

Chantal **ABERNOT- LE GAC**
(Coordinatrice)

Elvire **ANTAJAN**
Gaelle **COURTAY**
Luc **DREVES**
Laure **LAMORT**
Jocelyne **MARTIN**
Olivier **PIERRE-DUPLESSIX**
Ivan **SCHLAICH**

Mars 2016 - RST ODE/LITTORAL/LER/BO/16.002

Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Flamanville

Année 2015



Siouville, mars 2015

Marché n° C4493C0850

Numéro d'identification du rapport : ODE/LITTORAL/LER/BO/16.002		date de publication : Mars 2016 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 Gaele Drévès Luc Lamort Laure Martin Jocelyne Pierre-Duplessix Olivier 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 / RBE / EMH Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / RBE /HMMN / RHPEB
Collaborateur(s) Bourriau Paul Caradec Florian Cordier Rémy D'Elbée Jean Françoise Sylvaine Gaffet Jean-Dominique Goascoz Nicolas Gohin Francis Hervio - Heath Dominique Maheux Frank Quinquis Jérôme Rabiller Emilie Schapira Mathilde Simon Benjamin Schmitt Sophie Tétard Xavier		Ifremer / RBE / EMH Ifremer / ODE / DYNECO - Pelagos Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - BL LAPHY Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / ODE / DYNECO - Benthos 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 / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - BL CRPM/BN
<i>Ifremer Centre de Bretagne, CS 10070, 29280 Plouzané</i> <i>Ifremer Centre Atlantique, B.P. 21105, F-44311 NANTES cedex</i> <i>Ifremer Centre de Boulogne/mer, 150 quai Gambetta, 62321 Boulogne/mer</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 Eurofins Bordeaux</i> <i>LAPHY - Laboratoire d'Analyses de Prélèvements Hydrobiologiques, 1341 chemin d'Agerrea 64210 AHETZE</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° 33 du centre nucléaire de production d'électricité de Flamanville (département de la Manche) concerne l'année 2015. Sont étudiés les domaines benthique, halieutique et pélagique.

L'année 2015 est la 30^{ème} année de fonctionnement du CNPE de Flamanville.

Abstract

The monitoring report (n° 33) of the nuclear power plant located in Flamanville (France) takes into account studies carried out between March and September 2015.

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 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., Lamort L., Martin J., Pierre – Duplessis O., Schlaich I., 2015. Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2015 - Ifremer RST. ODE/LITTORAL/LER/BO/16.002 - mars 2016, 231 p

Résumé

L'année 2015 est la trentième année de fonctionnement du CNPE de Flamanville, la trente-troisième année consécutive des études de surveillance du milieu marin menées par Ifremer. Le bilan météorologique global de l'année 2015 observé dans ce secteur central de la Manche se caractérise par :

- Un cumul annuel des précipitations déficitaire au cumul moyen enregistré sur la période 1949-2015
- Une insolation annuelle supérieure à la moyenne enregistrée depuis 1986
- Une température moyenne annuelle de l'air élevée et supérieure à la moyenne enregistrée sur la période 1949-2015 résultant (i) de moyennes mensuelles et trimestrielles généralement supérieures aux moyennes saisonnières, à l'exception d'août et septembre, et (ii) d'un dernier trimestre très exceptionnel par sa douceur (13,00 °C)

Les observations faites sur la température de l'air au cours de l'année 2015 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 2015 se caractérise ainsi par des températures moyennes mensuelles, tant pour l'air que pour l'eau de mer, quasiment toujours supérieures aux normales saisonnières.

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 2015 sont les mêmes que les années précédentes. Les campagnes de 2015 se sont déroulées les 16 mars, 08 juin et 24 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/chimie

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

Les températures d'eau de mer mesurées en 2015 ont été inférieures à celles de l'année précédente sur l'ensemble des points de surveillance à toutes les saisons. Les écarts de température entre les points *rejet-référence* et *rejet-canal* ont été généralement élevés en particulier au printemps. Les différences de températures au niveau du point *rejet* sont significatives tout au long de l'année avec les autres points de surveillance (*canal* et *référence*). Néanmoins, les mesures de températures des campagnes 2015, appuyées des résultats de modélisation, indiquent que l'étendue du panache de rejet reste toujours géographiquement très limitée.

Les salinités enregistrées au printemps 2015 ont été supérieures à celles de 2014 sur les différentes stations de surveillance, conséquence d'une pluviométrie faible et d'une insolation forte pour la saison.

Les salinités 2015 sont toujours supérieures aux valeurs médianes pluriannuelles calculées sur la période 1987-2014. Les plus fortes salinités depuis le début de la période de surveillance a été mesurée cette année aux points *canal* et *rejet* en été. Habituellement, il existe un gradient côte-large croissant entre les points côtiers (*canal* et *rejet*) et celui du large (référence). Cette année cela n'a jamais été observé. Le gradient côte-large qui est lié aux apports d'eau douce d'origine continentale n'a donc pas été marqué. Un impact de la centrale via ses rejets d'eau douce industrielle est donc improbable compte tenu du volume total de rejet et de la limite du débit journalier de ces rejets.

L'ensemble des nutriments mesurés lors des campagnes de surveillance 2015 présente une évolution saisonnière classique. Suite à l'augmentation de l'ensoleillement, les sels nutritifs sont assimilés et consommés par le phytoplancton qui se développe entre le printemps et l'été. Cette année, la campagne réalisée au printemps montre que le bloom printanier n'avait pas débuté. En automne, principalement sous l'effet de l'activité bactérienne, la dégradation de la matière organique produite au printemps et en été conduit à la régénération des nutriments dans la colonne d'eau. Dans l'ensemble, les concentrations en nutriments ont généralement été proches ou inférieures aux médianes pluriannuelles établies depuis 1987.

Tout au long de l'année, les concentrations en nutriments ont été faibles et souvent proches des limites de quantification mais sont restées dans les gammes de concentrations observées depuis 2007.

La mesure de la turbidité montre encore cette année une distribution spatiale très limitée. Sur le plan temporel, les turbidités se sont avérées plus importantes au printemps qu'aux autres saisons.

Des mesures de concentrations des composés chimiques hydrazine et éthanolamine ont été effectuées aux différentes saisons sur les différents points de surveillance. En 2015, les concentrations étant inférieures à la limite de quantification, les rejets d'hydrazine et d'éthanolamine par la centrale ne sont pas perceptibles dans le milieu récepteur.

En conclusion, les données acquises au cours des trois campagnes de surveillance en 2015 ne permettent pas de déceler d'anomalie dans la distribution et la variation des paramètres hydrologiques et physico-chimiques au niveau de la centrale électronucléaire de Flamanville. L'activité de la centrale à travers ses rejets chimiques et thermiques ne semble donc pas modifier de manière sensible et significative les caractéristiques hydrologiques intrinsèques du milieu.

Microbiologie

Un suivi de l'évolution du compartiment microbien a été mis en œuvre depuis 1987 sur la centrale 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 2015, les abondances maximales en germes revivifiabiles ont été observées en début d'automne. Au printemps et en été, les abondances en germes revivifiabiles étaient supérieures aux médianes pluriannuelles sur l'ensemble de la zone. Ceci est également vrai à l'automne pour les points rejet et référence. Toutefois, les valeurs restent dans la « moustache » de la boîte (80% des valeurs pluriannuelles).

Par contre, la tendance à une augmentation d'abondance de germes revivifiabiles sur le point canal à l'automne se confirme (2014 et 2015).

L'intégration des données de surveillance des germes revivifiabiles 2015 confirme une différence significative, déjà constatée les années précédentes, entre toutes les stations quelle que soit la période considérée sans toutefois qu'il y ait un impact négatif du fonctionnement du CNPE.

Concernant les abondances de vibrions halophiles, le cycle saisonnier observé en 2015 est conforme à ce qui est généralement observé sur ce site. Au printemps aucun vibrion n'a été mis en évidence sur l'ensemble de la zone. Cette situation n'est pas exceptionnelle et a déjà été observée au printemps 2009, 2010, 2011, et 2012.

Le genre *Vibrio* a été observé une seule fois pendant la campagne estivale (sur le point rejet) alors que depuis 2011, il était plus fréquemment rencontré à cette période.

Les abondances maximales de vibrions halophiles ont été observées au cours de l'automne 2015 sur les points côtiers (canal et rejet). Uniquement deux espèces de vibrions halophiles ont été identifiées en 2015 à proximité du site de Flamanville : *V. alginolyticus* et *V. vulnificus*.

En 2015, *Vibrio vulnificus* a été identifié en automne au point référence alors qu'en 2014 il était présent sur le point canal.

Vibrio cholerae n'a pas été identifié à proximité du site de Flamanville en 2015.

En conclusion, en 2015, l'étude de l'ensemble des paramètres du compartiment microbiologique (germes revivifiabiles et *Vibrio* spp.) n'a pas mis en évidence, pour ces paramètres, de modification significative du milieu liée à l'activité du CNPE de Flamanville.

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*.

Au cours de l'année 2015, un premier bloom phytoplanctonique a eu lieu en mai-juin, légèrement plus tardif que ce qui est généralement observé sur la côte ouest de la Manche avec un maximum de chlorophylle a observé au large. Un deuxième bloom phytoplanctonique a eu lieu au mois de septembre avec un maximum de chlorophylle a observé à la côte. Cependant, ce second bloom s'est étendu sur toute la côte ouest de la Manche et jusqu'aux îles anglo-normandes alors que le développement du phytoplancton est habituellement côtier.

