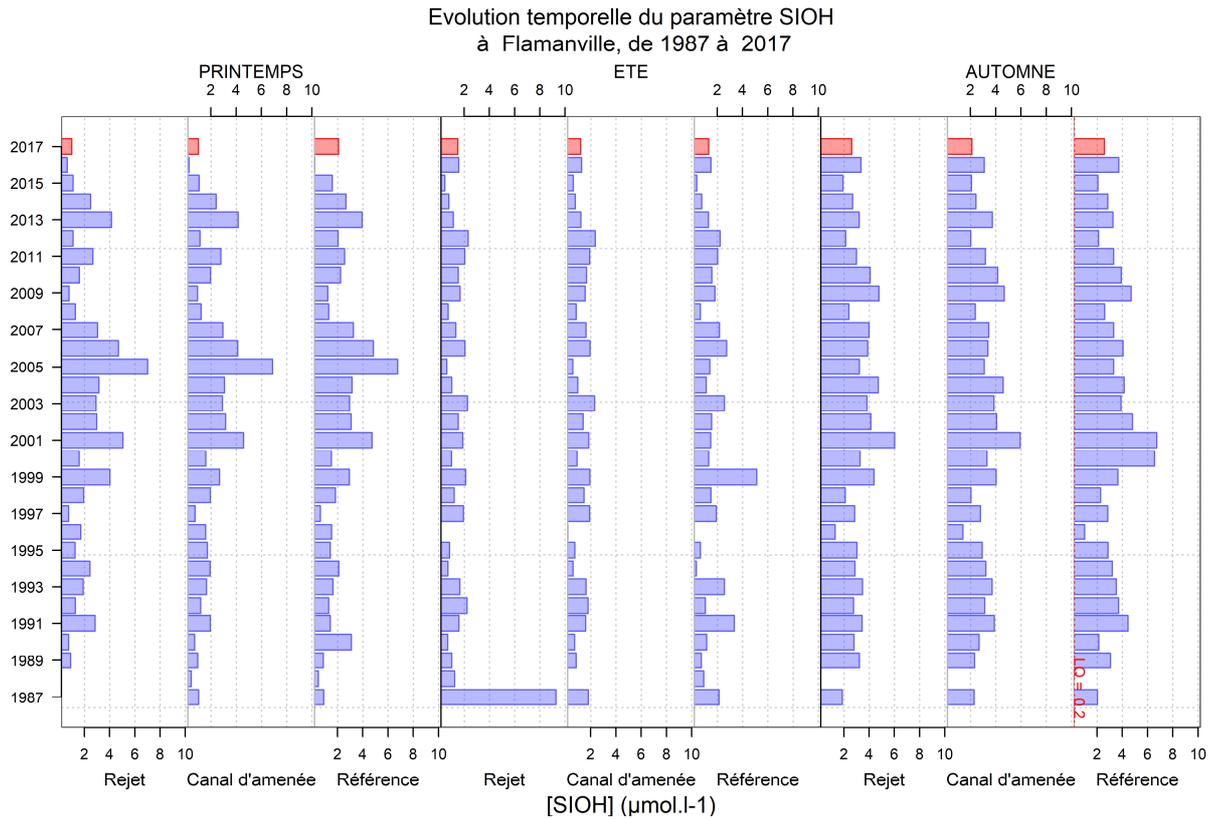


Figure 3.2.11 a : Mesures de Silicates (SIOH) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal depuis 1987

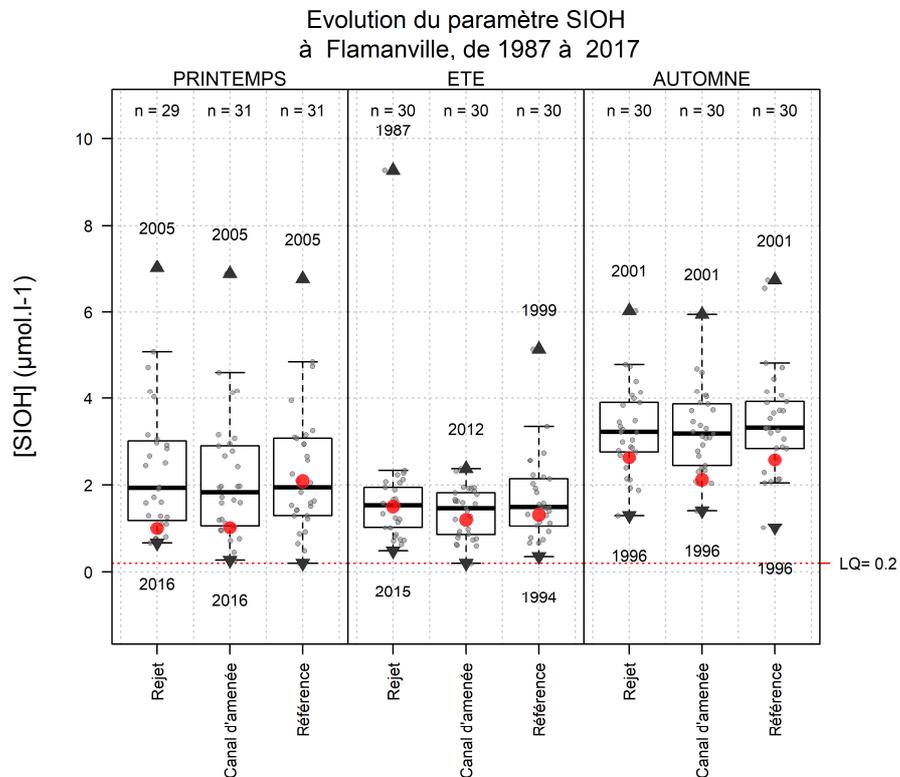


Figure 3.2.11 b : Mesures de Silicates (SIOH) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année, mise en perspective de toutes les mesures réalisées depuis le début de la surveillance écologique du CNPE (voir Figure 3.2.1, page 51 pour détail des boxplots).
(Campagnes 2017 : 04 avril, 16 juin et 25 septembre) ($LQ\ SiOH_4=0,2\mu\text{M}$)

A 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 inférieurs ou égaux aux médianes. Les stocks automnaux sont faibles ne dépassant pas 2,6 μM , les $\frac{3}{4}$ des valeurs observées depuis le début de la surveillance de ce paramètre sont supérieures.

Tableau 3.2.8 : 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 - 2017		Printemps		Été		Automne	
		Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
PHOSPHATE	Canal/Référence	W	0,00	W	0,04	T	0,01
	Canal/Rejet	W	0,23	T	0,72	W	0,26
	Référence/Rejet	W	0,02	T	0,01	T	0,01
SILICATE	Canal/Référence	W	0,13	W	0,04	W	0,09
	Canal/Rejet	W	0,08	W	0,09	T	0,41
	Référence/Rejet	W	0,94	W	0,48	W	0,17

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 (Na_3PO_4). 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. A 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 un gradient côte-large en été et à l'automne est perceptible.

3.2.3.7. Turbidité - Matière en suspension

Les conclusions de la synthèse hydrobiologique pluriannuelle du site électronucléaire de Flamanville²² 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.

²² 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/>

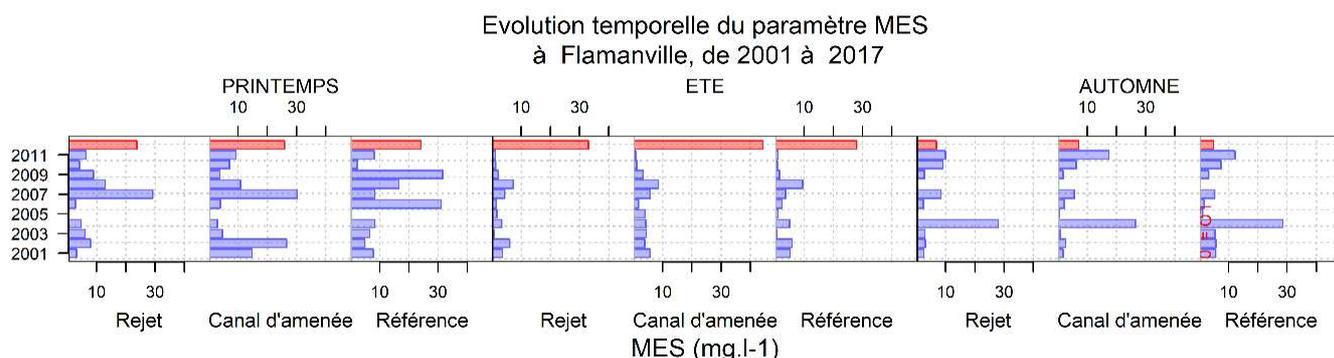


Figure 3.2.12 a : Mesures de Matières en Suspension (MES) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal entre 2001 et 2011, et 2017 en rouge

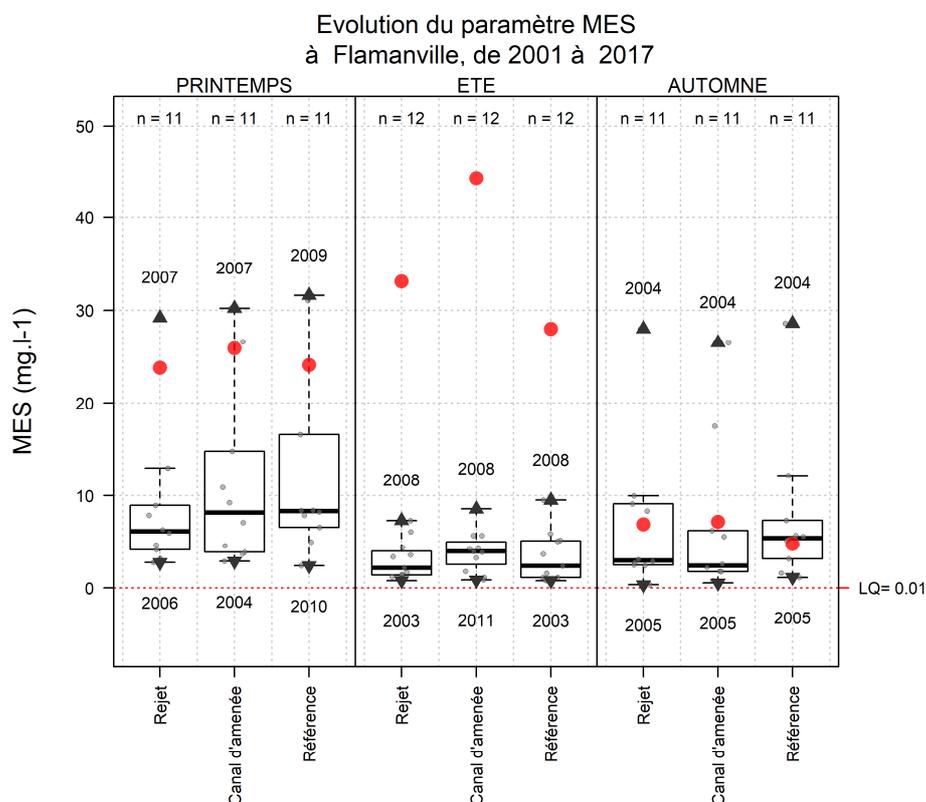


Figure 3.2.12 b : Mesures de Matières en Suspension (MES) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année, mise en perspective des mesures réalisées entre 2001 et 2011. (voir Figure 3.2.1, page 51 pour détail des boxplots).

(Campagnes 2017 : 04 avril, 16 juin et 25 septembre) (LD MES=0,01 mg/L)

De fortes concentrations en MES peuvent être liées à des apports terrigènes, ou à des remises en suspensions induites par de fortes conditions hydro-climatiques. Si les archives météorologiques gardent la trace, dans les jours précédents la campagne de juin, de conditions particulièrement défavorables durant 48h (06 et 07 juin : vent d'ouest 7 Beauforts, houle de secteur ouest de 3 m)²³ il est difficile de faire la relation avec les valeurs de MES observées lors de la campagne du 16 juin. Il convient également de préciser que si des valeurs de 30 à 40 mg/L constituent des records à Flamanville, ils n'ont rien d'exceptionnel pour les autres CNPE. Il faut toutefois noter que les mesures de Turbidité ne reflètent pas ces niveaux élevés de MES (Figure

²³ Archives Windguru : https://www.windguru.cz/archive.php?id_spot=48399

3.2.13) alors qu'elles sont cohérentes avec celles réalisées dans ce même secteur pour la DCE (voir Figure 3.2.14).

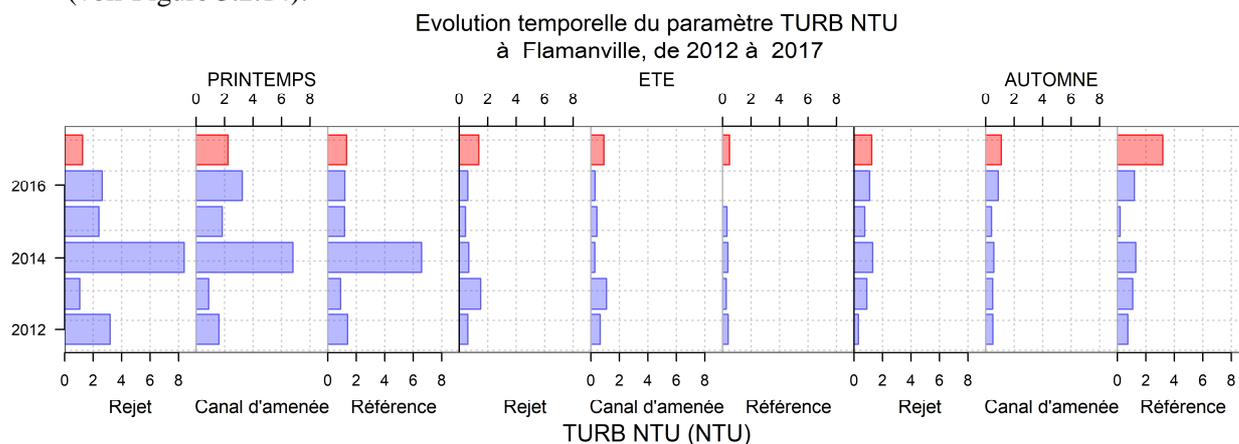


Figure 3.2.13 a : Mesures de Turbidité (NTU) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal depuis 2012.

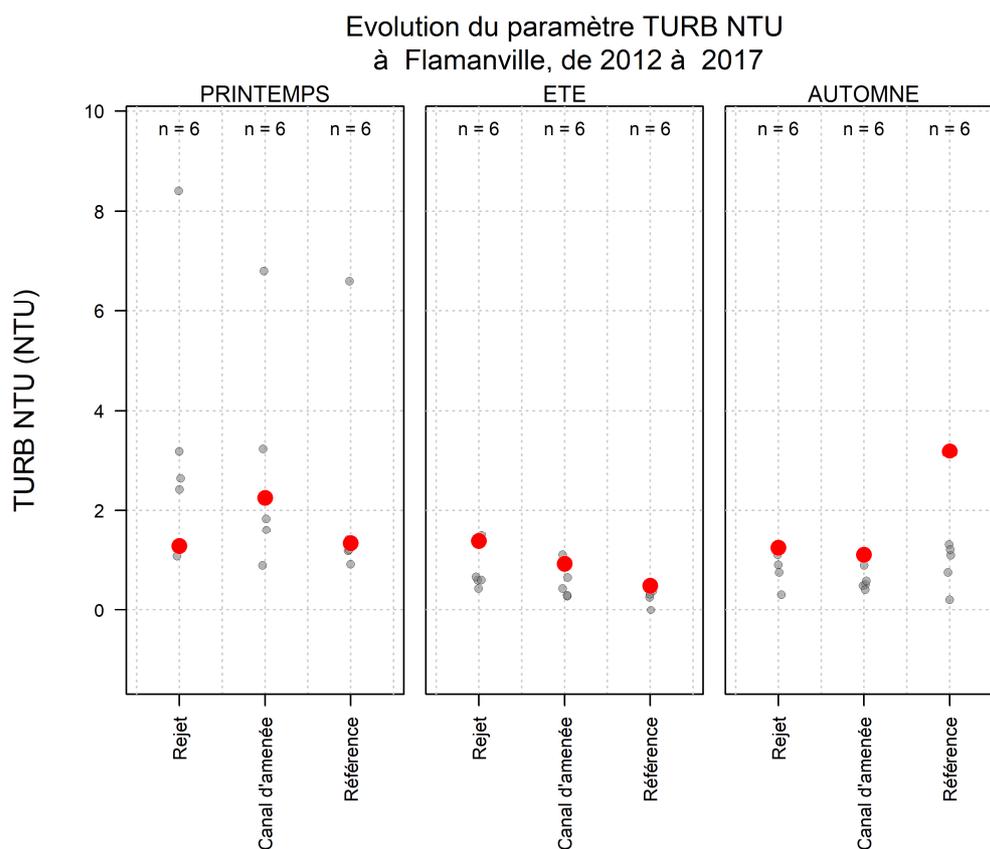


Figure 3.2.13 b : Mesures de Turbidité (NTU) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année, mise en perspective des mesures réalisées entre 2012 et 2017 (avec seulement 5 ans de recul, le nombre de données historiques est insuffisant pour une représentation sous forme de Boxplot).
(Campagnes 2017 : 04 avril, 16 juin et 25 septembre) (LD MES=0,01 mg/L)

Tableau 3.2.9 : 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 - 2017		Printemps		Été		Automne	
		Test	P-Value	Test	P-Value	Test	P-Value
MES	Canal d'aménée/Référence	T	0.82	W	0.27	T	0.42
	Canal d'aménée/Rejet	T	0.25	W	0.04	W	0.12
	Référence/Rejet	T	0.37	W	0.96	T	0.56

La seule différence significative s'observe entre le point "Rejet" et "Canal" en été. Elle est très certainement à mettre en relation avec la valeur record mesurée cette année sur le point *Canal* sans que l'origine n'en soit clairement établie. Le caractère "non-significatif" associée aux autres saisons témoigne d'un environnement dont l'hétérogénéité naturelle masque une éventuelle variabilité spatiale imputable au fonctionnement du CNPE.

3.2.3.8. Hydrazine et Ethanolamine

Depuis 2016, les analyses des paramètres Hydrazine et Ethanolamines sont réalisées par le laboratoire SGS (Rouen). Les méthodes mises en œuvres 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 2 à 20 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 ($\mu\text{g L}^{-1}$)	<20 (LQ)	<20 (LQ)	<20 (LQ)
	Ethanolamine (mg L^{-1})	<10 (LQ)	<10 (LQ)	<10 (LQ)
JUN	Hydrazine ($\mu\text{g L}^{-1}$)	<20 (LQ)	<20 (LQ)	<20 (LQ)
	Ethanolamine (mg L^{-1})	<2 (LQ)	<2 (LQ)	<2 (LQ)
SEPTEMBRE	Hydrazine ($\mu\text{g L}^{-1}$)	<20 (LQ)	<20 (LQ)	<20 (LQ)
	Ethanolamine (mg L^{-1})	<20 (LQ)	<20 (LQ)	<20 (LQ)

En 2017, l'ensemble des concentrations d'éthanolamine obtenues sont inférieures à la LQ qui est de 2 mg/L pour les échantillons analysés au printemps et en été et de 20mg/L en automne. Il en est de même pour l'hydrazine, la LQ étant de 20 $\mu\text{g/L}$ lors des trois campagnes.

3.2.3.9. Mise en perspective des résultats IGA 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 la surveillance 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.

La surveillance IGA

Bien antérieurs 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. Dans ce contexte, les exigences de standardisation et de normalisation, voire d'harmonisation des stratégies entre les différents CNPE, n'ont jamais constitué la priorité majeure, alors qu'elles relèvent de l'objectif dans le cadre de la DCE. Cette particularité est probablement à mettre en relation avec l'organisation indépendante de la surveillance pour chaque installation nucléaire.

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.

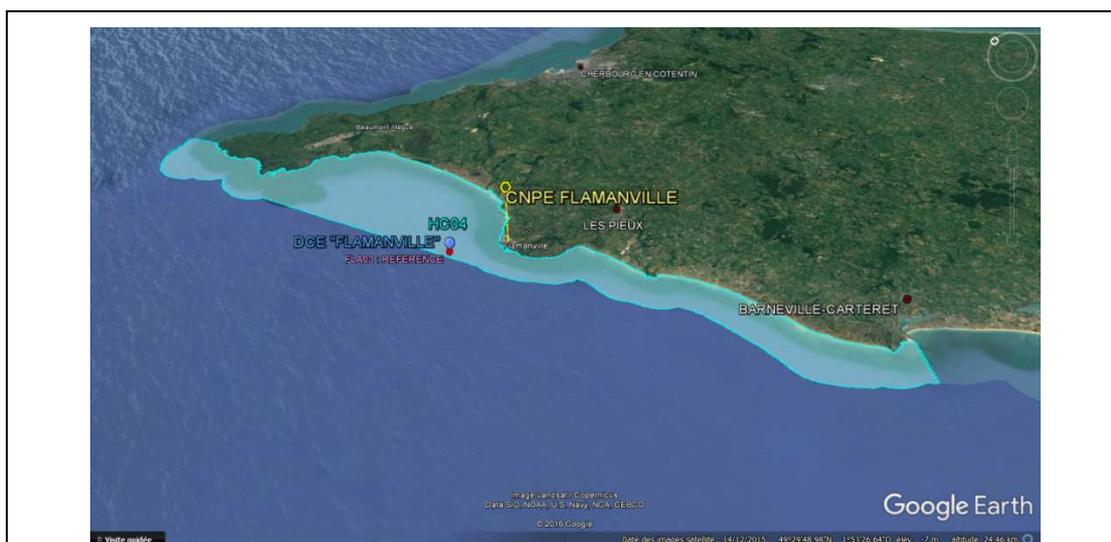
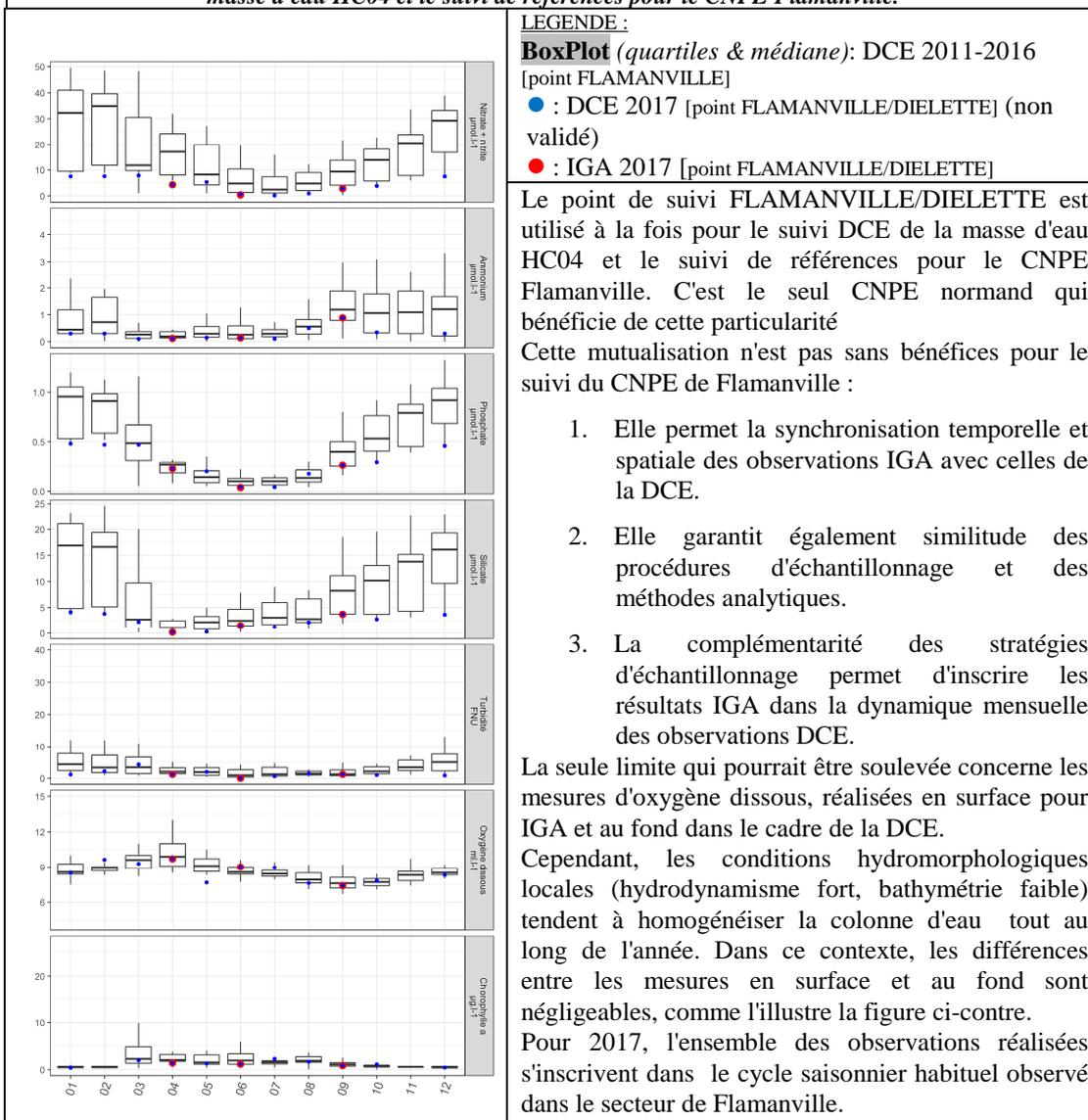


Figure 3.2.14 : localisation du point Référence FLAMANVILLE, support mutualisé pour le suivi DCE de la masse d'eau HC04 et le suivi de références pour le CNPE Flamanville.



3.2.4. Conclusion

Pour 2017, les paramètres suivis dans le cadre de la surveillance du compartiment pélagique ne présentent pas de profils atypiques en regard de la surveillance historique. La variabilité observée entre les points de suivis (et le point *Référence* en particulier) met le plus souvent en évidence un gradient côte-large caractéristique de la variabilité naturelle du milieu à Flamanville. L'arrêt total des 2 tranches au mois de juin est perceptible à travers la température du *Rejet* qui ne diffère pas de celle observée sur les autres points. Plus généralement les stocks de nutriments sont restés à des niveaux faibles qui placent l'année 2017 parmi les années les moins riches de la série. Seules les matières en suspension montrent des niveaux élevés, y compris au point référence, au printemps et en été sans pour autant que la tendance ne soit confirmée par le paramètre turbidité. Cette particularité reste sans explication claire.

3.2.5. ANNEXE

Les résultats acquis au cours des différentes campagnes de surveillance pour l'année 2017 sur le site de Flamanville sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les LQ sont définies dans le tableau 2.2.

Tableau 3.2.11 : Récapitulatif des résultats de surveillance pour l'année 2017 à Flamanville

Date	paramètre	REFERENCE	REJET	CANAL
04-avr	Température (°C)	10.88	12.71	10.43
	Salinité	35.08	35.24	35.16
	MES (mg/L)	24.1	23.8	25.9
	Turbidité en NTU	1.33	1.27	2.25
	Oxygène dissous (mg/L)	8.78	9.26	9.2
	Nitrate (μM)	5.067	4.566	4.267
	Nitrite (μM)	0.133	0.124	0.123
	Ammonium (μM)	0.91	0.266	0.176
	Phosphate (μM)	0.282	0.252	0.255
	Silicate (μM)	2.09	1	1.02
	Hydrazine ($\mu\text{g L}^{-1}$)	<20	<20	<20
	Ethanolamine (mg L^{-1})	<10	<10	<10
16-juin	Température (°C)	14.64	15.43	15.36
	Salinité	35.1	35	35
	MES (mg/L)	28	33.1	44.3
	Turbidité en NTU	0.49	1.37	0.92
	Oxygène dissous (mg/L)	9	9.1	8.9
	Nitrate (μM)	0.55	0.55	0.55
	Nitrite (μM)	0.05	0.05	0.05
	Ammonium (μM)	0.1	0.1	0.1
	Phosphate (μM)	0.045	0.045	0.057
	Silicate (μM)	1.32	1.51	1.21
	Hydrazine ($\mu\text{g L}^{-1}$)	<20	<20	<20
	Ethanolamine (mg L^{-1})	<2	<2	<2
25-sept	Température (°C)	16.91	18.5	17.28
	Salinité	35.2	35.2	35.5
	MES (mg/L)	4.79	6.91	7.18
	Turbidité en NTU	3.2	1.24	1.1
	Oxygène dissous (mg/L)	7.4	8	7.9
	Nitrate (μM)	1.916	1.707	1.062
	Nitrite (μM)	0.206	0.188	0.126
	Ammonium (μM)	0.31	0.226	0.192
	Phosphate (μM)	0.228	0.214	0.187
	Silicate (μM)	2.58	2.63	2.12
	Hydrazine ($\mu\text{g L}^{-1}$)	<20	<20	<20
	Ethanolamine (mg L^{-1})	<20	<20	<20

Chapitre Phytoplancton :

Rédaction

Gaëlle COURTAY (LERN)
Michel ROPERT (LERN)
Tania HERNANDEZ-FARINAS (LERN)

Dénombrements :

Gaëlle COURTAY (LERN)

Mesures PAM :

Sylvaine FRANÇOISE (LERN)

Traitement des images satellite :

Francis GOHIN (Ifremer/Dyneco)
Sylvaine FRANÇOISE (LERN)
Gaëlle COURTAY (LERN)

Prélèvements et Analyses :

Sylvaine FRANÇOISE (LERN)
Frank MAHEUX (LERN)
Olivier PIERRE-DUPLESSIX (LERN)
Benjamin SIMON (LERN)
Emilie RABILLER (LERN)
Gaëlle COURTAY (LERN)

Codes de programmation de traitements des données (R) :

Tania HERNANDEZ-FARINAS (LERN)
Sylvaine FRANÇOISE (LERN)

Illustrations et statistiques :

Tania HERNANDEZ-FARINAS (LERN)
Sylvaine FRANÇOISE (LERN)

Expertise thématique :

Tania HERNANDEZ-FARINAS (LERN)

Avertissement :

Des modifications de forme ont été proposées dans cette partie du document par rapport à ce qui était présenté jusqu'à présent. Une attention particulière a été portée pour que tous les éléments de fond attendus soient préservés. Ces changements s'inscrivent dans une volonté partagée de faire évoluer les documents vers une amélioration et une harmonisation des rapports annuels de surveillance pour l'ensemble des CNPE de Bord de mer. Ils ont été rendus possibles par une meilleure intégration de l'ensemble des processus de traitement et d'analyse des données depuis la bancarisation jusqu'à la production des figures présentées ici.

3.3. 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 est un bon estimateur de la biomasse de phytoplancton (micro et une partie du nanophytoplancton).
- **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 micro-phytoplancton 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 tels que la température, la lumière, ...) et des facteurs nutritionnels, tels que la concentration en sels nutritifs (azote, phosphate et silicate). La première source de variabilité pour ces facteurs, physiques et nutritionnels relève 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.

3.3.1. 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 (Cf Carte 1.2.1, page 25).

3.3.2. Matériel et méthode

L'ensemble des prélèvements d'eau en vue de l'étude du phytoplancton sont réalisés au moyen d'une Bouteille à prélèvement (type Niskin) (voir § Physico-chimie 3.2.1 page 48). Les mesures de production primaire reposent sur 3 réplicats, réalisés à chaque point de prélèvement.

Tableau 3.3.1 : Récapitulatif des paramètres de suivi du compartiment "phytoplancton".

Paramètres	REFERENCE	REJET	CANAL
Chlorophylle a	X	X	X
Flore Totale	X	X	X
Production Primaire	X (3 réplicats)	X (3 réplicats)	X (3 réplicats)

3.3.2.1. Chlorophylle a

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.

Tableau 3.3.2 : Références analytiques normalisées pour la mesure de biomasse de phytoplancton

Paramètre [Code paramètre]	Méthode analytique normalisée [Code SANDRE]	Limite de Quantification *	Précision **
Chlorophylle <i>a</i> [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]	0,5 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

3.3.2.2. 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 C¹⁴". 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)²⁴. Les résultats bruts sont enregistrés pour être exploités au retour au laboratoire.

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

- **ETR_{max}** : 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 l'état physiologique du peuplement.

Tableau 3.3.3 : Échelle d'interprétation de l'indice de qualité physiologique (Y_{max})

Valeur de Y _{max}	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

²⁴Thompson, Peter A., Stephane 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 Claquin. 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>.

3.3.2.3. Dénombrement du phytoplancton

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)²⁵. Les résultats sont exprimés en nombre de cellules par litre.

Tableau 3.3.4 : 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	100	< 20 % si nbr. Cell. > 100.
	EN 15204 Qualité de l'eau – Norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée (méthode Utermöhl)		

3.3.2.4. Télédétection satellitaire

Les images satellite de la chlorophylle *a* sont produites par l'Ifremer (algorithme OC5, Gohin et al., 2002 & 2011)²⁶ à partir de séries d'acquisition de réflectance obtenues par les cameras SeaWiFS, MERIS, MODIS et VIRRS. 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 EUROHAB²⁷.

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

²⁵ 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/>

²⁶ 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>

²⁷ <https://interreg5a-fce.eu/fr/actualites-et-evenements/actualites/projet-s-3-eurohab-va-surveiller-la-proliferation-dalgues-toxiques-depuis-lespace/>

la chlorophylle *a* en Manche évaluée pour la période du dernier plan de gestion DCE (2011-2016).

3.3.2.5. 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 observé historiquement depuis que le paramètre est suivi dans le cadre de la surveillance (peut remonter aux début des années 1980)²⁸.

Toutes ces dimensions sont combinées sous une seule et même représentation graphique, le BoxPlot, dont le principe est rappelé ci-dessous :

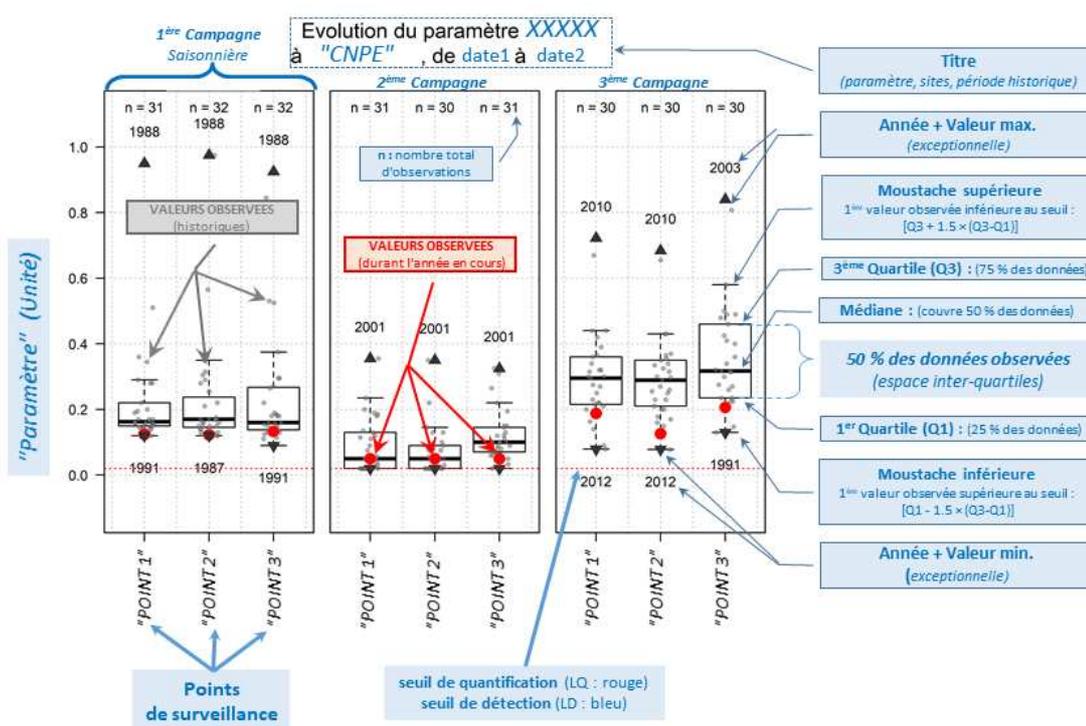


Figure 3.3.1 : Description des graphiques de type "Boxplot" utilisés pour présenter les résultats de la surveillance annuelle en perspective de l'ensemble des observations historiques de la surveillance

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

²⁸ 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 2001. Auparavant elles n'étaient que partielles et ne permettait pas d'appréhender la communauté de microphytoplancton dans son ensemble.

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 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.

3.3.3. Biomasse chlorophyllienne

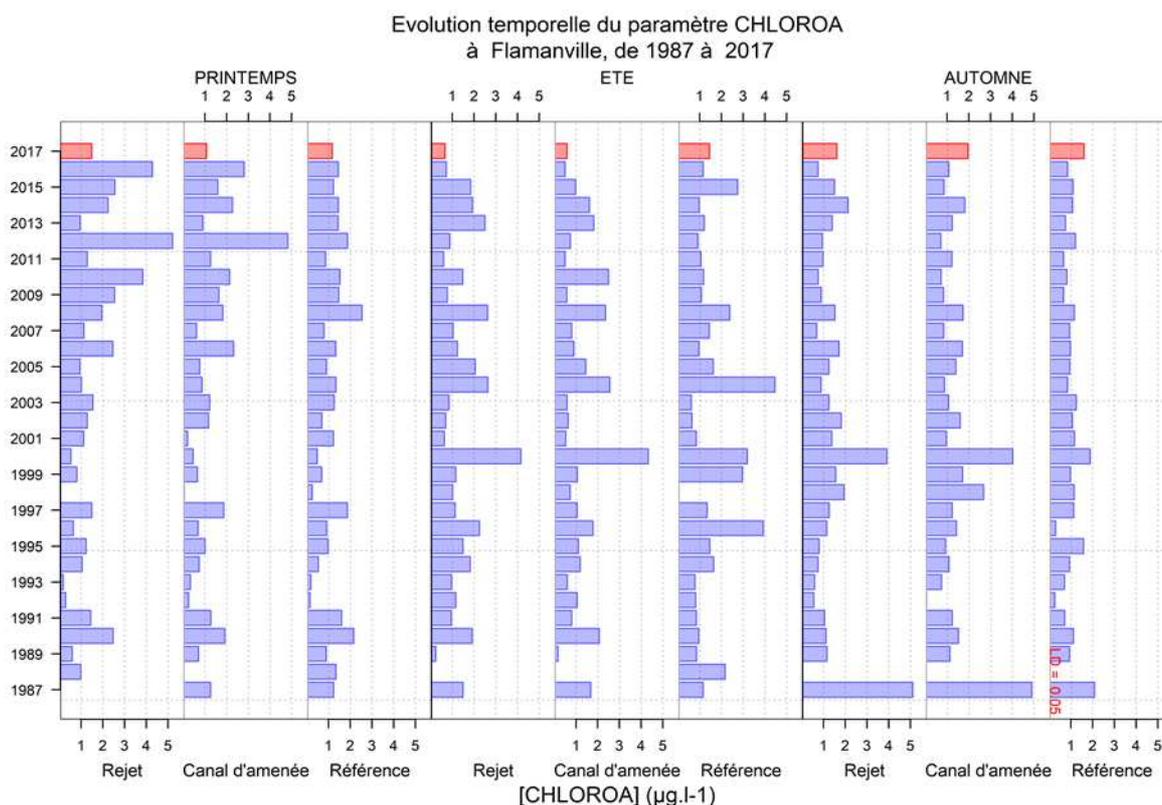


Figure 3.3.2 a : Mesures de Chlorophylle a réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal depuis 1987

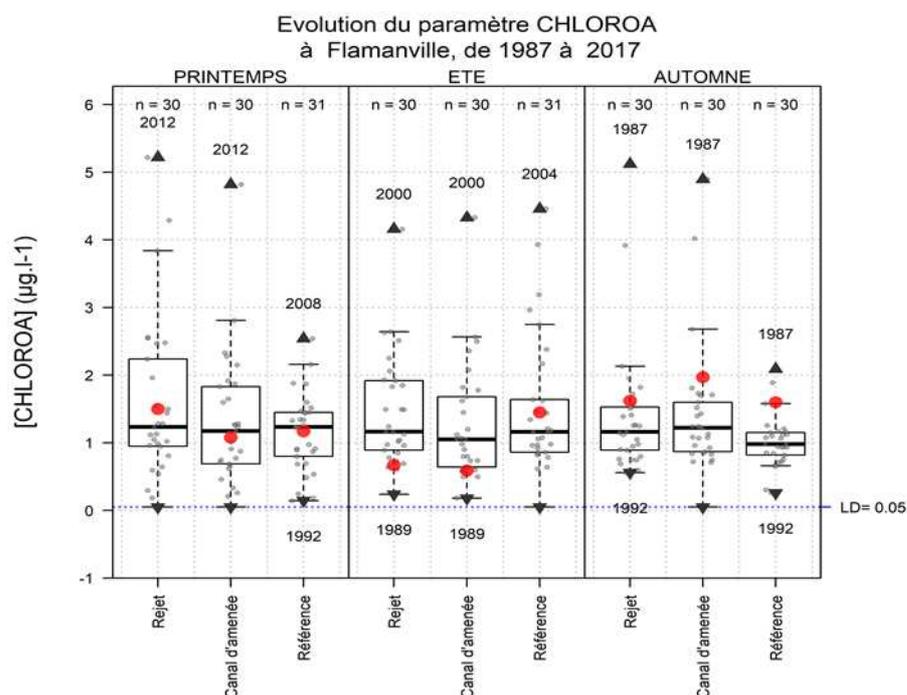


Figure 3.3.2 b : Mesures de Chlorophylle *a* réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année, mise en perspective de toutes les données observées depuis le début de la surveillance écologique du CNPE de Flamanville. (voir Figure 3.3.1 page 77 pour détail des boxplots).

Du point de vue spatial et temporel, à l'échelle saisonnière de l'année en cours, les valeurs de chlorophylle *a* mesurées au printemps et en automne sont relativement homogènes (entre 1 et 2 $\mu\text{g/L}$) entre la côte (Canal, Rejet) et le large (Référence). Au cours de l'été, les valeurs au large (1,45 $\mu\text{g/L}$) paraissent légèrement plus élevées qu'à la côte (entre 0,6 et 0,7 $\mu\text{g/L}$) sans toutefois présenter de caractère d'exception (les écarts restent dans la gamme habituelle).

À l'échelle inter-annuelle, l'année 2017 ne se fait pas particulièrement remarquer dans la série historique débutée en 1987. Seul le point Référence en automne se distingue avec des valeurs de chlorophylle fortes mais non exceptionnelles.

Aucune différence significative n'est observée pour le paramètre Chlorophylle *a* entre les trois points d'échantillonnage. Ce résultat témoigne d'un environnement dont l'hétérogénéité naturelle masque une éventuelle variabilité spatiale imputable au fonctionnement du CNPE.

Tableau 3.3.5 : 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).

	Printemps		Été		Automne	
	test	p-value	test	p-value	test	p-value
Référence/Rejet	W	0,29	T	0,74	W	0,07
Référence/Canal	W	0,98	T	0,27	W	0,05
Rejet/Canal	W	0,34	W	0,16	T	0,93

3.3.4. Télédétection spatiale

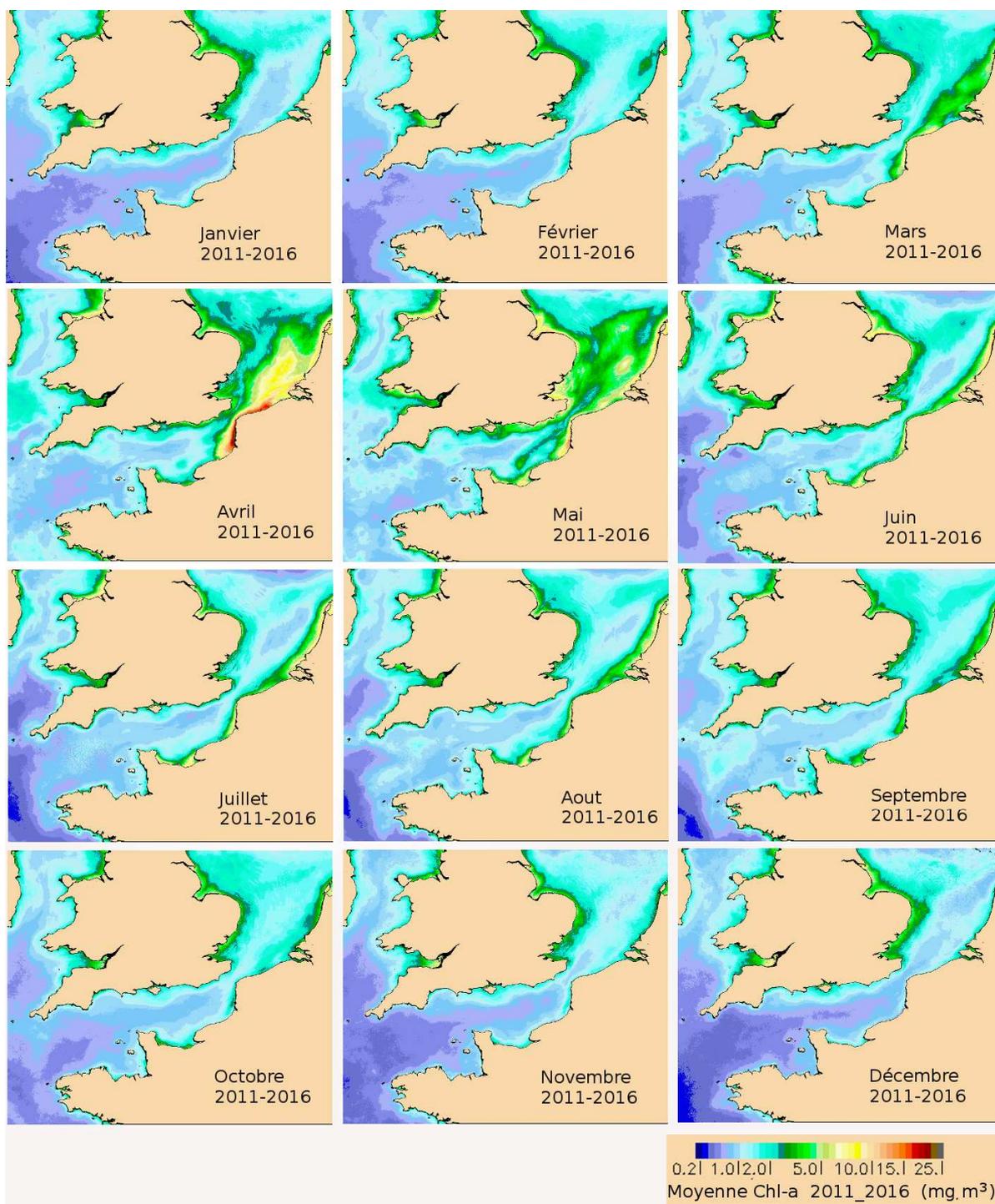


Figure 3.3.3: Distribution moyenne mensuelle de la chlorophylle a en Manche entre 2011 et 2016 obtenue après traitement des images satellite des caméras SeaWiFS, MERIS, MODIS et VIRRS.

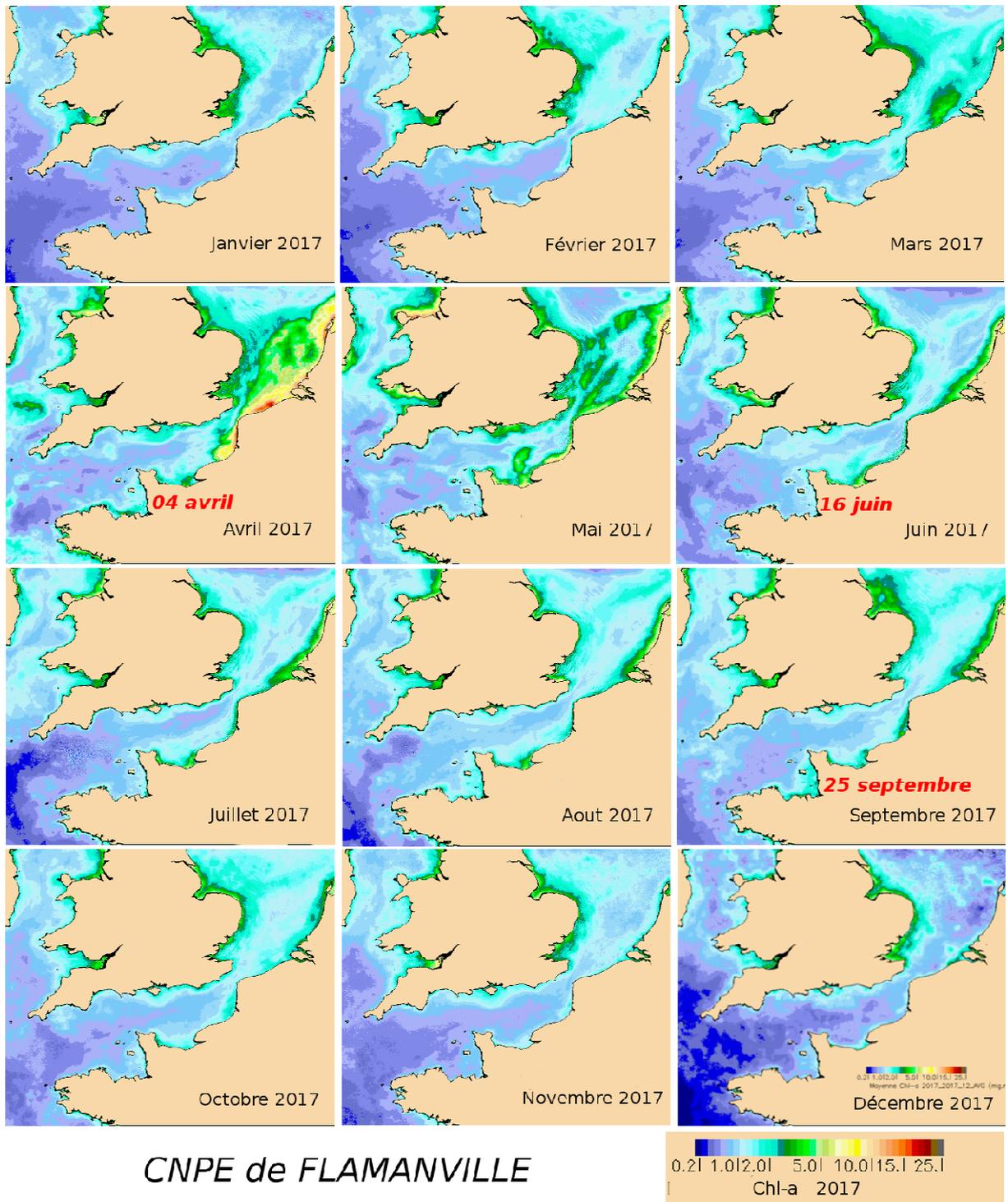


Figure 3.3.4 : Distribution mensuelle moyenne de la chlorophylle a en Manche pour l'année en cours obtenue après traitement des images satellite des caméras SeaWiFS, MERIS, MODIS et VIRRS. En rouge : la localisation du CNPE et la date de l'échantillonnage.

Sur la période de référence 2011-2016 en Manche et Mer du Nord, 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.

En 2017, 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 avril pour la zone Manche-Mer du Nord avec le bloom printanier s'étendant de mars à mai. Le bloom automnal est cependant moins marqué en 2017 (concentrations en chlorophylle *a* relativement stables de juin à septembre). Sur la côte Ouest de la Manche un premier maximum est observé en avril (<2mg/m³), suivi d'une légère diminution de la chlorophylle *a* en juin et juillet (<1mg/m³) puis d'un deuxième maximum en août-septembre (<2mg/m³).

3.3.5. Production primaire

3.3.5.1. Analyses in-situ de la production primaire (rETR)

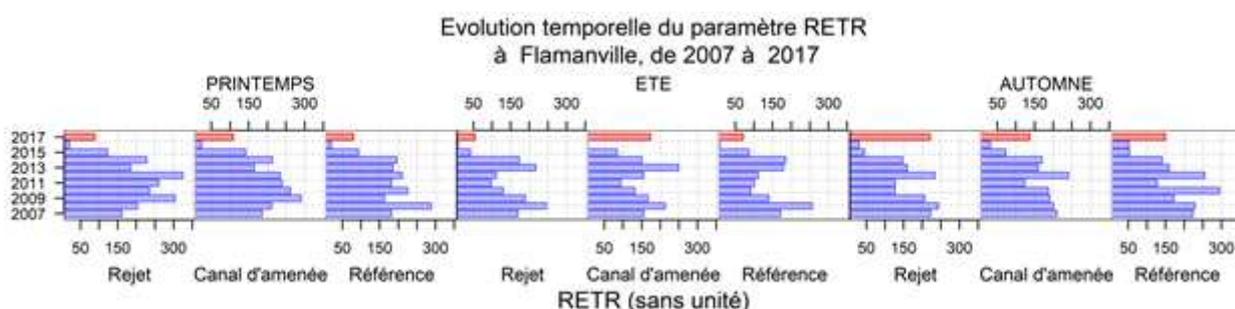


Figure 3.3.5 a : Mesures de Production Primaire (rETR) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal depuis 2007

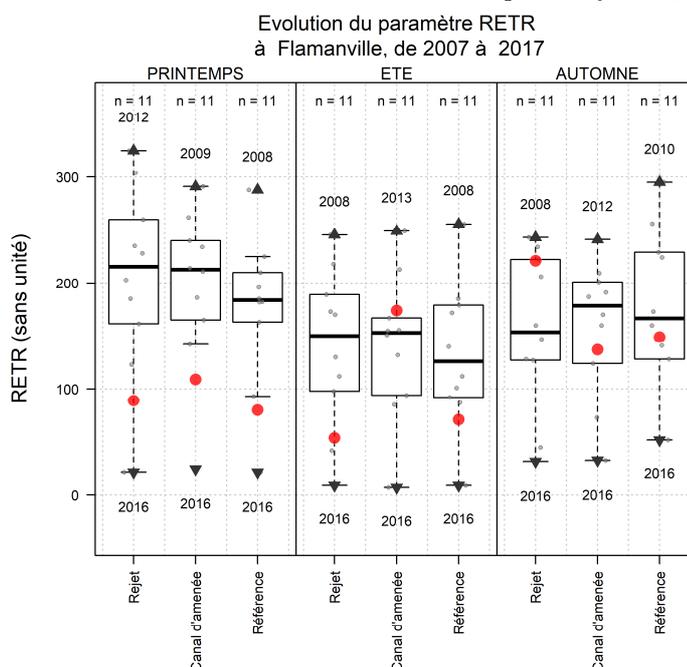


Figure 3.3.5 b : Mesures de Production Primaire (rETR) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année, mise en perspective de toutes les données observées depuis le début de leur acquisition dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE. (voir Figure 3.3.1 page 77 pour détail des boxplots).

Sur le plan spatial, les valeurs observées sont homogènes sur les 3 points au printemps ainsi qu'en été (entre 50 et 110), exception faite du point Canal (174) qui montre une activité sensiblement plus fortes (particularité non perçue par le paramètre Chlorophylle *a*). L'automne révèle une activité de production primaire homogène entre les points mais globalement plus importantes que lors des deux campagnes précédentes (entre 135 et 225).

Du point de vue historique, 2016 avait été marquant par les niveaux records de faible activité de production primaire généralisée. L'activité mesurée en 2017 au printemps, reste parmi les plus basses enregistrées depuis 2007 sur les points Canal et Référence. Pour le reste de l'année, les valeurs observées ne présentent pas d'anomalies notables.

Aucune différence significative n'est observée pour le paramètre rETR entre les trois points d'échantillonnage. Ce résultat témoigne d'un environnement dont l'hétérogénéité naturelle masque une éventuelle variabilité spatiale imputable au fonctionnement du CNPE.

Tableau 3.3.6 : 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).

	Printemps		Été		Automne	
	test	p-value	test	p-value	test	p-value
Référence/Rejet	T	0,44	T	0,91	W	0,65
Référence/Canal	T	0,48	T	0,57	W	0,77
Rejet/Canal	W	1	W	0,85	T	0,9

3.3.5.2. Analyse in-situ de l'efficacité quantique maximale (Y_{max})

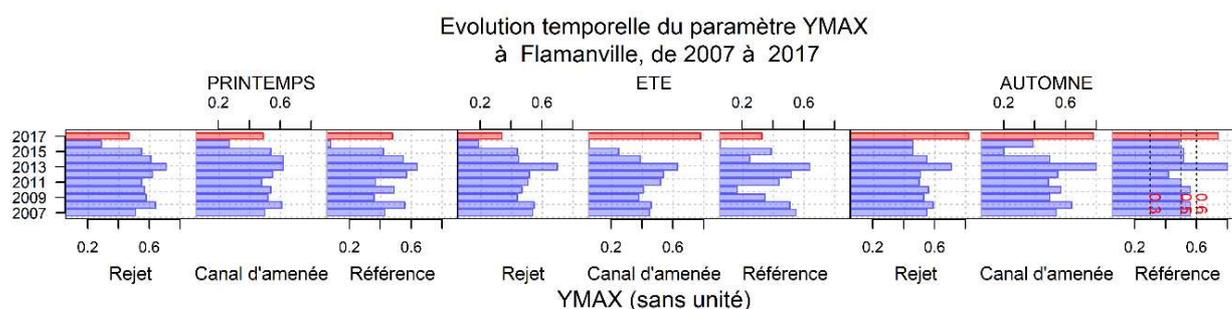


Figure 3.3.6 a : Mesures du paramètre Y_{max} (Etat physiologique du peuplement) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal depuis 2007

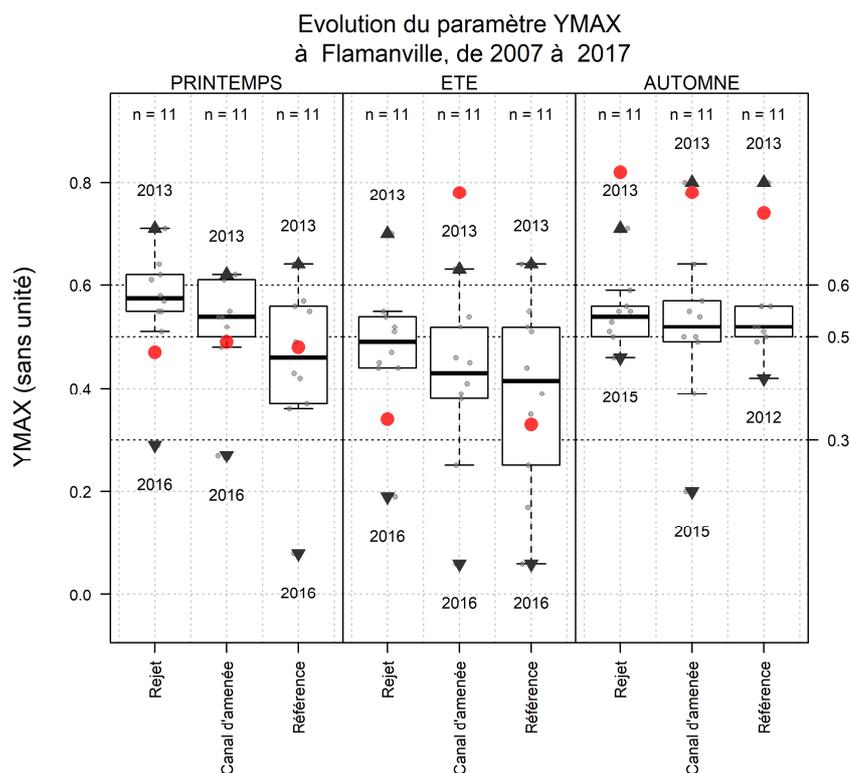


Figure 3.3.6 b : Mesures du paramètre Y_{max} (Etat physiologique du peuplement) réalisées aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année, mise en perspective de toutes les données observées depuis le début de leur acquisition dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE. (Figure 3.3.1 page 77)

D'un point de vue spatial et saisonnier, l'état physiologique global du peuplement de phytoplancton (toutes tailles) se révèle plutôt bon au printemps sur tous les points (valeur proche de 0,5). La situation paraît se dégrader durant l'été au *Rejet* comme au point *Référence* (valeurs en baisse sensible autour de 0,3). Les communautés phytoplanctoniques sont par contre dans un excellent état physiologique au point *Canal* (0,78) (particularité peut être en lien avec la valeur de rETR de 174). En automne l'état physiologique est excellent à la côte comme au large ($>0,7$).

D'un point de vue historique, que ce soit au printemps comme en été, les valeurs de Y_{max} observées sur le point *Référence* cette année sont conformes aux observations habituelles. Les choses sont plus contrastées sur les points les plus côtiers (*Canal* et *Rejet*) avec des valeurs parmi les plus faibles sur le *Rejet* (0,47 au printemps et 0,34 en été) témoignant à ce niveau d'un état plus altéré des communautés phytoplanctoniques. Les valeurs de Y_{max} obtenues en automne sur les trois points sont exceptionnellement fortes ($>0,7$).

L'état global des communautés phytoplanctoniques apparaît meilleur en 2017 qu'en 2016 (années de tous les records d'altération au printemps et en été). Les points *Canal* en été et *Rejet* en automne montrent les résultats les plus élevés jamais atteints depuis le début du suivi de ce paramètre.

Aucune différence significative n'est observée pour le paramètre Y_{max} entre les trois points d'échantillonnage. Ce résultat témoigne d'un environnement dont l'hétérogénéité naturelle masque une éventuelle variabilité spatiale imputable au fonctionnement du CNPE.

Tableau 3.3.7 : probabilité "p-value" associée aux tests d'hypothèse de comparaison de moyenne pour le paramètre Y_{max} (Production Primaire).
("W" : test de wilcoxon ; "T" : test t de Student ; P-Value > 0.05, différence non-significative).

	Printemps		Été		Automne	
	test	p-value	test	p-value	test	p-value
Référence/Rejet	T	0,08	T	0,21	T	0,91
Référence/Canal	T	0,20	T	0,45	W	0,84
Rejet/Canal	T	0,47	W	0,67	W	0,74

3.3.6. Populations phytoplanctoniques

3.3.6.1. Le peuplement dans son ensemble

La première manière d'appréhender le microphytoplancton réside dans le dénombrement global des cellules qui le composent.

Il convient également de préciser que lors de la campagne de printemps 2017 (04 avril = **Campagne 1**), un problème analytique a conduit à la perte de l'échantillon du point *Canal*. Une seconde campagne a été organisée, le 02 mai (= **Campagne 2**), pour compenser la perte de ce point. Pour des raisons de cohérence scientifique, les 3 points ont été ré-échantillonnés et les analyses réalisées. C'est la raison pour laquelle cette année, 2 résultats sont associés aux points *Rejet* et *Référence* (campagne d'avril + campagne de mai) alors qu'un seul apparaît pour le point *Canal* (campagne de mai).

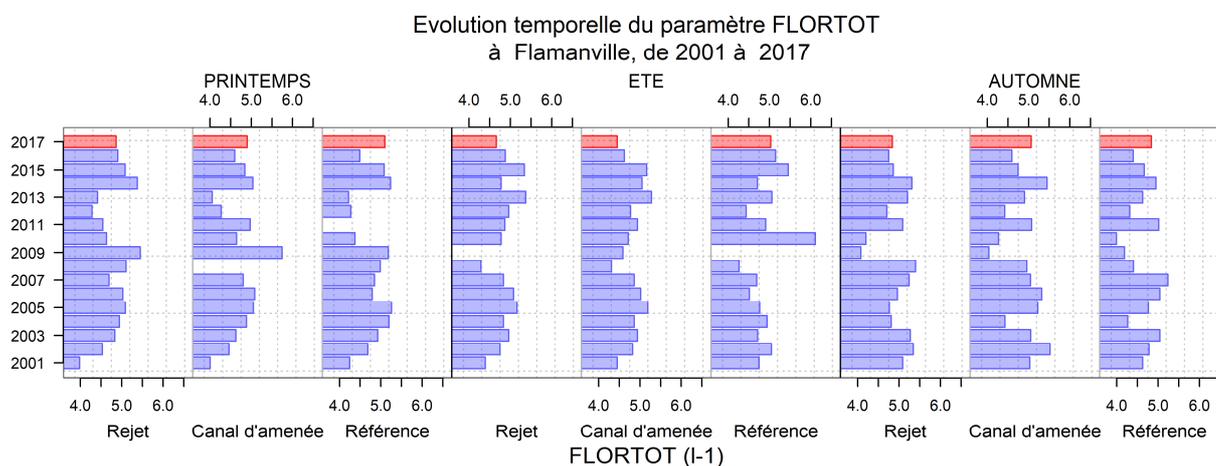


Figure 3.3.7 a : abondances totales (Log (nbr de cellules)) dénombrées aux 3 points *Référence*, *Rejet* et *Canal* depuis 2001. Au printemps 2017, sur les points *Rejet* et *Référence*, les valeurs maximales des résultats des campagnes 1 et 2 sont représentées

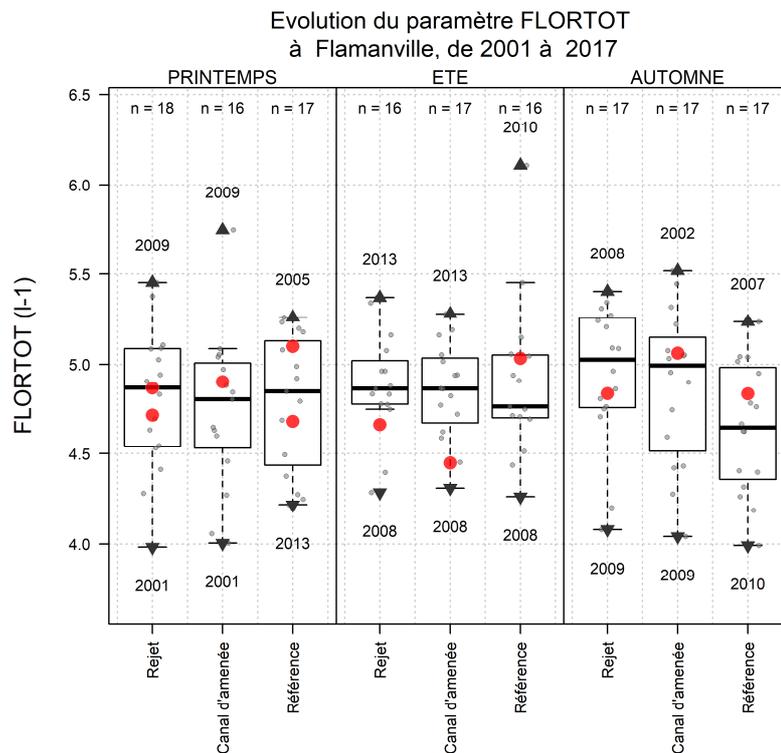


Figure 3.3.7 b : abondances totales (Log (nbr de cellules)) dénombrées aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année, mise en perspective de toutes les données observées depuis le début de leur acquisition dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE. (voir Figure 3.3.1 page 77 pour détail des boxplots). Au printemps, les résultats exploitables des campagnes 1 et 2 sont représentés

Sur le plan spatio-temporel, hormis le point *Canal* en été qui se caractérise par un appauvrissement du peuplement (29700 cellules/L), les autres points ne présentent pas de grande variabilité.

D'un point de vue historique, les abondances phytoplanctoniques observées cette année se situent dans la norme. Seuls les points côtiers (*Rejet*, *Canal*) au cours de l'été témoignent d'un appauvrissement des populations de microphytoplancton. C'est particulièrement le cas pour le point *Rejet* (abondance parmi les plus faibles observées depuis 2007).

Une différence significative est observée en automne pour les abondances microphytoplanctoniques entre les points *Référence* et *Rejet* et entre les points *Référence* et *Canal*. 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 témoigne d'un environnement dont l'hétérogénéité naturelle masque une éventuelle variabilité spatiale imputable au fonctionnement du CNPE.

Tableau 3.3.8 : 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).
Les valeurs de 2017 incluses dans le test pour le printemps sont celles de la campagne 2.

	Printemps		Été		Automne	
	test	p-value	test	p-value	test	p-value
Référence/Rejet	T	0,40	W	1	W	P-value<0,01
Référence/Canal	W	0,45	W	0,82	W	P-value<0,01
Rejet/Canal	W	0,78	T	0,29	T	0,9

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

La succession des assemblages phytoplanctoniques est gouvernée principalement par la variabilité saisonnière. La croissance cellulaire du phytoplancton peut être limitée par deux principaux types de facteurs, physiques et nutritionnels. Les facteurs physiques (eg. lumière, température) sont essentiellement liés à la variabilité saisonnière. Les facteurs nutritionnels (azote, phosphate et silicate), s'ils sont indirectement saisonniers, sont étroitement liés aux apports fluviaux, et dans une moindre mesure aux apports atmosphériques. Dans les zones côtières tempérées, les diatomées sont la classe phytoplanctonique la plus représentée. Dans les eaux tempérées françaises, les teneurs maximales en nutriments et notamment en silice, utilisées pour la structuration du frustule par les diatomées, sont observées en hiver.

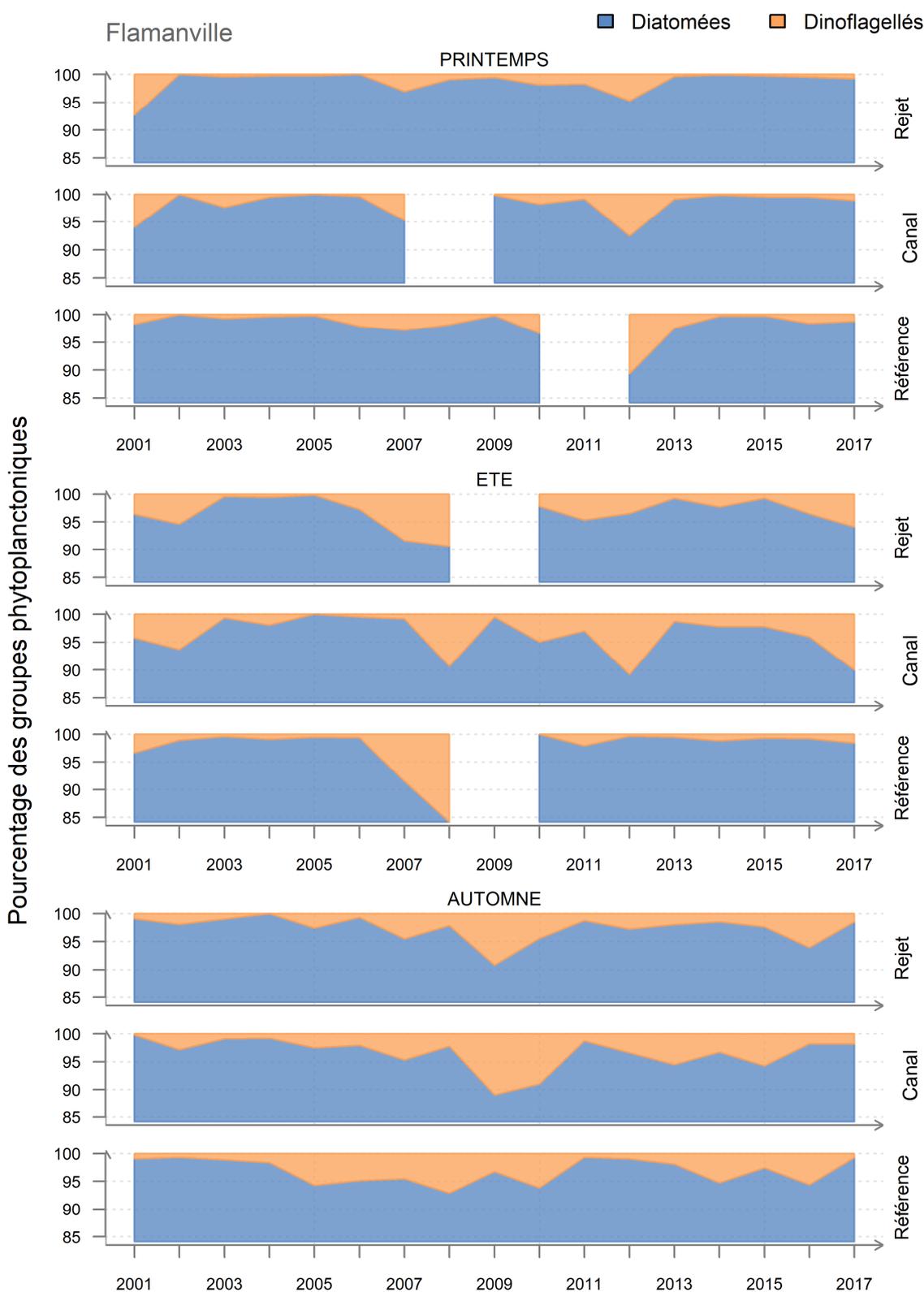


Figure 3.3.8 : contributions (en pourcentage) des deux principaux groupes phytoplanctoniques (diatomées et dinoflagellés) aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année et mise en perspective de toutes les données observées depuis le début de leur acquisition dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE. Au printemps 2017 la médiane entre les campagnes 1 et 2 est utilisée.

Les diatomées dominent donc largement la communauté phytoplanctonique au printemps (plus de 97 % de diatomées sur les trois points au printemps 2017), 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 (entre 5 et 10 % de dinoflagellés aux points côtiers *Canal* et *Rejet* à l'été 2017) et en automne, 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).

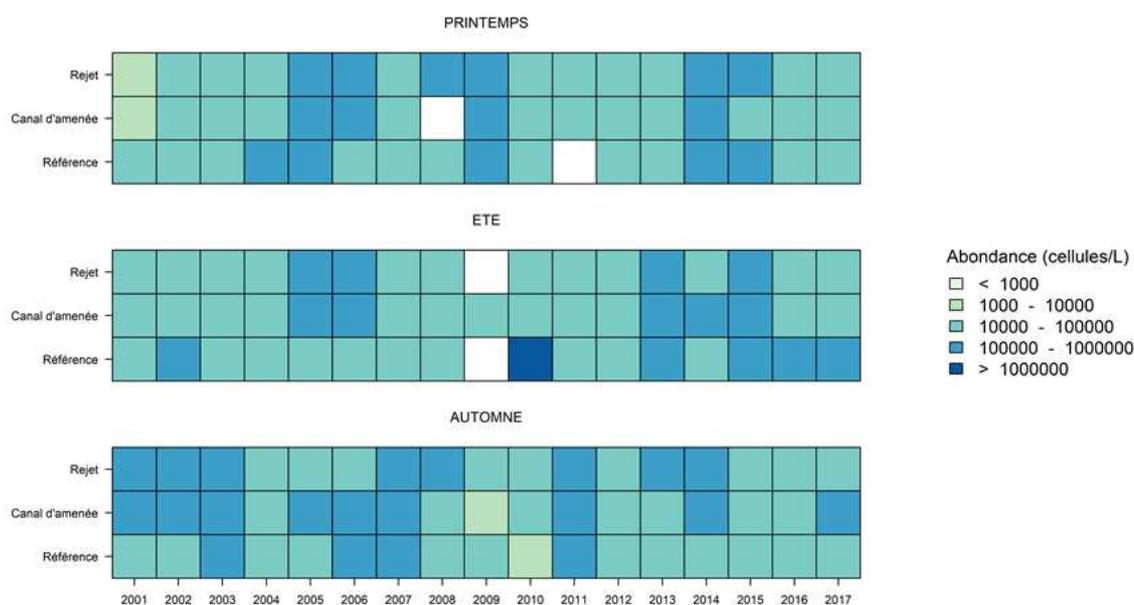


Figure 3.3.9 : : abondance (cellules/L) des diatomées aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année et mise en perspective de toutes les données observées depuis le début de leur acquisition dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE. Au printemps 2017 la médiane entre les campagnes 1 et 2 est utilisée.

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. 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 printemps 2017 les dénombrements sont homogènes entre la côte et le large. En été 2017, le maximum de diatomées a été dénombré au large sur le point *Référence*, alors qu'à l'automne 2017 le maximum est dénombré à la côte au point *Canal*. Cette année les dénombrements ont fait état de concentrations en diatomées comprises dans la gamme des valeurs régulièrement observées.

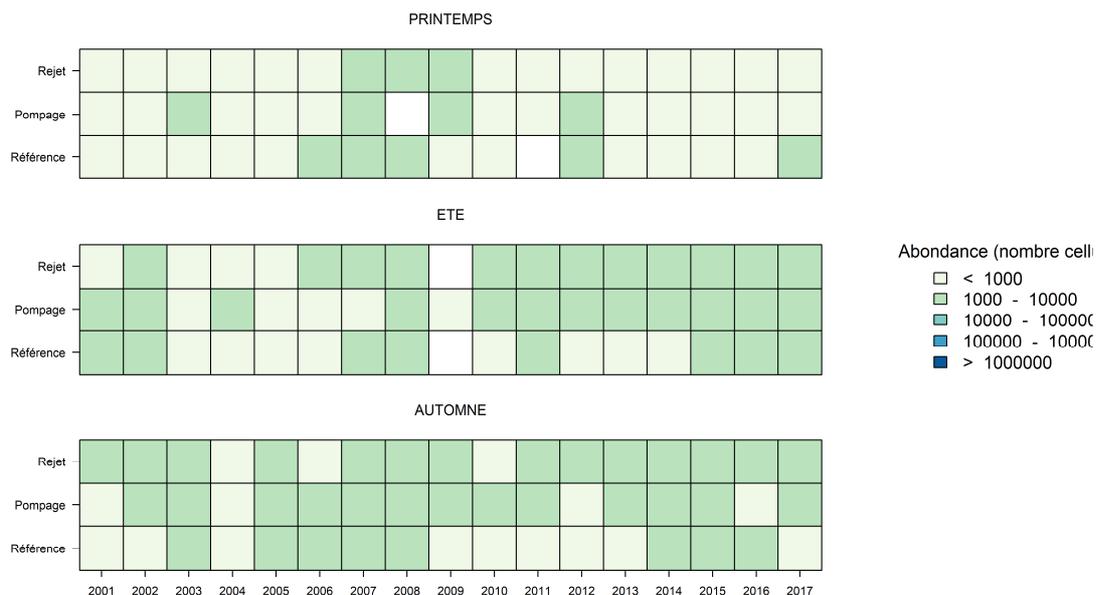


Figure 3.3.10 : abondance (cellules/L) des dinoflagellés aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année et mise en perspective de toutes les données observées depuis le début de leur acquisition dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE. Au printemps 2017 la médiane entre les campagnes 1 et 2 est utilisée.

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 2017 les concentrations en dinoflagellés sont comprises dans la gamme des valeurs régulièrement observées.

3.3.6.2. Les espèces structurantes

L'essentiel du microphytoplancton est composé par des diatomées (au moins 85 % en 2017) 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)²⁹.

Les trois espèces majoritaires de diatomées identifiées en 2017 sont (dans l'ordre décroissant de dominance) *Guinardia dilicata*, *Skeletonema* sp. et le groupe *Rhizosolenia setigera+pungens*. Pour les dinoflagellés, le groupe *Scropsiella+Enciculifera+Pentapharsodinium+Bysmatrum* est plus important que les deux autres espèces/groupes *Protoperidinium bipes* et *Prorocentrum micans+arcuatum+gibbosum*. Les autres types de cellules planctoniques dénombrées sont dominées pas les *Cryptophyceae*, les *Eutreptiella* et les *Euglenia*, toujours par ordre croissant de dominance.

²⁹ 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.

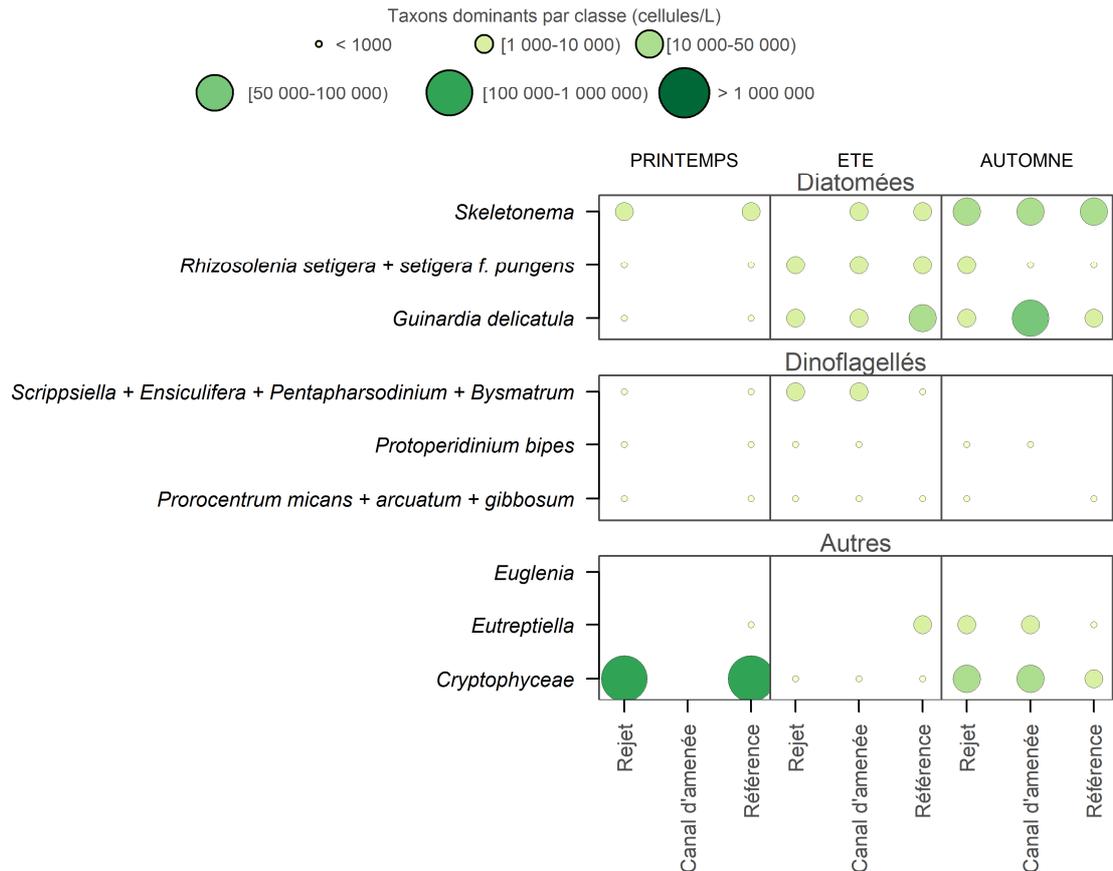


Figure 3.3.11 : abondance (cellules/L) des taxons dominant la communauté phytoplanctonique aux 3 points Référence, Rejet et Canal au cours de l'année 2017.

NB : absence de données analysées au point Canal au printemps³⁰.

En 2017, la structure des communautés phytoplanctoniques est conforme à ce qui est généralement observé sur les trois points à chaque saison (i.e. dominance des diatomées, dinoflagellés minoritaires) avec en été et en automne des communautés phytoplanctoniques qui évoluent plutôt suivant un gradient côte-large. Cependant, au printemps sur les points *Rejet* et *Référence* se sont les *Cryptophyceae* (classe nanophytoplanctonique) qui dominant largement la communauté avec une abondance comprise entre cent mille et un million de cellules par litre. Ces *Cryptophyceae* ne sont pas visibles sur le point *Canal* car le prélèvement à ce point pendant la campagne du 4 avril n'a pas pu être analysé.

3.3.7. Bilan des résultats obtenus aux points Pompage et Rejet

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

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

³⁰ Pour les besoins de la représentation, les résultats "printemps" sont issus de la 1^{ère} campagne (avril) durant laquelle l'échantillon *Canal* n'a pu être analysé. Les résultats obtenus sur les 2 autres points se sont révélés plus pertinents que ceux obtenus sur les 3 points lors de la seconde campagne de prélèvement (mai).

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

En utilisant les valeurs de 2017 pour les trois paramètres précités, les déficits obtenus sont présentés dans le Tableau 3.4.8. Une valeur négative exprime un déficit au point *Rejet* par rapport au point *Canal*.

Tableau 3.3.9 : Déficiets des trois paramètres étudiés entre les points *Canal* et *Rejet*

	Chlorophylle a	Production primaire	Microphytoplancton
Printemps 2017	28,00	-22,47	-54,23
Été 2017	11,94	-222,22	36,40
Automne 2017	-21,60	38,01	-61,58

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 été, et le microphytoplancton au printemps et à l'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.

3.3.8. Conclusion

Que ce soit au travers des indicateurs de Biomasse (Chlorophylle a , télédétection) ou de productivité primaire (rETR), l'activité phytoplanctonique en 2017 ne se distingue pas particulièrement de celle des années précédentes. Les populations montrent des signes de bon à très bon état en particulier en automne (valeurs de Y_{max} parmi les plus fortes enregistrées).

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 peuplement apparaît toujours dominé à plus de 90 % par les diatomées, les dinoflagellés atteignant difficilement 5 à 10 % en période estivale. Tout juste peut-on noter la présence structurante (dominante) mais finalement éphémère de *Cryptophyceae* (nanoplancton) lors de la campagne réalisée en avril (ce groupe n'est plus structurant un mois plus tard lors de la 2^{de} campagne).

La succession des communautés phytoplanctoniques observées à proximité du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2017 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 2017 ne présentent pas de caractéristiques pouvant mettre en cause l'activité du CNPE de Flamanville.