Les paramètres photosynthétiques ainsi que les abondances phytoplanctoniques suivent une évolution saisonnière légèrement différente. Ainsi, les valeurs de rETR sont décroissantes au cours de l'année 2015, traduisant une activité photosynthétique plus intense au printemps qu'en été et qu'en automne. Concernant le paramètre Y_{max} , seules les valeurs relevées à la côte en mars et au large en septembre sont supérieures à 0,5 ce qui suggère que l'état physiologique des cellules phytoplanctoniques était meilleur à la côte au printemps et au large en automne. Toutefois, des valeurs proches de 0,5 ont été obtenues au point rejet tout au long de l'année. Cela pourrait éventuellement montrer un effet stabilisateur des rejets d'eau chaude sur l'état physiologique des cellules phytoplanctoniques. Par ailleurs, les abondances phytoplanctoniques en été ont été les plus fortes observées sur les trois campagnes de prélèvements, et celles d'automne les plus faibles.

Le printemps 2015 se caractérise donc par des communautés phytoplanctoniques en abondances moyennes mais productives et en bon état. À l'inverse, l'été 2015 est caractérisé par de fortes abondances phytoplanctoniques peu productives et en mauvais état. L'automne 2015 est quant à lui caractérisé par de très faibles abondances phytoplanctoniques, peu productives mais en bon état physiologique au large. Les faibles abondances phytoplanctoniques observées en automne peuvent être liées aux faibles concentrations en sels nutritifs détectées à cette saison.

À l'instar des années précédentes, les diatomées ont largement dominé la communauté phytoplanctonique tout au long de l'année 2015 sur le site du CNPE de Flamanville. La plus faible proportion de diatomées a été observée sur le point *canal* au mois de septembre. Les dinoflagellés ont été très peu représentés sur le CNPE de Flamanville au cours de cette année 2015. Les plus fortes proportions ont été observées sur le même point *canal* au mois de septembre.

La succession des communautés phytoplanctoniques observées à proximité du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2015 est conforme à ce qui est généralement observé sur cette zone. 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 2015 ne présentent pas de caractéristiques pouvant mettre en cause l'activité du CNPE de Flamanville. Leur évolution dans le temps est en concordance avec celle observée sur la zone ouest Cotentin.

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 la diversité, comme les changements climatiques, les pollutions ponctuelles et la prédation.

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 estivales paraissent significativement plus faible au point *canal*. Toutefois, la biomasse sestonique ne reflète pas les observations sur les abondances zooplanctoniques. Les rapports C/N du seston (> 5) 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 au point *canal*) 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 2015, les abondances zooplanctoniques correspondaient à ce qui est habituellement observé sur le site de surveillance depuis 1993 en mars et juin, mais ont été beaucoup plus importantes en septembre. Toutefois ces 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 inter-annuelles. 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 en mars, représentant cette année plus de 80 % du zooplancton total du fait de la prolifération des larves pélagiques de cirripèdes (balanes). L'holoplancton dominant largement le zooplancton en été et à l'automne (73-97% en 2015). Comme toujours en milieu côtier tempéré, il était essentiellement caractérisé par les copépodes. La diversité spécifique de ce groupe est assez faible ($\leq 2.5 \text{ Bit. ind}^{-1}$) et composé en général de moins d'une dizaine d'espèces dont une seule peu représenter entre 50 et 70 % du peuplement. Les espèces dominantes étaient, dans l'ordre, *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus*, *Euterpina acutifrons*, *Temora longicornis*, *Centropages hamatus* et *Pseudocalanus elongatus*. Chacune de ces espèces respecte, pour ce que peut montrer cette analyse de trois campagnes annuelles, leur répartition saisonnière habituelle.

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 (au niveau de quatre stations).

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 sur le platier de Diélette depuis 1983 atteint en 2015 son minimum. En chute continue, les valeurs restent inférieures à la moyenne calculée sur la période 1984 à 2015 depuis 2001. Lors de la mission du mois de mars, la biomasse observée avoisine la valeur minimale de 2011 ; en septembre, elle est au plus bas. Néanmoins, conformément au développement de l'espèce, la biomasse algale reste plus forte en fin d'été qu'en fin d'hiver.

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. 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).

Même constat à Paluel et à Guissény, les biomasses de *Fucus serratus* évaluées en 2015 sont en baisse.

Plusieurs hypothèses sont proposées afin d'expliquer ce phénomène de 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..

Le développement de la fertilité de *Fucus serratus*, évaluée en mars, juin et septembre 2015 sur les individus bagués de la radiale de Diélette, reste conforme aux cycles observés depuis 1983. Comme en 2014, les pourcentages de thalles plus ou moins fertiles évalués en 2015 sont élevés.

Le peuplement du platier de Diélette présente donc 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 2015 avec en fin d'été un large pourcentage de thalles fertiles.

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'été, le nombre de fucales fertiles est nettement supérieur à Flamanville que sur les autres sites.

Les pourcentages de *Fucus serratus* fertiles observés à Flamanville et à Paluel au cours des missions de mars, juin et septembre 2015 sont conformes aux valeurs moyennes observées sur ces sites depuis 1997.

Cirripèdes

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*.

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*.

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. Cette ceinture, dominée par *Semibalanus balanoides*, comprend également d'autres espèces de cirripèdes comme *Austrominius modestus*, *Chthamalus stellatus*, et *Chthamalus montagui*.

Le recrutement des cirripèdes évalué près du CNPE de Flamanville en 2015 est supérieur à celui de 2014 mais reste inférieur à la moyenne calculée sur la période 1983 à 2015.

Le nombre de juvéniles comptabilisés en 2015 est en hausse au Rozel, au Sémaphore et à Quédoy, quasi stable à Diélette. Il est plus faible au Rozel et plus important au Sémaphore et ce depuis 2011.

Les densités de cirripèdes diminuent de façon importante et constante depuis le début des études avec néanmoins une certaine stabilité des valeurs ces dernières années.

En 2015, les densités moyennes annuelles sont supérieures à celles de 2014 au Sémaphore et à Quédoy, stables au Rozel et sensiblement inférieures à Diélette.

Au Sémaphore, le recouvrement de la population de cirripèdes reste important, les densités moyennes restent les plus fortes, la valeur 2015 se situe dans la moyenne observée depuis 1983 alors que les autres stations affichent des valeurs 2015 inférieures aux moyennes. Diélette présente des densités plus faibles, le recouvrement y est plus clairsemé en particulier au niveau inférieur de la zone colonisée. A noter un recouvrement très faible au niveau supérieur de la radiale du Rozel.

Semibalanus balanoides reste l'espèce dominante dans la région de Flamanville depuis le début des observations. En 2015, elle représente en moyenne 85 % de la population des cirripèdes présents sur ces estrans. Nous constatons une diminution de ses densités depuis 1983. Toutefois ces dernières années, les valeurs moyennes observées aux abords du CNPE de Flamanville sont relativement stables et affichent une croissance sensible en 2015. *Chthamalus montagui*, *Chthamalus stellatus* et *Austrominius modestus* restent beaucoup moins abondantes mais leur présence est néanmoins constante depuis 1983.

Comme en 2014, c'est parmi la population de cirripèdes du Rozel, aux stations 3 et 4, que les espèces accompagnatrices sont les plus variées et les plus abondantes en cette fin d'été 2015. Les densités sont supérieures en moyenne à celles de 2014 excepté au Rozel 1 et 4. La présence de *Patella* sp. reste stable depuis 1983. Les abondances de *Lasaea adansonii* et de *Melarhappe neritoides* sont supérieures à celles de 2014. Les densités de *Littorina saxatilis* en chute depuis 1985, sont en septembre 2015 au plus bas. Très abondante au Sémaphore au début de la surveillance, la baisse de ses densités depuis 1985 est remarquable. L'observation de ces quelques espèces accompagnatrices des cirripèdes met en évidence des fluctuations d'abondance irrégulières d'une année sur l'autre, d'une station à une autre. La diminution des densités des populations de cirripèdes ainsi que les conditions environnementales (température de l'air, de l'eau de mer, insolation, houle, ensablement...) peuvent en partie expliquer ces évolutions.

Concernant les Fucales de Diélette et les Cirripèdes de la région de Flamanville, les résultats des observations faites au cours de l'année 2015 n'indiquent pas d'influence directe des rejets de la centrale.

Domaine halieutique

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

Larves de crustacés

Comme pour les autres sites étudiés, les observations effectuées à Flamanville comprennent des pêches de zooplancton auxquelles sont associés des relevés hydrologiques. Les six missions prévues par le contrat depuis 1997 se sont déroulées cette année du 11 juin au 8 septembre à bord du chalutier artisanal *Hegoak* avec des intervalles de temps compris entre 12 et 28 jours en essayant de se tenir le plus possible à un intervalle d'une quinzaine de jours.

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 3 étudié depuis le début des études et le point *référence* plus côtier et commun à l'étude du domaine pélagique). Au cours des deux missions allégées ajoutées au contrat en 1997 afin de mieux cerner le pic d'éclosion des zoés d'araignée de mer, seuls ces deux derniers points sont étudiés.

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 d'amenée* et *rejet* très proches l'un de l'autre, les mesures sont faites aux alentours de la renverse de courant. Depuis 1984, deux paramètres sont mesurés à chaque point : la température de l'eau et sa salinité. 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, nous utilisons un échantillonneur neustonique d'ouverture plus large et de maillage supérieur. Les prélèvements sont toujours effectués de jour ce qui est important pour les prélèvements de surface, les larves étant réputées pour se diriger vers la lumière. Les larves d'araignée et de homard sont comptées sur la totalité des échantillons et leur stade est identifié.