3.3.9. Annexes : Données brutes

Tableau 3.3.10 : Valeurs des mesures de Chlorophylle *a*, de rETR, de Ymax et d'abondances microphytoplanctoniques à Flamanville en 2017

Campagne	Date	Station	Chlorophylle <i>a</i> (µg/L)	rETR	Ymax	Abondance (cellules/L)	Phéopigments (µg/L)
PRINTEMPS	2017-04-04	Canal	1.08	109	0.49	NA	0,77
		Référence	1.17	80	0.48	302600	0,51
		Rejet	1.5	89	0.47	259500	0,64
PRINTEMPS	2017-05-02	Canal	NA	NA	NA	80200	NA
		Référence	NA	NA	NA	48000	NA
		Rejet	NA	NA	NA	52000	NA
ETE	2017-06-16	Canal	0.59	174	0.78	29700	0,4
		Référence	1.45	71	0.33	109700	0,26
		Rejet	0.67	54	0.34	46700	0,27
AUTOMNE	2017-09-25	Canal	1.97	137	0.78	136700	0,37
		Référence	1.6	149	0.74	73900	0,1
		Rejet	1.62	221	0.82	84600	0,6

Tableau 3.3.11 : Comptages des différents groupes phytoplanctoniques en nombre de cellules par litre et pourcentages d'occurrences des diatomées (Ochrophyta) et des dinoflagellés (Myzozoa) en 2017

Campagne	Date	Station	Ciliophora	Euglenozoa	Myzozoa	Ochrophyta	Diatomées (%)	Dinoflagellés (%)
PRINTEMPS	2017-04-04	Canal	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		Référence	400	100	2500	123400	97.63	1.98
		Rejet	600	0	1100	72800	97.72	1.48
PRINTEMPS	2017-05-02	Canal	100	0	900	79200	98.75	1.12
		Référence	0	0	200	47800	99.58	0.42
		Rejet	0	0	0	52000	100	0
ETE	2017-06-16	Canal	1200	400	2800	25300	85.19	9.43
		Référence	100	200	1700	106300	98.15	1.57
		Rejet	500	200	2700	43300	92.72	5.78
AUTOMNE	2017-09-25	Canal	0	1800	2100	113200	96.67	1.79
		Référence	100	200	500	68100	98.84	0.73
		Rejet	400	1400	1000	67800	96.03	1.42

3.3.10. Annexes : Méthode analytique Chlorophylle a

Mesure de la chlorophylle a

Méthode mono-chromatique de Lorenzen (1967)

Se référer au manuel Aminot A, Kerouel R., 2004.

- - principe

La mesure des concentrations en chlorophylle-*a* et phéopigments s'effectue par dosage monochromatique par spectrophotométrie après filtration, dilacération du filtre dans l'acétone et trempage pendant une nuit. La lecture spectrophotométrique se fait à 665 nm pour la chlorophylle et à 750 nm pour déterminer le blanc de turbidité de l'échantillon, avant et après acidification qui permet de dégrader la chlorophylle en phéopigments.

- . Filtration

Filtrer sur GFF Whatman 47mm, jusqu'à coloration du filtre et conserver ce dernier jusqu'à un mois au congélateur à -25°C et jusqu'à 6 mois au congélateur à -80°C.

. EXTRACTION DES PIGMENTS

L'extraction des pigments doit être réalisée dans la pénombre, rideaux descendus, sans lumière artificielle

Ajouter 5 mL d'acétone à 90 % dans le tube à centrifuger contenant le filtre.

Broyer le filtre et ajouter 5 mL d'acétone à 90 % dans le tube à centrifuger en rinçant la spatule en inox.

Placer le tube au réfrigérateur pendant quelques heures à une nuit.

Centrifuger les tubes

- . MESURE SPECTROPHOTOMETRIQUE

Lancer la mesure à 665 nm (A_{665}^{na}) puis à 750 nm (B_{750}^{na}) (blanc de turbidité de l'échantillon non acidifié).

Acidifier l'échantillon en ajoutant l'acide chlorhydrique. Attendre environ 2 min 30 puis mesurer les absorbances à 665 nm (A_{665}^a) et 750 nm (B_{750}^a) (blanc de turbidité de l'échantillon acidifié).

- . CALCUL DE LA CONCENTRATION

La concentration en chlorophylle ($\mu\text{g/L}$) est = $[27,7 * (A_{\text{non acidifiée}} - A_{\text{acidifiée}}) * v] / (V * l)$

La concentration en phéophytine ($\mu\text{g/L}$) est = $[27,7 * (1,7 A_{\text{acidifiée}} - A_{\text{non acidifiée}}) * v] / (V * l)$

Avec v , le volume d'acétone 90 % en mL

V , le volume d'échantillon filtré en L

l , la longueur de la cuve de mesure en cm (5 cm)

3.3.11. Annexes : méthode analytique production primaire

Production primaire

Un fluorimètre modulé (Pulse amplitude Modulated –PAM- Walz) permet de mesurer des variations de fluorescence au niveau du photosystème II des cellules phytoplanctoniques et de déterminer ainsi la production potentielle maximale d'un peuplement *in vivo* (Falkowski et Raven, 2007 ; Sakshaug et al., 1997). Cette méthode permet également d'évaluer l'état physiologique des cellules phytoplanctoniques constitutives de ce peuplement. Le transfert d'énergie au niveau de l'appareil photosynthétique (photosystème II) des cellules phytoplanctoniques peut être altéré lorsque les cellules subissent un stress environnemental comme par exemple une limitation en sels nutritifs ou lorsqu'elles sont exposées à de fortes radiations lumineuses.

Principe de la méthode : quand un photon est absorbé par une molécule de chlorophylle, un électron passe d'un stade stationnaire à un stade excité. Le retour au stade stationnaire est accompagné d'une dissipation de l'énergie sous forme de fluorescence (3-5 % *in vivo*). L'émission de fluorescence est une des trois voies possibles de dissipation de cette énergie, l'essentiel étant utilisé dans les processus photochimiques qui mènent à la production de matière organique par la cellule. Une part beaucoup plus faible de l'énergie est enfin dissipée sous forme de chaleur.

Il est possible de mesurer la fluorescence émise par les cellules phytoplanctoniques en modulant l'intensité lumineuse à laquelle elles sont exposées. La fluorescence émise est proportionnelle à la part d'énergie utilisée pour la photosynthèse, et donc pour la production primaire. L'instrumentation utilisée (Water-Pam, Walz) permet de réaliser de nombreuses mesures de fluorescence sur de petit volume d'eau de mer en quelques minutes, et avec une gamme étendue d'éclairages calibrés.

Pour chaque point de suivi, sont ainsi obtenues expérimentalement des courbes construites avec les rapports de fluorescence en fonction de l'intensité lumineuse. Ce nuage de points est ensuite ajusté mathématiquement par un modèle (modèle de Webb), afin de déterminer les paramètres photosynthétiques caractéristiques :

- ***rETR*** représente le taux de transport des électrons (Electron transport rate – ETR) au niveau du photosystème PSII.
- ***rETR_{max}***, correspond à la capacité maximale de production de l'échantillon.
- **$Y_{max} = (\Delta F_m - F_o) / F_m$** ou l'efficacité quantique maximale du PSII, correspond à la différence des fluorescences maximale et minimale sur la fluorescence maximale après dix minutes de repos de l'échantillon à l'obscurité. Ce paramètre donne une indication de l'état physiologique du peuplement.

Microbiologie :

Rédaction

Laure LAMORT (LERN)

Michel ROPERT (LERN)

Prélèvements et Analyses :

Sylvaine FRANÇOISE (LERN)

Frank MAHEUX (LERN)

Olivier PIERRE-DUPLESSIX (LERN)

Benjamin SIMON (LERN)

Emilie RABILLER (LERN)

Gaëlle COURTAY (LERN)

Codes de programmation de traitements des données (R) :

Tania HERNANDEZ-FARINAS (LERN)

Michel ROPERT (LERN)

Illustrations et statistiques :

Laure LAMORT (LERN)

Tania HERNANDEZ-FARINAS (LERN)

Sylvaine FRANÇOISE (LERN)

Expertise thématique :

Dominique HERVIO-HEATH (LSEM)

3.4. Microbiologie

Un suivi de l'évolution du compartiment microbien 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 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 and Robert-Pillot 2011). Les autres espèces décrites comme pathogènes pour l'homme sont rarement isolées (*Vibrio fluvialis*, *Vibrio hollisae*³¹ et *V. mimicus*) ou elles ne sont isolées que très ponctuellement (*V. carchariae*, *V. cincinnatiensis*, *V. damsela*³², *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 crus ou insuffisamment cuits. 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 dans l'environnement littoral.

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). 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 and Robert-Pillot, 2011).

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

³¹ Suite à une modification de la nomenclature, l'espèce *Vibrio hollisae* est désormais 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*.

³² Suite à une modification de la nomenclature, l'espèce *Vibrio damsela* est désormais appelée *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 nutriments, et la présence du plancton utilisé comme support. La présence des vibrions cultivables à 37°C dans le milieu naturel est fortement corrélée à la température. Cette relation est largement 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). 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 également été mise en évidence sur les côtes françaises (Deter *et al.* 2010b).

Deter, J., Lozach, S., Veron, A., Chollet, J., Derrien, A. and 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.

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.

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

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

3.4.1. Matériel et méthodes

3.4.1.1 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 4 avril, 16 juin et 25 septembre 2017. Les prélèvements ont été effectués à bord de la vedette de la SNSM par le personnel du laboratoire départemental LABEO de Caen simultanément à ceux des échantillons hydrologiques réalisés à bord du *N/O DELPHY*. Les échantillons d'eau ont été prélevés au moyen de flacons stériles (2×1L dans deux flacons stériles contenant 20 mg de thiosulfate de sodium pour la recherche des vibrions halophiles), puis maintenus au froid à l'aide de blocs eutectiques (température comprise entre 5°C et 10°C) pendant leur transport jusqu'au laboratoire pour analyse.

Les points échantillonnés sont 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).

La stratégie d'échantillonnage pour 2017 est présentée dans le Tableau 3.4.1. Un flacon de 1L est réalisé pour le dénombrement des germes revivifiables et deux pour l'identification des vibrions halophiles.

Tableau 3.4.1: Stratégie d'échantillonnage du compartiment microbiologie en 2017 à chaque saison (printemps, été, automne)

Stations	Niveau d'échantillonnage	Germes revivifiables	Vibrions halophiles
<i>Canal</i>	Surface	1000 ml	2×1000 ml
<i>Rejet</i>	Surface	1000 ml	2×1000 ml
<i>Référence</i>	Surface	1000 ml	2×1000 ml

3.4.1.2 Analyses microbiologiques**3.4.1.2.1 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.

3.4.1.2.2 Identification et dénombrement des vibrions halophiles (méthode EDF)

- Depuis 2006, une seule méthode de dénombrement et d'identification des vibrions halophiles a été retenue. Elle a été mise au point en 2002 par l'institut Pasteur de Lille en collaboration avec EDF R et D puis révisée en 2007 (Procédure Technique DRD/P77/Vib³³ – 18/06/2007). Cette méthode est devenue la méthode de référence pour l'ensemble des centrales nucléaires de bord de mer et doit ainsi permettre une comparaison entre les différents sites de production d'électricité en bord de mer.

Le protocole analytique utilisé est le suivant :

- Filtration de 1000 mL à 10 mL sur membrane en acétate de cellulose de porosité $0,45 \mu\text{m}$,
- Dépôt du filtre sur le milieu TCBS (Thiosulfate, Citrate, Bile et Saccharose) et incubation à $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 18 à 24 h,
- Lecture des boîtes et repérage des colonies caractéristiques. Dénombrement des colonies par morphotype,
- Incubation 24 h à $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ afin d'accentuer la différenciation des colonies et de permettre le développement de certaines colonies stressées.
- Nouvelle lecture des boîtes,
- Repiquage et isolement sur gélose TCBS à $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 24 h pour chaque type de colonie identifié lors des premières et secondes lectures.
- Repiquage des colonies en milieu Zobell et incubation à $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 24 h,
- Identification et recherche de pathogènes : coloration de Gram, test oxydase, galerie 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 test 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 (qPCR).

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

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

³³ Procédure technique DRD/P77/Vib (révision le 18/06/2007 - Touron A. et R. Delesmont). Recherche et dénombrement de *Vibrio* sp. et de dix espèces de *Vibrio*, dans les eaux marines et estuariennes.

- 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).

3.4.1.3 Analyses statistiques

Un traitement statistique a été réalisé pour les germes revivifiables (1992-2017) et pour les vibrions halophiles (2004-2017). 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, c'est le test T de Student pour données appariées qui 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. A l'inverse, si la *p-value* est supérieure à 0,05 nous ne pouvons pas conclure à une différence significative au seuil de 95 %.

3.4.2. Résultats

3.4.2.1. Récapitulatif des résultats des mesures microbiologiques pour l'année 2017

Les résultats acquis au cours des trois campagnes sur le site de Flamanville pour l'année 2017 sont présentés dans le Tableau 3.4.2.

Tableau 3.4.2 : Récapitulatif des résultats de microbiologie pour 2017 dans les eaux de Flamanville. Concernant les vibrions halophiles, seuls les dénombrements des souches présentant un pourcentage d'identification > 90% sont pris en compte pour la suite des exploitations des résultats

		<i>Canal</i>	<i>Rejet</i>	<i>Référence</i>	
04 Avril	Germes revivifiables (n/mL)	388	190	128	
	V.H.	V. halophiles totaux + (%ID>90) (UFC/L)	1 Va	Absence	Absence
		V. halophiles identifiés (Confirm. PCR ; UFC/L)	-	-	-
16 Juin	Germes revivifiables (n/mL)	2200	650	270	
	V.H.	V. halophiles totaux + (%ID>90) (UFC/L)	56 Va	34 Va+1Vv	Absence
		V. halophiles identifiés (Confirm. PCR ; UFC/L)	-	0	-
25 Septembre	Germes revivifiables (n/mL)	1100	470	390	
	V.H.	V. halophiles totaux + (%ID>90) (UFC/L)	18 Va	3 Va	2 Va+1Vv*
		V. halophiles identifiés (Confirm. PCR ; UFC/L)	-	-	0

* Identification biochimique non confirmée par PCR

Concernant les vibrions halophiles, seules sont prises en compte les souches présentant un pourcentage d'identification supérieur à 90% par la galerie API 20^E (i.e. %ID > 90%), c'est à dire présentant des degrés d'identification indiquant une bonne (ID ≥ 90% et T ≥ 0.25), très bonne (ID ≥ 99% et T ≥ 0.50) et/ou excellente identification (ID ≥ 99.9% et T ≥ 0.75).

3.4.2.2. Résultats en germes revivifiables sur milieu de Zobell

3.4.2.2.1 Variations spatiales et saisonnières des germes revivifiables

En 2017, le plus grand nombre de germes revivifiables (campagne de juin) et les plus importantes variations saisonnières sont observés au point *Canal* (Figure 3.4.1). Les abondances enregistrées aux points *référence* et *rejet* sont toutes inférieures à 650 germes/mL et varient peu d'une période à l'autre. Ces abondances diminuent de la côte vers le large pour les 3 campagnes.

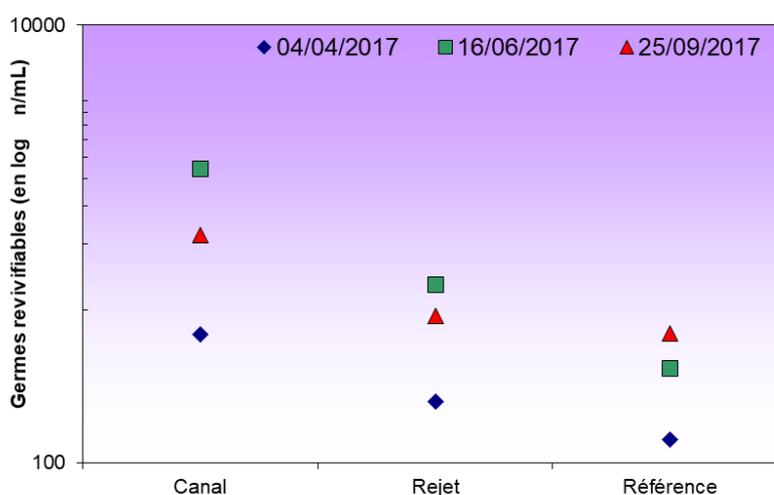


Figure 3.4.1 : Abondances de germes revivifiables par mL (n/mL) dénombrés sur milieu de Zobell en 2017. Echelle en log

3.4.2.2.2 Variations inter-annuelles des germes revivifiables

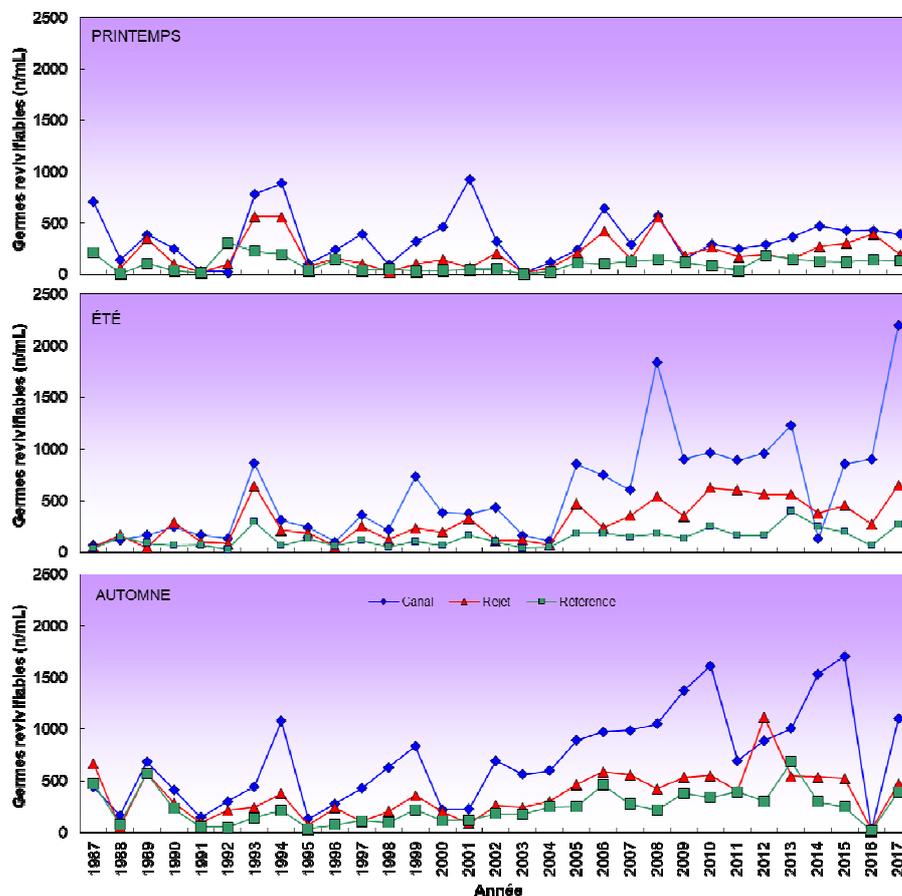


Figure 3.4.2 : Variations de l'abondance en germes revivifiables (n/mL) depuis 1987

Les abondances observées en 2017 sont relativement stables et dans la gamme de variabilité observée au cours des années précédentes au printemps et en automne. L'été se distingue par un pic d'abondance de germes revivifiables sur le point canal comparable à celui observé en 2008.

L'intégration des résultats 2017 confirme la tendance observée depuis plusieurs années selon laquelle les plus fortes quantités de germes revivifiables s'observent au point canal. La Figure 3.4.3 présente la distribution des abondances en germes revivifiables sous forme de boîtes à moustaches sur la période 1987-2017.

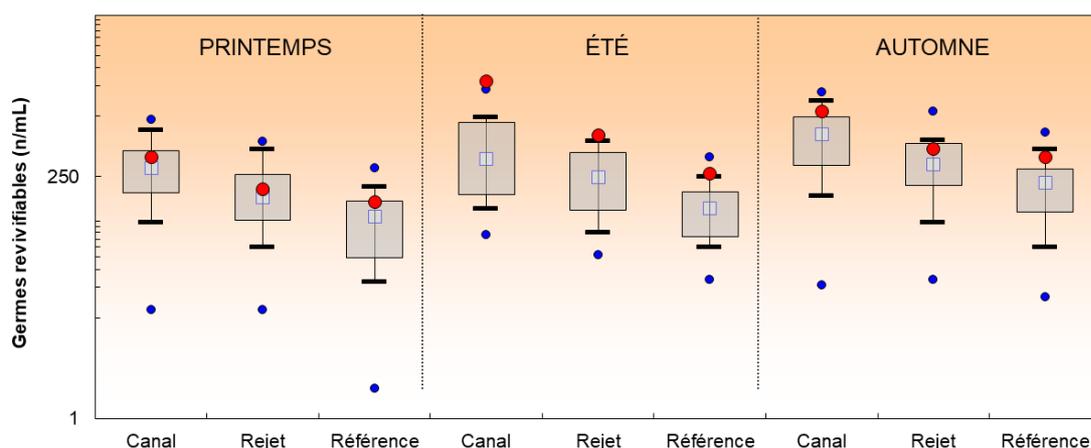


Figure 3.4.3 : Germes revivifiables (nombre par mL) dénombrés depuis 1987. Le point central représente la médiane (\square); la boîte englobe 50 % des valeurs (\square); les moustaches, 80 % des valeurs (\perp). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (\bullet). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2017 ($n = 30$ pour chaque point et chaque saison). Echelle en log.

En 2017, les valeurs des abondances en germes revivifiables au printemps sont dans la gamme des 50% des valeurs observées depuis 1987 sur les 3 points. Le point *canal* se distingue au cours de l'été par des niveaux records jamais observés depuis 1987. Cette tendance n'est pas propre au seul point canal. Elle est partagée sur les autres points en été, mais également en automne (les concentrations en germes revivifiables se situent dans la gamme des 25 % des valeurs les plus élevées depuis 1987). Il s'agit donc d'un contexte global qui concerne l'ensemble du milieu marin et ne relève donc pas de la seule activité du CNPE lui-même. Les médianes pluriannuelles indiquent aussi la présence d'un gradient décroissant marqué de la côte vers le large quelle que soit la saison. Les valeurs déterminées en 2017 s'inscrivent à nouveau dans cette tendance.

3.4.2.2.3 Approche statistique

Le Tableau 3.4.3 présente les résultats des tests statistiques réalisés sur l'abondance des germes revivifiables enregistrée aux différents points depuis 1987.

Tableau 3.4.3: Probabilité associée p des tests statistiques pour les germes revivifiables sur milieu de Zobell ("W" : test de wilcoxon ; "T" : test t de Student ; P -Value > 0.05, différence non-significative).

	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

Les différences sont significatives sur tous les points à toute les saisons, confirmant le gradient Côte Large entre les stations de surveillance de la zone.

3.4.2.3. Résultats sur le dénombrement et l'identification des vibrions halophiles

3.4.2.3.1 Dénombrement des vibrions halophiles

Suite à la mise en place de la méthode préconisée par EDF sur l'ensemble des centrales du bord de mer, des dénombrements viennent compléter les identifications de vibrions halophiles. Ces dénombrements sont ceux de vibrions cultivables à 37°C et dont l'identification par galerie API 20^E donne un pourcentage d'identification supérieur ou égal à 90%. C'est donc un dénombrement partiel.

Les niveaux observés au printemps sont à peine perceptibles. Durant l'été, mais surtout en automne, un gradient décroissant de la côte (*canal*) vers le large (*référence*) est observé. Le caractère très côtier de la masse d'eau proche du canal d'amenée semble favoriser le développement des souches bactériennes. Le caractère plus confiné du canal, les plus fortes teneurs en matière organique et plus largement en matières en suspension qui servent de support aux bactéries sont probablement à l'origine ce phénomène.

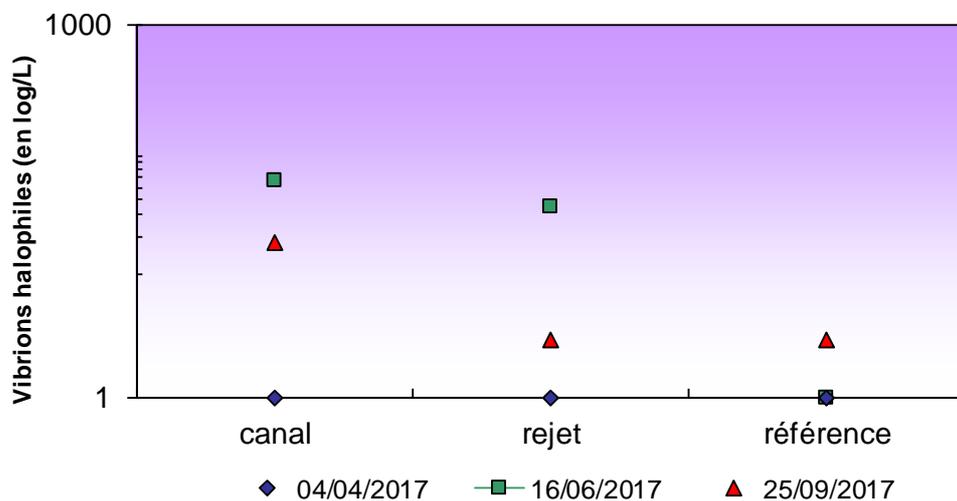


Figure 3.4.4 : Dénombrement des vibrions halophiles totaux en 2017.

L'espèce *V. alginolyticus* a été très majoritairement identifié par la méthode biochimique en 2017. On le détecte sur l'ensemble des 3 points à toutes les saisons. Seul *Vibrio vulnificus* est pressenti par la méthode biochimique, en été au point rejet ainsi qu'au point référence en automne. Dans les deux cas, l'identification de *V. vulnificus* n'a pas été confirmée par la méthode moléculaire (PCR).

En 2017, *V. alginolyticus* a été identifié sur le point *canal* à toutes les saisons. Il est présent sur les trois points de surveillance à l'automne. Il s'agit de la seule espèce identifiée chaque année dans les eaux proches de la centrale depuis 2004.

Si la présence de *V. vulnificus* a été suspectée sur le point *rejet* en été et sur le point *référence* en automne (par la méthode biochimique), la méthode moléculaire n'a toutefois pas permis de confirmer sa présence.

3.4.2 Conclusion

En cohérence avec les observations des années précédentes, les abondances en Germes revivifiables sont les plus fortes en été. L'année 2017 se distingue par les niveaux records qui ont été atteints durant l'été (*canal*) et qui se sont maintenus jusqu'en septembre. Cette tendance, également perceptible sur le point *référence*, est à appréhender à une échelle plus globale que celle du seul CNPE.

Le cycle saisonnier des vibrions halophiles observé en 2017 est conforme à ce qui est généralement observé sur ce site. Le point *canal* semble propice au développement des premiers vibrions cultivables dès le printemps. Cette situation n'est pas exceptionnelle et a déjà été observée aux printemps 2009, 2010, 2011, 2012 et 2015.

Le peuplement de vibrions est largement dominé par l'espèce *V. alginolyticus* quelle que soit la saison. Les quelques *V. vulnificus* pressentis n'ont pas pu être confirmés par les méthodes moléculaires (PCR).

En conclusion, en 2017, l'étude de l'ensemble des paramètres (germes revivifiables et vibrions halophiles) du compartiment microbiologique n'a pas mis en évidence, pour ces paramètres, de modification significative du milieu liée à l'activité du CNPE de Flamanville

Zooplancton :

Rédaction

Elvire ANTAJAN (LER/BL)

Analyses :

Rémy Cordier (LER/BL)

Sophie Schmitt (Dyneco/Pelagos)

Florian Caradec (Dyneco/Pelagos)

Prélèvements et mesures in situ

Sylvaine FRANÇOISE (LERN)

Frank MAHEUX (LERN)

Olivier PIERRE-DUPLESSIX (LERN)

Benjamin SIMON (LERN)

Gaëlle COURTAY (LERN)

3.5 Zooplancton

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.

3.5.1 Matériels et méthodes

En 2017, les trois campagnes de prélèvements ont eu lieu les 04 avril, 16 juin et 25 septembre. 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 1968³⁴). 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 volucompteur 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-remplis d'une sauce de conservation formolée (concentration finale : 0,9 % ; Mastail et Battaglia 1978³⁵, Lelièvre et al. 2012³⁶) en vue du dénombrement des espèces animales.

3.5.1.1 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).

³⁴ 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.

³⁵ 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.

³⁶ 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.

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 (m³).

Le poids sec mesuré et le volume filtré permettront d'évaluer le poids sec (mg) par unité de volume (m³).

3.5.1.2 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)³⁷. 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)³⁸. 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 zooplanctontes 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)³⁹, et des clés de détermination pour des groupes spécifiques tels que les copépodes pélagiques (Rose, 1933)⁴⁰ ou les larves de décapodes (Martin, 2001)⁴¹ par exemple.

3.5.1.3 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 3.5.1).

Périodes	Nb de stations	Fréquence	Répliques	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

Tableau 3.5.1 : Stratégie du suivi zooplanctonique à Flamanville depuis 1976

³⁷ Motoda S (1959). Devices of simple plankton apparatus. Memoirs. Faculty of Fisheries. Hokkaido University 7, 73-94.

³⁸ 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

³⁹ Todd CD, Laverrack MS, Boxshall GA (1996) Coastal marine zooplankton – a practical manual for students. Cambridge University Press, pp. 106.

⁴⁰ Rose M (1933). Faune de France, 26. Copépodes pélagiques. Ed. Lechevalier, Paris, pp. 374 .

⁴¹ Martin J (2001). Les larves des crustacés décapodes des côtes françaises de la Manche. IFREMER, France, pp. 175.

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. Toutefois la validation complète des données n'a pu être effectuée que pour la période allant de 1993 à nos jours ; avant cette date aucune donnée brute n'est disponible en format numérique et les rapports étaient souvent peu précis et incomplets.

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), et de notre capacité à valider les données sur la base des feuilles de comptage et/ou des rapports écrits, il est recommandé de ne prendre en compte dans les analyses des comparaisons annuelles que les années allant de 1993 à nos jours.

3.5.2 Résultats

Les résultats de l'année 2017 sur le site de Flamanville sont présentés dans le tableau 3.5.2.

	PARAMETRES	CANAL	REJET	REFERENCE
04 AVRIL 2017	<i>Poids sec (mg. m⁻³)</i>	105.5	47.8	23.3
	<i>Poids de carbone (mg. m⁻³)</i>	13.834	6.423	5.326
	<i>Poids d'azote (mg. m⁻³)</i>	1.318	0.895	0.994
	<i>Abondance holoplancton (ind. m⁻³)</i>	125	249	325
	<i>Abondance méroplancton (ind. m⁻³)</i>	525	259	641
	<i>Abondance zooplancton totale (ind. m⁻³)</i>	649	508	965
16 JUIN 2017	<i>Poids sec (mg. m⁻³)</i>	60.3	59.7	38.8
	<i>Poids de carbone (mg. m⁻³)</i>	10.522	10.359	6.621
	<i>Poids d'azote (mg. m⁻³)</i>	1.508	2.007	1.580
	<i>Abondance holoplancton (ind. m⁻³)</i>	160	553	1245
	<i>Abondance méroplancton (ind. m⁻³)</i>	35	96	43
	<i>Abondance zooplancton totale (ind. m⁻³)</i>	195	650	1288
25 SEPTEMBRE 2017	<i>Poids sec (mg. m⁻³)</i>	104.4	48.2	25
	<i>Poids de carbone (mg. m⁻³)</i>	12.039	8.127	4.987
	<i>Poids d'azote (mg. m⁻³)</i>	1.002	1.142	0.853
	<i>Abondance holoplancton (ind. m⁻³)</i>	258	642	220
	<i>Abondance méroplancton (ind. m⁻³)</i>	114	127	42
	<i>Abondance zooplancton totale (ind. m⁻³)</i>	372	769	262

Tableau 3.5.2 : Récapitulatif des résultats de 2017 pour l'étude de la biomasse sestonique et du zooplancton

3.5.2.1 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.

3.5.2.2.1 Variations spatiales et temporelles en 2017

Lors des trois campagnes annuelles, la biomasse sestonique a varié entre 23,3 et 105,5 mg m⁻³, respectivement aux points *référence* et *canal* en avril (figure 3.5.1). La biomasse sestonique présentait des valeurs décroissantes de la côte (*canal*) vers le large (*référence*).

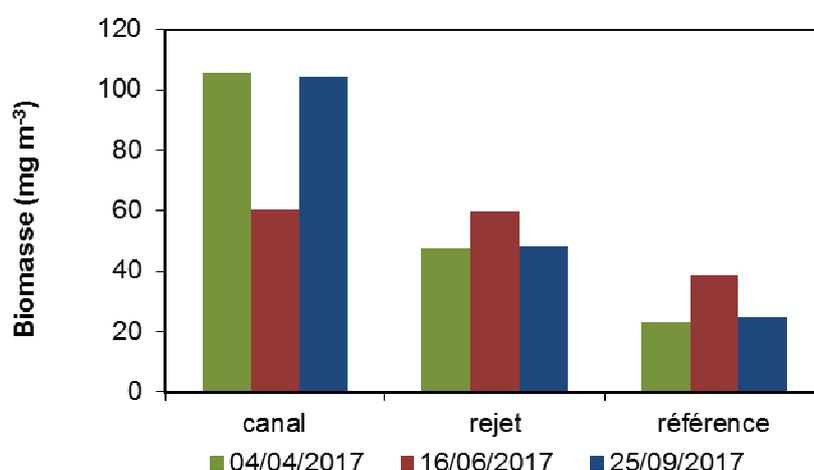


Figure 3.5.1 : Évolution de la biomasse sestonique (poids sec) au cours des trois campagnes de surveillance 2017

Cette année encore la biomasse sestonique et l'abondance zooplanctonique n'étaient pas corrélées, puisque les abondances en avril et juin étaient, elles, plus importantes au large qu'à la côte (cf. figure 3.5.5). 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)⁴² ou le phytoplancton (C/N ~ 6-7 ; Biddanda & Benner, 1997)⁴³. Mis à part le prélèvement de juin au point *référence*, dont le rapport C/N indiquait plutôt une prépondérance du zooplancton dans la composition du seston (4,2), pour les autres prélèvements le rapport était systématiquement plus important (5,2 à 12). Les rapports C/N les plus importants sont observés aux points *canal* et *rejet* en lien avec des pourcentages en azote plus faibles qu'au point *référence* (figure 3.5.2). Une forte proportion de matière minérale dans les récoltes peut expliquer ces faibles pourcentages et donc un rapport C/N plus élevé.

⁴² Mauchline, J. (1998). The biology of calanoid copepods. *Advances in Marine Biology* 33: 1-710

⁴³ 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

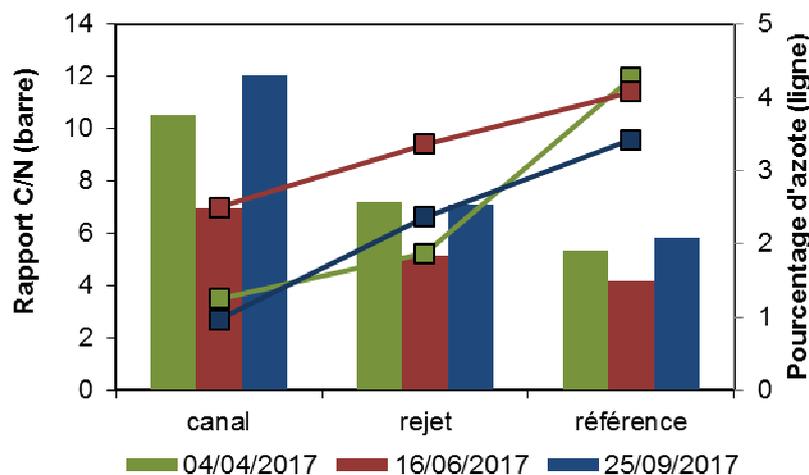


Figure 3.5.2 : Rapport C/N et pourcentage d'azote dans le seston au cours des trois campagnes de surveillance 2017

3.5.2.2.2 Variations interannuelles

Quelles que soient les saisons, les valeurs de biomasse sestonique mesurées en 2017 étaient parmi les plus élevées enregistrées depuis 1993 (figures 3.5.3 et 3.5.4).

Les plus fortes dispersions de valeurs de la série 1993-2016 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 (figure 3.5.4).

3.5.2.2.3 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 1993 sont présentés dans le tableau 3.5.3.

Tableau 3.5.3 : Probabilité associée p des tests statistiques sur la biomasse sestonique de 1993 à 2017

COMPARAISON	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
n	75	72	71
p	0,841	0,429	0,190

($p < 0,05$ = 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*.

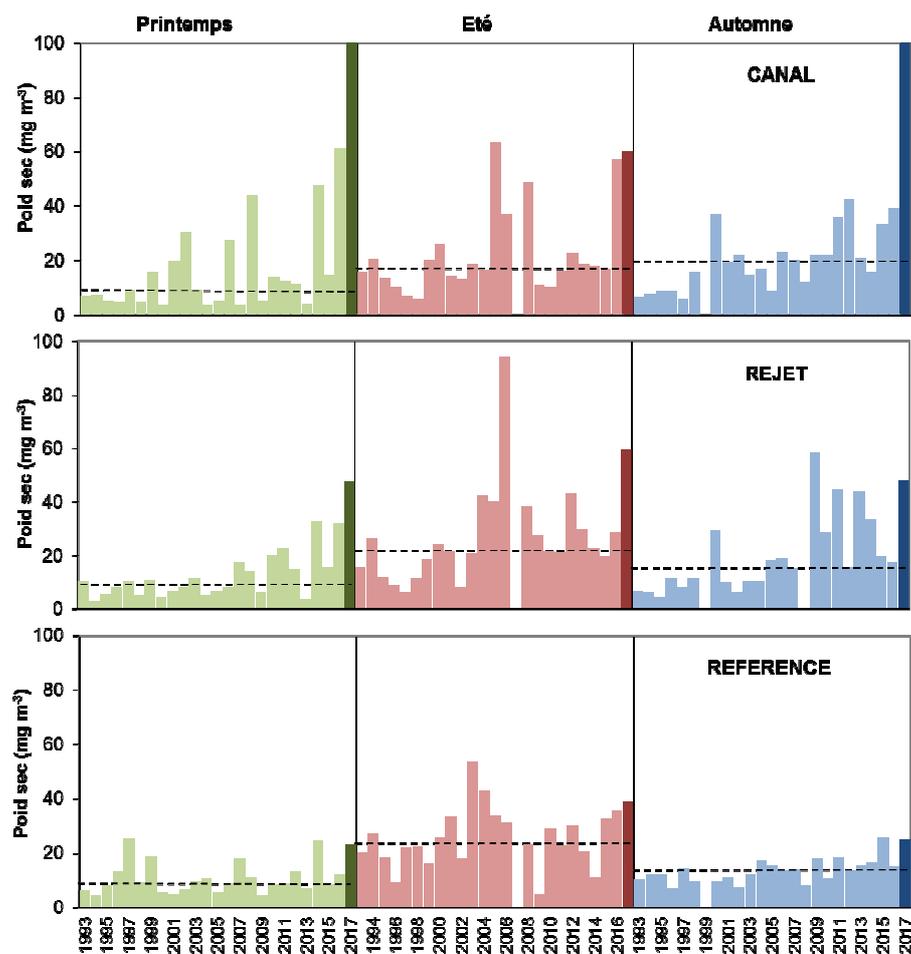


Figure 3.5.3 : Évolution de la biomasse sestonique (poids sec) de 1993 à 2017
 (La ligne hachurée représente la médiane par saison et par point)

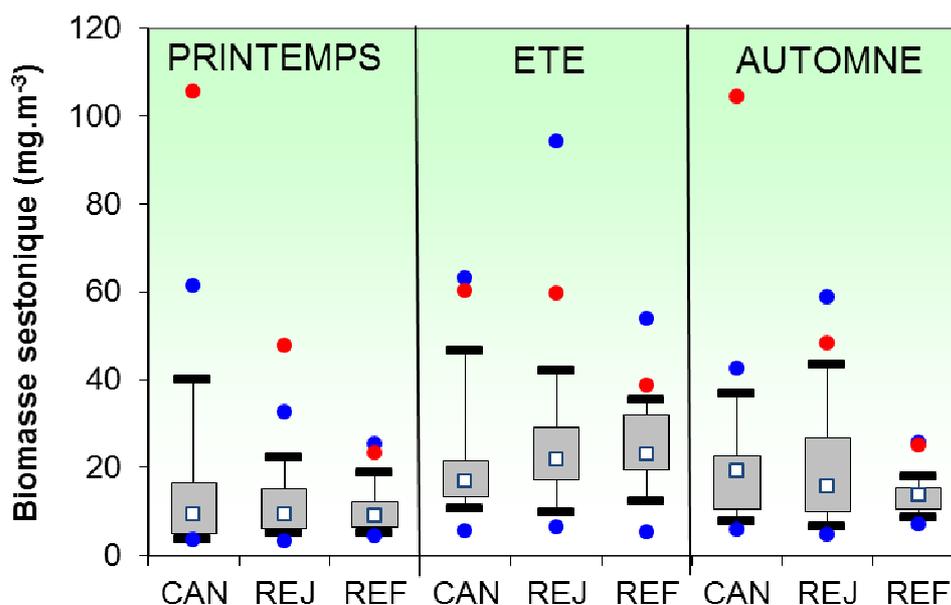


Figure 3.5.4 : Évolution de la biomasse sestonique (poids sec) de 1993 à 2017. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (▭) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (•). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2017 (•)

3.5.2.2 Abondances zooplanctoniques globales

3.5.2.2.1 Variations spatiales et temporelles en 2017

Les dénombrements zooplanctoniques effectués en 2017 sont présentés sur la figure 3.5.5, et sont exprimés en nombre d'individus par m³ d'eau de mer. L'abondance la plus importante a été observée en juin au point *rejet* avec 1 422 ind. m⁻³ et la plus faible en juin au point *canal* avec 195 ind. m⁻³. Contrairement à la biomasse sestonique, les abondances de zooplancton présentaient un gradient croissant de la côte vers le large en avril et juin. En septembre, le zooplancton était par contre moins abondant au point *référence*.

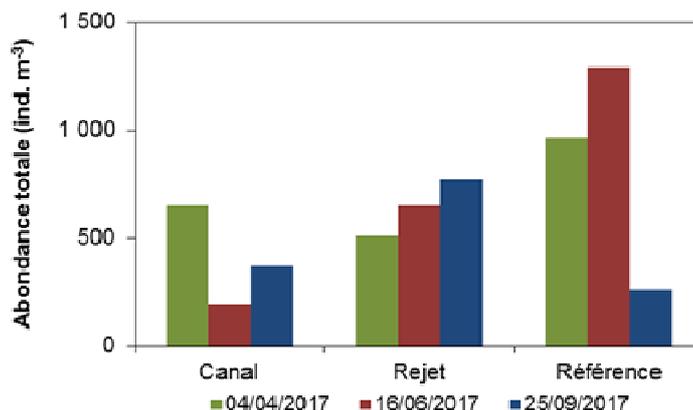


Figure 3.5.5 : Évolution de l'abondance zooplanctonique totale à Flamanville en 2017

3.5.2.2.2 Variations interannuelles

L'évolution de l'abondance zooplanctonique observée depuis 1993 à Flamanville (figures 3.5.6 et 3.5.7) montre que les abondances 2017 étaient dans la moyenne des valeurs historiques, à l'exception des points *canal* en juin et *canal* et *référence* en septembre, où les abondances étaient parmi les plus faibles observées depuis 1993.

3.5.2.2.3 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 1993 sont présentés dans le tableau 3.5.4.

Tableau 3.5.4 : Probabilité associée *p* des tests statistiques sur les abondances zooplanctoniques par saison de 1993 à 2017

COMPARAISON	PRINTEMPS	ÉTE	AUTOMNE
<i>n</i>	72	69	69
<i>p</i>	0,029	0,016	0,765

(*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 *référence* qui est significativement plus importante qu'au point *canal*.

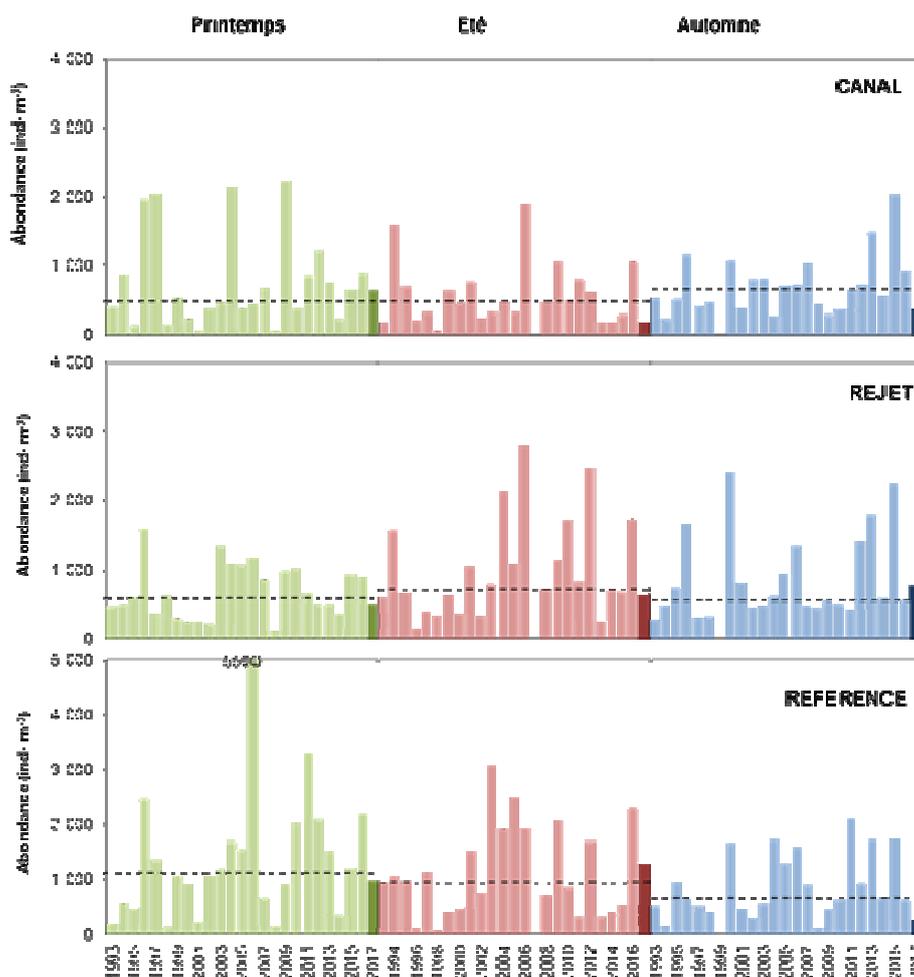


Figure 3.5.6 : Évolution de l'abondance zooplanctonique à Flamanville de 1993 à 2017 (La ligne hachurée représente la médiane par saison et par point)

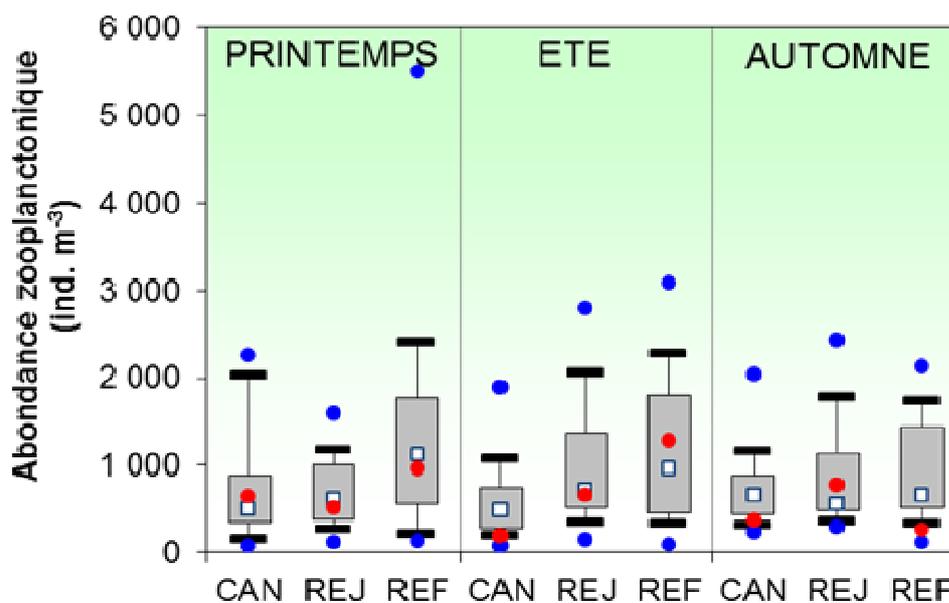


Figure 3.5.7 : Évolution de l'abondance zooplanctonique à Flamanville de 1993 à 2017. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (▭) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur 2017 (●)

3.5.2.3 Étude faunistique

3.5.2.3.1 Variations spatio-temporelles de l'holoplancton et du méroplancton

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, appartenant à d'autres embranchements comme les appendiculaires et les chaetognathes. D'autres organismes holoplanctoniques comme les mysidacés et les cumacés ont été absents des prélèvements lors des trois campagnes de 2017 (tableau 3.5.5).

Abondance zooplancton (Num ⁻³)	4 avril 2017						18 juin 2017						26 septembre 2017						
	Canal		Rejet		Référence		Canal		Rejet		Référence		Canal		Rejet		Référence		
	Num ⁻³	%	Num ⁻³	%	Num ⁻³	%	Num ⁻³	%	Num ⁻³	%	Num ⁻³	%	Num ⁻³	%	Num ⁻³	%	Num ⁻³	%	
Holo plancton	Copépodes	57		103	41	24	57	136	55	476	35	1092	38	196	75	515	30	133	35
	Appendiculaires	49	39	129	56	122	41	24	15	51	9	147	12	52	20	97	15	22	15
	Chaetognathes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0
	Amphipodes	4	4	7	3	8	3	0	0	19	3	2	0	10	4	22	3	0	0
	Ctenophore	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	total holoplancton	126	19	246	49	326	34	160	32	663	36	1246	37	268	89	642	33	220	34
Méroplancton	Têtards d'écloies	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Larves de décapodes	27	5	22	9	54	8	11	31	13	13	7	17	0	0	22	18	10	24
	Larves de Cirripèdes	427	81	193	74	966	88	8	23	45	47	19	43	10	9	80	47	7	18
	Larves de Bryozoaires	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cnidaires	26	7	4	1	2	1	5	15	19	20	4	9	41	36	15	12	10	24
	Larves de mollusques	31	6	35	13	5	1	11	31	13	13	4	9	62	55	30	24	15	35
	Larves de polychètes	4	1	6	2	7	1	0	0	6	7	2	4	0	0	0	0	0	0
	Oeufs et larves de poissons	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	7	17	0	0	0	0	0	0
	total méroplancton	526	31	266	61	941	88	36	13	86	16	43	3	114	31	127	17	42	18
total zooplancton	649		608		665		196		860		1288		372		769		262		

Tableau 3.5.5 : Abondance et dominance des principaux groupes zooplanctoniques à Flamanville en 2017

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'estran 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 3.5.8). Au printemps 2017, le méroplancton représentait 51 à 81 % du zooplancton total alors qu'en été et en automne il en représentait moins de 31 %. Cette fraction était essentiellement composée de larves nauplii de cirripèdes (55 à 80 % en avril). Les larves de gastéropodes (mollusques) et de décapodes, ont contribuaient significativement à l'abondance des méroplanctontes en juin et septembre, de même que les hydroméduses (cnidaires) en septembre.

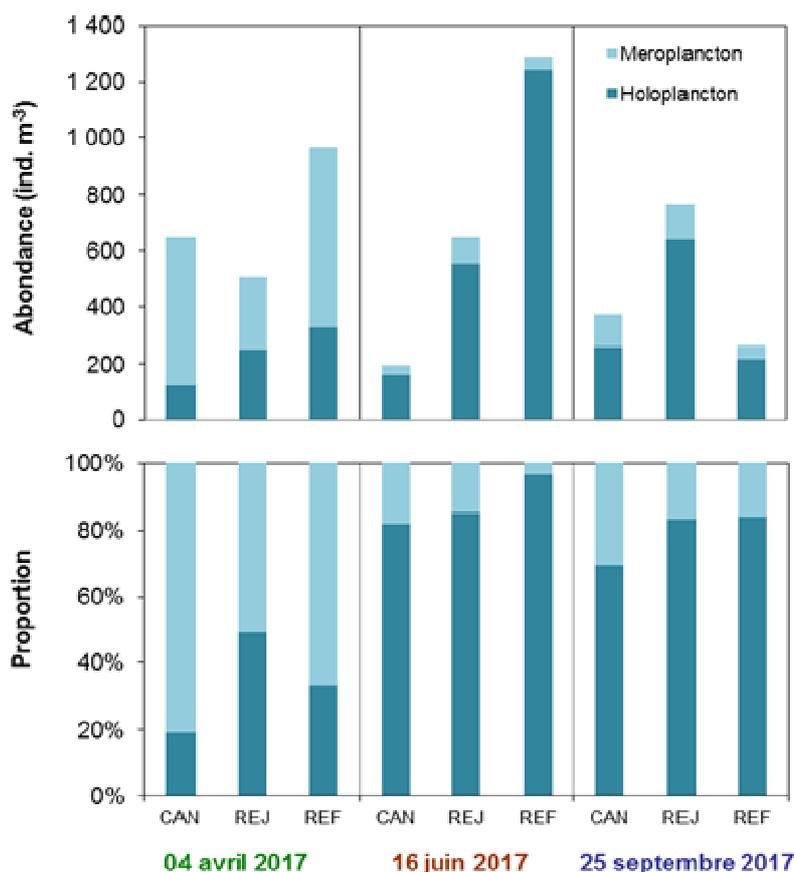


Figure 3.5.8 : Abondance et proportion de l'holoplancton et du méroplancton à Flamanville en 2017

3.5.2.3.2 Variations spatio-temporelles des principaux taxons en 2017

L'holoplancton

- Les copépodes :

Les copépodes, qui constituaient le taxon dominant de l'holoplancton, ont montré la même évolution saisonnière que celui-ci (figures 3.5.9 et 3.5.10). En été et en automne les copépodes représentaient 76 à 88 % des abondances holoplanctoniques. L'évolution interannuelle de l'abondance totale en copépode depuis 1993 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 (figure 3.5.9).

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 1993 sont présentés dans le tableau 3.5.6.

Tableau 3.5.6 Probabilité associée p des tests statistiques sur les abondances de 1993 à 2017

COMPARAISON	PRINTEMPS	ÉTE	AUTOMNE
n	72	69	69
p	0,000	0,009	0,170

($p < 0,05$ = 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 hautement 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.

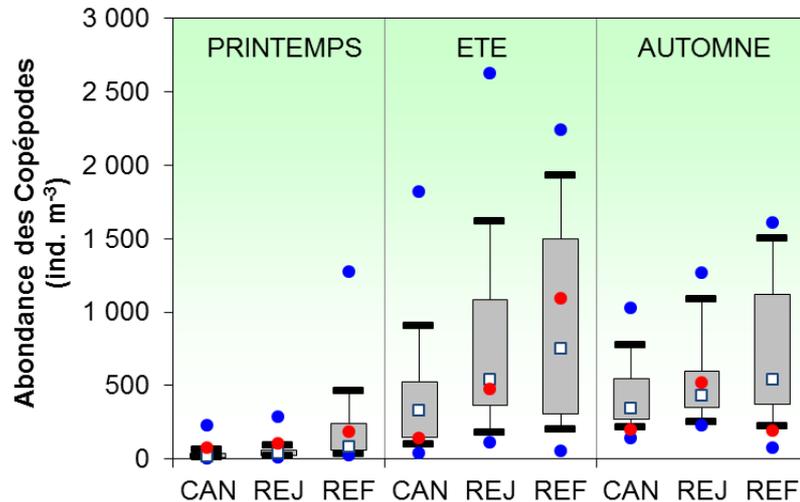


Figure 3.5.9 : Évolution de l'abondance des copépodes à Flamanville de 1993 à 2017. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (▭) ; les moustaches, 80 % des valeurs (⊢). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur 2017 (●)

L'indice de diversité de Shannon (figure 3.5.10) 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 $\leq 2,3$ Bit. ind⁻¹) en regard du nombre d'espèces de copépodes présent dans nos échantillons (entre 5 et 8). Comme souvent en milieu côtier tempéré, les échantillons étaient caractérisés par une ou deux espèces de copépodes représentant 50 à 75 % du peuplement alors que plusieurs espèces n'étaient représentées que par quelques individus. Seul le point *canal* en juin présentait un bon équilibre entre l'abondance des différentes espèces de copépodes, d'où un indice de diversité plus élevé (2,8 Bit. ind⁻¹).

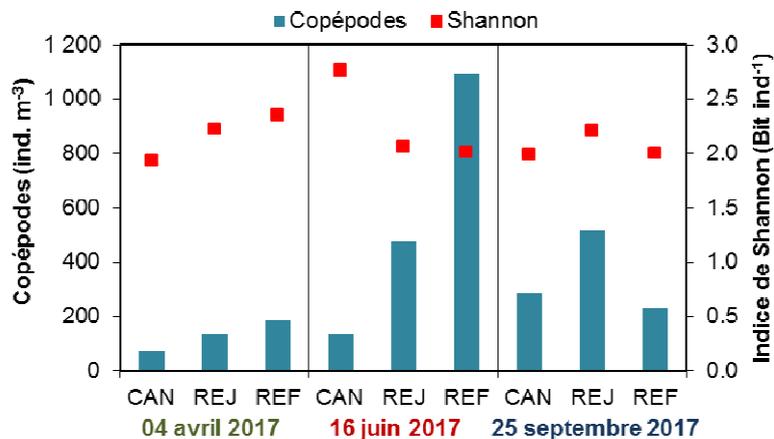


Figure 3.5.10 : Abondance des copépodes (adultes et copépodites) et diversité spécifique à Flamanville en 2017

Parmi les principales espèces de copépodes présentes sur le site de la centrale de Flamanville on a trouvé (figure 3.5.11) :

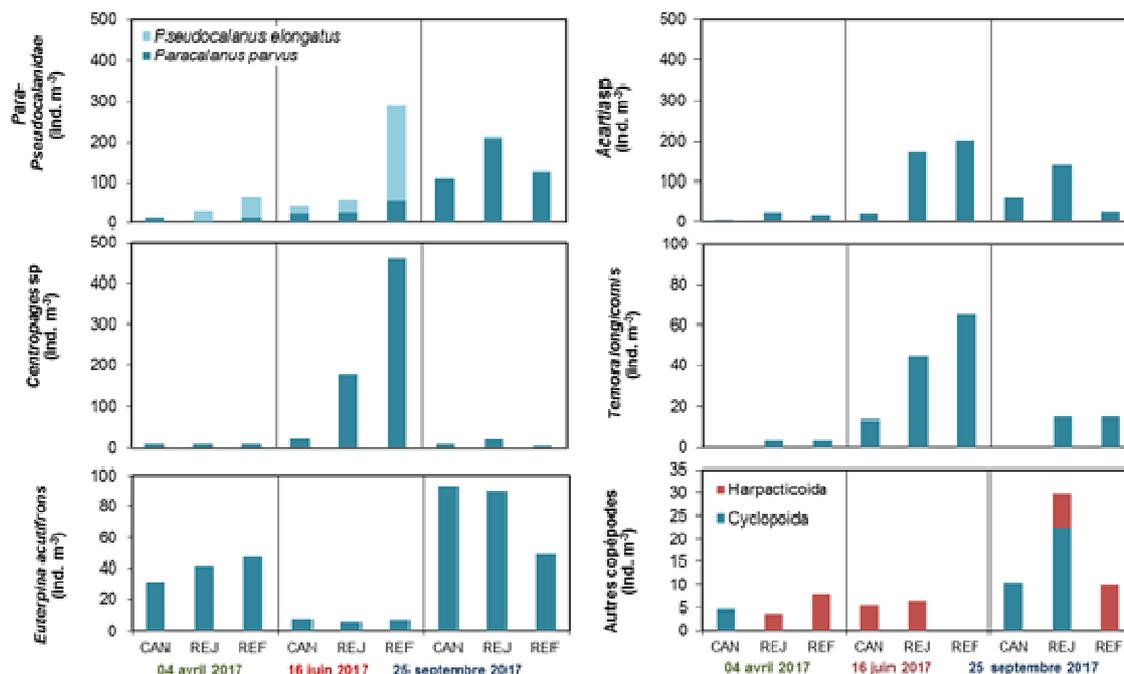


Figure 3.5.11 : Abondances des principales espèces de copépodes à Flamanville en 2017

Pseudocalanus elongatus et *Paracalanus parvus*

Espèce généralement printanière et estivale, *P. elongatus*, était surtout présente lors des campagnes d'avril et juin. Lors de ces campagnes les abondances étaient deux à douze fois moins importantes à la côte (canal et rejet) par rapport au point référence. Espèce plutôt estivale et automnale, *P. parvus*, était dominante en septembre. Elle succède généralement à *P. elongatus* dans les communautés planctoniques des milieux côtiers tempérés.

Acartia sp

Le genre *Acartia* était principalement présent dans nos échantillons aux mois de juin et septembre (respectivement, 24 et 20 % des copépodes). Il est dans cette région principalement représenté par l'espèce *A. clausi* plutôt estivale et automnale.

Centropages sp

Le genre *Centropages*, représentait 33 % des copépodes en juin, avec une nette augmentation des abondances de la côte vers le large. Il est dans cette région principalement représenté par l'espèce *C. hamatus*, également plutôt estivale.

Temora longicornis

Cette espèce est habituellement présente toute l'année avec un maximum entre avril et mai. Comme pour *C. hamatus*, *T. longicornis* n'a pas ou peu été observé en avril et était principalement présent en juin (8 % des copépodes).

Euterpina acutifrons

Espèce caractérisant généralement les communautés automnales de copépodes en milieu côtier, *E. acutifrons* était néanmoins présent toute l'année. Elle représentait 34, 3 et 24 % des copépodes respectivement en avril, juin et septembre. 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 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.

Cyclopoides et autres harpacticoides

Si les calanoides sont le principal ordre de copépodes pélagiques, il est fréquent d'observer en automne une proportion non négligeable de copépodes appartenant à l'ordre des cyclopoides. Cette année il s'agissait de l'espèce *Corycaeus anglicus* (4 % des copépodes). Cette espèce de copépode est carnivore et prédatrice d'autres copépodes et de larves de poisson.

Les harpacticoides sont habituellement des copépodes plutôt benthiques, vivant dans les interstices du sédiment (sauf *E. acutifrons* qui est pélagique), mais il arrive fréquemment que quelques individus se retrouvent accidentellement dans la colonne d'eau à la faveur de remises en suspension des sédiments (on parle alors d'espèces tycoplanctoniques).

- Les autres espèces holoplanctoniques (figure 3.5.12)

Les appendiculaires, représentés par l'espèce *Oikopleura dioica*, étaient le deuxième groupe dominant de l'holoplancton, notamment en avril (44 % ; tableau 3.5.5), même si la plus forte abondance a été observée en juin au point référence (231 ind. m⁻³).

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

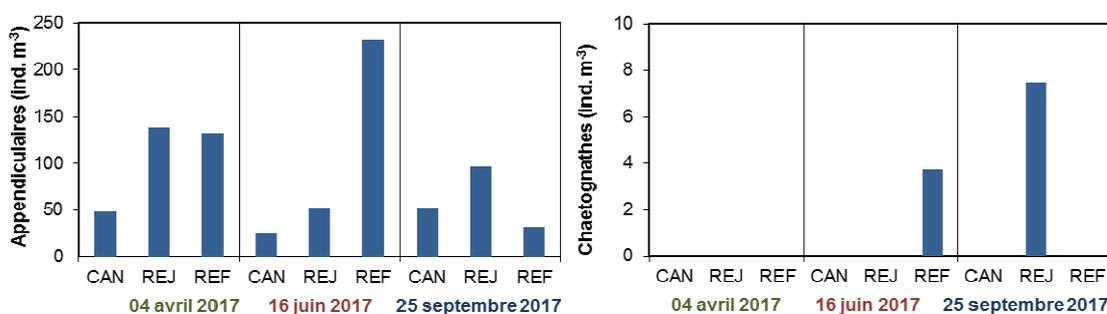


Figure 3.5.12 : Abondances des appendiculaires et des chaetognathes à Flamanville en 2017

Le méroplancton

Les stades larvaires des espèces appartenant à différents embranchements ou classes ont été dénombrés au cours des trois campagnes de prélèvement (figure 3.5.13).

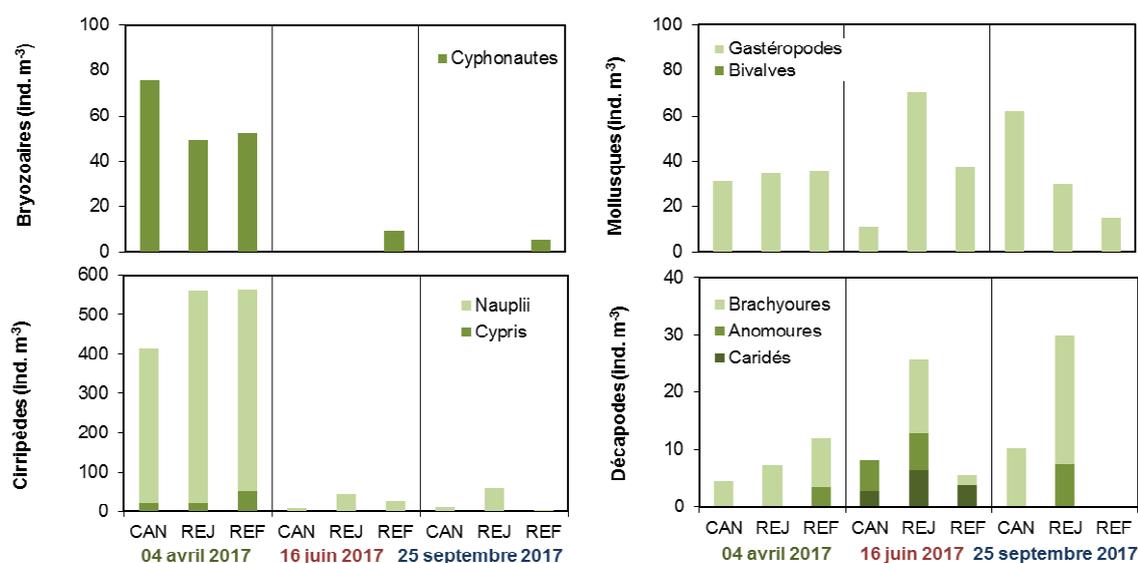


Figure 3.5.13 : Abondance des espèces méroplanctoniques à Flamanville en 2017

- 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 ~60 % du zooplancton total).
 - Embranchement des bryozoaires
Les larves cyphonautes de bryozoaires étaient, comme les larves de cirripèdes, essentiellement présentes au printemps (10 % des méroplanctontes) et étaient plus abondantes au point *canal*.
- Embranchement des mollusques
Les larves de gastéropodes étaient le principal groupe méroplanctonique en juin et septembre (43 %). Leur distribution était très variable selon les saisons.
- Embranchement des arthropodes, classe des crustacés, ordre des décapodes
Les décapodes étaient plus abondants et plus diversifiés en juin. Les abondances les plus fortes ont été observées au point *rejet* en juin et septembre (~30 ind. m⁻³).

3.5.3 Résultats

Les données historiques acquises depuis 1993 indiquent que la biomasse sestonique ne montre pas de différences significatives entre les points de prélèvement quelle que soit la saison considérée, alors que pour l'abondance zooplanctonique, les abondances printanières et estivales paraissent significativement plus faibles au point *canal* par rapport au point *référence*. Toutefois, la biomasse sestonique ne reflète pas les observations sur les 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 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 2017, les abondances zooplanctoniques correspondaient à ce qui est habituellement observé sur le site de surveillance depuis 1993. 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 50 % du zooplancton total du fait de la prolifération des larves pélagiques de cirripèdes (balanes). L'holoplancton dominait largement le zooplancton en été et à l'automne (69 à 97%). Comme toujours en milieu côtier tempéré, il était essentiellement caractérisé par les copépodes. La diversité spécifique de ce groupe était assez faible (≤ 2.3 Bit. ind⁻¹) et composée en général de moins d'une dizaine d'espèces dont une seule peu représenter entre 76 et 88 % du peuplement. Les copépodes appartenant à l'ordre des calanoides, typiquement pélagiques (*Acartia*, *Centropages*, *Paracalanus*, *Temora* 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 respecte, pour ce que peut montrer cette analyse de trois campagnes annuelles, sa répartition saisonnière habituelle et est caractéristique 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.

4 Le domaine benthique

Prélèvements, analyses et rapport réalisés à l'Ifremer par

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

Jean-Dominique Gaffet (ODE/DYNECO/LEBCO)

Avec la collaboration pour les prélèvements de

Aurélie Foveau (ODE/LITTORAL/LER-BN)

Michel Ropert ((ODE/LITTORAL/LER-N)

Manuel Rouquette (ODE/LITTORAL/LER-BN)

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 du Cap de Flamanville et de la Pointe du Rozel (figure 4.1.1).



Figure 4.1.1 : Localisation de la radiale d'étude de *Fucus serratus* sur le platier de Diélette et des stations d'échantillonnage des cirripèdes

4.1. 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.

4.1.1. 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*. 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.



Photo 4.1.1 : 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. 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.

A 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.



Photo 4.1.2 : *Fucus serratus*. Réceptacles contenant les gamétocytes mâles ou femelles

- **Croissance** : croissance apicale peu rapide. Elle serait de l'ordre de 25 cm/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 brotage 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.

4.1.2. Matériel et méthodes

4.1.2.1 Evolution 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 0,50 m x 0,50 m prélevés au hasard dans chaque secteur fournit ainsi une estimation de la biomasse algale locale (photo 4.1.3).



Photo 4.1.3 : Prélèvements des algues pour évaluation des biomasses (quadrat 50 cm x 50 cm)

4.1.2.2 Baguages sur radiales

Sur la radiale repérée, 10 points, espacés l'un de l'autre de 10 mètres, sont échantillonnés. En chaque point, 10 pieds de *Fucus serratus* sont bagués d'un collier numéroté de couleur blanche, serré entre le disque basal et la première dichotomie (photo 4.1.4). 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 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.



Photo 4.1.4 : Baguages de cent *Fucus serratus* en mars

4.1.2.3 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 (photo 4.2), 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.

4.1.3 Résultats

Les missions se sont déroulées les 30 mars, 27 juin et 21 septembre 2017.

4.1.3.1 Evaluation du stock de *Fucus serratus*

La biomasse annuelle moyenne de *Fucus serratus* évaluée en 2017 sur le platier de Diélette reste, comme en 2016, à son minimum (51 g de poids sec par 0.25 m²) (figure 4.1.2).

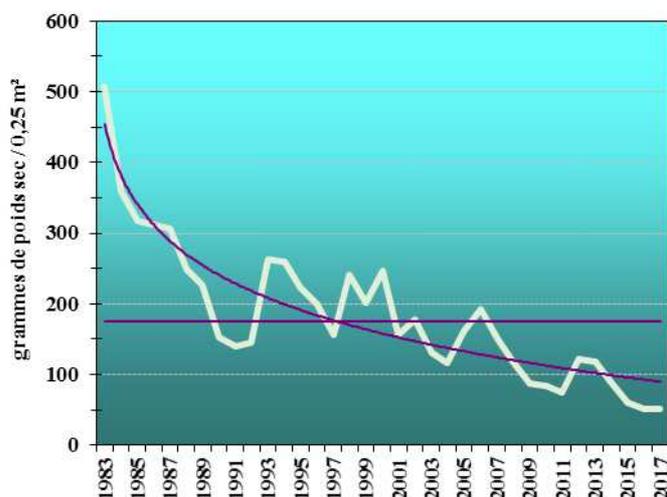


Figure 4.1.2 : En vert clair, évolution des biomasses annuelles moyennes de *Fucus serratus* depuis 1983 (en grammes de poids sec/0.25m²) ; en mauve, droite moyenne et courbe de tendance de 1983 à 2017

Les valeurs observées en mars et septembre restent faibles et largement inférieures aux moyennes (figure 4.1.1).

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 (tableau 4.1.1 et figure 4.1.3).

Biomasse (grammes de poids sec)	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Mars	44	47	45	31	27	32
Septembre	200	189	132	90	74	69

Tableau 4.1.1 : Biomasses de *Fucus serratus* (en grammes de poids sec/0.25m²)

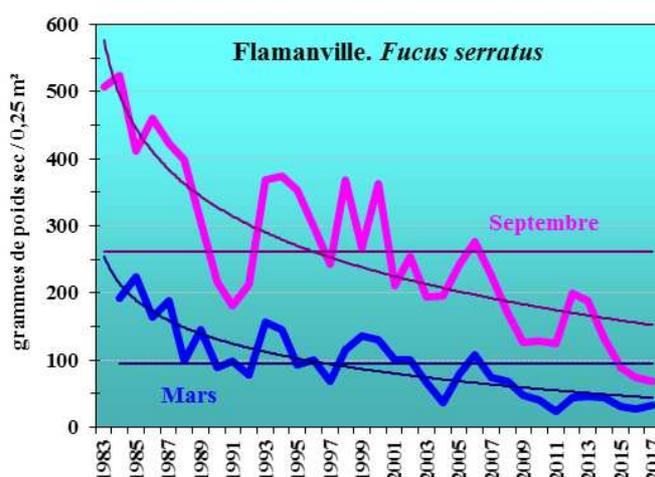
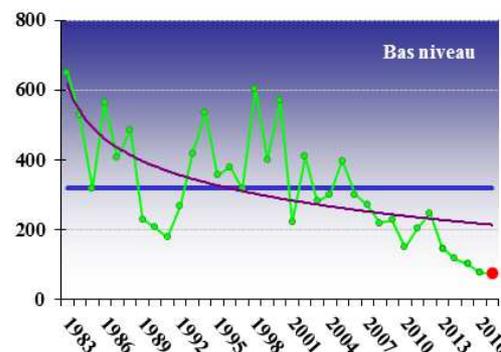
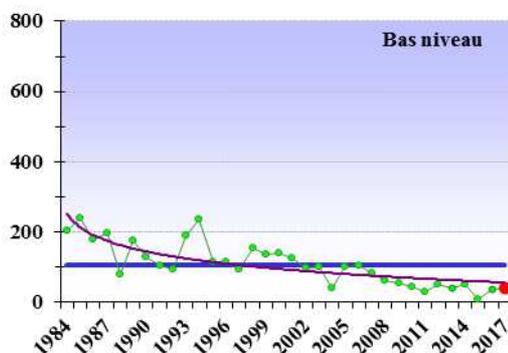
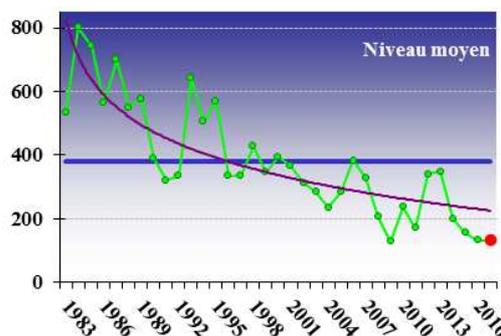
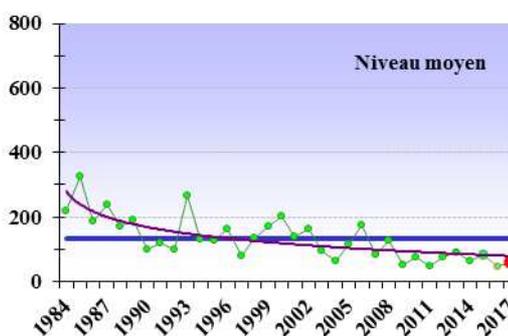
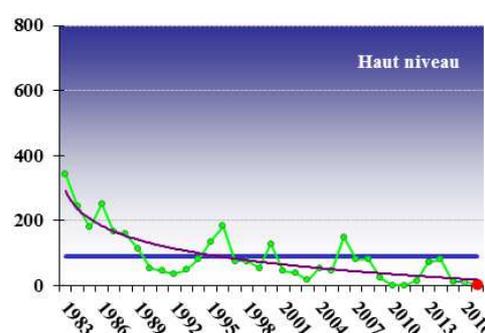
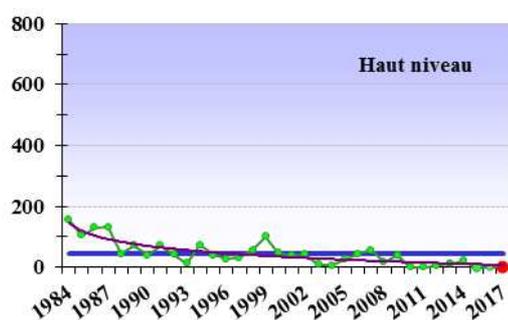


Figure 4.1.3 : Evolution des biomasses de *Fucus serratus* depuis 1983 (en grammes de poids sec/0.25m²) en mars et en septembre ; moyennes (droites) et courbes de tendance ; valeurs 2017 en rouge

C'est dans la partie centrale de la radiale que les fucales restent les plus denses (tableau 4.1.2 et figures 4.1.4 et 4.1.5).

Radiale <i>Fucus serratus</i>	Mars 2017	Moyenne mars 1984/2017	Septembre 2017	Moyenne septembre 1983/2017
Haut niveau	0	44	3	88
Niveau moyen	58	132	132	381
Bas niveau	39	107	73	318

Tableau 4.1.2 : Biomasses moyennes de *Fucus serratus* aux abords du Cap de Flamanville en grammes de poids sec/0.25m²



Figures 4.1.4 : Evolution des biomasses de *Fucus serratus* aux différents niveaux de la radiale en mars

Figures 4.1.5: Evolution des biomasses de *Fucus serratus* aux différents niveaux de la radiale en septembre

En vert, les poids sec en grammes par 0,25 m² ; en rouge, les valeurs 2017 ; 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 2017 est quasi nulle dans cette zone (figure 4.1.5).



Photographie 4.1.5 : Le haut de la radiale de *Fucus serratus* en mars 2017

Au niveau central de la radiale où la population de *Fucus serratus* reste la plus abondante, les biomasses évaluées en mars et en septembre 2017 restent dans les valeurs minimales observées depuis 1984.



Photographie 4.1.6 : 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 pour la cinquième année consécutive, est la plus basse observée depuis 1984.

4.1.3.2 Dénombrement des algues baguées

La perte des pieds de *Fucus serratus* bagués en mars 2017 atteint 27 % 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 4.1.6).

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...

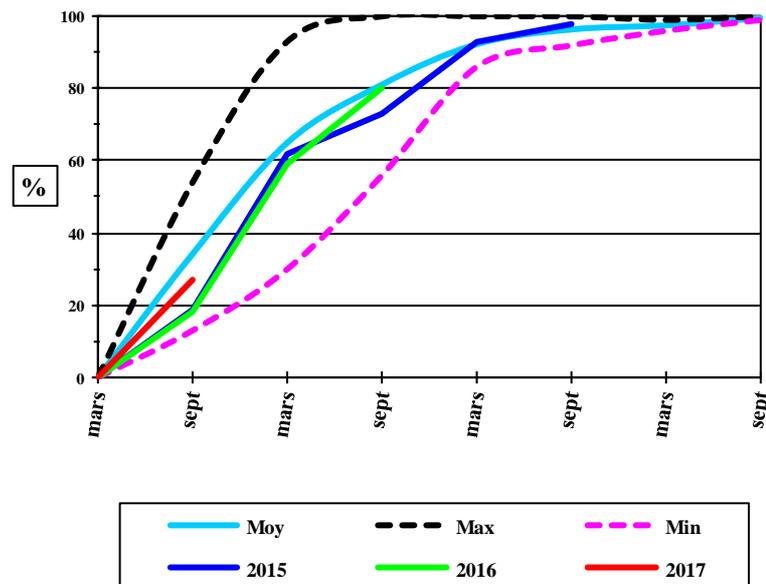


Figure 4.1.6 : Dépopulation des individus bagués. Lots bagués en mars 2015, 2016, 2017 (en rouge) et moyenne de 1983 à 2017

4.1.3.3 Biométrie des algues baguées

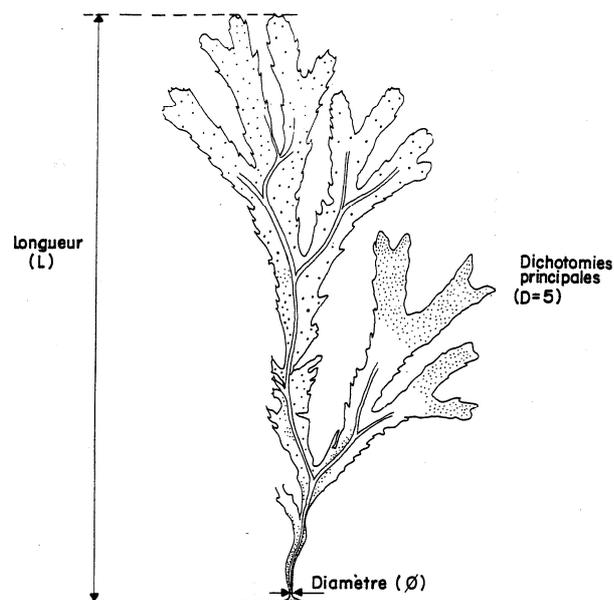


Figure 4.1.7 : *Fucus serratus*. Paramètres mesurés

4.1.3.3.1 Diamètre des stipes

Les diamètres des stipes de *Fucus serratus* bagués en 2017 atteignent en moyenne 4,4 mm en fin d'hiver et 5,3 mm en fin d'été. C'est la valeur la plus faible enregistrée en mars et dans les plus faibles en septembre depuis 1983 (figure 4.1.8).

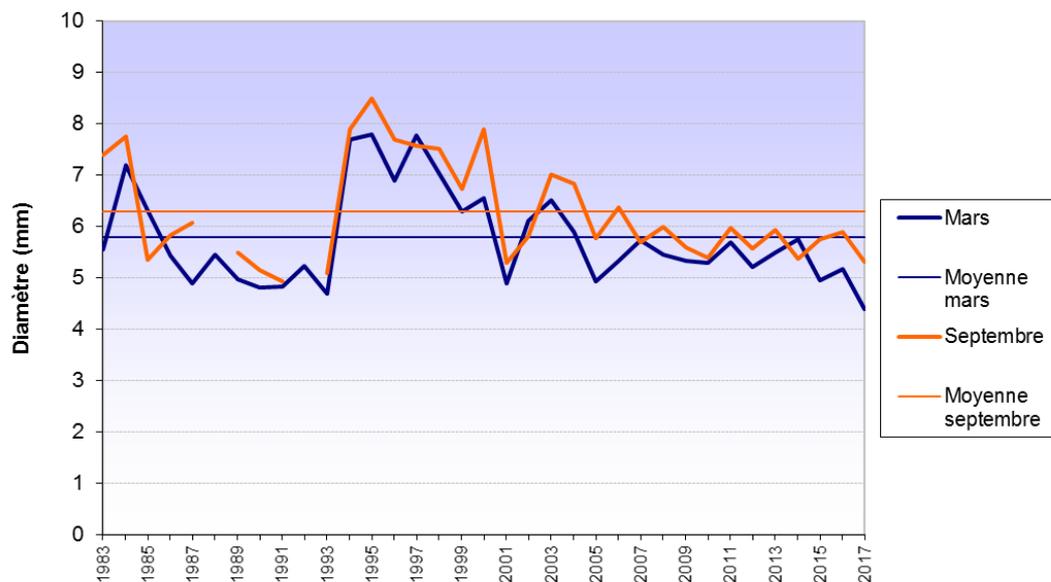


Figure 4.1.8 : Diamètre des stipes de *Fucus serratus* en mars et en septembre

4.1.3.3.2 Longueur des thalles

Les longueurs moyennes des individus bagués en 2017 atteignent 46,5 cm en mars et 52 cm en septembre. Elles sont inférieures aux moyennes calculées sur la période 1983 à 2017 (figure 4.1.9).

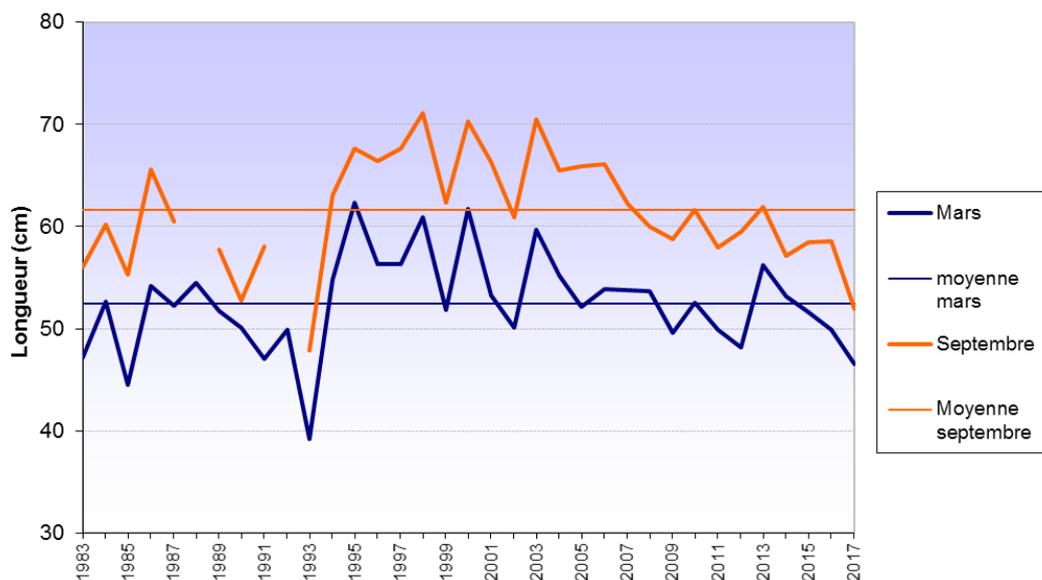


Figure 4.1.9 : Longueur moyenne des thalles de *Fucus serratus* en mars et en septembre

De mars à septembre 2017, la longueur des thalles de *Fucus serratus* bagués en mars 2017 s'est accrue en moyenne de 5,4 cm, la moyenne calculée sur la période 1983-2017 atteint 9,4 cm. Les valeurs s'échelonnent de 2,6 cm en 1990 à 18,4 cm en 1985 (figure 4.1.10).