Comme l'illustre la figure 2.2.2 de la page 38 les températures du premier semestre 2015 sont au-dessus de la moyenne. C'est ainsi que le début des éclosions de larves d'araignée a commencé un peu avant la fin juin.

La densité de zoés atteint vers la fin août une valeur maximale (7,5 par 10 m³) identique à celle observée l'an passé, valeur au dessus de la moyenne sur l'ensemble des années en excluant cependant les années 2010 et surtout 1983 qui sont exceptionnelles. En revanche la densité maximale de mégaloopes relevée mi septembre (0,12 par 10 m³) est faible. Notons que les larves d'araignées sont régulièrement assez abondantes depuis 2009.

Après avoir noté en 2010 que le point référence pouvait être un lieu important d'éclosion de larves d'araignée on retrouve cette année comme les trois années passées la prépondérance du point 3 sur le point référence ; des zoés d'araignée ont été observées cette année encore dans les environs du rejet après leur absence en 2010 ainsi que des mégaloopes et nous avons trouvé aussi des zoés comme en 2014 dans le canal d'amenée où elles sont très rares.

Des larves de homard ont été observées de début juin à début juillet et atteignent cette année une densité maximale proche des plus fortes observées depuis le début des études (0,10 par 10 m³) ce qui est en accord avec la forte abondance de femelles oeuvées. Les densités de larves augmentent depuis 2011 au point 3 alors qu'elles deviennent très faibles au point référence. La récolte de zoés fraîchement écloses dans les environs du rejet où leur présence est très sporadique est le témoin de la présence dans la réserve de femelles en train d'émettre leurs œufs.

Les résultats de l'année 2015 ne révèlent pas de déséquilibre du milieu qui pourrait être imputé au CNPE de Flamanville. Les fluctuations temporelles de la date des pics d'éclosion d'araignée de mer sont le reflet des variations climatiques. Concernant les larves de homard, la prépondérance du point 3 sur le point référence reste à confirmer dans les années à venir.

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 2014 ainsi que les mois de juin et septembre pour lesquelles le plan d'échantillonnage n'a pas varié. 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 captures réalisées par les professionnels on peut noter une diminution par rapport à 2013. 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 retourne de façon régulière leurs déclarations de captures. Dans la zone fréquentée par les navires de Goury à Barneville-Carteret, la production de pêche en 2014 a été d'environ 2200 T. Elle est en baisse par rapport à 2013 principalement à cause de la diminution des débarquements de buccin.

Les captures de homards augmentent encore cette année passant ainsi de 82 T en 2013 à presque 90 T. Il est aujourd'hui le premier crustacé débarqué par les navires du secteur. Les productions ont été multipliées par trois en dix ans.

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 d'eau chaude et chlorée du CNPE de Flamanville sur cette activité.

Depuis le début de la série temporelle, les campagnes montrent que sur l'ensemble des points de prélèvement, 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 10 ans. De plus la tendance significative est haussière 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 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 juvéniles dont les densités sont supérieures aux plus hauts historiques. Ils sont observés au sud du cantonnement et du CNPE de Flamanville. Cette population importante de petits individus devrait avoir pour effet de maintenir la taille moyenne à un niveau artificiellement bas puisqu'elle représente presque la moitié des captures par unité d'effort dans la zone exploitée par les caseyeurs. Le renouvellement régulier des individus, dans ce type d'habitat rocheux très favorable au développement

des juvéniles, pourrait provenir de la réserve ou de méta-populations du Golfe normand breton par dispersion larvaire.

Le tourteau n'est plus la principale espèce capturée cette année et ceci peut être à cause de la forte abondance du homard dans les filières placées au sud de la réserve. Cette zone étant pourtant principalement constituée par un habitat favorable au tourteau. 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 dans les filières 9, 10, 14 et que la taille des homards est relativement faible, la compétition entre les deux espèces semble s'équilibrer, ce qui n'est peut être plus le cas cette année. En effet l'équilibre semble tourner au profit du homard dont les abondances au niveau de la filière 9, placée en bordure sud du cantonnement, dépassent cette année ceux du tourteau. Les rendements en araignées sont en augmentation cette année tout en restant dans les limites des fluctuations annuelles importantes observées depuis dix ans. A la différence de l'année dernière, la taille augmente en septembre probablement à cause de l'augmentation du nombre de gros individus capturés.

La taille moyenne des étrilles capturées est en légère diminution cette année mais n'a pas significativement varié depuis sept ans. Elle correspond probablement au seuil de sélectivité de l'engin qui permet aux petits individus de s'échapper du casier.

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 oeuvées y est plus important qu'à l'extérieur. De plus leur nombre représente la plus grande quantité de femelles ovigères capturées dans le cantonnement depuis sa création. Ce qui devrait permettre une plus importante production de larves, favorisant selon les courants, la population de la réserve et 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 jeunes individus vers l'extérieur. Ceci pourrait expliquer l'augmentation des abondances en homard dans les filières situées au sud de la zone. La filière 9 en serait un exemple dans lequel on observe une augmentation de l'abondance associée à une diminution de la taille moyenne par rapport à la série temporelle.

Les rendements en tourteaux diminuent encore cette année et les captures deviennent insignifiantes dans cette zone. Ce qui peut paraître surprenant dans la mesure où cette espèce est généralement abondante dans les habitats prospectés à l'extérieur de la réserve. Cela 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. La population de tourteaux, qui est encore dans la réserve, ne rentre plus dans les casiers alors que le nombre de homard capturé est sensiblement identique d'une année sur l'autre.

L'étude du compartiment de la macrofaune halieutique réalisée dans le cadre de la surveillance du CNPE de Flamanville, ne permet pas de conclure à l'existence d'un effet des rejets, 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 2015 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

Résumé.....	5
Préambule.....	17
1. Fonctionnement du CNPE et programme Ifremer en 2015	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. Méthodologie.....	47
3.2. Hydrologie et physico-chimie/chimie.....	48
3.3. Microbiologie.....	77
3.4. Phytoplancton	86
3.5. Zooplancton	107
4. Le domaine benthique	121
4.1. Phytobenthos intertidal.....	124
4.2. Zoobenthos des substrats durs intertidaux.....	143
4.3. Conclusion	159
5. Le domaine halieutique.....	161
5.1. Larves de crustacés.....	163
5.2. Surveillance de la pêche côtière des crustacés.....	177
5.3. Annexes	196
6. Conclusion.....	207
6.1. Le domaine pélagique.....	209
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 2015, 30^{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** (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 le laboratoire LABEO Franck Duncombe de Caen (microbiologie)
- **Olivier Pierre – Duplessix** (ODE/LITTORAL/LER-N⁹) pour l'hydrologie, la physico-chimie et la chimie en collaboration avec le laboratoire IPL Atlantique de Bordeaux (hydrazine et ethalonamine)
- **Jocelyne Martin** (RBE-EMH¹⁰) pour les larves de crustacés en collaboration avec le LAPHY pour le tri des larves d'araignée
- **Ivan Schlaich** (RBE-HMMN-RHPEB¹¹) pour la surveillance de la pêche côtière des crustacés

Concernant la surveillance scientifique du CNPE de Flamanville réalisée au cours de l'année 2015,

- L'état d'avancement a été adressé à EDF le 10 juillet 2015 (ABERNOT-LE GAC C., ANTAJAN E., COURTAY G., DREVES L., LAMORT L., MARTIN J., PIERRE-DUPLESSIX O., SCHLAICH I. (2015).- Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2015 – Etat d'avancement des travaux – premier semestre. Rapp. Ifremer LER/BO/15.007, juillet 2015, 15 p)

- L'édition provisoire du rapport annuel a été transmise à EDF le 1er février 2016

- 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 Environnement Ressources de Normandie (LER/N)

¹⁰ Unité Ecologie et Modèles pour l'Halieutique (EMH)

¹¹ Unité Halieutique Manche Mer du Nord (HMMN), 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 2015**

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 du Cotentin, compte deux unités de production de 1 300 mégawatts (MW) de type REP "Réacteurs à Eau Pressurisée", mises en service 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 $43 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. 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 2015 est la trentième année de fonctionnement de ce CNPE, la trente-troisième 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, de mi avril à début juillet (figure 1.1.1) ; la tranche 2 à compter de la deuxième quinzaine du mois d'août.

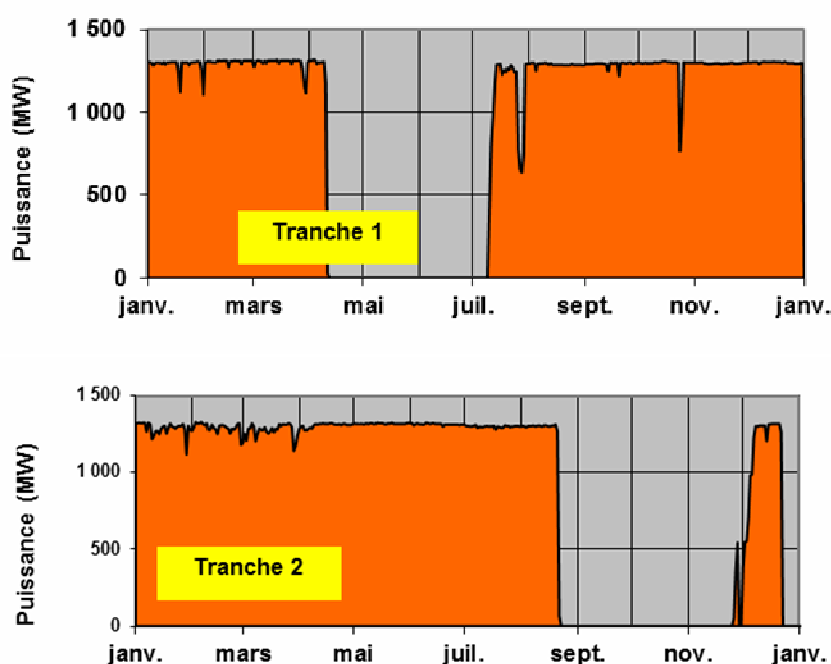


Figure 1.1.1 : Puissance nette moyenne des tranches 1 et 2 de Flamanville en 2015

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.

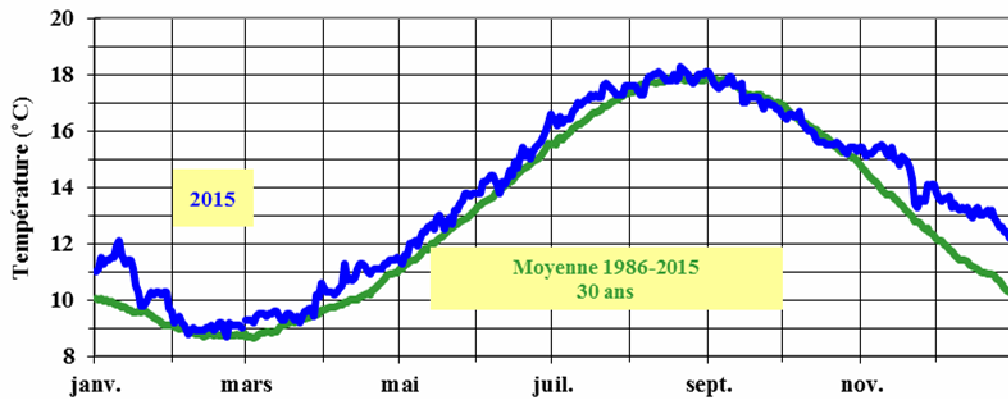


Figure 1.1.2 : Évolution de la température journalière (à 16 h) de l'eau de mer dans le canal d'amenée du C.N.P.E. de Flamanville au cours de l'année 2015, comparée à la moyenne journalière enregistrée sur la période 1986-2015 (30 années)

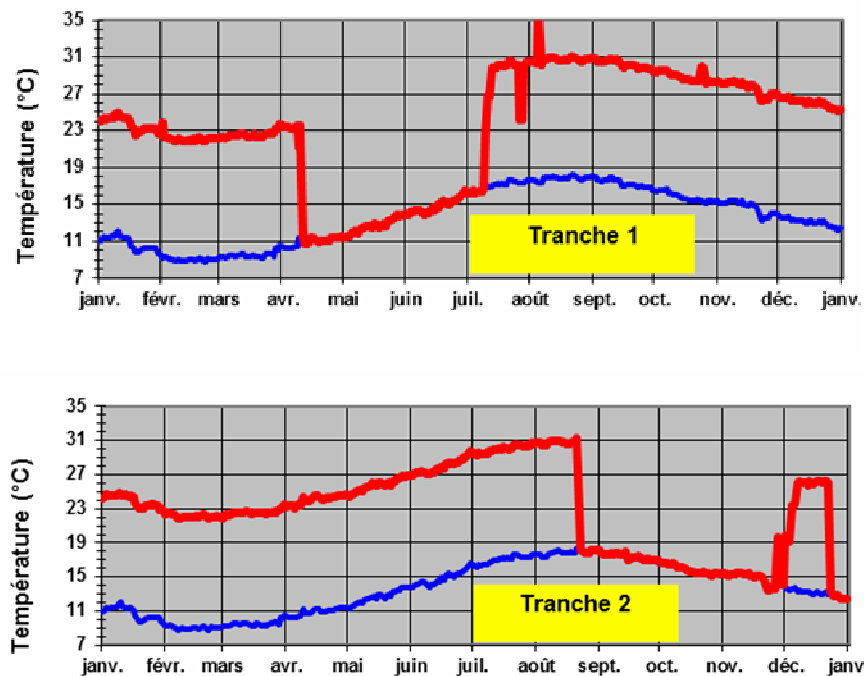


Figure 1.1.3 : Comparaison de la température de l'eau de mer entre le canal d'amenée et la sortie des condenseurs des tranches 1 et 2, au cours de l'année 2015

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).

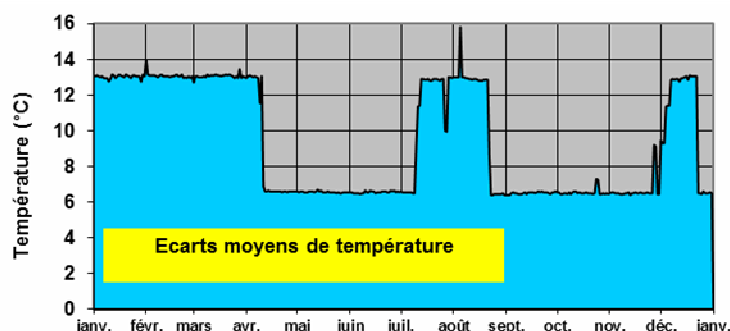


Figure 1.1.4 : Écarts journaliers moyens de la température de l'eau de mer entre la sortie des deux condenseurs et le canal d'amenée, au cours de l'année 2015

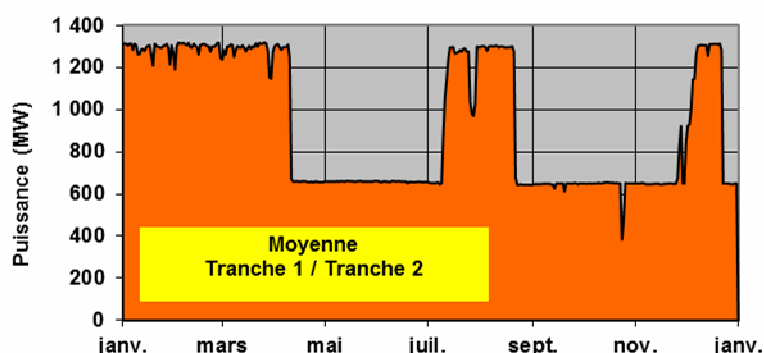


Figure 1.1.5 : Puissance nette moyenne du CNPE de Flamanville, au cours de l'année 2015

En 2015, la procédure antisalissure par électrochloration a fonctionné en janvier en tranche 1, puis à compter de juin en tranche 2, et de juillet pour la tranche 1. Comme l'indiquent les tableaux 1.1.1 et 1.1.2 ci-dessous, 135 tonnes de chlore ont ainsi été injectées dans les circuits de refroidissement au cours de l'année 2015, dont seulement 26 tonnes au cours du premier semestre 2015.

Qté de chlore (T)	Mois												Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Tranche 1	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	14,0	27,4	25,0	11,1	4,4	91,1
Tranche 2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,5	19,2	6,8	0,0	0,0	0,0	0,2	43,6
Total	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	17,5	20,2	20,8	27,4	25,0	11,1	4,5	134,7

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 2015.

Le tonnage annuel moyen de chlore injecté sur la période 1987-2015 est de 325 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, 281 tonnes sur la période 1994-2015 (22 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). Depuis 2008, le tonnage annuel est toujours inférieur à la moyenne de 281 tonnes, avec un minimum annuel observé en 2015 (135 tonnes).

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 87-93		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
Moyenne 94-15		281

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

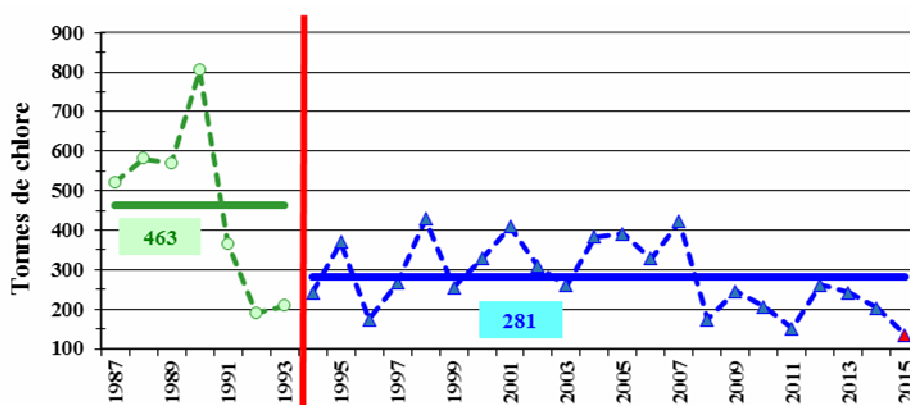


Figure 1.1.6 : Evolution du tonnage annuel de chlore injecté à Flamanville depuis 1987, comparé aux moyennes annuelles des périodes 1987-1993 et 1994-2015

1.2. Travaux réalisés par Ifremer

Les travaux réalisés au cours de l'année 2015 ont été menés conformément au marché n° C4493C0850. Ils sont présentés dans le tableau 1.2.2 page 27.

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.