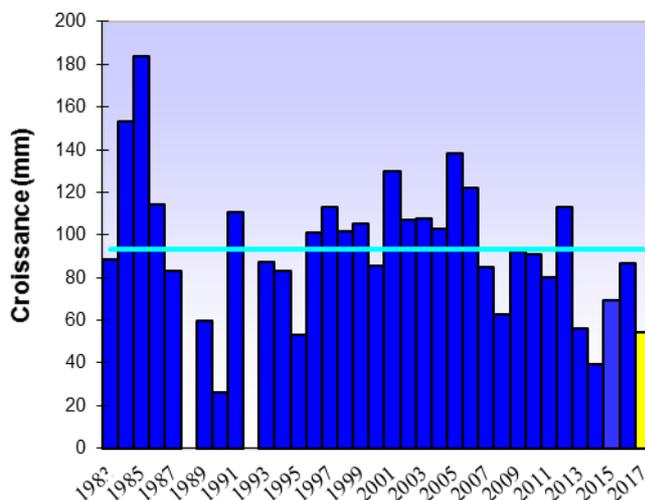


Figure 4.1.10 : Croissance moyenne des thalles de *Fucus serratus* de mars à septembre
Valeur 2017 en jaune

4.1.3.4 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 (photo 4.1.7).



Photo 4.1.7 : 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).

4.1.3.4.1 Résultats 2017

Lot bagué en mars 2017 :

En mars 2017, 68 % des thalles de *Fucus serratus* présentent des signes de fertilité (68 % en 2015, 84 % en 2015), 83 % en juin (48 % en 2016, 71 % en 2015) et 94 % en septembre (96 % en 2016, 93 % en 2015) (figures 4.11 et 4.12) :

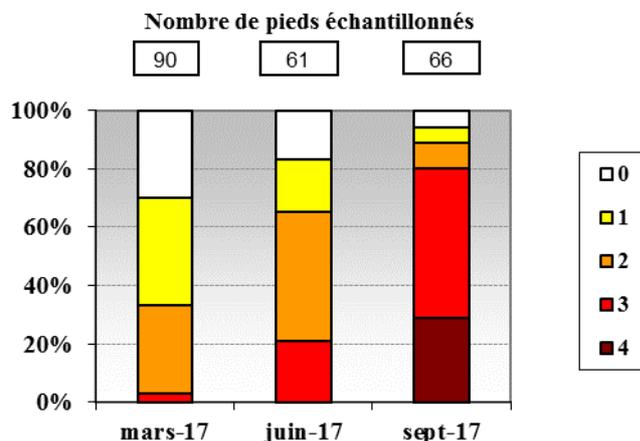


Figure 4.1.11 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus* bagués en 2017

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.

4.1.3.4.2 Variations annuelles

Les pourcentages de *Fucus serratus* plus ou moins fertiles évalués en mars, juin et septembre 2017 restent dans la gamme des valeurs habituellement observées depuis 1983 sur ce site.

- **En mars 2017**, le pourcentage de pieds fertiles avoisine la valeur moyenne saisonnière :

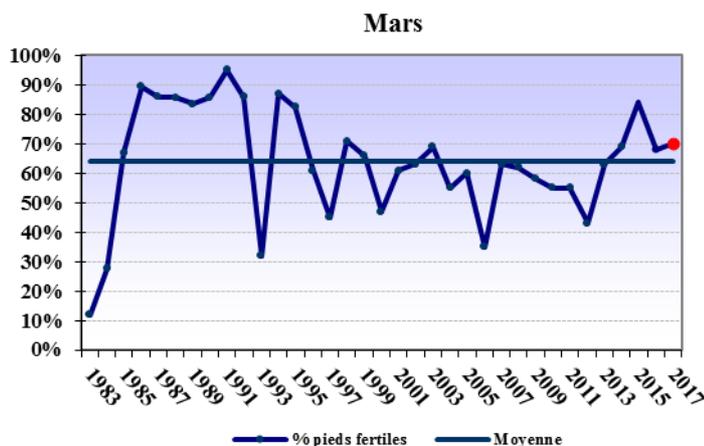


Figure 4.1.12 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus* Valeur 2017 en rouge

- **En juin 2017**, le pourcentage de thalles plus ou moins fertiles est particulièrement important. Il se situe dans les plus fortes valeurs observées depuis 1995 :

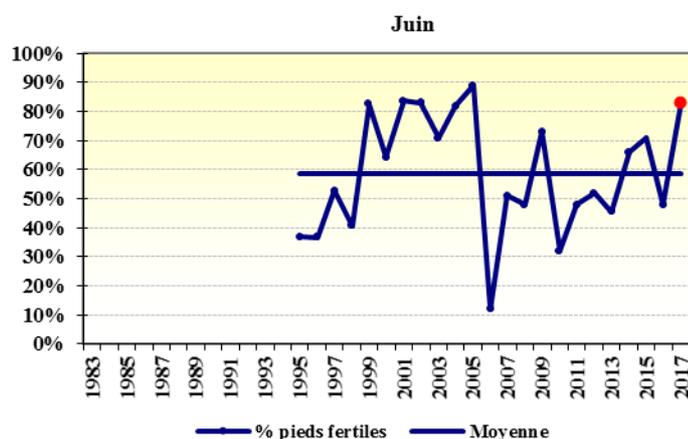


Figure 4.1.13 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus*
Valeur 2017 en rouge

- **En septembre 2017**, le pourcentage de thalles fertiles reste élevé et supérieur à la moyenne. Depuis 2003, les valeurs restent stables :

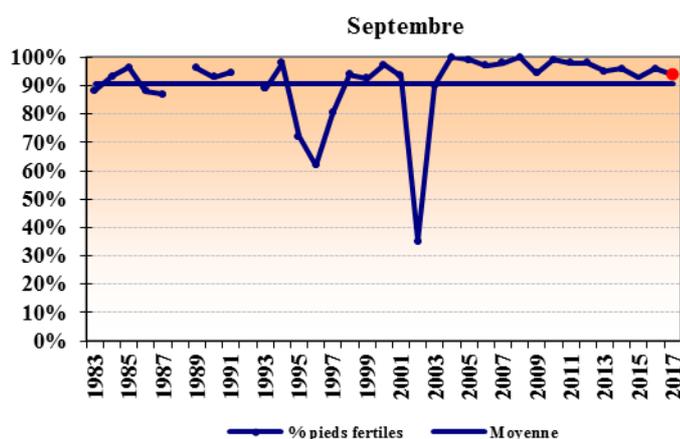


Figure 4.1.14 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus*
Valeur 2017 en rouge

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 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 2017 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 2017 atteint 59 %, elle avoisine celle de mars sur la même période (61 %).

En septembre, le développement de la fertilité est généralement important. Le pourcentage moyen calculé sur la période 1995 à 2017 atteint alors 91 %. Le niveau de maturation des gamètes est alors plus élevé qu'en fin d'hiver et printemps (figure 4.1.15).

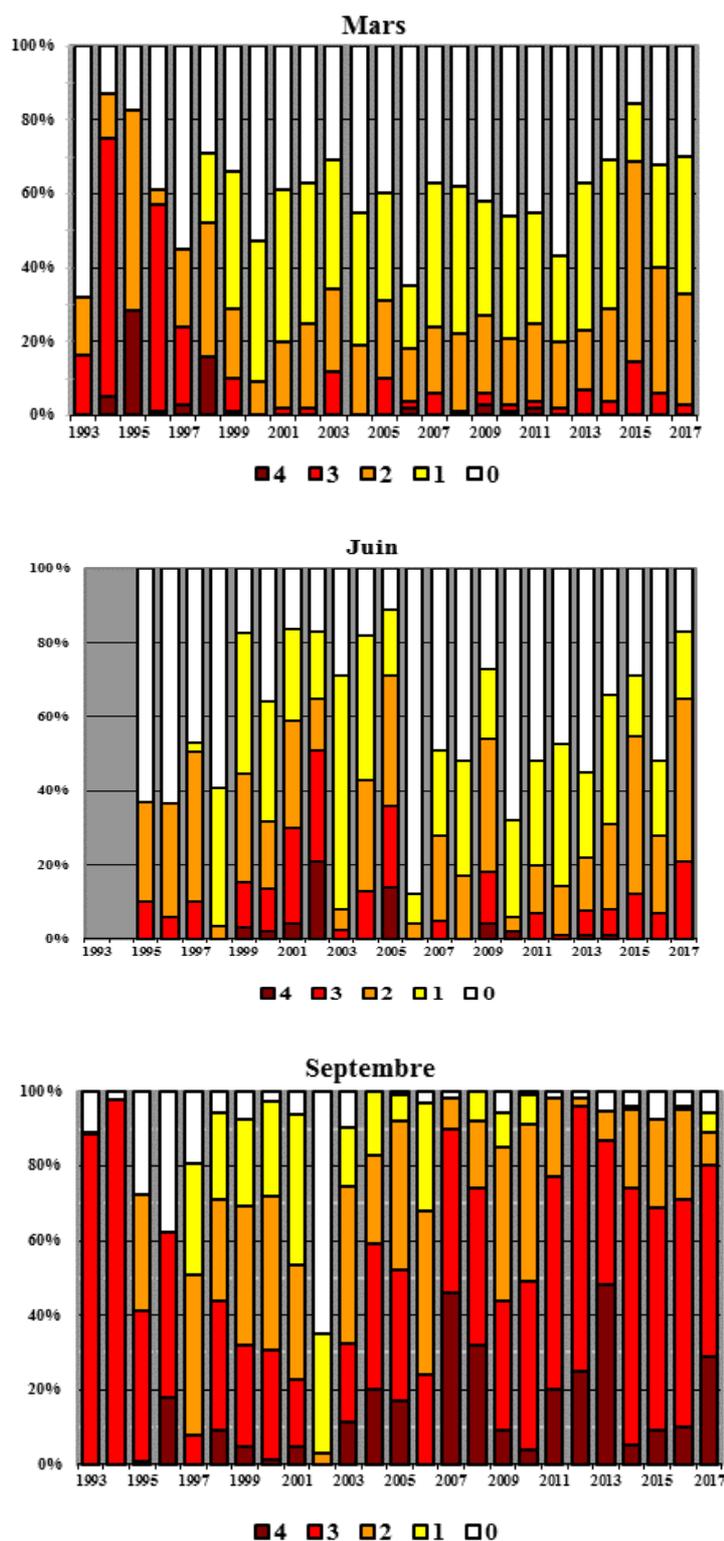


Figure 4.1.15 : Evolution des différents stades de la fertilité des pieds de *Fucus serratus*

Les taux moyens de fertilité sont calculés à partir des pourcentages des quatre niveaux de maturité de *Fucus serratus*. En mars 2017, le pourcentage atteint 27 %, valeur proche de la moyenne observée depuis 1993 (28 %). En juin, le taux moyen de fertilité est élevé, il atteint 42 % alors que la moyenne est de 27 % à cette période de l'année. En septembre 2017, le taux de fertilité est de 73 %, il est également supérieur à la moyenne (60 %)

Les moyennes de ces taux, calculées sur la période 1993 à 2017 atteignent habituellement des valeurs comparables en mars et en juin, respectivement 28 et 27 % (figure 4.1.16).

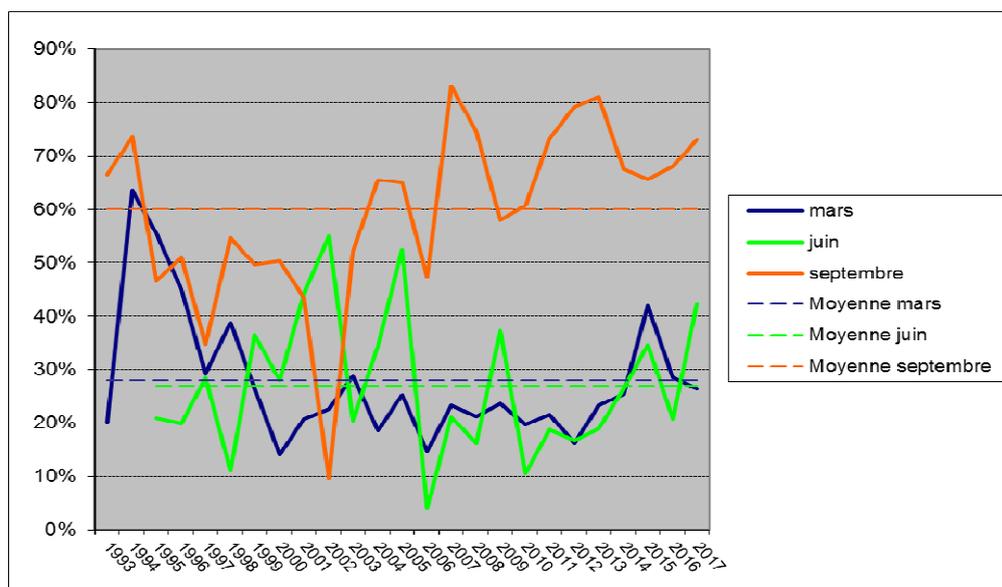


Figure 4.1.16 : Evolution du taux moyen de fertilité des pieds de *Fucus serratus* depuis 1993

4.1.3.5 Conclusion population *Fucus serratus* Flamanville

La biomasse annuelle moyenne de *Fucus serratus* évaluée en 2017 sur le platier de Diélette reste, comme en 2016, 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 2017 restent dans la gamme des valeurs habituellement observées depuis 1983 sur ce site. En juin, le pourcentage observé se situe dans les plus fortes valeurs relevées depuis 1983 à cette période de l'année.

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 2017 avec en fin d'été un large pourcentage de thalles fertiles.

4.1.4 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 4.1.17). 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).

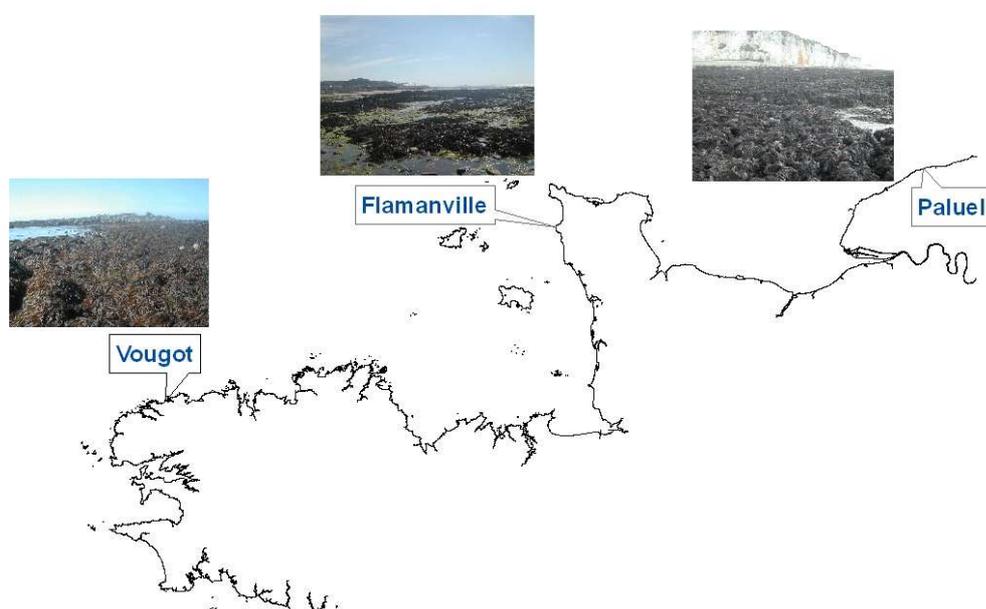


Figure 4.1.17 : Localisation des 3 sites de prélèvements de *Fucus serratus*

4.1.4.1 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 2017** à Flamanville, Paluel et Guissény sont en hausse. A 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 2017 en grammes de poids secs par 0,25 m² : 51 g à Flamanville, 64 g à Paluel, 153 g à Guissény) (figure 4.1.18).

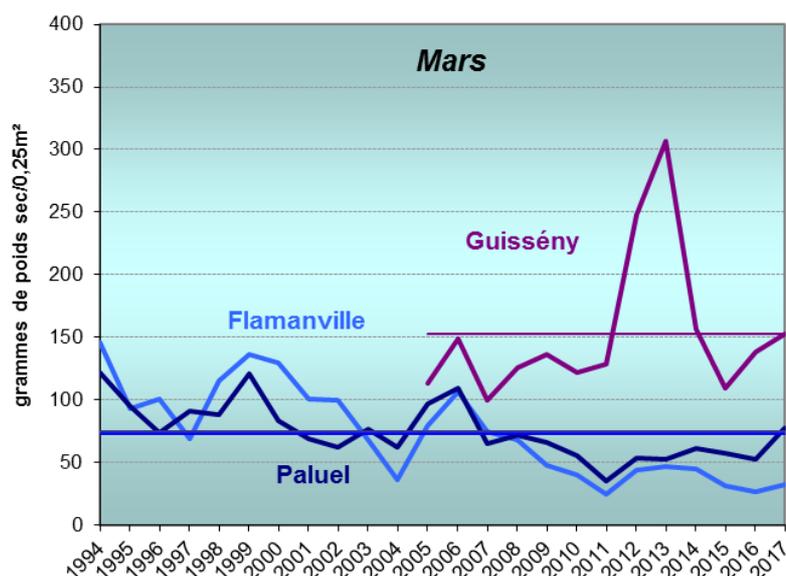


Figure 4.1.18 : Evolution des biomasses moyennes de *Fucus serratus* en fin d'hiver – Droite bleu : biomasse moyenne 1994 à 2017 à Flamanville, droite mauve : biomasse moyenne 2005 à 2017 à Guissény, droite bleu foncé : biomasse moyenne 1994 à 2017 à Paluel

En septembre 2017, comme en septembre 2016, les biomasses observées à Paluel et à Guissény sont en hausse. Par contre, à Flamanville, la chute se poursuit, la biomasse atteint une nouvelle valeur minimale, inférieure à celle de Paluel pour la seconde fois consécutive depuis le début des études (figure 4.1.19).

Les moyennes sur la période 2005 à 2017 atteignent alors 100 g à Paluel, 158 g à Flamanville et 254 g à Guissény (en grammes de poids secs par 0,25 m²).

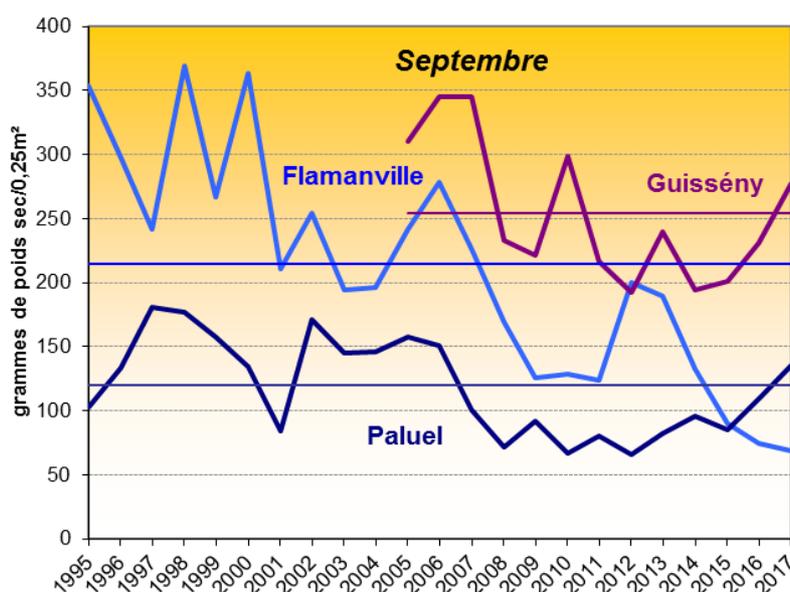


Figure 4.1.19 : Evolution des biomasses moyennes de *Fucus serratus* en fin d'été – Droite bleu : biomasse moyenne 1994 à 2017 à Flamanville, droite mauve : biomasse moyenne 2005 à 2017 à Guissény, droite bleu foncé : biomasse moyenne 1994 à 2017 à Paluel

Généralement, suite à la croissance des thalles, les biomasses algales sont plus fortes en fin d'été qu'en fin d'hiver. A Flamanville et à Guissény, cette différence saisonnière a toujours été bien marquée.

A 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 progresser ces deux dernières années, les biomasses sont en hausse.

4.1.4.2 Fertilité

A 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 : 20 % en moyenne sur la période 2005 à 2017 alors qu'ils atteignent 60 % à Flamanville et 65 % à Guissény (figure 4.1.20).

En septembre, les valeurs à Paluel sont comparables à celles de Guissény respectivement 81 % et 80 % en moyennes calculées sur la période 2005 à 2017, à Flamanville, elles demeurent particulièrement élevées : 97 % de la population échantillonnée présente des signes de fertilité (figure 4.1.22).

► **Mars 2017**, 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 4.1.20 et tableau 4.1.3).

Les valeurs ont augmenté à Paluel ainsi qu'à Flamanville. Alors qu'à Guissény, la biomasse baisse pour la seconde année consécutive, atteignant la valeur la plus basse enregistrée depuis 2005.

<i>Thalles fertiles 2017</i>	<i>Guissény</i>	<i>Flamanville</i>	<i>Paluel</i>
<i>Mars</i>	50	70	18
<i>Juin</i>	65	83	-
<i>Septembre</i>	90	94	81

Tableau 4.1.3 : Pourcentages de thalles de *Fucus serratus* fertiles en 2017

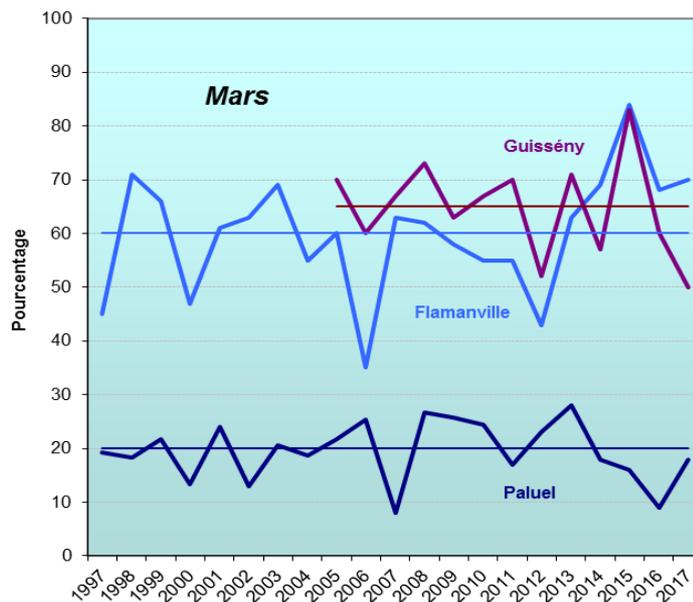


Figure 4.1.20 : Evolution des pourcentages de thalles fertiles en mars
Droite bleu : moyenne 1997 à 2017 à Flamanville, droite mauve : moyenne 2005 à 2017 à Guissény, droite bleu foncé : moyenne 1997 à 2017 à Paluel

► **Juin 2017**, la population de *Fucus serratus* de Flamanville présente un fort pourcentage de thalles fertiles (83%). A Guissény, ce pourcentage est égal à la valeur moyenne calculée sur la période 2005 à 2017 (tableau 4.1.3 et figure 4.1.21).

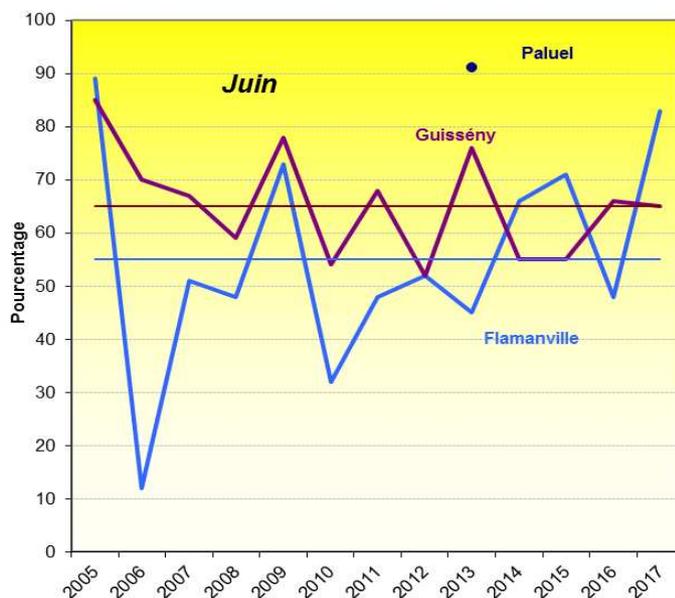


Figure 4.1.21 : Evolution des pourcentages de thalles fertiles en juin
Droite bleu : moyenne 2005 à 2017 à Flamanville, droite mauve : moyenne 2005 à 2017 à Guissény

► **Septembre 2017**, les pourcentages de thalles fertiles restent élevés sur les trois sites, particulièrement à Flamanville comme généralement observé à cette période de l'année (tableau 4.1.3 et figure 4.1.22).

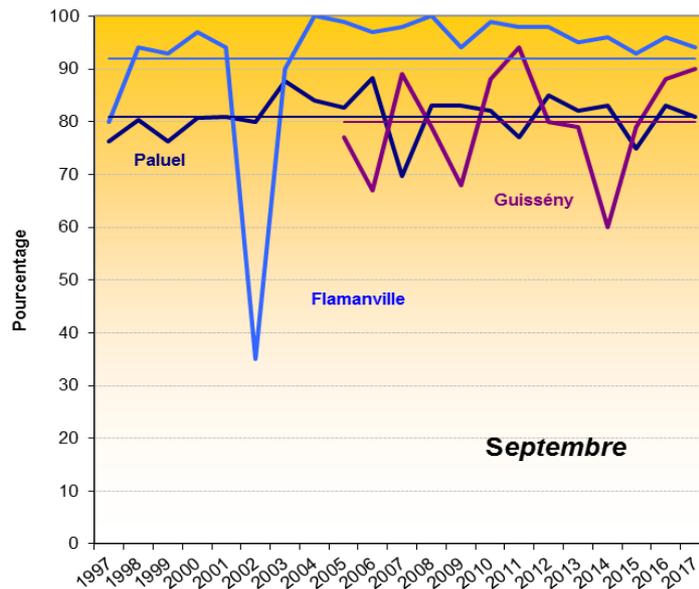


Figure 4.1.22 : Evolution des pourcentages de thalles fertiles en septembre
Droite bleu : moyenne 1997 à 2017 à Flamanville, droite mauve : moyenne 2005 à 2017 à Guissény
droite bleu foncé : moyenne 1997 à 2017 à Paluel

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 et beaucoup plus élevé en juin,
- 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.

4.1.4.3 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. Les populations de Paluel et de Guissény suivent cette même tendance néanmoins pour la seconde année consécutive les biomasses estimées dans ces secteurs sont en hausse.

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...⁴⁴.

⁴⁴ 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. / Modifications de la distribution des populations benthiques page 284

A Flamanville, la radiale de *Fucus serratus* se situe sur un substrat relativement mobile composé en partie de petits galets qui associés à la houle peuvent rendre difficile la fixation et le développement de nouveaux individus. 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 2017 sont conformes aux valeurs moyennes observées sur ces sites depuis 1997.

4.2 Zoobenthos des substrats durs intertidaux

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*).

A 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 4.1.1) 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.

A partir de 1993, deux points de mesures sont ajoutés aux précédents, un dans l'anse de Quédoy située immédiatement au sud de la centrale (photo 4.2.1), 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*.



Photo 4.2.1 : Quédoy, station la plus proche de la centrale

4.2.1 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 oeufs, 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) sont incubés à l'intérieur de la muraille, dans la cavité comprise entre le manteau et la masse viscérale. Après maturation des oeufs, 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.

4.2.2 Matériel et méthode

A 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.

4.2.2.1 Densité

En septembre, la densité des cirripèdes est évaluée à l'aide de quadrats de 0,05 m x 0,05 m (8 à 10 quadrats par point) sur le terrain et également photographiés à l'aide d'un appareil numérique. 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*.



Photo 4.2.2 : Photo numérique utilisée pour évaluer les différentes espèces de cirripèdes (support de 0,05 m x 0,05 m)

L'échantillonnage est stratifié pour tenir compte de l'hétérogénéité de colonisation (zone à forte densité, faible densité, absence totale de cirripèdes), phénomène constaté essentiellement aux limites de la ceinture. Des échantillons de substrat sont rapportés au laboratoire afin de compléter et confirmer l'évaluation des pourcentages des différentes espèces de cirripèdes présentes.



Photo 4.2.3 : Echantillon de roche rapporté en laboratoire pour l'évaluation des différentes espèces de cirripèdes



Photo 4.2.4 : Grattage de cirripèdes pour évaluation de la faune associée

4.2.2.2 Faune associée

Les densités des principales espèces accompagnatrices sont évaluées à chaque point à partir d'une surface unitaire de $1/16 \text{ m}^2$ (quadrat $0,25 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$). Elles sont récoltées par grattage (4 par point), puis déterminées et comptées au laboratoire.

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 quadrat $1/16 \text{ m}^2$) à chaque point.

4.2.2.3 Recolonisation du substrat

Les points Rozel (n°2), Sémaphore, Quédoy et Diélette servent également à une étude de recolonisation du substrat par les cirripèdes (photo 4.2.5).

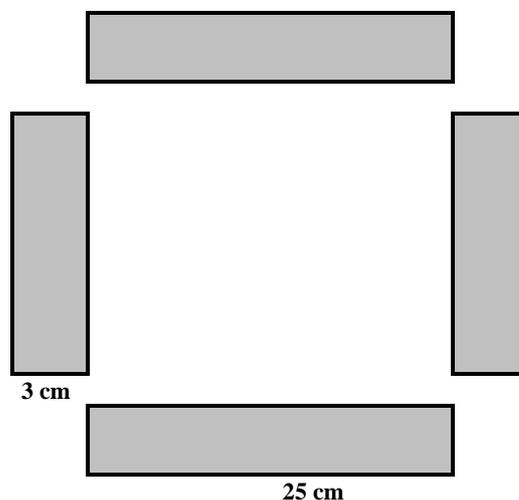


Photo 4.2.5 : Quadrats pour l'étude du recrutement des cirripèdes

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 cm x 25 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.

4.2.3 Résultats

Les missions se sont déroulées les 29 et 30 mars, 26 et 27 juin, 17, 21 et 22 septembre.

4.2.3.1 Etude de recolonisation par les cirripèdes

4.2.3.1.1 Résultats 2017

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.



Photographie 4.2.6 : Recrutement printanier de *Semibalanus balanoides* en mars 2017

En 2017, le recrutement des cirripèdes atteint 197 individus par 75 cm², moyenne obtenue à partir des valeurs observées au Rozel, au Sémaphore, à Quédoy et à Diélette. Cette valeur reste faible et bien inférieure à la moyenne calculée sur la période 1983 à 2017 qui atteint 461 individus. Le maximum atteint 2259 individus par 75 cm² en 1986, le minimum 55 individus par 75 cm² en 1990 (figure 4.2.1).

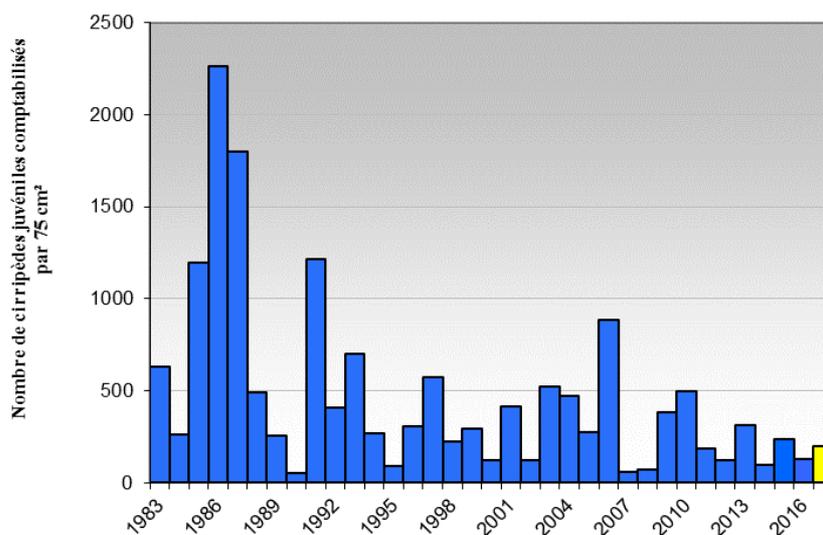


Figure 4.2.1 : Recrutement annuel (moyenne des recrutements comptabilisés en mars, juin et septembre aux 4 stations sur les quadrats de 75 cm²)

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 2017 représentent 97 % du recrutement annuel.

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*.

A toutes les stations, les cirripèdes juvéniles sont relativement plus nombreux en 2017 qu'en 2016. Le recrutement reste plus faible au Rozel et plus important au Sémaphore et ce depuis 2011 (tableau 4.2.1).

Recrutement	Rozel	Sémaphore	Quédoy	Diélette
Comptages mars	18	301	192	75
Comptages juin	1	110	51	16
Comptages septembre	17	12	11	2
Bilan annuel	36	423	254	93

Tableau 4.2.1 : Nombre de cirripèdes métamorphosés, comptabilisés par 75 cm² en 2017

4.2.3.1.2 Recrutement et température de l'air

	Air	Eau		Air	Eau		Air	Eau	
1986	2,20	6,80		2012	6,53	9,09	1989	7,80	8,28
1987	2,90	7,21		2005	6,54	8,38	2017	7,80	9,72
1985	4,10			1992	6,56	8,64	1999	7,88	9,31
1991	4,41	7,44		1993	6,56	8,74	1995	8,00	9,67
1997	4,86	7,88		2015	6,60	9,04	2016	8,00	9,82
2010	5,08	7,84		2003	6,96	8,70	1998	8,06	9,28
1983	5,20			1988	7,20	8,41	2008	8,07	9,80
1996	5,80	8,12		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
1984	6,40			2000	7,65	9,53			

Tableau 4.2.2 : Température mensuelle minimale de l'air au Cap de La Hague (1983-2017), source Météo France, et de l'eau de mer à Flamanville (1986-2017), source EDF. Les années sont classées selon l'importance croissante des températures 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 4.2.2 & figure 4.2.2). 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.

Les valeurs 2017 confirment cette hypothèse, la température mensuelle minimale de l'air atteint 7,8°C en février, valeur supérieure à la moyenne calculée sur la période 1983 à 2017 (6,7°C). Les températures relativement douces en 2017 n'ont pas favorisé la reproduction de *Semibalanus balanoides*.

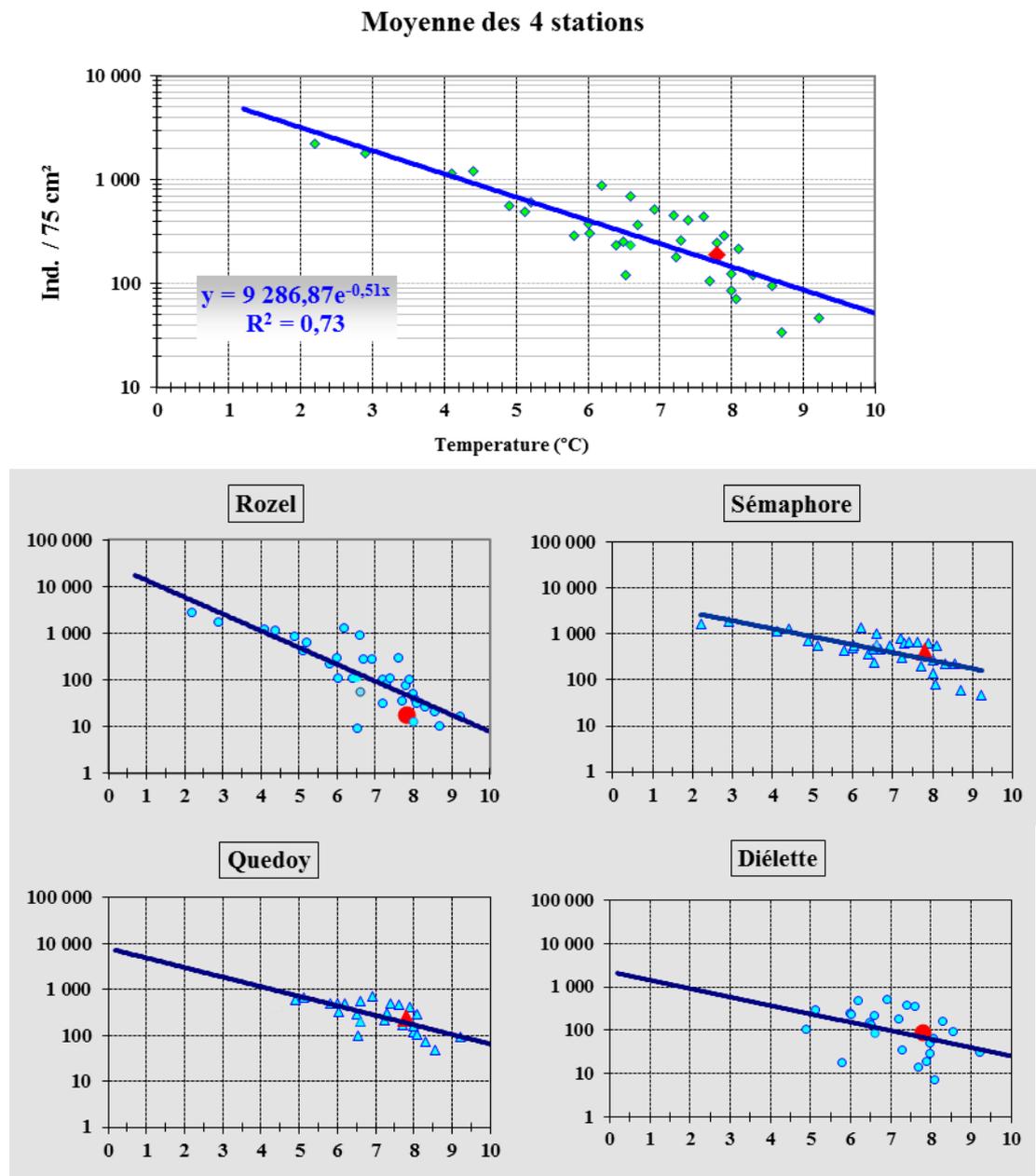


Figure 4.2.2 : Recrutement printanier des crustacés cirripèdes aux abords de Flamanville sur la période 1983/2017 (nombre d'individus par 75 cm², exprimé en fonction de la température mensuelle moyenne de l'air du mois le plus froid de l'hiver [°C]). Le recrutement 2017 est figuré en rouge

4.2.3.2 Evaluation des densités de cirripèdes

La densité moyenne de cirripèdes évaluée en septembre 2017 est à son minimum, pour la seconde année consécutive. Cette moyenne calculée à partir des valeurs enregistrées au Rozel, au Sémaphore, à Quédoy et à Diélette atteint 16 400 individus par m², valeur minimale observée depuis 1983. La moyenne calculée sur la période 1983 à 2017 atteint 37 900 individus par m² (figure 4.2.3).

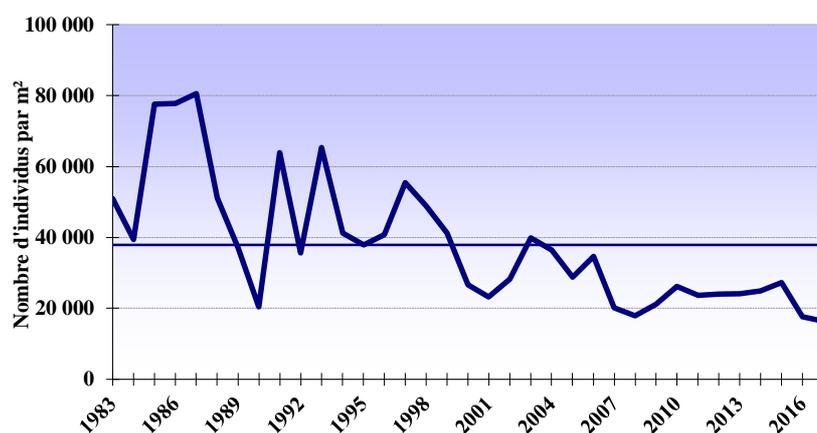


Figure 4.2.3 : Moyenne annuelle des densités de cirripèdes aux quatre stations et valeur moyenne depuis 1983

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 2017 au Rozel, au Sémaphore, à Quédoy et à Diélette restent faibles (figure 4.2.4).

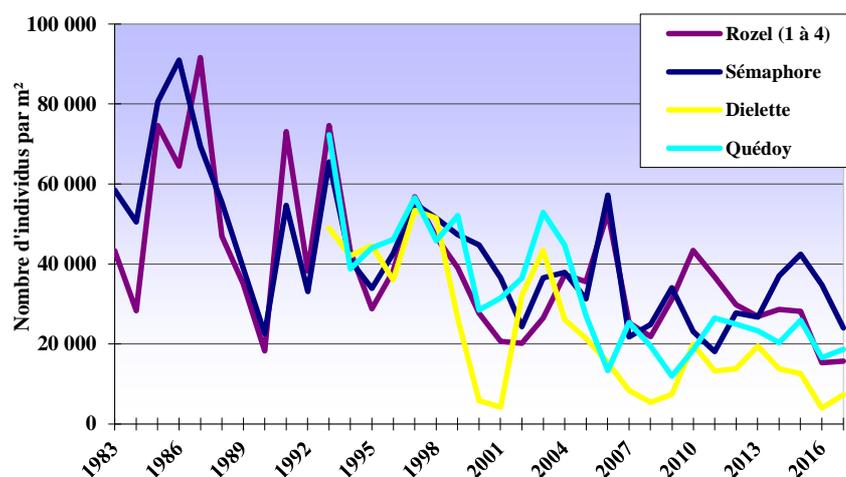


Figure 4.2.4 : Evolution des densités moyennes de cirripèdes aux différentes stations

Depuis quelques années, la densité de cirripèdes observée à Diélette reste la plus faible des valeurs échantillonnées.