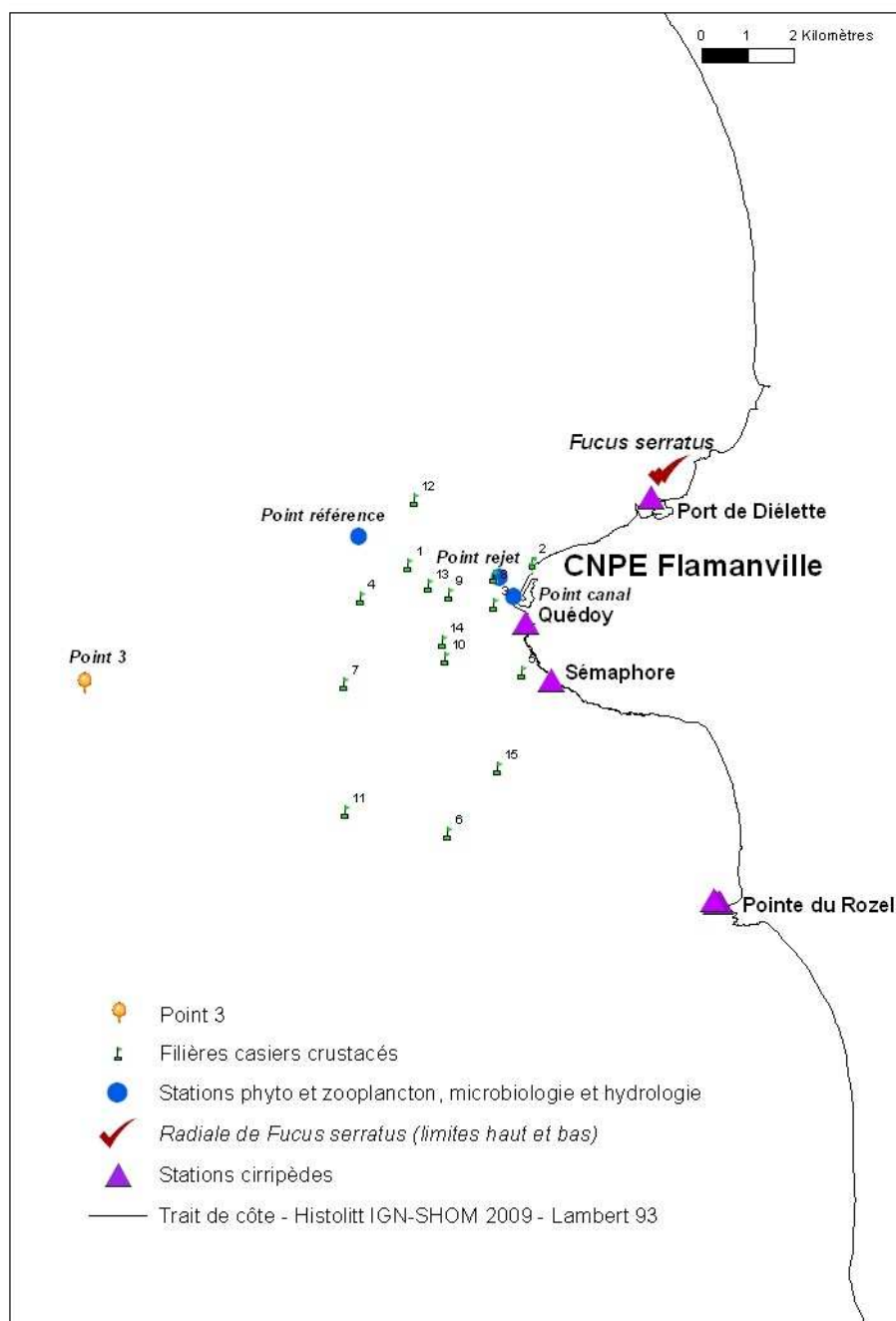


Figure 1.2.1 : Carte des abords de Flamanville, indiquant les points de prélèvements échantillonnés par l’Ifremer

Hydrologie Microbiologie Phytoplancton Zooplancton	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)

2015		Points de prélèvements	Paramètres étudiés	Nombre de répliquats à chaque point	Dates missions
Domaine pélagique	Hydrobiologie	Référence Rejet Canal d'aménée	Température, Salinité, Ammonium, Nitrates, Nitrites, Phosphates, Silicates, Hydrazine, Ethanolamine, Turbidité néphélométrique	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	16/03 08/06 24/09
	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 - Fertilité - Diamètre du thalle - Biomasse	10 pieds tous les 10 m. sur chaque radiale 10 quadrats /secteur	23/03 15/06 30/09
	Zoobenthos	ROZEL (1, 2, 3, 4) SEMAPHORE QUEDOY DIELETTE	- Densité des différentes espèces de cirripèdes - Faune associée	-8 quadrats -12 comptages par point -4 grattages par point	21/03 16/06
		ROZEL (2) SEMAPHORE QUEDOY DIELETTE	-Étude de la recolonisation des cirripèdes	4 quadrats 3x25 cm ² par point	29/09 au 01/10
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 du 11/06 au 08/09
	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	09 au 12/06 08 au 11/09

Tableau 1.2.2 : Récapitulatif de l'activité réalisée par l'Ifremer en 2015 devant le C.N.P.E. de Flamanville

2. Caractéristiques environnementales de l'année 2015

Luc Drévès (DIR BRETAGNE)

2.1. Climatologie

Les données communiquées par le centre de météo-France de Cherbourg proviennent d'enregistrements réalisés au sémaphore d'Auderville¹² (température de l'air et pluviométrie) depuis janvier 1949 (l'année 2015 est ainsi la 67^{ème} année d'observations météorologiques sur ce site), et à la station de Valognes¹³ (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 2015 (figure 2.1.1) se caractérise par :

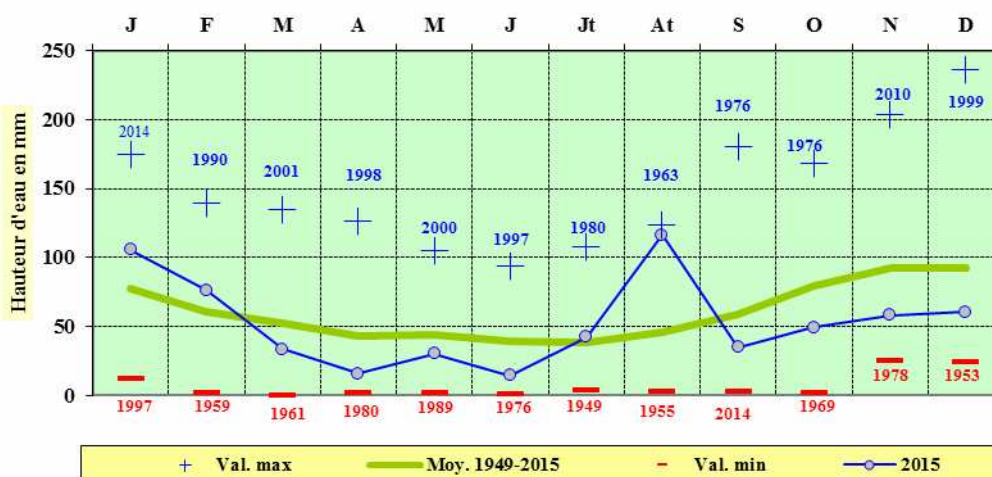


Figure 2.1.1 : Pluviométrie mensuelle au sémaphore de La Hague au cours de l'année 2015, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles obtenues sur la période 1949-2015.

- un excédent pluviométrique des premier (+ 24 mm) et troisième (+ 50 mm) trimestres du fait des mois très humides, respectivement janvier et février, puis août.
- un déficit pluviométrique pour les deux autres trimestres, - 66 mm pour le second, - 96 mm pour le dernier.

¹² Altitude : 3 m ; latitude : 49° 43'6 N ; longitude : 001° 56'4 W

¹³ Altitude : 61 m

Le cumul pluviométrique annuel noté en 2015 est de 637 mm. Il est déficitaire (- 87 mm) au cumul annuel moyen établi sur la période 1949-2015 (724,4 mm).

Sur la période 1949-2015, la pluviométrie mensuelle moyenne est de 60,37 mm, les moyennes extrêmes étant notées en juillet pour le minimum (38,0 mm) et décembre pour le maximum (92,1 mm). Le cumul annuel moyen sur la période de 1949/2015 est de 724 mm, variant de 430 mm en 1953 (déficit pluviométrique annuel de 294,0 mm) à 1001 mm en 1994 (excédent annuel de 276,8 mm) (figure 2.1.2).

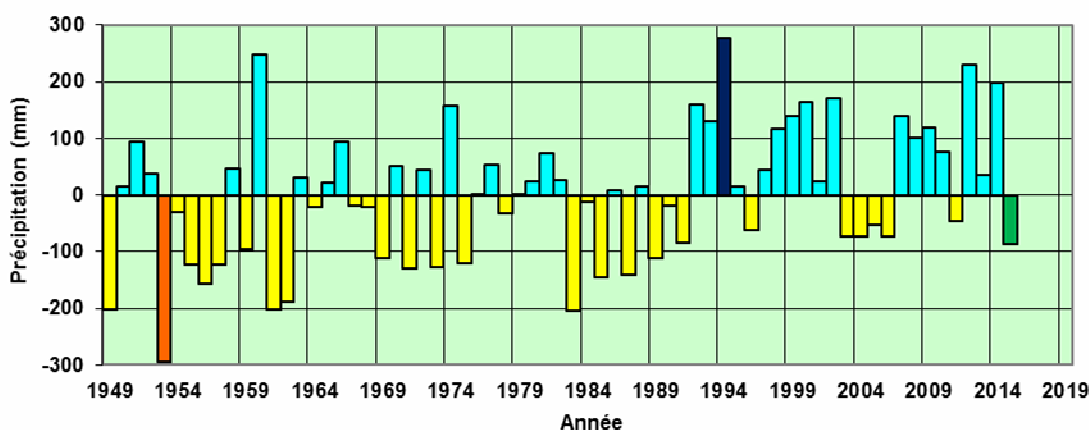


Figure 2.1.2 : Ecarts pluviométriques annuels à la moyenne 1949-2015 au sémaphore de La Hague. Les années extrêmes 1953 et 1994, ainsi que l'année en cours sont repérées par une couleur spécifique.