C'est au Sémaphore que les densités moyennes de cirripèdes restent les plus fortes malgré une baisse des valeurs pour la seconde année consécutive.

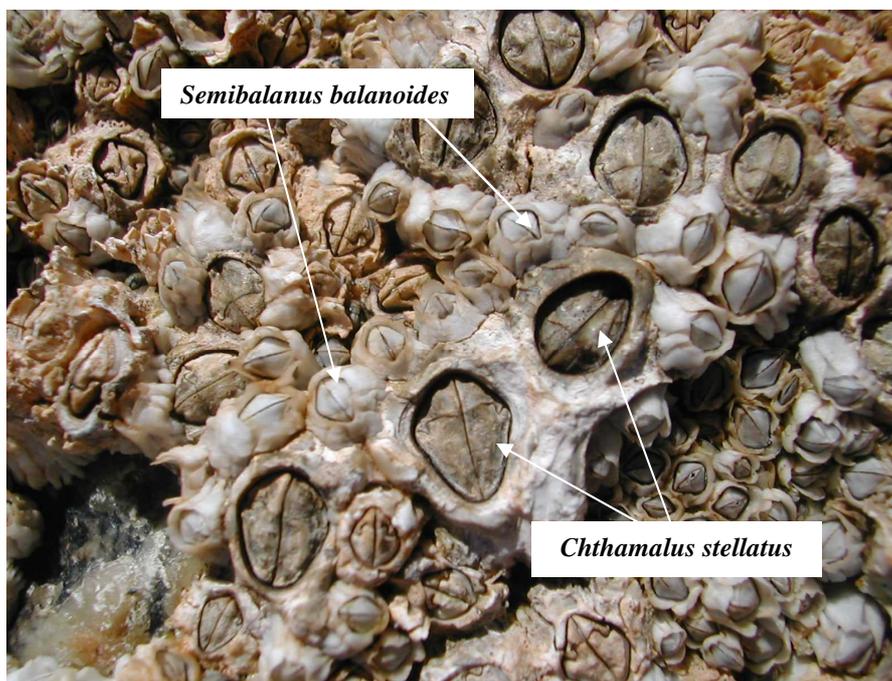
Stations	2017 Densité par m ²	Recouvrement substrat Niveau supérieur	Recouvrement substrat Niveau inférieur	Moyenne 1983/2017* 1993/2017
Sémaphore*	24 000	80 %	85 %	42 100
Rozel*	15 700	2 à 70 %	10 à 95 %	39 000
Diélette	7 300	30 %	15%	23 000
Quédoy	18 700	55 %	70 %	32 900

Tableau 4.2.3 : Densités globales des cirripèdes en 2017 (nombre d'individus par m²)

4.2.3.3 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* (photographie 4.2.9 et figure 4.2.5). 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.

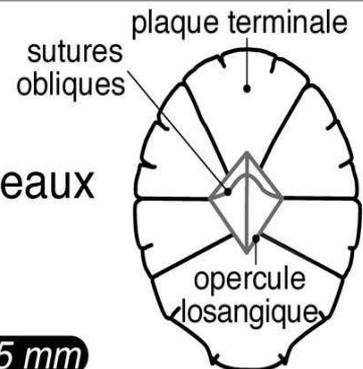


Photographie 4.2.9 : Cirripèdes à la station du Sémaphore

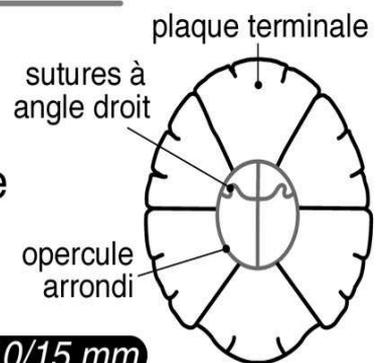
Principaux cirripèdes en zone intertidale sur Flamanville

S *semibalanus balanoides*

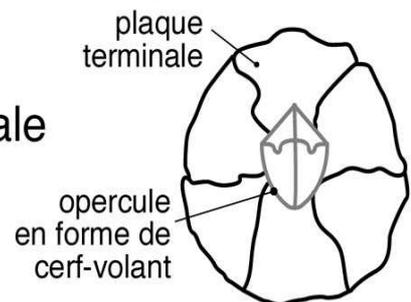
Muraille : 6 plaques
Sous les pleines mers de mortes-eaux
Atlantique, Manche ouest et est.

**15 mm****C** *hthamalus stellatus*

Muraille : 6 plaques
Niveau sup. de la zone intertidale
Zones exposées
Méditerranée, Atlantique, Manche ouest.

**10/15 mm****C** *hthamalus montagui*

Niveau sup. de la zone intertidale
Zones abritées
Méditerranée, Atlantique, Manche ouest.

**6/10 mm****E** *lminius modestus*

Muraille : 4 plaques symétriques
Origine Nouvelle-Zélande
Extension en cours

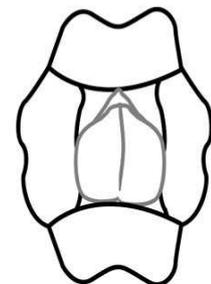
**5/10 mm**

Figure 4.2.5 : Les différentes espèces de cirripèdes rencontrées dans la région de Flamanville
(*Elminius modestus* nommé à présent *Austrominius modestus*)

4.2.3.3.1 Résultats 2017

Malgré une diminution de ses densités en 2017, *Semibalanus balanoides* reste l'espèce dominante dans la région de Flamanville depuis le début des observations. En 2017, *Semibalanus balanoides* représente en moyenne 72 % des cirripèdes présents sur ces estrans, (figure 4.2.6).

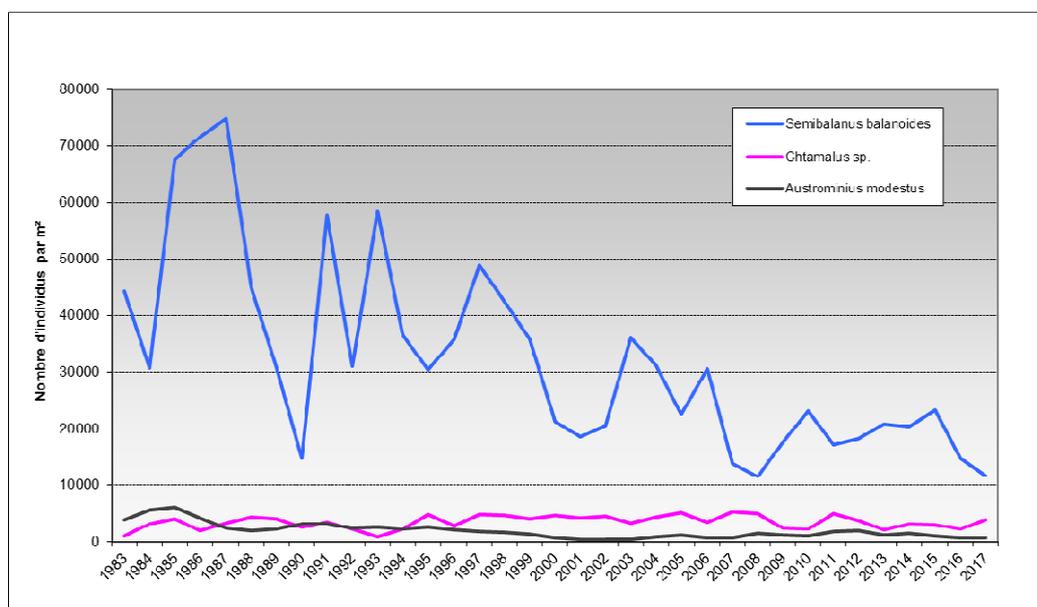


Figure 4.2.6 : Densités des quatre espèces de cirripèdes depuis 1983 aux abords de Flamanville (moyennes Rozel, Sémaphore, Quédoy et Diélette)

Cette espèce représente 86 % des cirripèdes au Rozel, 89 % à Diélette, 83 % au Sémaphore, et 42 % à Quédoy (figures 4.2.8 et 4.2.9). Les densités de *Semibalanus balanoides* diminuent au Sémaphore et à Quédoy (figure 4.2.7).

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 4.2.6). C'est au Sémaphore et à Quédoy que *Chthamalus montagui* et *Chthamalus stellatus* restent les plus denses. On note une augmentation de ces espèces à Quédoy en 2017 (figure 4.2.7).

En 2017, 24 % des cirripèdes observés aux abords du CNPE de Flamanville appartiennent à ce genre. *Chthamalus montagui* et *Chthamalus stellatus* comptabilisent en 2017, 44 % du total des cirripèdes à Quédoy, 17 % au Sémaphore, 6 % à Diélette et 4 % au Rozel (figures 4.2.8 et 4.2.9). 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, 4 % en 2017. Elle reste néanmoins constante (figures 4.2.6 et 4.2.7). C'est au Rozel que cette espèce est plus fréquente, 10 % en 2017 seulement 5 % à Diélette, 3 % au Sémaphore et 1 % à Quédoy (figures 4.2.8 et 4.2.9).

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.

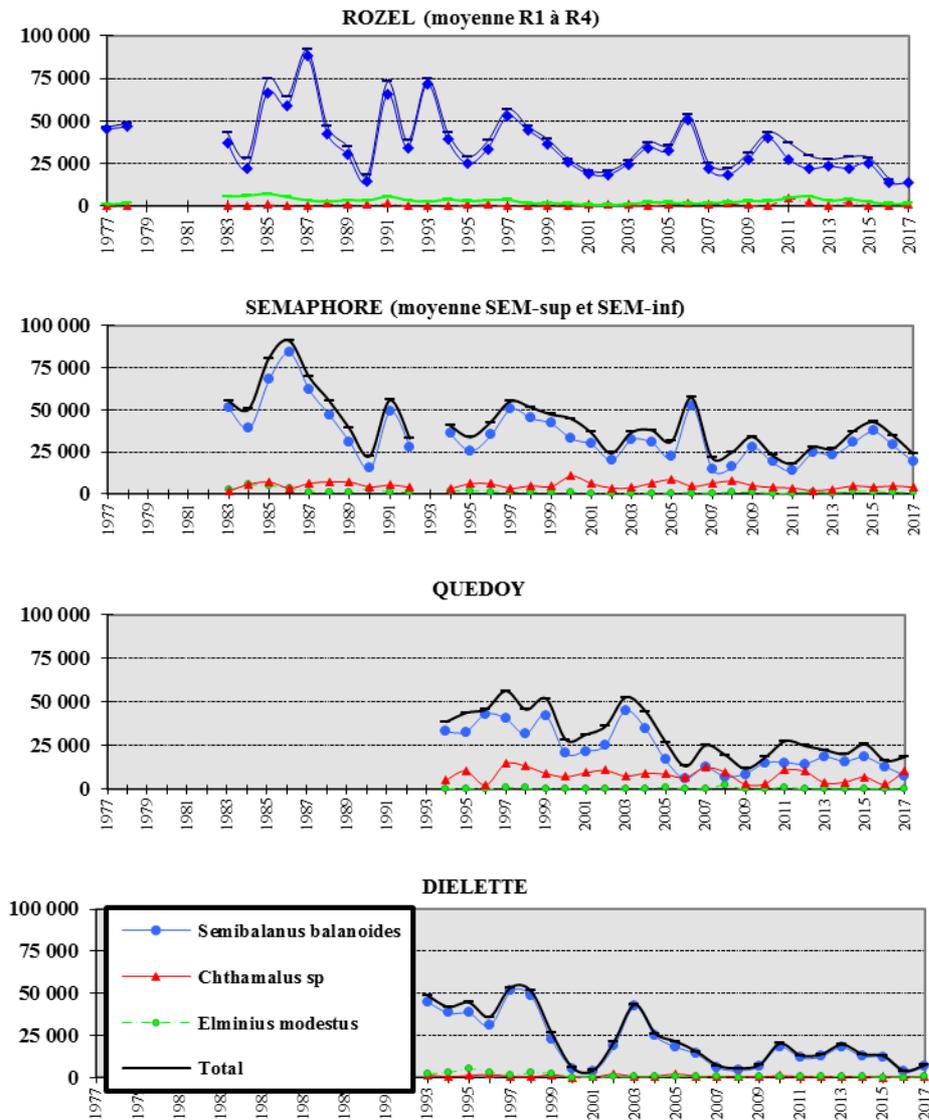


Figure 4.2.7 : Evolution des densités des quatre espèces de cirripèdes



Figure 4.2.8 : 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)

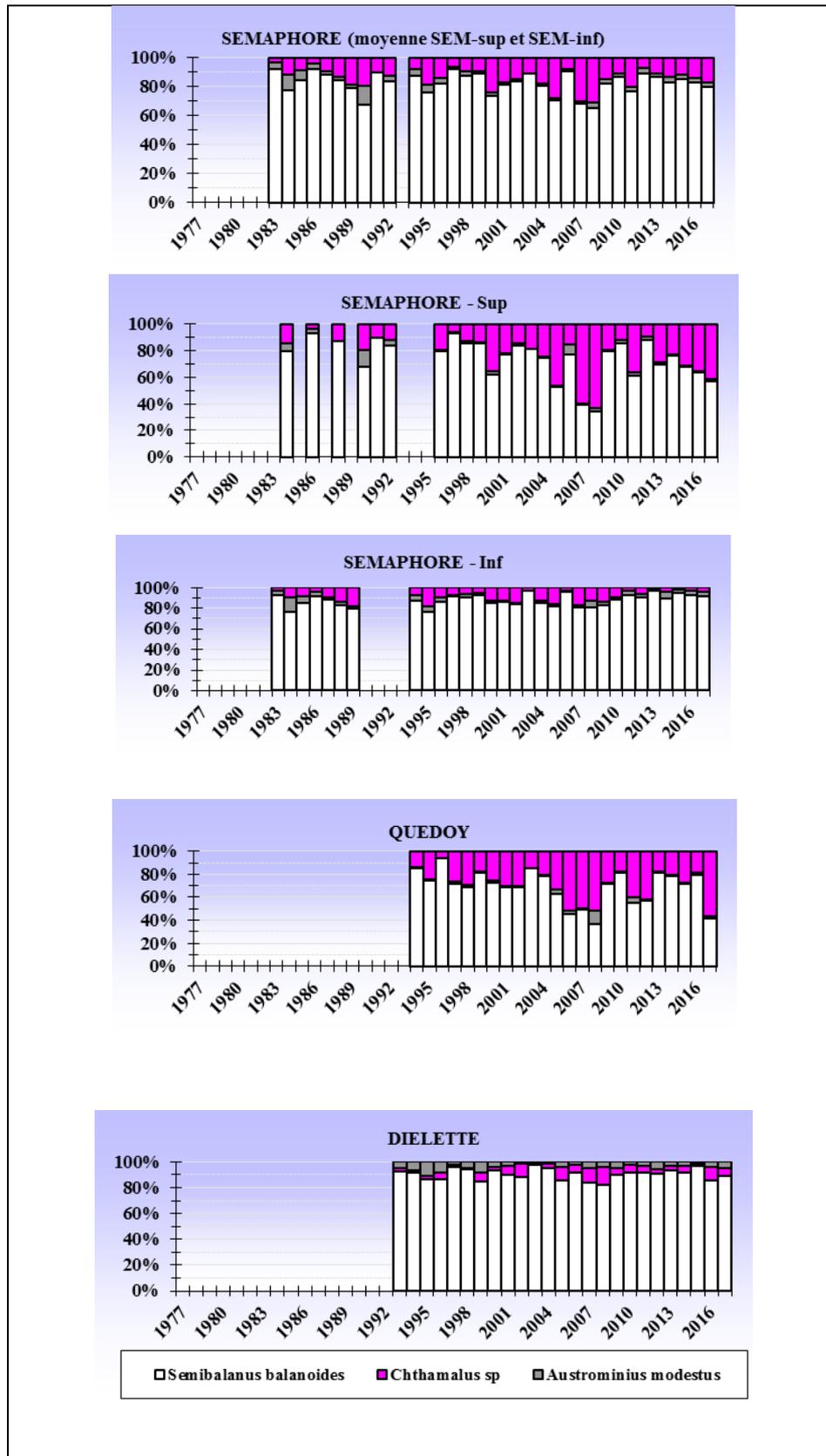


Figure 4.2.9 : Evolution en % des quatre espèces de cirripèdes au cap de Flamanville depuis 1983
(Les deux espèces de Chthamales ont été regroupées au niveau du genre)

4.2.3.3.2 Influence de la température

C'est dans la partie supérieure des ceintures de cirripèdes que se développent *Chtamalus montagui* et *Chtamalus stellatus*, espèces plus méridionales, supportant mieux des hausses de températures et une dessiccation plus longue que *Semibalanus balanoides* mais supportant moins des 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 cirripèdes dans ce secteur de l'ouest-Cotentin.

4.2.3.4 **Evaluation des densités des principales espèces accompagnatrices***Campecopea hirsuta**Nereidé**Melarhappe neritoides**Littorina saxatilis**Lasaea adansoni**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*, *Mélarhappe neritoides*), de Bivalves (*Lasaea adansoni* précédemment nommé *Lasaea rubra*), d'Annélides polychètes, d'Amphipodes, d'Isopodes (*Campecopea hirsuta*) et même d'Acariens.

Comme en 2016, c'est à la station 4 du Rozel et au Sémaphore que les espèces accompagnatrices sont les plus abondantes en cette fin d'été 2017. La diversité est toutefois plus importante à Diélette (tableau 4.2.4).

Les densités d'espèces accompagnatrices, observées aux différentes stations, sont inférieures à celles de 2016 sauf au Rozel 1 et à Diélette. Elles sont relativement faibles comparées aux valeurs obtenues les années précédentes.

	Rozel 1	Rozel 2	Rozel 3	Rozel 4	Sémaphore	Quédoy	Diélette
ANNELIDES							
<i>Nereidés</i>				45			
<i>Spionidés</i>				74			
MOLLUSQUES							
Bivalves							
<i>Lasaeidés</i>							
<i>Lasaea adansoni (rubra)</i>			64	246	167	6	7
Gastéropodes							
<i>Patellidés</i>							
Patella		19	24	149	132	51	10
<i>Littorinidés</i>							
<i>Littorina saxatilis</i>	1	13	18	93	135	6	3
<i>Melarhappe neritoides</i>	6	54	66	126	225	104	9
<i>Trochidés</i>							
<i>Gibbula pennanti</i>							3
<i>Gibbula umbilicalis</i>							9
CRUSTACES							
Amphipodes					138	11	3
<i>Sphaeromatidés</i>							
<i>Campecopea hirsuta</i>	1	19	131	134	139	45	22
ARTHROPODES							
<i>Anurida maritima</i>							3
Insectes							
<i>larves de Diptères</i>	1	51	62	591	214		
Arachnidés							
<i>Acarina</i>	6	333	333				
Total individus 2017	15	489	698	1458	1150	223	69
<i>Total individus 2016</i>	1	890	618	1381	1537	553	32
<i>Total individus 2015</i>	32	1648	3184	2208	2128	532	257
<i>Total individus 2014</i>	40	1152	1777	3159	1240	392	217
<i>Total individus 2013</i>	1424	2042	3136	6432	1948	693	849
<i>Total individus 2012</i>	80	1235	1622	2996	2072	608	540
<i>Total individus 2011</i>	486	2936	2144	9208	1776	624	1508

Tableau 4.2.4 : Faune associée aux cirripèdes, nombre d'individus par m², septembre 2017

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 importante. Ainsi sur la radiale du Rozel, seulement 15 individus par m² ont été

comptabilisés au niveau supérieur (Rozel 1), alors que 1458 individus au niveau inférieur (Rozel 4).

La présence de *Patella* sp. reste stable depuis 1983 (figure 4.2.10).

Les abondances de *Lasaea adansoni* (précédemment *Lasaea rubra*) sont très irrégulières avec des pics importants en 1987, 1997 et 2004, les valeurs 2017 restent faibles.

La densité moyenne de *Melarhaphe neritoides* observée en 2017 est en chute.

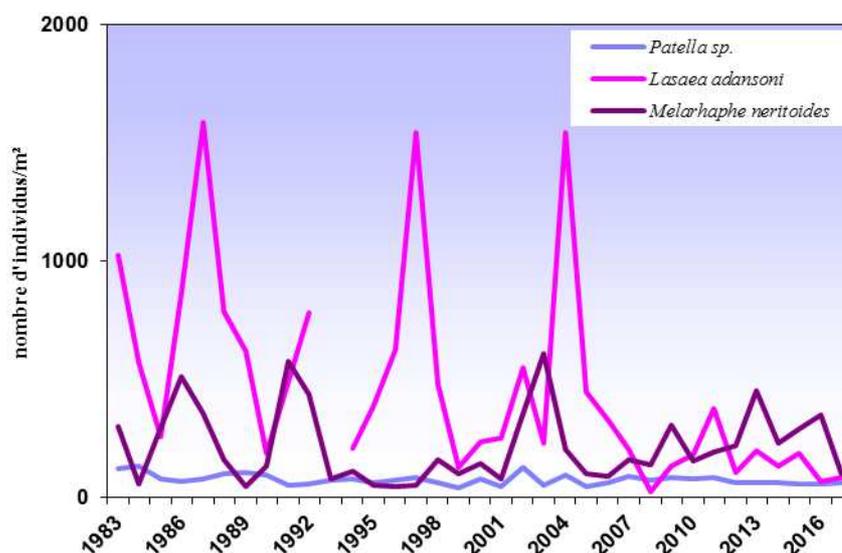


Figure 4.2.10 : Evolution des densités des principaux mollusques présents dans les populations de cirripèdes (moyennes des 4 stations suivies) de 1983 à 2017

Les densités de *Littorina saxatilis* en chute depuis 1985 restent au plus bas depuis quelques années. En 2017, cette espèce est quasi absente à Diélette et à Quédoy. Très abondante au Sémaphore au début de la surveillance, la baisse de ses densités depuis 1985 est remarquable (figures 4.2.11).

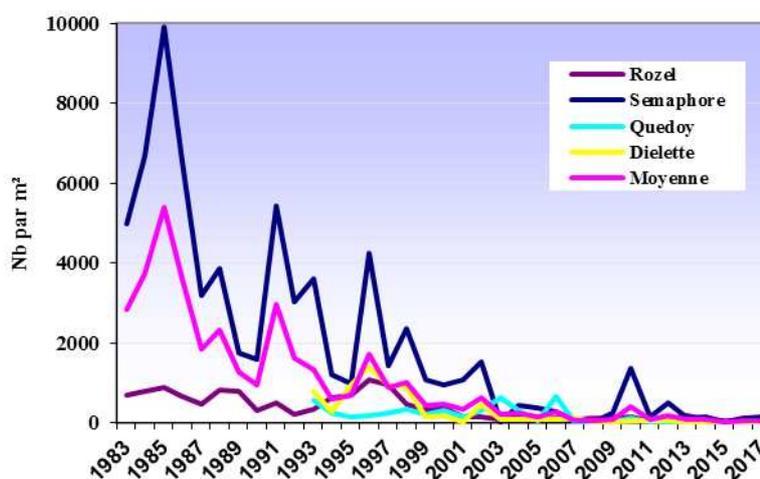


Figure 4.2.11 : Evolution des densités de *Littorina saxatilis* associées aux cirripèdes de 1983 à 2017

4.2.4 Conclusion - Population de cirripèdes

Le **recrutement** des cirripèdes évalué près du CNPE de Flamanville en 2017 reste dans les plus faibles valeurs observées depuis 1983. Néanmoins, les cirripèdes juvéniles sont relativement plus nombreux en 2017 qu'en 2016 à toutes les stations. Le recrutement reste plus faible au Rozel et plus important au Sémaphore et ce depuis 2011.

La **densité** moyenne de cirripèdes évaluée en septembre 2017 se maintient à sa valeur minimale pour la seconde année consécutive. C'est au Sémaphore que les densités moyennes de cirripèdes restent les plus fortes malgré une baisse des valeurs pour la seconde année consécutive.

Les températures relativement douces en 2017 n'ont pas favorisé 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. Une augmentation des densités est d'ailleurs observée à Quédoy en 2017.

La présence d'*Austrominius modestus* dans le peuplement reste faible et néanmoins constante. Elle est plus fréquente au Rozel.

4.3 Conclusion

Concernant les Fucales de Diélette et les Cirripèdes de la région de Flamanville, les résultats des observations faites au cours de l'année 2017 n'indiquent pas d'influence directe des rejets de la centrale

5 Le domaine halieutique

Etude et rapport réalisés au sein de l'Ifremer par

*Christophe
Ivan*

*Loots
Schlaich*

*(RBE/HMMN/LRHBL)
(RBE/HMMN/LRHPB)*

*avec la collaboration
pour les missions en mer de*

*Josselin
Sophie
Jérôme*

*Caboche
Parrad
Quinquis*

*(RBE/HMMN/LRHBL)
(RBE/HMMN/LRHPB)
(RBE/HMMN/LRHPB)*

5.1 Larves de crustacés décapodes

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.

5.1.1 Historique du suivi

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.

5.1.2 Suivi actuel

Depuis 1987, quatre points (figure 1.2.1 page 27), différents de ceux suivis auparavant, sont échantillonnés entre juin et septembre, un point *canal* situé au niveau du canal d'aménée 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)⁴⁵ 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 page 188).

5.1.2.1 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 µm ; Smith et Richardson, 1977⁴⁶). 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

45 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.

46 Smith, P.E., Richardson, S. 1977. Standard techniques for pelagic fish egg and larval surveys. *FAO Fisheries Technics Pap.* 175:100 pp.

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 réplikat.



Photo 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., 1980 47) d'ouverture rectangulaire (L=2m; l=0,80 m) muni d'un filet conique de 3 mètres de longueur et de 1250 µm de maille. Un trait est réalisé en sub-surface à la vitesse de 2 noeuds.



Photo 2 : Déploiement du filet neuston

Les volumes filtrés (Vf) sont calculés à partir des indications de volucompteurs kc-denmark montés à l'entrée des filets selon la formule :

$$Vf = NTrs \times \alpha \times S$$

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 Ysi.

5.1.2.2 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 197848, Lelièvre et al. 201049).

47 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.

48 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.

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) 50.

5.1.3 L'année 2017

En 2017, les campagnes se sont déroulées les 16 juin, 04 juillet, 17 juillet, 04 août, 17 août et 31 août (annexe 5.1.1).

5.1.3.1 L'araignée de mer (*M. brachydactyla*)

Les abondances des larves d'araignée de mer en 2017 sont présentées dans la figure 5.1.1 et l'annexe 5.1.2.

En 2017, le pic d'abondances de larves a été bien cerné par l'échantillonnage et a été observé lors de la campagne du 04 août. Les abondances étaient généralement plus fortes au *point 3* sauf pour la campagne du 17 août où elles l'étaient au *point référence*. Les abondances étaient très faibles voire nulles aux *points canal* et *rejet*. Ce sont principalement des zoés stade 1 qui ont été observées avec une quantité non-négligeable de stade 2 entre mi-juillet et mi-août et des quantités très faibles du stade mégalo.

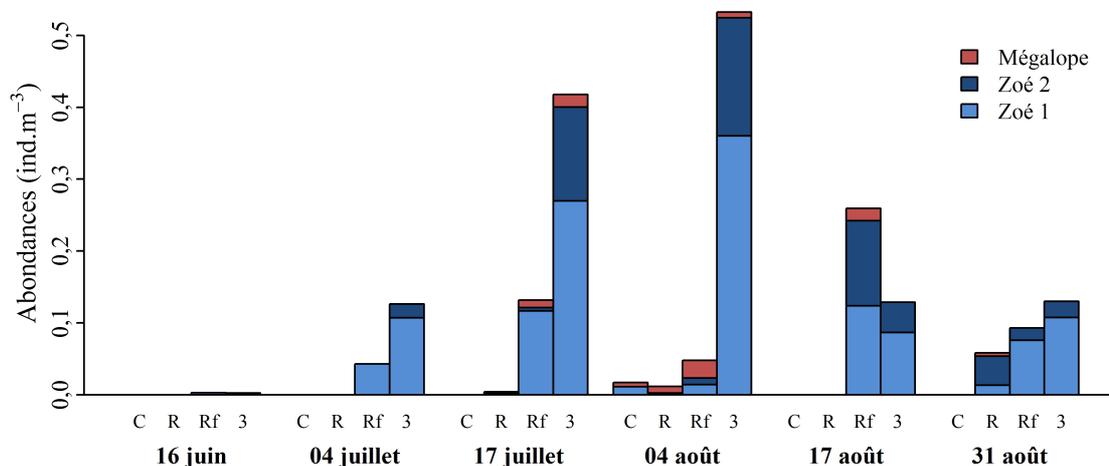


Figure 5.1.1 : Abondances totales (moyennes des deux réplicats en ind.m^{-3}) des larves d'araignée de mer sur le site du CNPE de Flamanville en 2017 en fonction de la date, du point de prélèvement (C., canal; R., rejet; Rf., référence; 3, Point 3) et du stade développement

49 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.

50 Martin, J. 2001. Les larves de crustacés décapodes des côtes françaises de la Manche. Identification, période, abondance. IFREMER, France, 175 pp.

L'évolution des abondances des larves d'araignée de mer sur le site du CNPE de Flamanville depuis 1987 sont présentées en figure 5.1.2.

Pour le stade zoé, les abondances sont clairement supérieures au *point 3* par rapport aux autres points. L'année 2017 montre des abondances au *point 3* semblables à celles observées ces dernières années et qui sont parmi les plus élevées de toute la série. Aux points *référence*, les abondances de 2017 sont inférieures à celles de 2016 mais restent parmi les plus fortes depuis 1987. Aux points *canal* et *rejet*, les abondances en 2017 restent très faibles par rapport aux autres points comme depuis le début du suivi actuel.

Pour le stade mégalope, les abondances observées depuis 1987 sont clairement supérieures au *point 3* et au point *référence*. L'année 2017 montre des abondances supérieures à 2016 (sauf pour les points *référence* et *rejet*), légèrement supérieures à celles observées ces trois dernières années, mais inférieures aux maximums observés depuis le début de la série, notamment au *point 3* et *référence*.

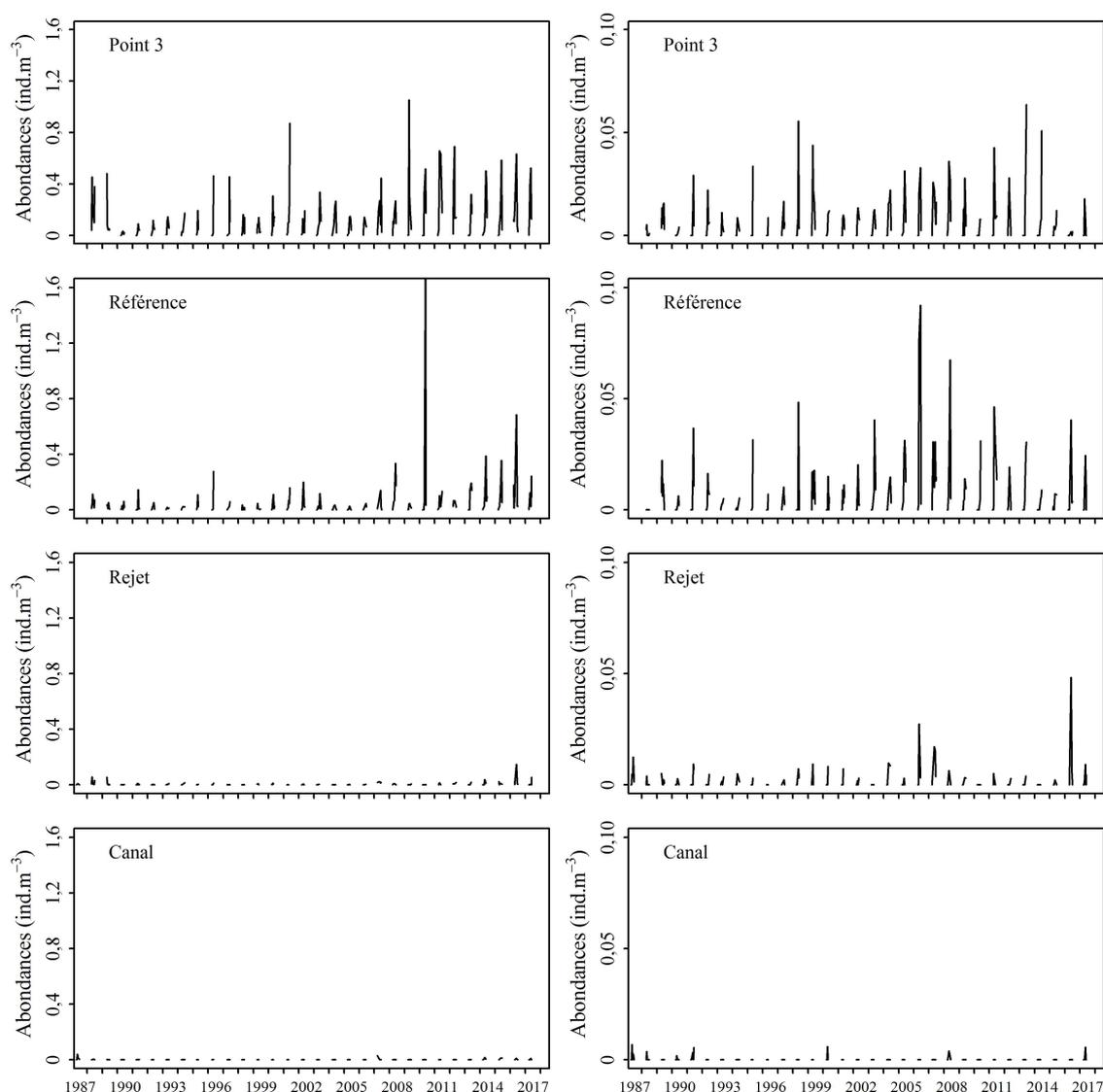


Figure 5.1.2 Evolution des abondances (ind.m^{-3}) des stades zoé (gauche) et mégalope (droite) d'araignée de mer aux points canal, rejet, référence et point 3 depuis 1987 sur le site du CNPE de Flamanville

5.1.3.2 Le homard (*H. gammarus*)

Les abondances des larves de homard en 2017 sont présentées dans la figure 5.1.1 et l'annexe 5.1.3.

En 2017, une seule larve de zoé de stade 1 a été observée au *point 3* lors de la campagne du 04 juillet.

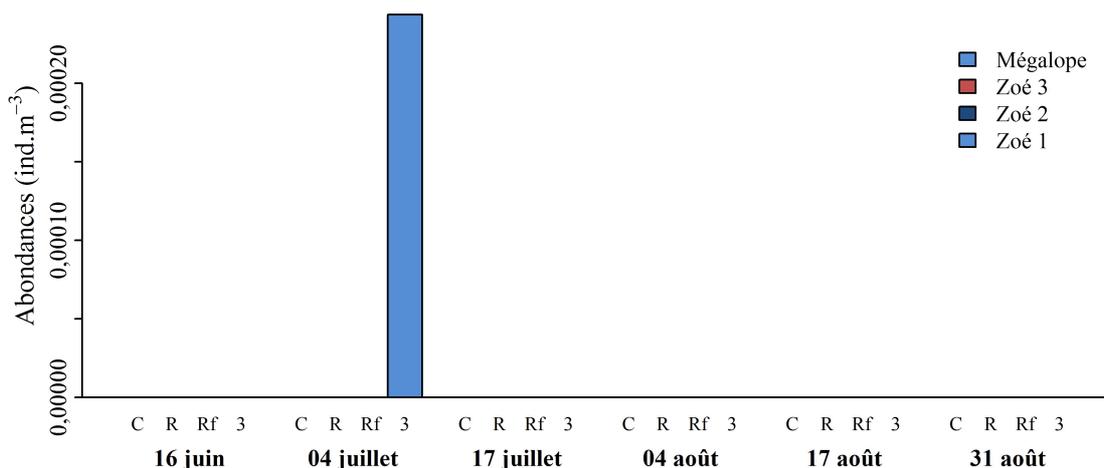


Figure 5.1.3 : Abondances ind.m⁻³ des larves de homard sur le site du CNPE de Flamanville en 2017 en fonction de la date, du point de prélèvement (C., canal; R., rejet; Rf., référence; 3, Point 3) et du stade développement.

L'évolution des abondances de homard sur le site du CNPE de Flamanville depuis 1987 sont présentées en figure 5.1.4.

Les abondances observées en 2017 sont parmi les plus faibles de la série, en particulier aux points *référence* et *point 3* où elles sont les plus fortes, comparées à celles des autres points. Au *point 3*, il n'a jamais été rencontré d'aussi faibles abondances tandis qu'il faut remonter à 2013 pour observer des abondances nulles au point *référence*.

L'absence de larves dans nos prélèvements reflète soit des abondances effectivement très faibles en 2017, soit un biais dû à la période d'échantillonnage. En effet, il est possible que la ponte du homard ait été plus précoce cette année et que la période échantillonnée qui elle est centrée sur l'araignée de mer n'ait pas permis d'échantillonner correctement la fin du pic d'abondances des larves de homard. De plus, du fait des contraintes météorologiques et de marée, la première campagne a dû être réalisée de nuit alors que les larves de homard sont connues pour être plus facilement capturables de jour car elles remontent à la surface pour se nourrir. Cependant, lors des années précédentes, des larves avaient été capturées durant toute la période échantillonnée, ce qui n'est pas le cas cette année alors que les campagnes suivantes ont bien été réalisées de jour. La période d'échantillonnage n'a donc eu que peu d'influence et il est fort probable que les abondances en 2017 soient effectivement réellement plus faibles que durant les autres années.

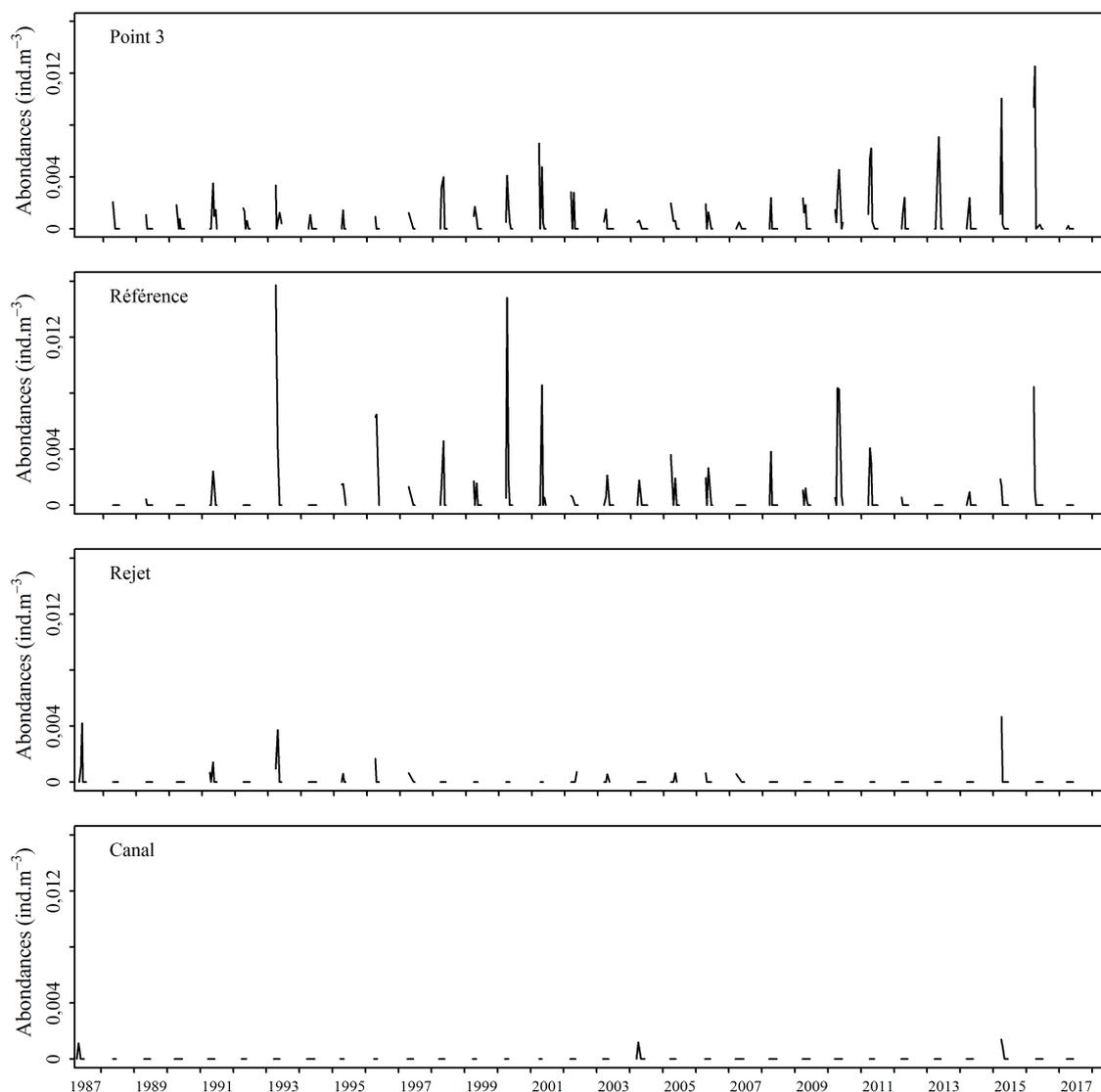


Figure 5.1.4 Evolution des abondances (ind.m^{-3}) des larves de homard aux points canal, rejet, référence et point 3 depuis 1987 sur le site du CNPE de Flamanville

5.1.4 Conclusion

Pour l'araignée de mer, l'année 2017 montre comme les années précédentes des abondances plus fortes au *point 3* pour les zoés et au *point 3* et *référence* pour les mégalopes. Pour les zoés, l'année 2017 confirme la tendance des plus fortes abondances observées depuis ces dernières années sur l'ensemble de la série. Pour les mégalopes, l'année 2017 montre des abondances légèrement supérieures à 2016 mais qui restent dans la tendance basse observée depuis 2015. Pour le homard, l'année 2017 semble être une année très particulière puisque c'est la première fois que des abondances aussi faibles ont été enregistrées au *point 3* sur l'ensemble de la série historique. L'absence de larves dans nos prélèvements reflète soit des abondances effectivement très faibles en 2017, soit un biais dû à la période d'échantillonnage. En effet, il est possible que la ponte du homard ait été plus précoce cette année et que la période échantillonnée qui elle est centrée sur l'araignée de mer n'ait pas permis d'échantillonner correctement la fin du pic d'abondances des larves de homard. De plus, du fait des contraintes météorologiques et de marée, la première campagne a dû être réalisée de nuit alors que les larves de homard sont

connues pour être plus facilement capturables de jour car elles remontent à la surface pour se nourrir. Cependant, lors des années précédentes, des larves avaient été capturées durant toute la période échantillonnée, ce qui n'est pas le cas cette année alors que les campagnes suivantes ont bien été réalisées de jour. La période d'échantillonnage n'a donc eu que peu d'influence et il est fort probable que les abondances en 2017 soient effectivement réellement plus faibles que durant les autres années.