Sur cette période 1949/2015, 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 771 mm) et 1999-2008 (770 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 (7 années sur 10), mais indiquerait malgré tout une tendance à l'augmentation de la pluviométrie.

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).

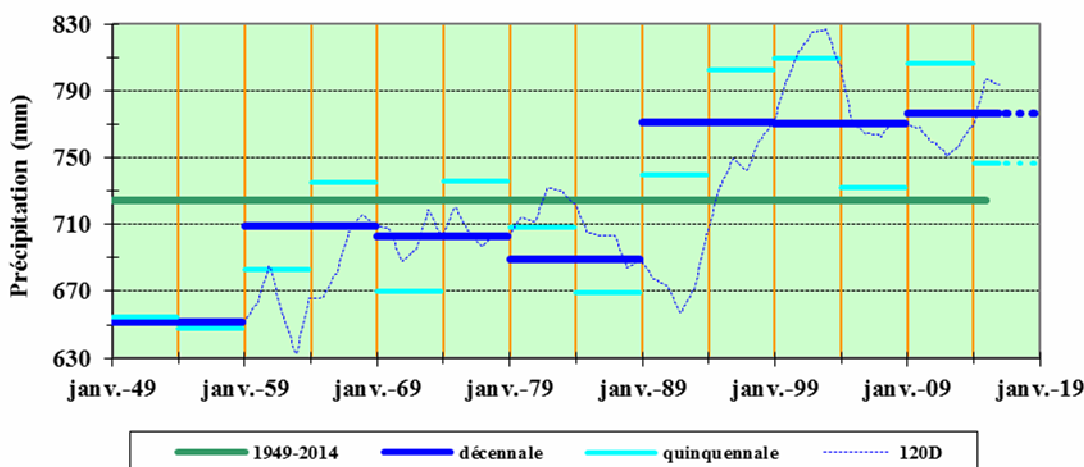


Figure 2.1.3 : Pluviométrie au sémaphore de La Hague de 1949 à 2015 - Comparaison des cumuls quinquennaux et décennaux au cumul moyen annuel observé sur la totalité de la période.

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 saisonnière"¹⁴ 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.

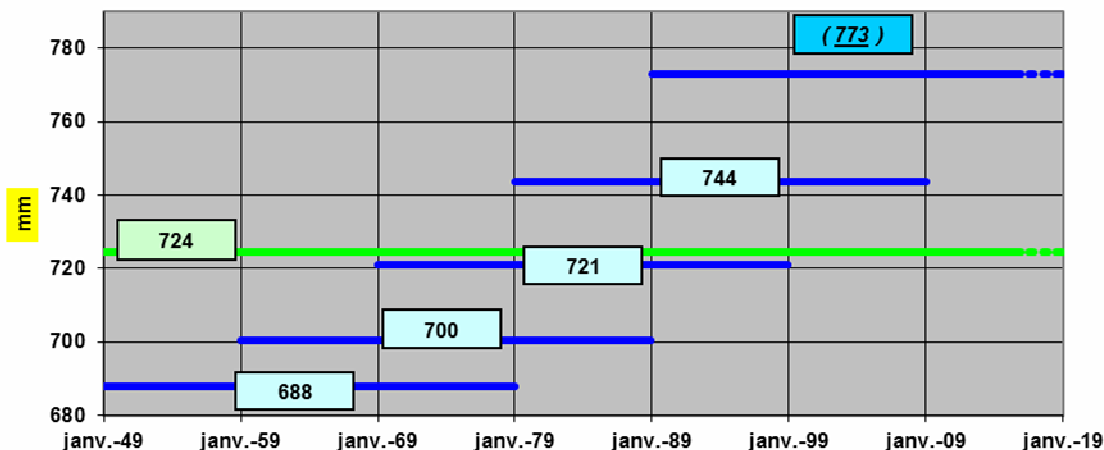


Figure 2.1.4 : Pluviométrie au sémaphore de La Hague de 1949 à 2015

Visualisation de l'évolution des moyennes trentenaires depuis le 1er 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. Elle est de ce fait minimale de novembre à février (< 100 heures), décembre n'ayant que 55 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.

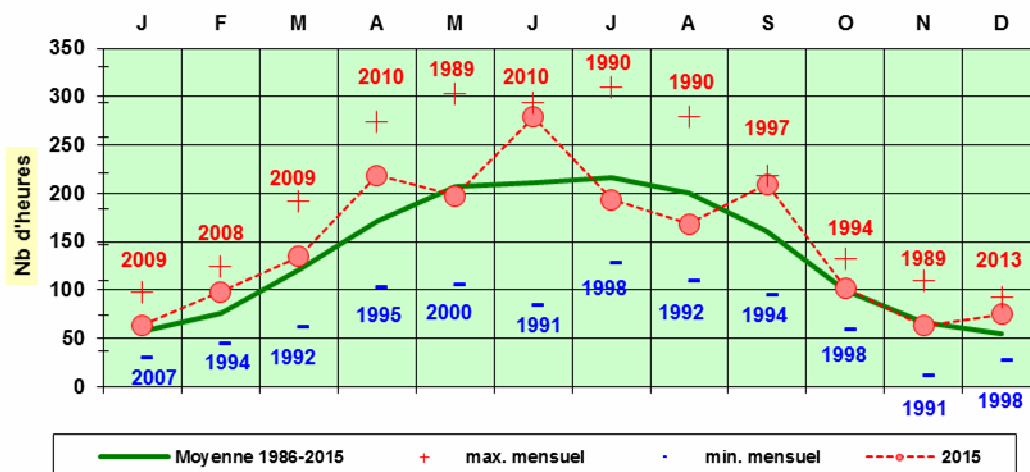


Figure 2.1.5 : Insolation mensuelle à Sainte Marie du Mont au cours de l'année 2015, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles obtenues sur la période 1986-2015

¹⁴ « Moyennes de variables météorologiques/hydrométéorologiques (température, pluie, humidité) calculées sur une période uniforme relativement longue portant sur un minimum de trente années consécutives. »

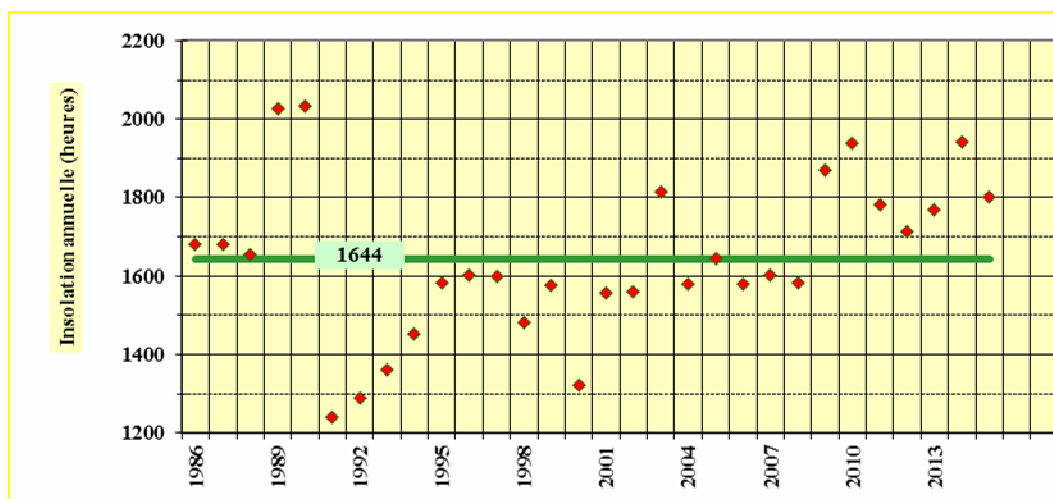


Figure 2.1.6 : Insolation annuelle dans le secteur de La Hague depuis 1986, comparée à la moyenne annuelle obtenue sur la totalité de la période.

Avec une insolation annuelle de 1802 heures, l'année 2015 est excédentaire, comparée à l'insolation annuelle moyenne de ces 30 dernières années (1644 heures). L'année 2015 se caractérise par un ensoleillement excédentaire à la moyenne mensuelle de janvier à juin, déficitaire en juillet et août, puis à nouveau excédentaire.

2.1.3. Température de l'air

Au cours des 67 dernières années (1949/2015), la température moyenne mensuelle de l'air (figure 2.1.7) varie de 6,79 °C en février à 17,01 °C en août, donnant un écart thermique moyen de 10,23 °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 cette période 1949/2015, la température moyenne annuelle est de 11,63 °C. Depuis la période 1949/1988, la hausse est continue.