5.2 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 pour lesquels le plan d'échantillonnage n'a pas varié.

5.2.1 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 2017 a été réalisé à partir des données extraites du SIH pour l'année 2016.

5.2.1.1 Flottille

En 2016, la flottille est répartie de la façon suivante :

- 2 bateaux à Goury,
- 8 à Dielette,
- 20 à Carteret
- 3 à Portbail,

5.2.1.2 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 2016, 18 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 pour la plupart 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 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 mortes-eaux. 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 mais 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 2016 et sont répertoriées dans le tableau 5.2.1.

Année 2016	Mois											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Casier à crustacés	8	14	16	16	16	15	17	17	16	16	13	13
Casier à bulot	2	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12
Casier à seiche				5	4							
Filet à sole									1	2	1	1
Filet à raie	3	4	4	4	2				3	3	3	3
Palangre Divers	3	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Chalut de fond Sole					1	1	1		1			
Chalut à perche	2	2	1	2	3	7	6	4	4			
Drague à coquille	5	5	5	4	3					6	6	6

1 : Nombre de navires ayant pratiqué au moins une fois un métier dans le mois

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bateaux inactifs	15	5	3	3	3	2	2	3	2	2	3	4
Bateaux actifs	18	28	30	30	30	31	31	30	31	31	30	29
Total	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33

Tableau 5.2.1 : Périodes d'activités des métiers pratiqués par la flottille du nord-ouest Cotentin (Source SIH)

5.2.1.3 Production

En 2016, les déclarations faites par les professionnels fréquentant le secteur de Flamanville (source SIH Ifremer) font apparaître une production de 201 tonnes de crustacés. Le plus gros des apports est composé de homard et de tourteaux dont les poids débarqués sont respectivement de 71 et 77 tonnes. L'araignée arrive en troisième position avec 52 tonnes.

La production de buccin est de 1276 tonnes. Cette quantité est très proche de ce qui avait été déclaré en 2015 et représente 77 % des captures totales réalisées dans cette zone.

D'autres espèces, parmi lesquelles on trouve : la coquille Saint Jacques (82 T) et les pétoncles (5 T) représentent la totalité des captures de bivalves en 2016.

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 (14,5 T) est stable par rapport à 2015. 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 (23,7 T), mais aussi par d'autres espèces de séliaciens (roussettes, émissole) pour 31,3 T ou bien encore la sole (5,5 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 2016 la production déclarée par cette flottille est de 1655 tonnes. Elle indique une stabilité par rapport à 2015. 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, exhaustive pour l'année 2016.

5.2.2 Pêches expérimentales

Les pêches expérimentales aux casiers ont été réalisées au cours des mois de juin et septembre 2017.



Photo 5.2.1 : Casiers à crustacés utilisés

5.2.2.1 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 5.2.1).

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.

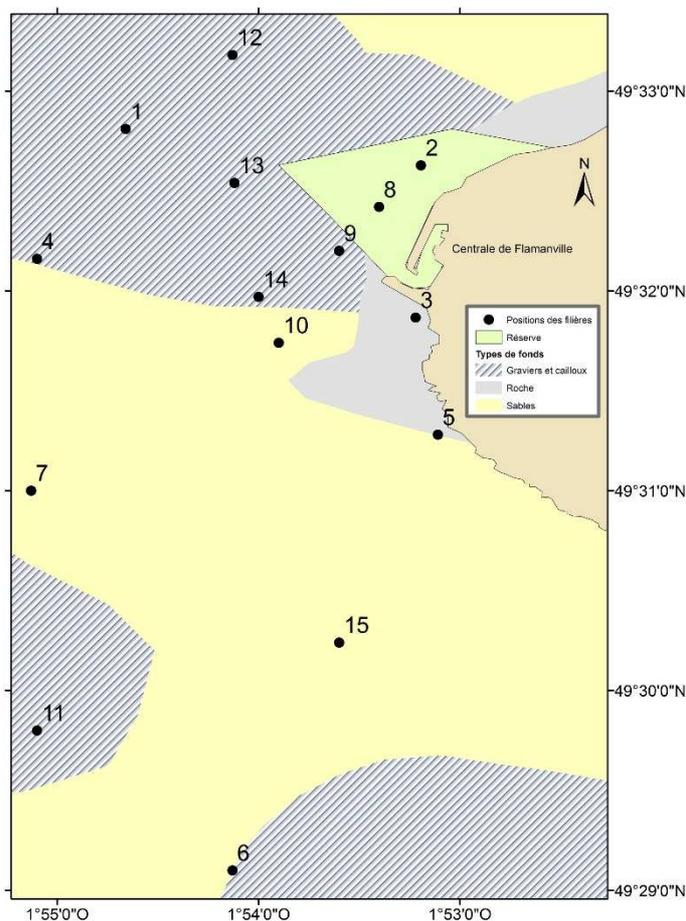


Figure 5.2.1 : Faciès sédimentaire du site étudié (d'après Larssonneur) et localisation des points échantillonnés

Chaque campagne comporte quatre jours de pêche consécutifs (sauf conditions météorologiques défavorables) au cours d'une marée de mortes-eaux.

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.

Calendrier des sorties

En 2017 les missions en mer ont été réalisées du 12 au 15 juin et du 16 au 19 septembre. 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 la centrale 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.

Mission	Date	Nombre de filières	Nombre de casiers relevés
Juin	12	15	430
	13	15	430
	14	15	430
	15	15	430
Septembre	16	15	430
	17	15	430
	18	15	430
	19	15	430

Tableau 5.2.2 : Dates des campagnes 2017, nombre de filières et de casiers relevés

Observations réalisées

Les observations réalisées en 2017 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.

5.2.2.2 Principaux résultats

Les résultats de l'année 2017 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 33 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 :

$$W = aLc^b$$

avec W = poids (en g)
et Lc = longueur céphalothoracique ou largeur du céphalothorax (mm)

*Homard

➤ Rendements

Les rendements (nombre d'individus pêchés pour 80 casiers relevés) observés en juin et septembre sont en baisse en 2017. Malgré tout cette tendance, est en dehors de quelques fluctuations temporelles en augmentation depuis les années 1999-2000. La mise en place de la réserve en 2000 a certainement contribué à ce phénomène. Les rendements y sont en effet au plus haut lors de la campagne de septembre. Cette année encore, les conditions météorologiques ainsi qu'une houle importante dans ce secteur, n'ont pas favorisé les captures de homards lors de la campagne du premier semestre. Lors des deux campagnes, les captures moyennes ont été multipliées par 10 depuis le plus bas historique en 1987. Elles sont respectivement de 76 et 68 individus pour 80 casiers sur l'ensemble de la zone étudiée selon qu'il s'agisse des campagnes de juin et septembre. Sur l'ensemble des deux campagnes le rendement moyen est de 72,4 ind./80 casiers. Après un plus fort historique en septembre 2015, cette valeur est proche de celle observée en 2012. Elle fait suite à une longue série temporelle de plus de dix ans pendant laquelle les rendements ont augmenté de façon régulière.

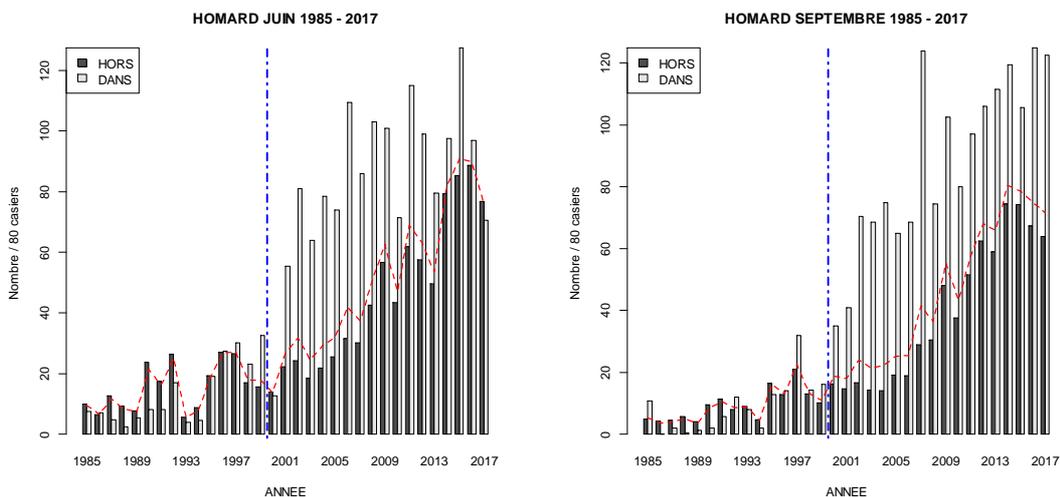


Figure 5.2.2 : Evolution de l'abondance du homard "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (- - globale). Le pointillé bleu correspond à l'année de création du cantonnement.

Les points de prélèvement 2 et 8 placés dans la réserve (Dans) ont habituellement une productivité très nettement supérieure aux autres filières (annexe 5.2.1) et participaient jusqu'à présent, à plus du tiers à l'indice global (Fig. 5.2.2).

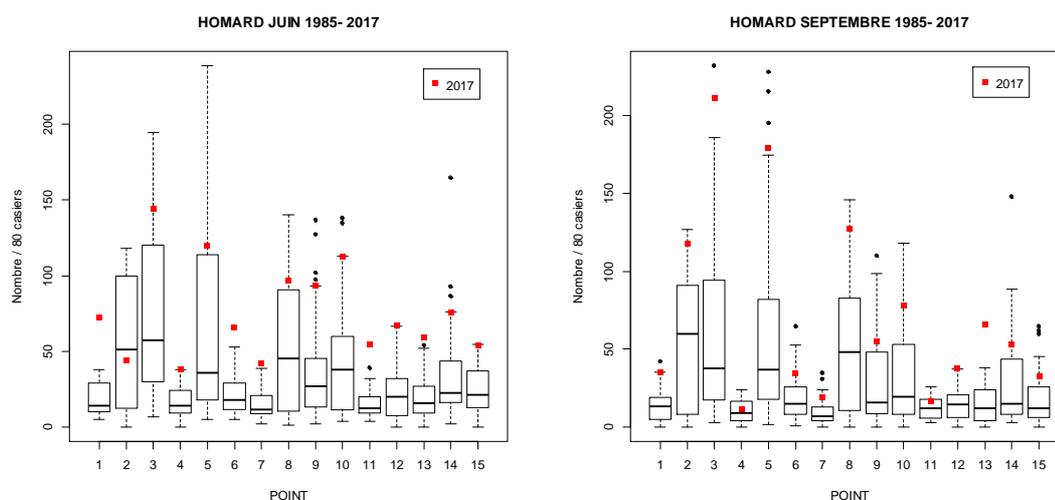


Figure 5.2.3 : Evolution de l'abondance des homards par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (●) 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 211 et 179 individus pour 80 casiers en septembre. Ces filières pourtant en dehors de la réserve, représente des rendements situés bien au-dessus de ce qui est généralement observé depuis le début de la série historique (Fig.5.2.3). Elles ont même des rendements égaux ou supérieurs à ceux observés dans la réserve puisque ces derniers ne dépassent pas en moyenne les 130 ind./80 casiers cette année. 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 mais aussi au sud de celle-ci. C'est aussi le cas des filières 9, 10 et 14 dont les abondances 2017 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 ont comptabilise presque 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 20 ind./80 casiers lors de la campagne de septembre. Toutefois quelle que soit la campagne les rendements moyens enregistrés dans les différentes filières du large (1,4,6,7,11,15) sont souvent proches des plus hauts historiques.

➤ Répartition des tailles

Les profils de taille sont très proches entre les deux campagnes. La taille moyenne des homards capturés en 2017 est de 81 mm (Fig.5.2.4). La proportion d'individus de taille commerciale en dehors des points 2 et 8 est de 19%, alors que la même proportion est de 70% 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 plus de 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 80% par des individus dont la taille du céphalothorax est nettement inférieure à 87 mm. Depuis 2006, la taille moyenne des homards capturés a diminué en moyenne de 8mm sur l'ensemble de la zone prospectée (Fig. 5.2.4). Ceci correspond environ à la croissance annuelle des individus de cette taille lors de la mue estivale.

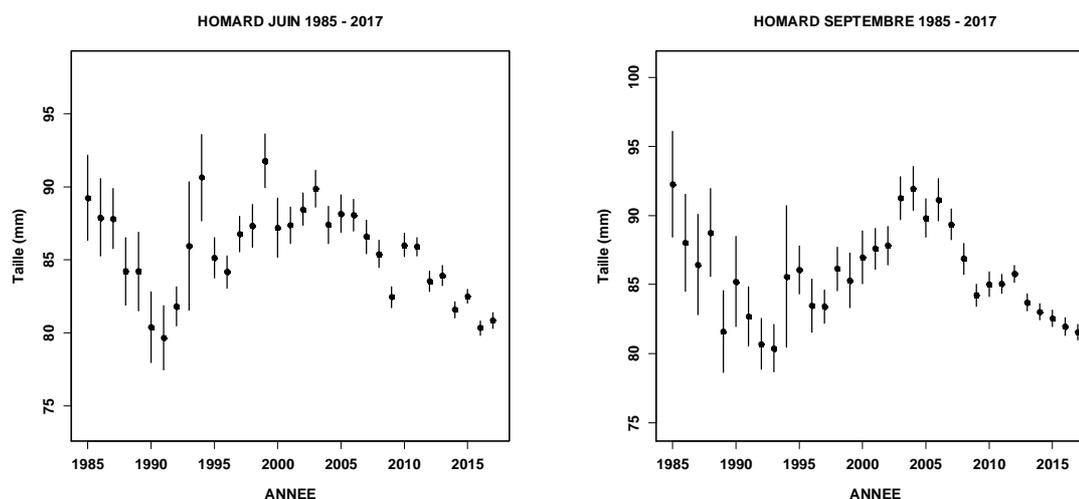


Figure 5.2.4 : Evolution de la taille moyenne des homards depuis 1985

➤ 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 2017 est de 358 g (annexe 5.2.1). 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 (Fig. 5.2.5). La fraction la plus jeune de la population est certainement mal échantillonnée. 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 la vie benthique de cette phase juvénile.

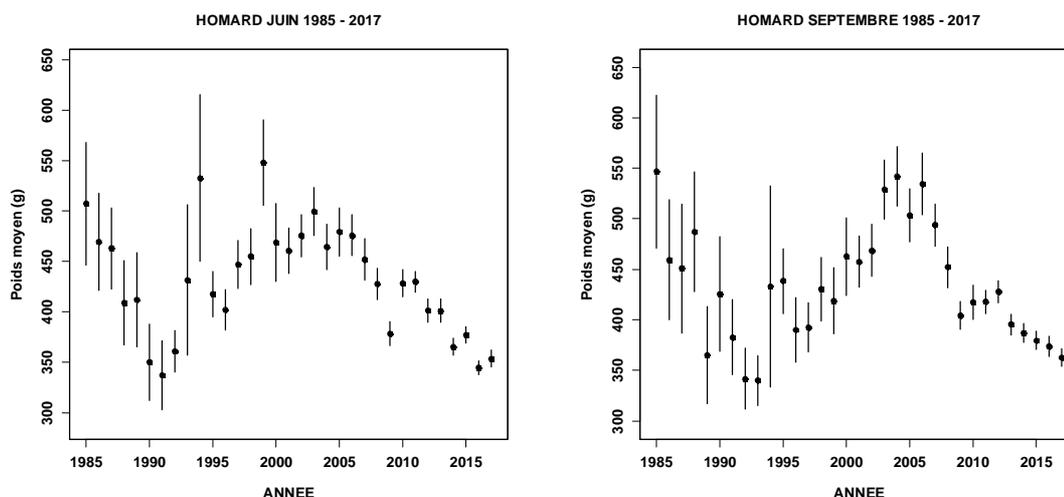


Figure 5.2.5: Evolution du poids moyen des homards capturés depuis 1985

A l'instar de ce qui est observé pour la taille, le poids moyen diminue depuis 10 ans.

➤ 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 : 49% des individus sont de sexe mâle en 2017. Cette proportion peut varier de 61% au niveau de la filière 4 à 28% (Annexe 2.2.1) pour la filière 8 lors de la campagne de juin.

La filière 8, dont les individus capturés ont une taille moyenne est de 9,5 mm, regroupe le plus grand nombre de femelles œuvées observées lors de chaque campagne.

5.2.2.2.1 Le tourteau (*Cancer pagurus*)

➤ Evolution temporelle des rendements

L'année 2017 montre des abondances très différentes entre juin et septembre (Fig. 5.2.6 courbe rouge) avec des indices respectifs de 71 et 25 ind./80 casiers. Les filières situées au sud du cantonnement, à la différence des années antérieures, ne représentent plus les rendements (Fig. 5.2.7) élevés généralement observés par le passé.

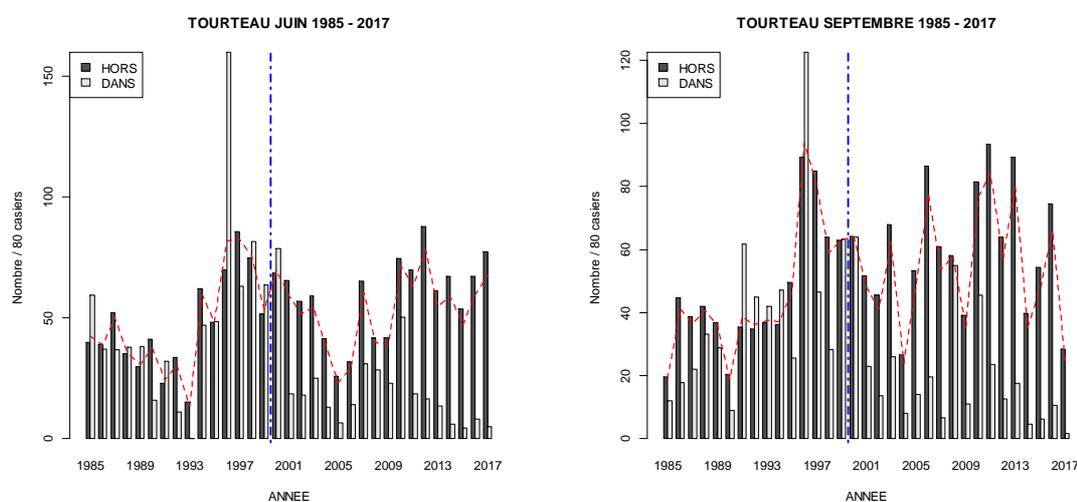


Figure 5.2.6 : Evolution de l'abondance du tourteau "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (- - globale). Le pointillé bleu correspond à l'année de création du cantonnement

Les filières 9, 10, 14 ont ainsi des rendements respectifs de 43, 25, 36 individus pour 80 casiers en septembre et sont proches de plus bas historiques.

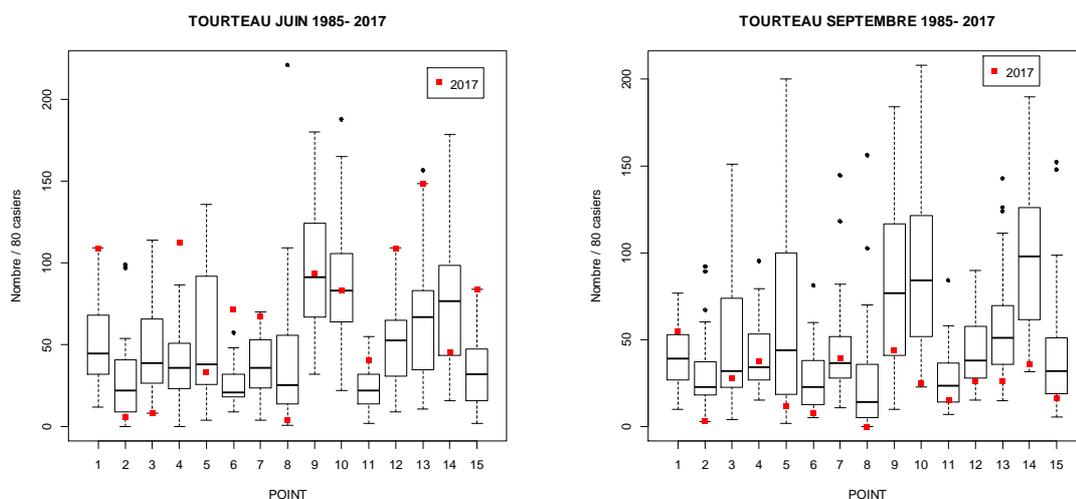


Figure 5.2.7 : Evolution de l'abondance des tourteaux par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (●) indique l'année en cours.

Les rendements les plus faibles sont observés dans les filières situées aux points 2 et 8 dans la réserve (Fig. 5.2.7) mais aussi 3 et 5 le long de la falaise (Annexe 5.2.2).

➤ Répartition des tailles

La taille moyenne des individus capturés (largeur) lors des campagnes 2017 est de 123 mm. En dehors de fluctuations temporelles elle n'a pas significativement évolué depuis 1985 (Fig. 5.2.8). Par contre la campagne de juin montre une diminution significative de la taille depuis 2006. Elle se situe autour de 123 mm sur l'ensemble des deux campagnes.

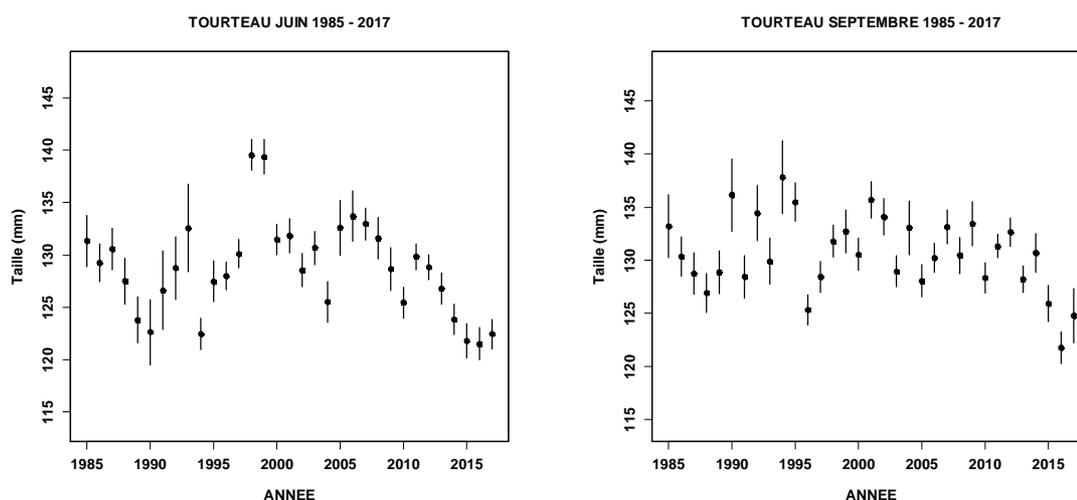


Figure 5.2.8 : Evolution de la taille moyenne du tourteau depuis 1985

Seuls 29% des individus capturés sont de taille commerciale en 2017. 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 comme 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 $b=2,848$

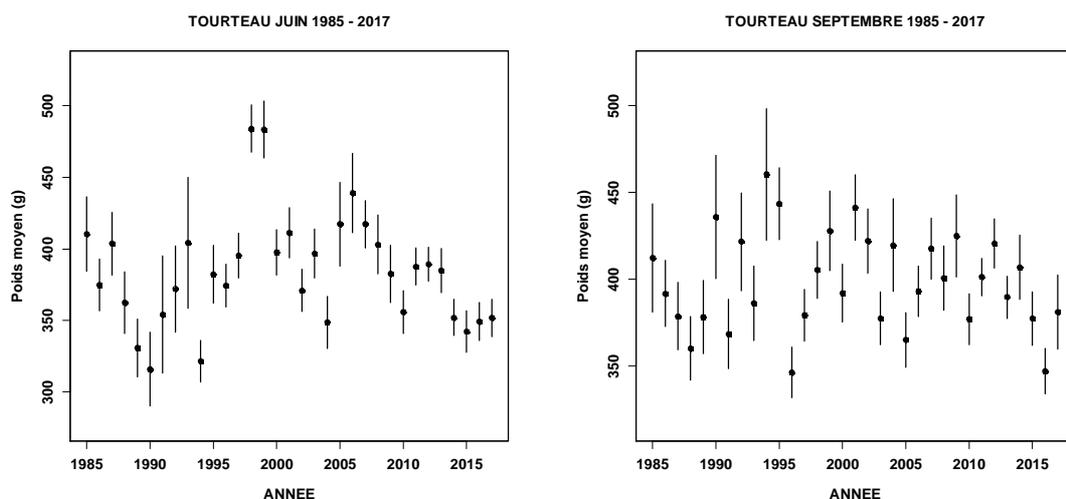


Figure 5.2.9 : Evolution du poids moyen des tourteaux capturés depuis 1985

Il est de 345 g sur l'ensemble des deux campagnes annuelles et n'a pas, en dehors des fluctuations temporelles, varié de façon significative depuis 1985 (Fig. 5.2.9).

➤ Proportion des sexes

Le sex-ratio des captures est composé à 58% de mâles (annexe 5.2.2) et ne varie pas entre juin et septembre.

5.2.2.2 L'araignée (*Maja brachydactyla*)

➤ Evolution temporelle des rendements

Les rendements 2017 sont de 33 individus pour 80 casiers. Ils sont supérieurs à ceux de 2016 aussi bien en juin qu'en septembre (Fig. 5.2.10). Cette année encore, la campagne de juin met en évidence des captures exceptionnelles de mâles dans la réserve alors que rendements de septembre sont proches de ce qui est généralement observé dans ce secteur.

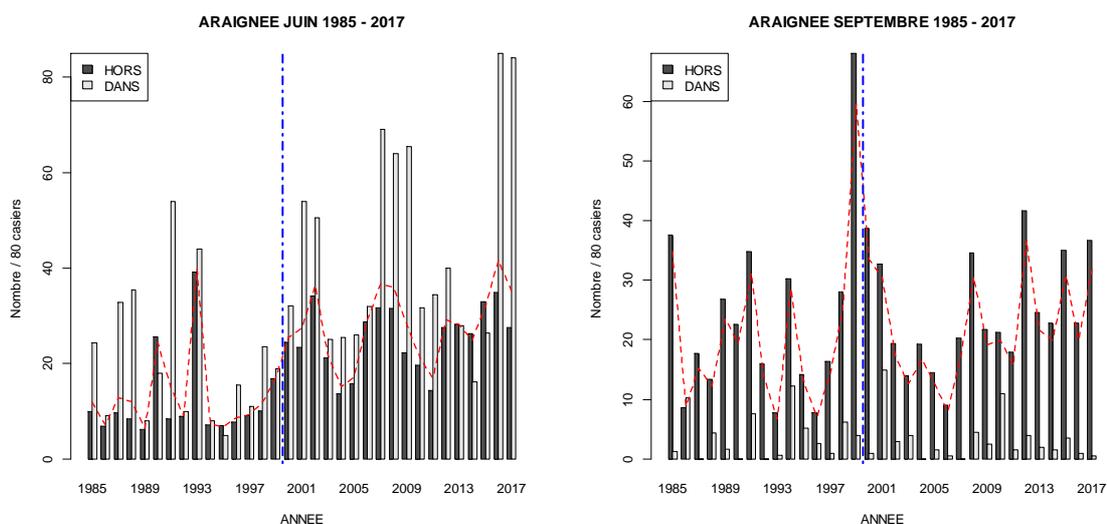


Figure 5.2.10 : Evolution de l'abondance de l'araignée "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (- - globale). Le pointillé bleu correspond à l'année de création du cantonnement.

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 septembre.

A contrario, les meilleurs rendements sont réalisés dans la zone exploitée par les professionnels (Fig. 5.2.11). Les captures les plus importantes sont observées lors de la campagne de septembre dans les filières 6, 11, 15 sur les fonds sableux situés au sud de la zone. Cela s'explique par le fait que les araignées, arrivées au printemps, 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 79, 73 et 50 individus pour 80 casiers en 2017.

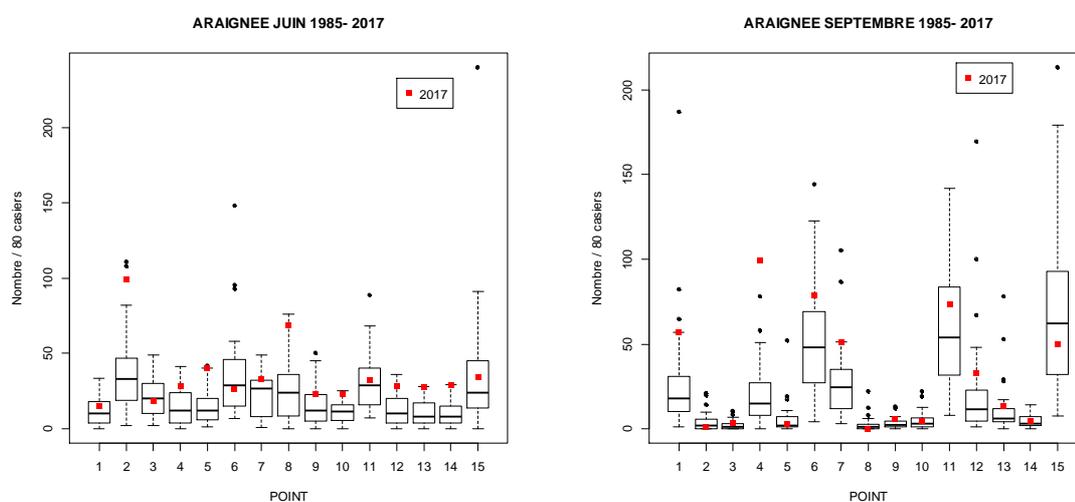


Figure 5.2.11 : Evolution de l'abondance des araignées par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (●) indique l'année en cours.

➤ Répartition des tailles

La longueur céphalothoracique moyenne des araignées capturées en 2017 est de 108 mm (Fig. 5.2.12). La taille moyenne des captures est très proche de ce qui est généralement observé depuis 1985, avec une petite différence cette année du fait de la présence plus important de mâles généralement plus grands, lors de la campagne de juin. Le pourcentage d'individus de taille commerciale est de 50 % au mois de juin et de 37% (annexe 5.2.3) sur l'ensemble des deux campagnes. 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.

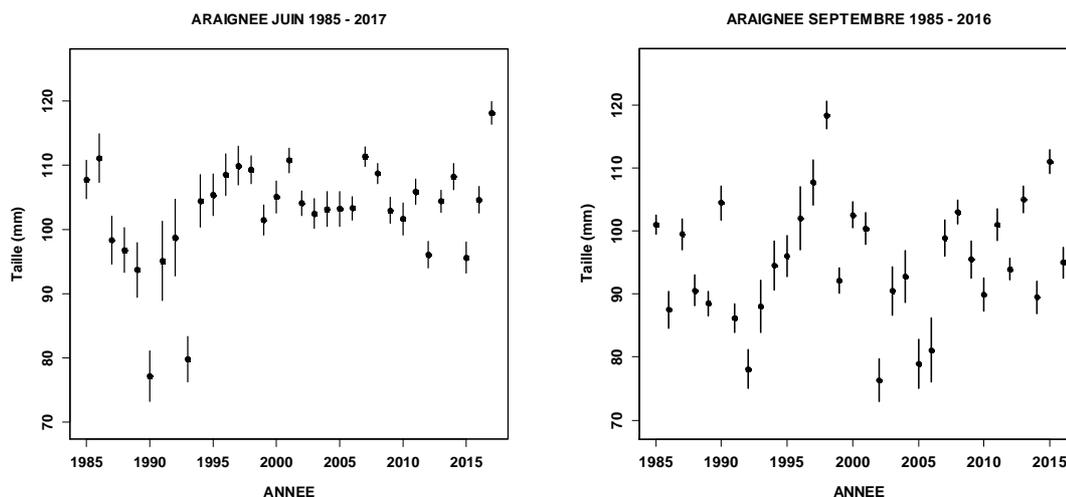


Figure 5.2.12 : Evolution de la taille moyenne des araignées depuis 1985

➤ 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 2017 montre que le poids moyen (608 g) se situe dans la partie supérieure de ce qui est observé depuis les années de référence au mois de juin. La campagne de septembre n'est pas très 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.

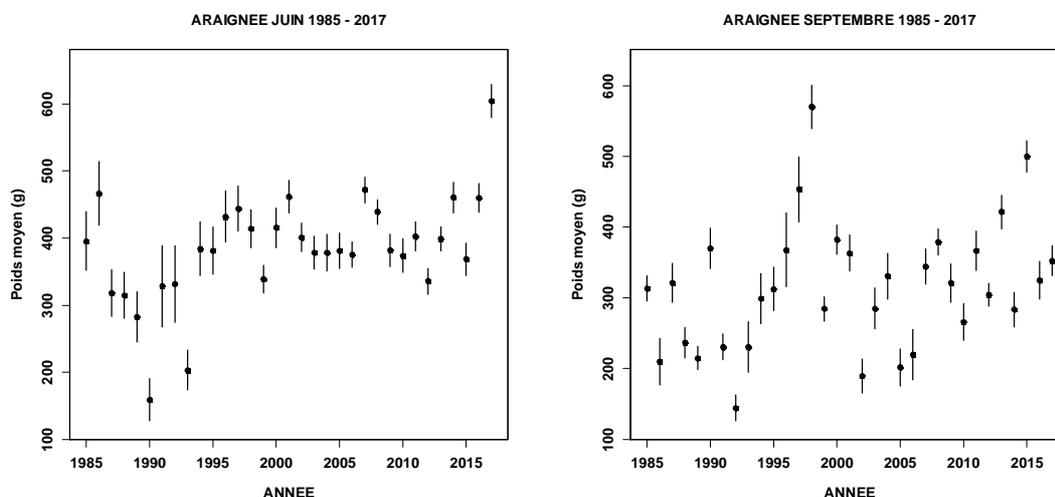


Figure 5.2.13 : Evolution du poids moyen des araignées capturées depuis 1985

➤ Proportion des sexes

La proportion de mâles est de 91% en juin (annexe 5.2.3) et met en évidence un déséquilibre rarement observé à ce point sur l'ensemble de la zone.

5.2.2.2.3 L'étrille (*Necora puber*)

➤ Evolution temporelle des rendements

Les rendements se maintiennent à un niveau semblable aux années précédentes (Fig. 5.2.14).

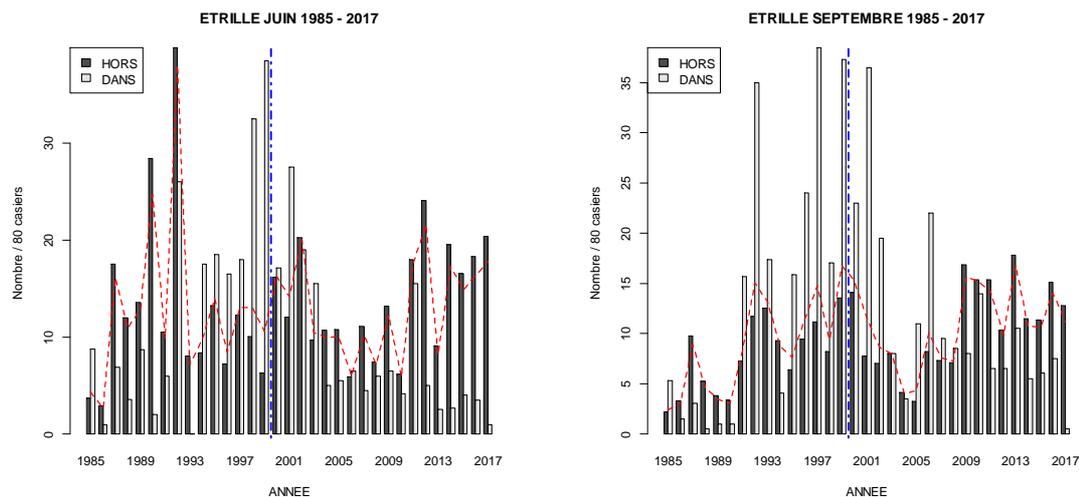


Figure 5.2.14 : Evolution de l'abondance de l'étrille "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (- - globale). Le pointillé bleu correspond à l'année de création du cantonnement.

Ils sont respectivement de 19 et 11 individus pour 80 casiers selon qu'il s'agisse de la campagne de juin ou septembre. Les abondances sont beaucoup plus importantes dans la zone exploitée par les professionnels que dans celle interdite à la pêche où les étrilles sont quasiment inexistantes cette année.

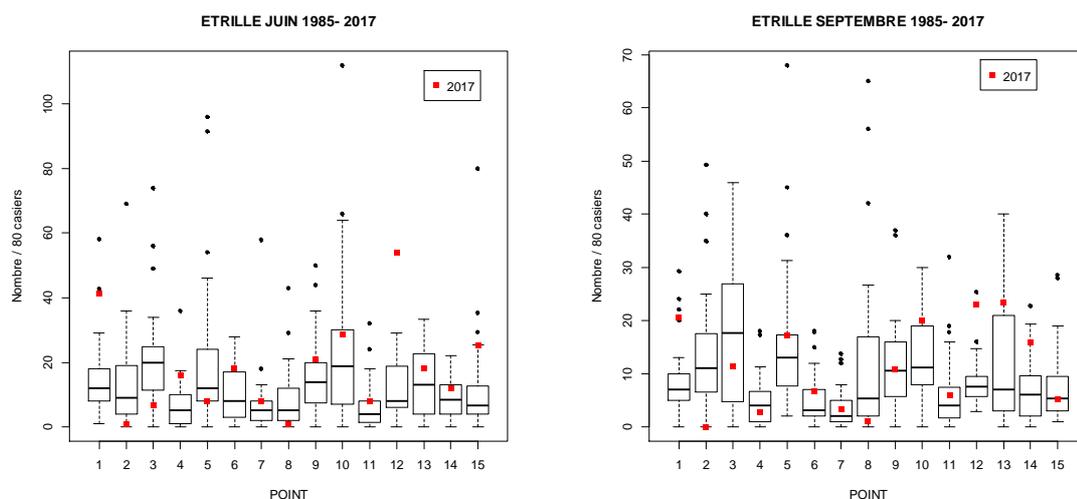


Figure 5.2.15 : Evolution de l'abondance des étrilles par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-); la boîte englobe 50 % des valeurs (□); les moustaches, 80 % des valeurs (┌). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (●) indique l'année en cours.

Le rendement moyen le plus important est enregistré lors de la campagne de juin aux points 1 et 12 avec respectivement 41 et 54 individus pour 80 casiers (Fig. 5.2.15).

➤ Répartition des tailles

En 2017, la taille moyenne est de 50 mm. En dehors de quelques fluctuations inter-annuelles, l'étude des longueurs moyennes de l'étrille met en évidence une certaine stabilité de la taille depuis une quinzaine d'années (Fig. 5.2.16) alors que sur une période beaucoup plus longue la tendance reste à la diminution.

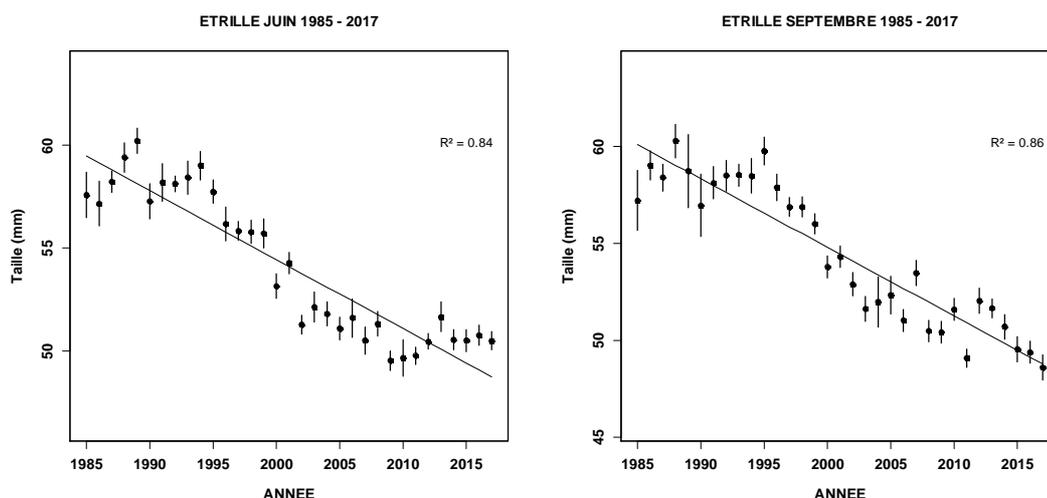


Figure 5.2.16 : Evolution de la taille moyenne des étrilles depuis 1985

En effet, on observe une diminution significative de la taille moyenne qui passe de 61mm en 1989 à 50mm en 2017. 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 toutefois de 57%.

➤ 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 2017 est de 85 g sur l'ensemble des deux campagnes annuelles (Fig. 5.2.17). 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 diminue encore.

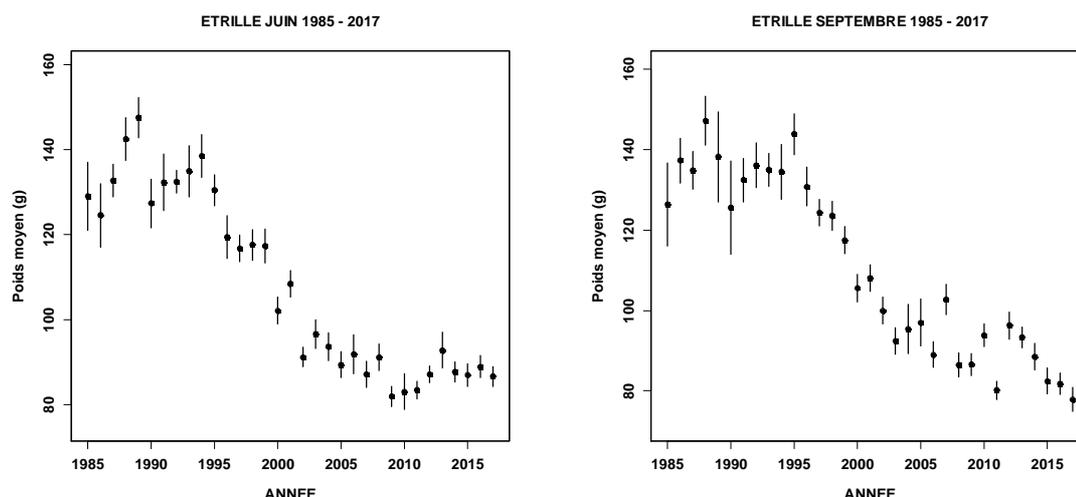


Figure 5.2.17 : Evolution du poids moyen des étrilles capturées depuis 1985

➤ Proportion des sexes

Comme chaque année, le sex-ratio des individus capturés (annexe 5.2.4) est déséquilibré en faveur des mâles (71%).