Période	1958	1968	1978	1988	1998	2008	2015
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 / 2015 (67 ans)	11,63 °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, déclassant ainsi 2002 (12,74 °C) et 1999 (12,67 °C). L'année la plus froide reste 1963 avec 9,99 °C, suivie par 1956 (10,58 °C) et 1986 (10,63 °C). Le plus grand écart thermique entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud d'une même année est noté en 1987 avec 14,1 °C ; le plus faible en 2007 avec 8,5 °C.

L'année 2015 se caractérise par des températures mensuelles, inférieures aux moyennes pour les mois de février, août et septembre, supérieures pour les neuf autres mois. A noter l'excédent thermique très élevé des mois de novembre et décembre, respectivement + 2,5 °C et + 4,0 °C, avec l'enregistrement d'une nouvelle moyenne record pour ces mois : 13,0 °C pour novembre et 12,30 °C pour décembre 2015.

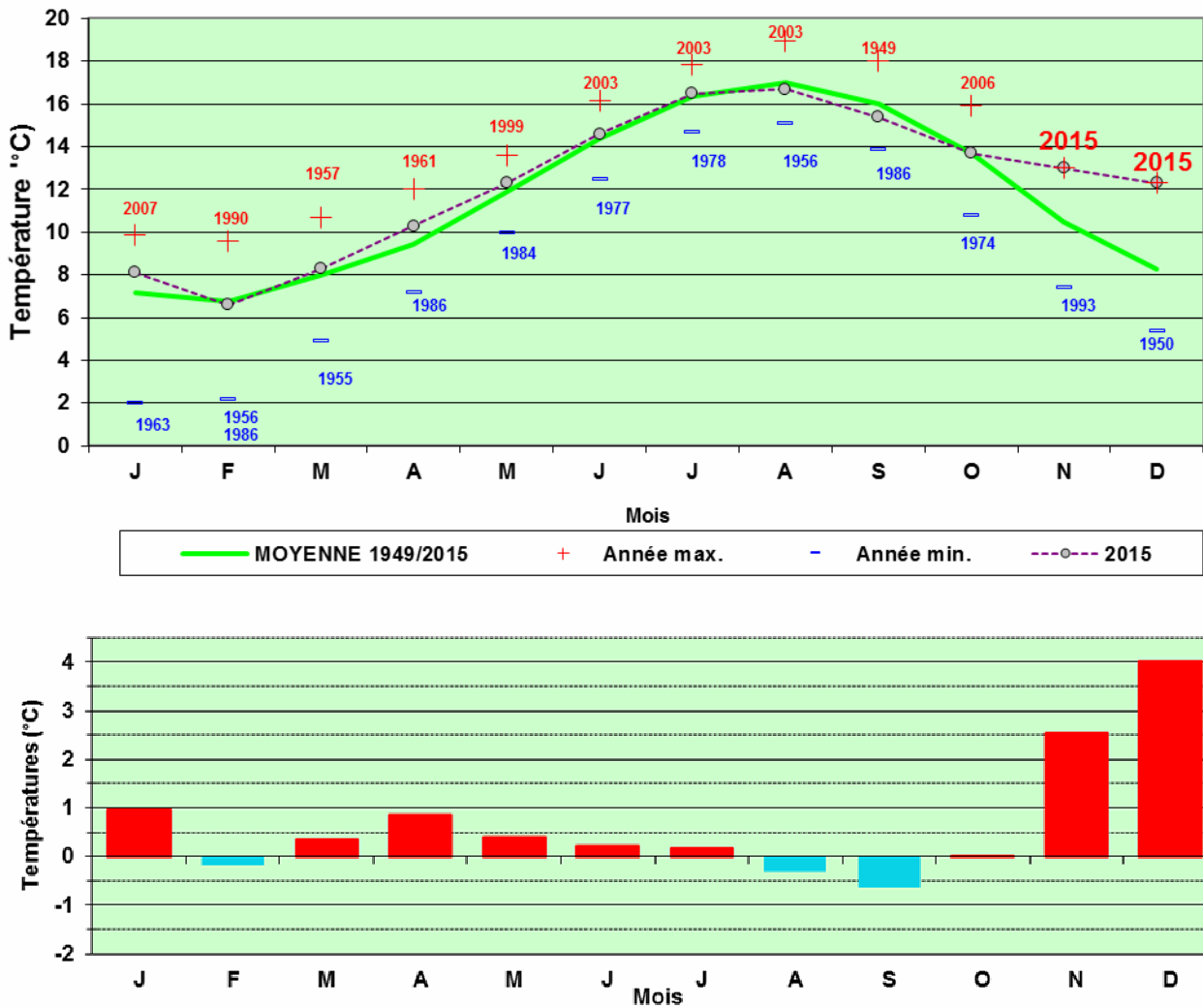


Figure 2.1.7 : Température mensuelle moyenne de l'air à La Hague au cours de l'année 2015, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées sur la période 1949-2015, et visualisation des écarts mensuels 2015.

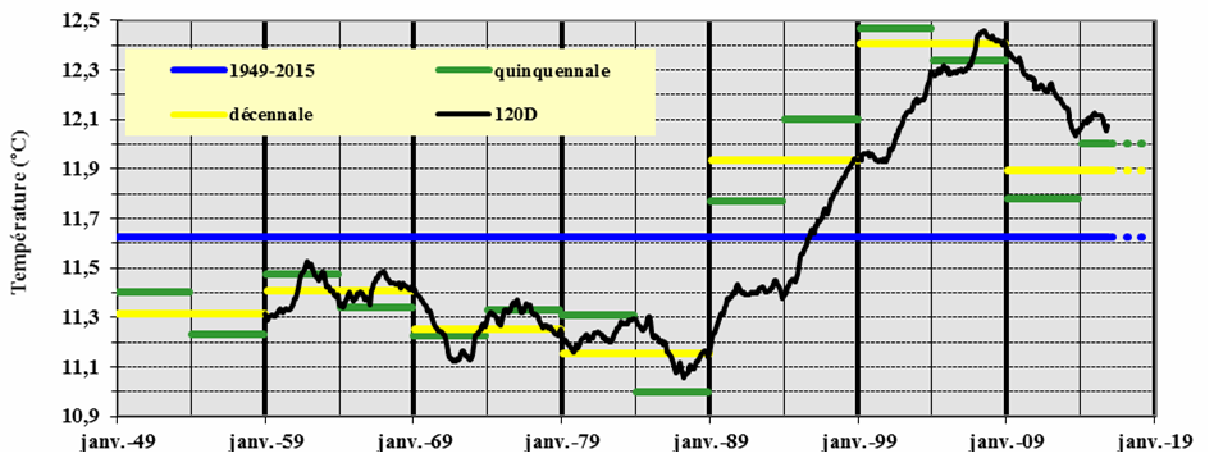


Figure 2.1.8 : Température de l'air au sémaphore de La Hague de 1949 à 2015. Comparaison des moyennes quinquennales et décennales à la moyenne observée sur la totalité de la période

Sur la période 1949/2015, l'observation de la température mensuelle moyenne de l'air par période décennale (figure 2.1.8) permet d'apprécier l'échauffement moyen de 1,2 °C entre les décennies 1979/1988 (température moyenne de 11,2 °C) et 1999/2008 (12,4 °C). L'observation

des moyennes glissantes sur dix ans permet de préciser les deux décennies extrêmes : avril 1977 / mars 1987 (11,06 °C) et août 1997 / juillet 2007 (12,46 °C), l'échauffement moyen entre ces deux périodes étant de 1,3°C.

L'observation des températures moyennes de l'air sur des périodes pluriannuelles (5 ou 10 ans) montre, certes un échauffement évident, mais surtout l'accentuation du phénomène à partir de la fin des années 1980. Après 2009, les moyennes montrent que l'échauffement semble s'atténuer. Pour la station d'Auderville, la visualisation de l'évolution des moyennes trentenaires 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.

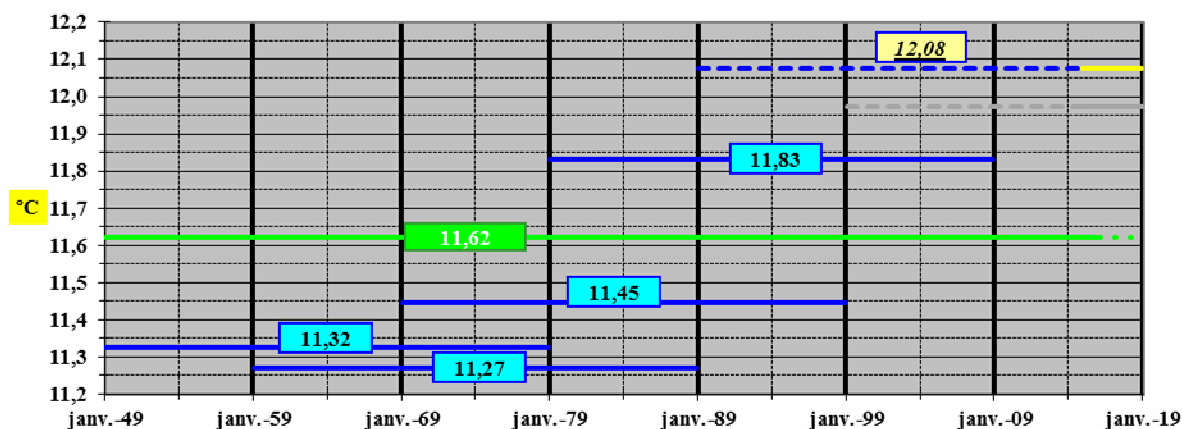


Figure 2.1.9 : Température de l'air au sémaphore de La Hague de 1949 à 2015
Visualisation de l'évolution des moyennes trentenaires depuis le 1er janvier 1949
NB : la moyenne de la période 1989-2018 n'est représentée ici qu'à titre indicatif

2.1.4. Caractéristiques de l'année 2015

L'année 2015 se caractérise par :

- Un cumul annuel des précipitations (637 mm), déficitaire de 87 mm au cumul moyen enregistré sur la période 1949-2015 (724 mm).