➤ Proportion d'individus mous

Le pourcentage d'individus en période de mue est de 17 % sur l'ensemble des deux campagnes ce qui correspond aux années précédentes.

5.2.2.2.4 Buccin et paguridés

Les filières 6, 7, 11 et 15 situées au sud du cap de Flamanville, représentent 91% des captures de buccins (annexe 5.2.5). 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 0,6 individu pour 10 casiers (Fig. 5.2.18) alors que ceux concernant les paguridés sont de 1,1 ind./10 casiers. Ces indices sont parmi les valeurs les plus faibles enregistrées depuis le début de la série historique.

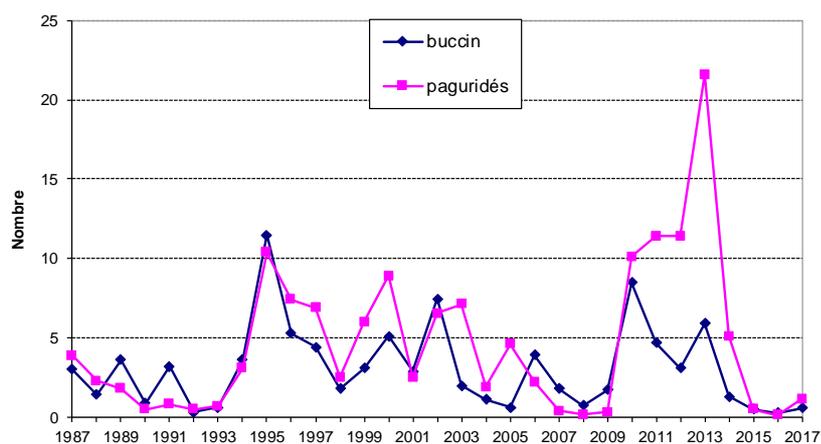


Figure 5.2.18 : Rendements des bulots et paguridés en nombre d'individus pour 10 casiers

5.2.2.3 Zone du Cantonnement

5.2.2.3.1 Le homard

En 2017, les filières 2 et 8 ont des rendements respectifs de 44 et 97 homards pour 80 casiers lors de la campagne de juin et de 118 et 127 pour celle de septembre (Fig. 5.2.19). Les prélèvements réalisés au second semestre montrent une stabilité des captures les cinq dernières années dans cette zone avec des rendements proches de la médiane.

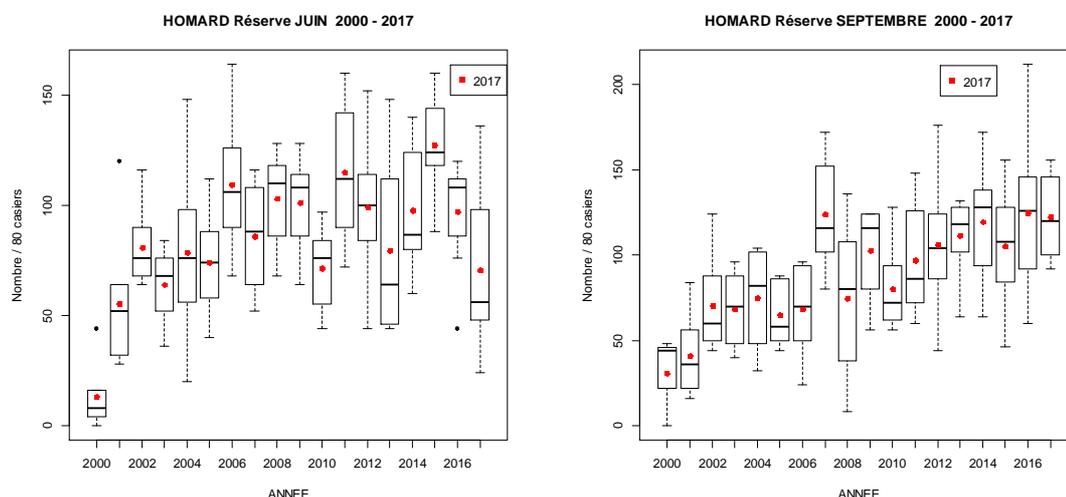


Figure 5.2.19 : Evolution de l'abondance du homard par année de prélèvement depuis 2000. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (●) indique l'année en cours.

Le nombre de femelles œuvées capturées dans la réserve est de 8 ind./80 casiers lors de la campagne de juin et de 8,5 ind./80 casiers en septembre.

La taille moyenne y est de 92 mm (Fig. 5.2.20) alors qu'à l'extérieur la majorité des individus ne dépasse pas les 81 mm (Fig. 5.2.4) et est pour la plupart immatures. Après une forte

augmentation de la taille moyenne suite la création du cantonnement, il faut noter une stabilité relative de cette dernière depuis 2007. La proportion d'individus supérieurs à la taille commerciale est de 70% alors qu'il n'est que de 19% dans la zone exploitée par les professionnels.

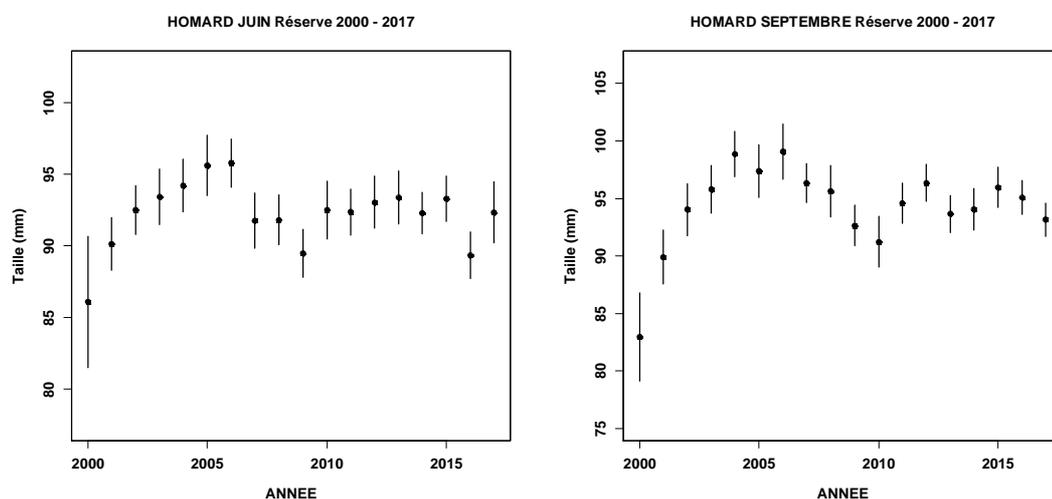


Figure 5.2.20 : Evolution temporelle de la taille moyenne des homards dans le cantonnement depuis 2000

5.2.2.3.2 Le Tourteau

Les rendements sont particulièrement faibles cette année (Fig. 5.2.21). Ils sont de 3 individus pour 80 casiers sur l'ensemble du cantonnement.

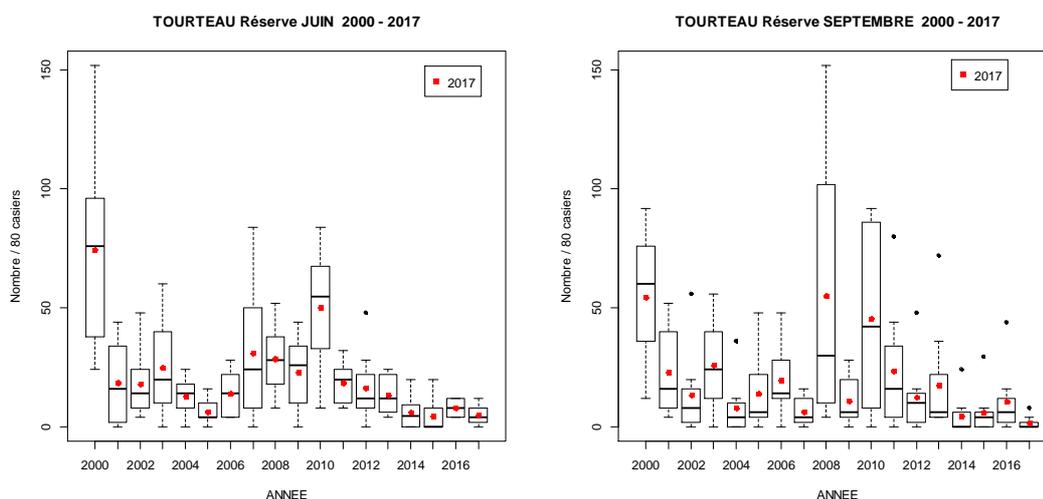


Figure 5.2.21 : Evolution de l'abondance du tourteau par année de prélèvement depuis 2000. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (●) indique l'année en cours.

Le graphe du mois de juin montre que la taille moyenne augmente surtout en juin cette année (Fig. 5.2.22). Toutefois le faible nombre d'individus capturés ne permet pas de donner à cette valeur une tendance significative.

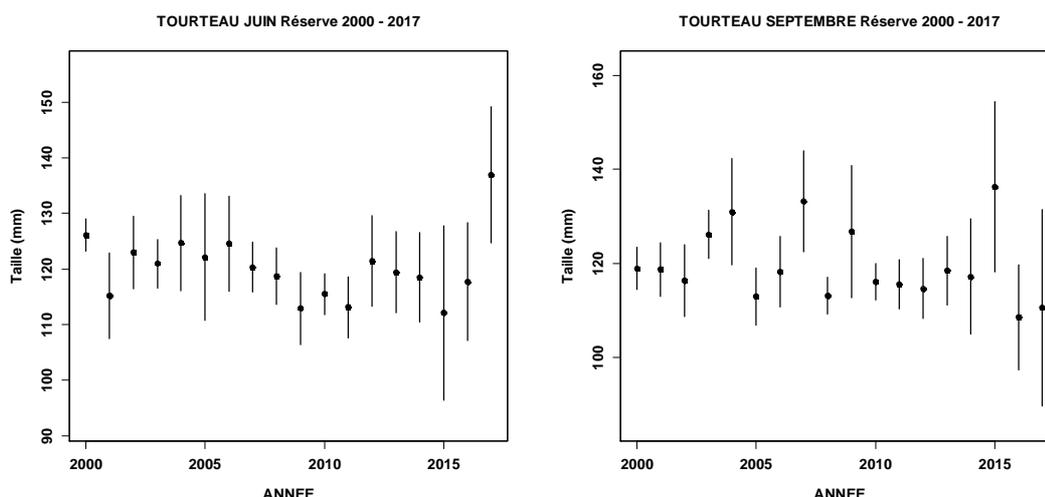


Figure 5.2.22 : Evolution temporelle de la taille moyenne des tourteaux dans le cantonnement depuis 2000

5.2.3 Conclusion

* En ce qui concerne les captures réalisées par les professionnels on peut noter une légère diminution des débarquements par rapport à 2015. 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 2016 a été d'environ 1655 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 2017. Ainsi les quantités de homards diminuent alors que les professionnels indiquent encore cette année avoir réalisé une bonne année pour cette espèce même s'ils confirment une diminution du nombre de plus grands individus. Comme en 2015 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 conditions de marché 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. 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, les campagnes montrent que les abondances en homard sont cette année encore parmi les plus fortes jamais enregistrées. Ceci 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 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 semble que la population profite encore cette année d'une augmentation du nombre de pré-recrues dont les densités sont supérieures

aux plus hauts historiques. Ils sont observés au sud du cantonnement de Flamanville. Cette population importante de petits individus, dont la taille L_c est inférieure à 86 mm, devrait avoir pour effet de maintenir la taille moyenne à un niveau bas, d'autant plus que l'effort de pêche important dans cette zone ne permet à la fraction composée des plus grands individus de se développer. Les jeunes homards représentent en 2017 plus 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 méta-populations du Golfe normand breton par dispersion larvaire ou d'une meilleure survie des larves en lien avec l'augmentation de la température. Il serait intéressant de faire en complément de ces campagnes, un suivi de cette fraction de la population dans des secteurs où l'habitat est plus adapté à leur phase post 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 septembre ont été confirmées par le professionnel qui avait, lui aussi, observé cette tendance depuis le début ce mois. 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. 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 probablement plus le cas aujourd'hui. La compétition territoriale semble profiter 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, 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 septembre.

* 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 montrent qu'il existe certainement un bon recrutement annuel. Quant à la diminution de la taille moyenne sur le long terme, il est difficile d'avancer une explication.

Dans la réserve, un certain nombre de points peuvent être mis en avant :

* 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 années et semble représenter un palier situé autour des 130 individus pour 80 casiers qu'il semble difficile de franchir. Les captures de homards sont encore importantes cette année et sont au plus haut depuis la création de la réserve. Cependant la filière 2 montre qu'il existe une diminution des rendements et de la taille moyenne dans cette zone à la limite nord du cantonnement. Ces observations sont certainement les conséquences d'une activité illégale de la pêche dans ce secteur.

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 de la réserve 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. Les filières 9, 10 et 14 dans lesquelles on observe une augmentation de l'abondance associée à une diminution de la taille moyenne par rapport à la série temporelle, pourraient profiter de cet échappement vers le sud. L'année 2017 confirme cette hypothèse.

* Les rendements en tourteaux diminuent encore cette année et les captures deviennent insignifiantes dans cette zone. Malgré une forte houle d'ouest, généralement plus favorable au déplacement des tourteaux qu'au homard, les captures n'ont pas été représentatives de ce qui était observé précédemment. En effet, lors de ce phénomène ondulatoire qui affecte les hauts fonds de cette zone, comme en septembre 2008 et 2010, les captures de tourteaux étaient importantes et montraient qu'il existait encore une population non capturable lors des campagnes réalisées par mer calme. L'absence de tourteau en septembre 2017, vient renforcer l'idée que les individus sont exclus de la zone interdite à la pêche 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 probablement plus dans les casiers alors que le nombre de homards capturés est sensiblement identique d'une année sur l'autre. Le faible nombre d'individus capturés n'est probablement plus représentatif de la population qui se trouve encore dans la zone.

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.

5.3 Annexes

Annexe 5.1.1 : Caractéristiques des campagnes d'échantillonnage des larves d'araignée de mer et de homard sur le site du CNPE de Flamanville en 2017

Date	Point	Réplicat	Heure du prélèvement	Température surface (°C)	Salinité surface	Durée du trait (min)	Volume filtré (m ³)
16 juin	Référence	1	02:24	14,9	35,1	2	260,83
		2	02:32			2	173,80
		N	02:40			15	4147,51
	Point 3	1	01:32	14,6	34,9	2	227,75
		2	01:43			2	162,52
		N	01:49			15	4102,27
04 juillet	Référence	1	18:42	16,3	34,9	3	283,19
		2	18:55			4	105,47
		N	19:00			15	2986,98
	Point 3	1	17:47	16,9	35,0	5	261,01
		2	18:00			4	311,59
		N				15	4102,27
17 juillet	Canal	1	16:22	18,1	35,3	2	70,14
		2	16:30			4	152,73
		N	16:44			5	1024,21
	Rejet	1	15:53	17,5	35,2	2	246,89
		2	16:04			2	209,37
		N				5	1065,83
	Référence	1	15:10	17,3	35,3	4	304,32
		2	15:30			4	380,33
		N	15:27			15	4161,38
	Point 3	1	14:15	23,6	35,3	4	296,34
		2	14:24			4	319,05
		N	14:33			14	3734,32
04 août	Canal	1	09:15	17,9	35,1	1	98,98
		2	09:23			2	89,34
		N	09:32			5	738,30
	Rejet	1	09:49	19,3	35,0	3	232,07
		2	09:57			3	216,99
		N	10:08			10	1235,93
	Référence	1	10:34	17,9	35,3	5	247,77
		2	10:42			6	193,58
		N	10:50			15	3144,41
	Point 3	1	11:36	17,9	35,4	5	371,56
		2	11:47			7	364,99
		N	12:02			15	3819,98
17 août	Canal	1	18:44	18,9	34,9	0	10,26
		2	18:49			0	9,47
		N	18:55			7	709,35
	Rejet	1	18:05	18,3	35,2	1	14,73
		2	18:11			0	18,67
		N	18:21			10	1279,96
	Référence	1	16:57	17,8	35,2	1	34,63
		2	17:16			1	29,02
		N	17:26			15	1516,41
	Point 3	1	15:44	17,8	35,5	1	42,52
		2	15:57			1	53,83
		N	16:19			15	1454,28
31 août	Canal	1	18:54	18,5	35,3	1	72,68
		2	19:00			2	116,69
		N	19:08			9	1037,48
	Rejet	1	18:20	18,5	35,3	2	112,14
		2	18:28			1	111,43
		N	18:36			7	1409,04
	Référence	1	17:32	17,9	35,4	3	172,28
		2	17:41			3	171,84
		N	17:50			13	2590,08
	Point 3	1	16:59	23,6	29,5	4	324,92
		2	17:10			3	191,57
		N	16:30			14	2717,35

Annexe 5.1.2 : Abondances (ind.m-3) des larves d'araignée de mer sur le site du CNPE de Flamanville en 2017

Date	Point	Réplicat	Total zoés	Zoé stade 1	Zoé stade 2	Mégalope
16 juin	Référence	1	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,01	0,01	0,00	0,00
		Moyenne	0,00	0,00	0,00	0,00
	Point 3	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
04 juillet	Référence	1	0,07	0,07	0,00	0,00
		2	0,02	0,02	0,00	0,00
		Moyenne	0,04	0,04	0,00	0,00
	Point 3	1	0,11	0,10	0,02	0,00
		2	0,14	0,12	0,02	0,00
		Moyenne	0,13	0,11	0,02	0,00
17 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
	Référence	1	0,13	0,13	0,01	0,01
		2	0,11	0,11	0,00	0,01
		Moyenne	0,12	0,12	0,00	0,01
	Point 3	1	0,36	0,22	0,14	0,02
		2	0,44	0,32	0,12	0,02
		Moyenne	0,40	0,27	0,13	0,02
04 août	Canal	1	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,02	0,02	0,00	0,01
		Moyenne	0,01	0,01	0,00	0,01
	Rejet	1	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,00	0,00	0,00	0,02
		Moyenne	0,00	0,00	0,00	0,01
	Référence	1	0,04	0,03	0,01	0,03
		2	0,01	0,00	0,01	0,02
		Moyenne	0,02	0,01	0,01	0,02
	Point 3	1	0,63	0,47	0,16	0,01
		2	0,42	0,25	0,17	0,01
		Moyenne	0,52	0,36	0,16	0,01
17 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	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,00	0,00	0,00	0,00
		Moyenne	0,00	0,00	0,00	0,00
	Référence	1	0,35	0,14	0,20	0,00
		2	0,14	0,10	0,03	0,03
		Moyenne	0,24	0,12	0,12	0,02
	Point 3	1	0,16	0,12	0,05	0,00
		2	0,09	0,06	0,04	0,00
		Moyenne	0,13	0,09	0,04	0,00
31 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	0,04	0,02	0,03	0,01
		2	0,06	0,01	0,05	0,00
		Moyenne	0,05	0,01	0,04	0,00
	Référence	1	0,02	0,02	0,00	0,00
		2	0,17	0,13	0,03	0,00
		Moyenne	0,09	0,08	0,02	0,00
	Point 3	1	0,11	0,11	0,00	0,00
		2	0,15	0,10	0,04	0,00
		Moyenne	0,13	0,11	0,02	0,00

Annexe 5.1.3 : Abondances (ind.m-3) des larves de homard sur le site du CNPE de Flamanville en 2017

Date	Point	Total zoés	Zoé stade 1	Zoé stade 2	Zoé stade 3	Mégalope
16 juin	Référence	0e+00	0e+00	0	0	0
	Point 3	0e+00	0e+00	0	0	0
04 juillet	Référence	0e+00	0e+00	0	0	0
	Point 3	2e-04	2e-04	0	0	0
17 juillet	Canal	0e+00	0e+00	0	0	0
	Rejet	0e+00	0e+00	0	0	0
	Référence	0e+00	0e+00	0	0	0
	Point 3	0e+00	0e+00	0	0	0
04 août	Canal	0e+00	0e+00	0	0	0
	Rejet	0e+00	0e+00	0	0	0
	Référence	0e+00	0e+00	0	0	0
	Point 3	0e+00	0e+00	0	0	0
17 août	Canal	0e+00	0e+00	0	0	0
	Rejet	0e+00	0e+00	0	0	0
	Référence	0e+00	0e+00	0	0	0
	Point 3	0e+00	0e+00	0	0	0
31 août	Canal	0e+00	0e+00	0	0	0
	Rejet	0e+00	0e+00	0	0	0
	Référence	0e+00	0e+00	0	0	0
	Point 3	0e+00	0e+00	0	0	0

Annexe 5.2.1 Résultats des pêches expérimentales de homard en 2017

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne (cm)	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	108	52	54	2	7.9	331	48
Filière 2	44	26	17	1	8.6	447	59
Filière 3	216	86	127	3	7.9	317	40
Filière 4	57	35	20	2	8.5	444	61
Filière 5	180	81	94	5	7.9	306	45
Filière 6	99	49	50		8.1	370	49
Filière 7	63	35	26	2	7.9	332	56
Filière 8	97	27	56	14	9.5	576	28
Filière 9	140	73	61	6	8.0	346	52
Filière 10	169	82	86	1	7.8	306	49
Filière 11	82	41	39	2	8.1	349	50
Filière 12	100	57	41	2	8.5	431	57
Filière 13	89	42	46	1	7.7	294	47
Filière 14	114	67	44	3	7.9	325	59
Filière 15	81	40	41		8.0	333	49
Sous total	1639	793	802	44	8.1	354	48

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne (cm)	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	53	19	33	1	8.4	383	36
Filière 2	118	67	47	4	8.9	475	57
Filière 3	317	165	151	1	7.7	293	52
Filière 4	17	9	7	1	8.9	463	53
Filière 5	269	132	130	7	7.7	297	49
Filière 6	51	27	22	2	8.3	371	53
Filière 7	29	17	12		8.4	419	59
Filière 8	127	60	54	13	9.7	621	47
Filière 9	83	34	48	1	8.2	364	41
Filière 10	117	63	52	2	7.8	300	54
Filière 11	25	11	14		8.7	464	44
Filière 12	42	22	20		8.4	412	52
Filière 13	99	49	49	1	7.8	313	49
Filière 14	80	31	48	1	8.0	326	39
Filière 15	49	22	27		8.1	342	45
Sous total	1476	728	714	34	8.2	362	49

Total	3115	1521	1516	78	8.1	358	49%
--------------	-------------	-------------	-------------	-----------	------------	------------	------------

Annexe 5.2.2 Résultats des pêches expérimentales de tourteau en 2017

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Largeur céphalothoracique moyenne (cm)	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	164	82	82	12.1	322	50
Filière 2	6	5	1	14.2	490	83
Filière 3	12	10	2	11.9	292	83
Filière 4	169	99	70	13.2	417	59
Filière 5	50	36	14	11.9	298	72
Filière 6	107	63	44	13.8	465	59
Filière 7	101	52	49	14.1	496	51
Filière 8	4	3	1	13.0	379	75
Filière 9	140	86	54	10.3	192	61
Filière 10	125	88	37	11.1	260	70
Filière 11	61	28	33	14.0	480	46
Filière 12	164	91	73	12.5	346	55
Filière 13	223	131	92	11.0	248	59
Filière 14	68	39	29	10.8	227	57
Filière 15	126	70	56	13.4	427	56
Sous total	1520	883	637	12.2	339	58

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Largeur céphalothoracique moyenne	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	82	48	34	13.9	470	59
Filière 2	3	3		11.1	218	100
Filière 3	42	27	15	9.6	133	64
Filière 4	57	26	31	14.7	536	46
Filière 5	17	11	6	10.7	208	65
Filière 6	12	9	3	14.1	506	75
Filière 7	59	36	23	14.1	476	61
Filière 8						
Filière 9	65	36	29	9.3	130	55
Filière 10	38	26	12	11.6	289	68
Filière 11	23	15	8	14.2	519	65
Filière 12	29	15	14	13.5	425	52
Filière 13	39	18	21	12.6	379	46
Filière 14	54	24	30	11.2	243	44
Filière 15	25	19	6	13.9	476	76
Sous total	545	313	232	12.5	360	57

Total	2065	1196	869	12.3	345	58%
--------------	-------------	-------------	------------	-------------	------------	------------

Annexe 5.2.3 Résultats des pêches expérimentales d'araignée en 2017

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	22	21		1	12.4	59	95
Filière 2	99	89	3	7	12.3	63	90
Filière 3	28	27		1	12.0	46	96
Filière 4	43	38	3	2	11.7	47	88
Filière 5	60	55	5		11.1	32	92
Filière 6	40	33	6	1	10.8	35	83
Filière 7	49	42	4	3	11.8	59	86
Filière 8	69	64	2	3	12.8	74	93
Filière 9	34	34			13.0	76	100
Filière 10	35	34	1		12.0	54	97
Filière 11	48	36	11	1	8.7	19	75
Filière 12	43	42		1	13.0	67	98
Filière 13	41	41			12.8	66	100
Filière 14	44	44			12.9	80	100
Filière 15	51	41	9	1	10.3	35	80
Sous total	706	641	44	21	11.8	54	91

SEPTEMBRE	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	85	39	46		10.9	45	46
Filière 2	1	1			4.8	0	100
Filière 3	5	4	1		7.8	0	80
Filière 4	149	56	93		10.8	39	38
Filière 5	4	1	3		9.6	0	25
Filière 6	118	54	62	2	9.4	17	46
Filière 7	77	27	50		10.3	26	35
Filière 8							
Filière 9	8	4	4		8.6	13	50
Filière 10	7	4	3		10.6	43	57
Filière 11	110	48	62		9.6	23	44
Filière 12	37	15	22		8.9	19	41
Filière 13	20	12	8		9.3	20	60
Filière 14	7	3	4		8.0	0	43
Filière 15	75	44	30	1	7.6	9	59
Sous total	703	312	388	3	9.8	26	44

Total	1409	953	432	24	10.8	40%	68%
--------------	-------------	------------	------------	-----------	-------------	------------	------------

Annexe 5.2.4 Résultats des pêches expérimentales d'étrille en 2017

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	62	31	18	13	5.0	35	50
Filière 2	1	1			5.5	0	100
Filière 3	10	8		2	5.5	10	80
Filière 4	24	15	9		5.2	8	63
Filière 5	12	11		1	5.1	33	92
Filière 6	27	25	1	1	5.1	4	93
Filière 7	12	11	1		5.1	33	92
Filière 8	1	1			5.6	0	100
Filière 9	31	23	5	3	5.1	29	74
Filière 10	43	31	7	5	5.0	14	72
Filière 11	12	10	2		4.6	33	83
Filière 12	81	46	20	15	5.0	14	57
Filière 13	27	19	5	3	5.0	7	70
Filière 14	18	15	1	2	5.3	22	83
Filière 15	38	33	5		5.0	26	87
Sous total	399	280	74	45	5.1	20	70

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	31	19	12		4.8	19	61
Filière 2	0					0	0
Filière 3	17	15	2		5.1	6	88
Filière 4	4	4			4.8	0	100
Filière 5	26	19	7		5.0	8	73
Filière 6	10	5	5		4.7	30	50
Filière 7	5	5			4.4	20	100
Filière 8	1	1			5.5		100
Filière 9	16	12	4		5.0	19	75
Filière 10	30	19	10	1	5.0	7	63
Filière 11	9	9			3.8	0	100
Filière 12	26	15	11		4.7	19	58
Filière 13	35	26	9		4.9	11	74
Filière 14	24	16	8		5.1	8	67
Filière 15	8	7	1		4.5	25	88
Sous total	242	172	69	1	4.9	13	71
Total	641	452	143	46	5.0	17%	71%

Annexe 5.2.5 Résultats des pêches des autres espèces en 2017

Filière	Nombre de casiers relevés			Nombre de buccins pêchés			Nombre de pagures pêchés		
	Juin	Septembre	Total	Juin	Septembre	Total	Juin	Septembre	Total
1	120	120	240	8	2	10	18	8	26
2	80	80	160	0	1	1	0	22	22
3	120	120	240	0	0	0	0	4	4
4	120	120	240	0	0	0	8	1	9
5	120	120	240	0	2	2	0	10	10
6	120	120	240	0	0	0	2	0	2
7	120	120	240	10	26	36	14	23	37
8	80	80	160	0	0	0	29	0	29
9	120	120	240	0	0	0	0	3	3
10	120	120	240	0	6	6	0	7	7
11	120	120	240	144	1	145	214	11	225
12	120	120	240	0	0	0	4	0	4
13	120	120	240	0	0	0	0	0	0
14	120	120	240	0	0	0	2	2	4
15	120	120	240	2	2	4	4	2	6
Total	1720	1720	3440	164	40	204	295	93	388

6 Conclusion

L'année 2017 est la trente-deuxième année de fonctionnement du CNPE de Flamanville, la trente-cinquième année consécutive des études de surveillance du milieu marin menées par l'Ifremer. Le bilan météorologique global de l'année 2017 observé dans ce secteur central de la Manche se caractérise par :

- Un cumul annuel des précipitations déficitaire au cumul moyen enregistré sur la période 1949-2017
- Une insolation annuelle (1727 heures), supérieure à la moyenne enregistrée depuis 1986 (1651 heures).
- Une température moyenne annuelle de l'air élevée supérieure à la moyenne enregistrée sur la période 1949-2017, résultant de moyennes mensuelles et trimestrielles généralement supérieures aux moyennes saisonnières, à la seule exception du mois de septembre

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

6.1 Le domaine pélagique

Hydrologie et physico-chimie/chimie

Pour 2017, les paramètres suivis dans le cadre de la surveillance du compartiment pélagique ne présentent pas de profils atypiques en regard de la surveillance historique. La variabilité observée entre les points de suivis (et le point Référence en particulier) met le plus souvent en évidence un gradient côte-large caractéristique de la variabilité naturelle du milieu à Flamanville. L'arrêt total des 2 tranches au mois de juin est perceptible à travers la température du Rejet qui ne diffère pas de celle observé sur les autres points. Plus généralement les stocks de nutriments sont restés à des niveaux faibles qui placent l'année 2017 parmi les années les moins riches de la série. Seules les matières en suspension montrent des niveaux élevés, y compris au point référence, au printemps et en été sans pour autant que la tendance ne soit confirmée par le paramètre turbidité. Cette particularité reste sans explication claire.

Phytoplancton

Que ce soit au travers des indicateurs de Biomasse (Chlorophylle a, télédétection) ou de productivité primaire, l'activité phytoplanctonique en 2017 ne se distingue pas particulièrement de celle des années précédentes. Les niveaux de production primaire témoignent d'un bon état à très bon état général des populations phytoplanctoniques, en particulier à l'automne (valeurs de Ymax parmi les plus fortes enregistrées).

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 peuplement apparaît toujours dominé à plus de 90 % par les diatomées, les dinoflagellés atteignant difficilement 5 à 10 % en période estivale. Tout juste peut-on noter la présence structurante (dominante) mais finalement éphémère de Cryptophyceae (nanoplancton) lors de la campagne réalisée en avril (ce groupe n'est plus structurant un mois plus tard lors de la 2^{de} campagne).

La succession des communautés phytoplanctoniques observées à proximité du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2017 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 2017 ne présentent pas de caractéristiques pouvant mettre en cause l'activité du CNPE de Flamanville.

Microbiologie

En cohérence avec les observations des années précédentes, les abondances en Germes revivifiables sont les plus fortes en été. L'année 2017 se distingue par les niveaux records qui ont été atteints durant l'été (canal) et qui se sont maintenus jusqu'en septembre. Cette tendance, également perceptible sur le point référence, est à appréhender à une échelle plus globale que celle du seul CNPE.

Le cycle saisonnier des vibrions halophiles observé en 2017 est conforme à ce qui est généralement observé sur ce site. Le point *canal* semble propice au développement des premiers vibrions cultivables dès le printemps. Cette situation n'est pas exceptionnelle et a déjà été observée aux printemps 2009, 2010, 2011, 2012 et 2015.

Le peuplement de vibrions est largement dominé par l'espèce *V. alginolyticus* quelle que soit la saison. Les quelques *V. vulnificus* pressentis n'ont pas pu être confirmés par les méthodes moléculaires (PCR).

En conclusion, en 2017, l'étude de l'ensemble des paramètres (germes revivifiables et vibrions halophiles) du compartiment microbiologique n'a pas mis en évidence, pour ces paramètres, de modification significative du milieu liée à l'activité du CNPE de Flamanville

Zooplancton

Les données historiques acquises depuis 1993 indiquent que la biomasse sestonique ne montre pas de différences significatives entre les points de prélèvement quelle que soit la saison considérée, alors que pour l'abondance zooplanctonique, les abondances printanières et estivales paraissent significativement plus faibles au point *canal* par rapport au point *référence*. Toutefois, la biomasse sestonique ne reflète pas les observations sur les 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 de la biomasse zooplanctonique. Au mieux, cette analyse nous donne-t-elle une appréciation de la charge particulaire (seston $> 100 \mu\text{m}$) sur le site de la centrale de Flamanville lors des prélèvements.

En 2017, les abondances zooplanctoniques correspondaient à ce qui est habituellement observé sur le site de surveillance depuis 1993. 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 50 % du zooplancton total du fait de la prolifération des larves pélagiques de cirripèdes (balanes). L'holoplancton dominait largement le zooplancton en été et à l'automne (69 à 97%). Comme toujours en milieu côtier tempéré, il était essentiellement caractérisé par les copépodes. La diversité spécifique de ce groupe était assez faible ($\leq 2.3 \text{ Bit. ind}^{-1}$) et composé en général de moins d'une dizaine d'espèces dont une seule peu représenter entre 76 et 88 % du peuplement. Les copépodes appartenant à l'ordre des calanoides, typiquement

pélagiques (*Acartia*, *Centropages*, *Paracalanus*, *Temora* 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 respecte, pour ce que peut montrer cette analyse de trois campagnes annuelles, sa répartition saisonnière habituelle et est caractéristique 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.

6.2 Le domaine benthique

Fucus serratus

La biomasse annuelle moyenne de *Fucus serratus* évaluée en 2017 sur le platier de Diélette reste, comme en 2016, 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. 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. Les populations de Paluel et de Guissény suivent cette même tendance néanmoins pour la seconde année consécutive les biomasses estimées dans ces secteurs sont en hausse. 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...

Les pourcentages de *Fucus serratus* plus ou moins fertiles évalués en mars, juin et septembre 2017 restent dans la gamme des valeurs habituellement observées depuis 1983 sur ce site.

En juin, le pourcentage observé se situe dans les plus fortes valeurs relevées depuis 1983 à cette période de l'année.

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 2017 avec en fin d'été un large pourcentage de thalles fertiles.

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 2017 sont conformes aux valeurs moyennes observées sur ces sites depuis 1997.

Cirripèdes

Le **recrutement** des cirripèdes évalué près du CNPE de Flamanville en 2017 reste dans les plus faibles valeurs observées depuis 1983. Néanmoins, les cirripèdes juvéniles sont relativement plus nombreux en 2017 qu'en 2016 à toutes les stations. Le recrutement reste plus faible au Rozel et plus important au Sémaphore et ce depuis 2011

La **densité** moyenne de cirripèdes évaluée en septembre 2017 se maintient à sa valeur minimale pour la seconde année consécutive. C'est au Sémaphore que les densités moyennes de cirripèdes restent les plus fortes malgré une baisse des valeurs pour la seconde année consécutive.

Les températures relativement douces en 2017 n'ont pas favorisé 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. Une augmentation des densités est d'ailleurs observée à Quédoy en 2017.

La présence d'*Austrominius modestus* dans le peuplement reste faible et néanmoins constante. Elle est plus fréquente au Rozel.

Concernant les Fucales de Diélette et les Cirripèdes de la région de Flamanville, les résultats des observations faites au cours de l'année 2017 n'indiquent pas d'influence directe des rejets de la centrale.

6.3 Le domaine halieutique

Larves de crustacés

Pour l'araignée de mer, l'année 2017 montre comme les années précédentes des abondances plus fortes au *point 3* pour les zoés et au *point 3* et *référence* pour les mégalopes. Pour les zoés, l'année 2017 confirme la tendance des plus fortes abondances observées depuis ces dernières années sur l'ensemble de la série. Pour les mégalopes, l'année 2017 montre des abondances légèrement supérieures à 2016 mais qui restent dans la tendance basse observée depuis 2015.

Pour le homard, l'année 2017 semble être une année très particulière puisque c'est la première fois que des abondances aussi faibles ont été enregistrées au *point 3* sur l'ensemble de la série historique. L'absence de larves dans nos prélèvements reflète soit des abondances effectivement très faibles en 2017, soit un biais dû à la période d'échantillonnage. En effet, il est possible que la ponte du homard ait été plus précoce cette année et que la période échantillonnée qui elle est centrée sur l'araignée de mer n'ait pas permis d'échantillonner correctement la fin du pic d'abondances des larves de homard. De plus, du fait des contraintes météorologiques et de marée, la première campagne a dû être réalisée de nuit alors que les larves de homard sont connues pour être plus facilement capturables de jour car elles remontent à la surface pour se nourrir. Cependant, lors des années précédentes, des larves avaient été capturées durant toute la période échantillonnée, ce qui n'est pas le cas cette année alors que les campagnes suivantes ont bien été réalisées de jour. La période d'échantillonnage n'a donc eu que peu d'influence et il est fort probable que les abondances en 2017 soient effectivement réellement plus faibles que durant les autres années.

Surveillance de la pêche côtière des crustacés

En ce qui concerne les débarquements de captures réalisées par les professionnels on peut noter une légère diminution par rapport à 2015. Cette diminution est probablement due au retard dans la saisie des déclarations ou dans une moindre mesure de la non exhaustivité du rendu de fiches déclaratives. 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 conditions de marché 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. La seule analyse de 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 abondances en **homard** sont cette année encore parmi les plus fortes jamais enregistrées. 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 un recrutement annuel important de jeunes individus capturés sur l'ensemble de la pêcherie depuis 2007. Il semble que la population profite encore cette année d'une augmentation du nombre de pré-recrues dont les densités sont supérieures aux plus hauts historiques. Ils sont observés au sud du cantonnement de Flamanville. Les jeunes homards représentent en 2017 plus 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 méta-populations du Golfe normand breton par dispersion larvaire ou d'une meilleure survie des larves en lien avec l'augmentation de la température.

Le **tourteau** n'est plus la principale espèce capturée depuis plusieurs années et ceci peut être due à l'augmentation de l'abondance du homard. Les captures exceptionnellement faibles enregistrées en septembre ont été confirmées par le professionnel qui avait, lui aussi, observé cette tendance.

Les **araignées** étaient présentes sur l'ensemble de la zone lors de la campagne du mois de juin et, comme en 2016, des concentrations exceptionnelles de grands mâles ont été enregistrées 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 septembre.

La taille moyenne des **étrilles** capturées est toujours faible (50 mm) mais semble stabilisée 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. 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 montrent qu'il existe certainement un bon recrutement annuel.

Dans la réserve, un certain nombre de points peuvent être mis en avant :

Les captures de homards sont encore importantes cette année et sont au plus haut depuis la création de la réserve. 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 population capturable de la réserve 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.

Les rendements en tourteaux diminuent encore cette année et les captures deviennent insignifiantes dans cette zone. L'absence de tourteau en septembre 2017, vient renforcer l'idée que les individus sont exclus de la zone interdite à la pêche 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. Le

faible nombre d'individus capturés n'est probablement plus représentatif de la population qui se trouve encore dans la zone.

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.

Les études réalisées par l'Ifremer dans le cadre de la surveillance du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2017 ne révèlent pas d'incidences des rejets de la centrale sur le milieu marin environnant et de ses ressources pour les différents paramètres suivis.

7 Bibliographie

- 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.
- 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 phytoplanktoniques 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 ». *Oceanologie 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
- 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.
- MAUCLINE 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
- QUERO, 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., TREGUER, P., QUEGUINER, 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., MAHE, J.C., MORIN, J., POULARD, J.C., SCHLAICH, I., SOUPLET, A., Y. VERIN, 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.
- 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 (^{14}C) 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.

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	<p>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.</p> <p style="text-align: right;">http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15630/13033.pdf</p>
1979	<p>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</p> <p>Volume I - Zooplancton, 159 p.</p> <p style="text-align: right;">http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15635/13038.pdf</p> <p>Volume II - Zooplancton. Annexes., 110 p.</p> <p style="text-align: right;">http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15669/13072.pdf</p> <p>Volume III - Biologie halieutique, 158 p.</p> <p style="text-align: right;">http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15650/13053.pdf</p> <p>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.</p> <p style="text-align: right;">http://archimer.ifremer.fr/doc/00046/15719/13121.pdf</p>
1981	<p>BERTRAND J., LIORZOU B., PERONNET I. (1981). Etude halieutique de projet de site - FLAMANVILLE (Manche) - Rapport sur deux cycles annuels - IIème 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 style="text-align: right;">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 Ière 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 style="text-align: right;">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	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. http://archimer.ifremer.fr/doc/1985/rapport-6403.pdf
1985	ARNAL O, T. BELSHER, C. CHEVALIER, L. DREVES, E. ERARD, P. GENTIEN, 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. http://archimer.ifremer.fr/doc/1985/rapport-6465.pdf
1986	GENTIEN 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. http://archimer.ifremer.fr/doc/1986/rapport-6466.pdf
1987	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. http://archimer.ifremer.fr/doc/1984/rapport-6464.pdf

SURVEILLANCE HALIEUTIQUE

1984	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. http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15648/13051.pdf
1985	VERON G., D. MIOSSEC 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. https://w3.ifremer.fr/archimer/doc/00081/19250/16845.pdf
1986	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. http://archimer.ifremer.fr/doc/1986/rapport-6407.pdf
1987	VERON G., D. MIOSSEC, 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-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, ANNEE 1986 . -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, ANNEE 1987 . [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, ANNEE 1988 . 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, ANNEE 1989 . 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, ANNEE 1990 . 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, ANNEE 1991 . 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, ANNEE 1992 . 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, ANNEE 1993 . 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, ANNEE 1994 . 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, ANNEE 1995 . 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, ANNEE 1996 . 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
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, ANNEE 2007 – 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, ANNEE 2008 – 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, ANNEE 2009 – 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., FIANT L., MARTIN J., MONBET P., SCHLAICH I., (2011) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, ANNEE 2010 – 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, ANNEE 2011 – 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, ANNEE 2012 – 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., DREVES L., LAMORT L., MARTIN J., PIERRE-DUPLESSIS O., SCHAPIRA M., SCHLAICH I., (2014) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, ANNEE 2013 – 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
2015	ABERNOT-LE GAC C, (coordinatrice), ANTAJAN E., COURTAY G., DREVES 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., DREVES 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., DREVES 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., YOUENOU 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., WOEHRLING 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., DALLET 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.
	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, protobranchie) 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.

DREVES 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>

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 DENNE 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>

* * *