	Minimum	Année	Moyenne	2015	Rang/67	Maximum	Année
Trim. 1	48,60	1953	191,1	215,5	45	377,8	2014
Trim. 2	26,20	1976	126,6	60,4	5	243,7	1964
Trim. 3	52,40	1964	143,1	193,6	53	307,5	1974
Trim. 4	101,80	1953	263,6	167,9	7	422,6	2012
Cumul	430,4	1953	724,4	637,4	17	1001,2	1994

Tableau 2.1.2 : Bilan des cumuls pluviométriques trimestriels (en mm) sur la période 1949-2015
(rang/67 ans : 1 sec – 67 très humide)

- Une insolation annuelle (1802 heures), supérieure à la moyenne enregistrée depuis 1986 (1644 heures).
- Une température moyenne annuelle de l'air élevée (12,32 °C) supérieure à la moyenne enregistrée sur la période 1949-2015 (11,6 °C), résultant (i) de moyennes mensuelles et trimestrielles généralement supérieures aux moyennes saisonnières, à l'exception d'août et septembre, et (ii) d'un dernier trimestre très exceptionnel par sa douceur (13,00 °C).

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

	Minimum	Année	Moyenne	2015	Rang/66	Maximum	Année
Trim. 1	3,77	1963	7,30	7,67	27	9,46	2007
Trim. 2	10,59	1977	11,90	12,40	21	13,30	1961
Trim. 3	14,97	1986	16,46	16,20	47	17,95	2003
Trim. 4	9,17	1952	10,81	13,00	1	12,60	2011
Année	9,99	1963	11,62	12,32	14	12,96	2014

Tableau 2.1.3 : Bilan des températures moyennes trimestrielles (°C) sur la période 1949-2015
(Rang/67 ans : 1 chaud– 67 froid)

2.2. Température de l'eau de mer

Depuis 1986 (soit 30 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 2015 est présenté sur la figure 1.1.2 (page 22).

Sur l'ensemble de ces 30 années (tableau 2.2.3), le minimum de température mensuelle moyenne de l'eau de mer dans le canal d'aménée est noté en février (8,82 °C), les valeurs extrêmes étant enregistrées en 1986 (6,80 °C) et 2007 (10,20 °C). Le maximum mensuel moyen est observé en août (17,75 °C), oscillant entre 16,28 °C en 1986 et 18,60 °C en 2014.

La température moyenne annuelle est de 13,03 °C si on se réfère à la moyenne des 30 années, 13,05 °C si on se réfère à la moyenne des 10 967 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 2015 (fig. 2.2.1) montre des températures toujours supérieures aux moyennes saisonnières, avec l'établissement d'une nouvelle moyenne record en décembre.

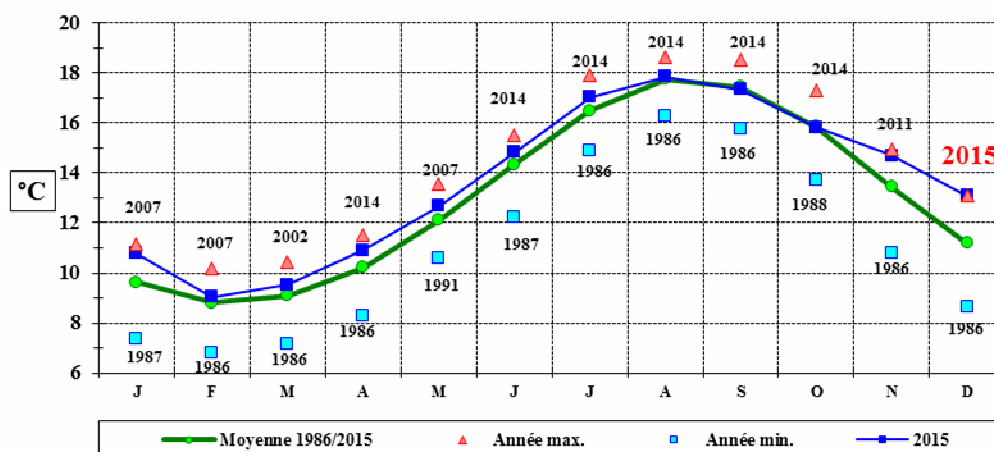


Figure 2.2.1 : Évolution de la température moyenne mensuelle de l'eau de mer dans le canal d'aménée du CNPE de Flamanville en 2015, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées sur la période 1986-2015 (30 années)

Les observations faites sur la température de l'air au cours de l'année 2015 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 2015 se caractérise ainsi par des températures moyennes mensuelles, tant pour l'air que pour l'eau de mer, quasiment toujours supérieures aux normales saisonnières.

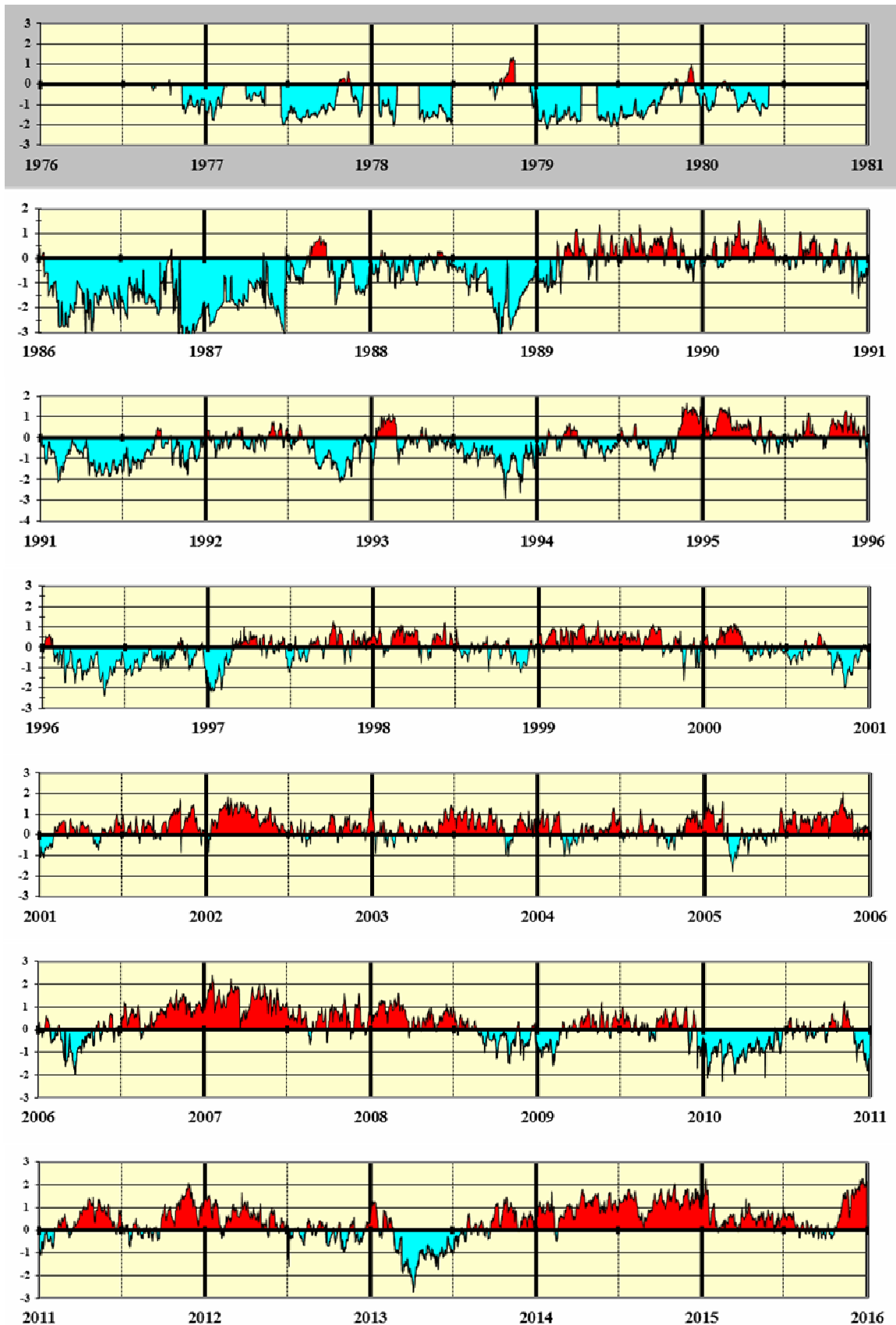


Figure 2.2.2 : Anomalies de la température de l'eau de mer à Flamanville
Ecart thermique journalier (en °C) à la moyenne quotidienne
(moyenne estimée sur la période janvier 1986 - décembre 2015)

En 2015, l'écart mensuel le plus faible à la moyenne du mois est noté en octobre (- 0,02 °C). Les écarts mensuels extrêmes sont observés en septembre (- 0,10 °C) et décembre (+ 1,90 °C). Seuls les deux mois de septembre et octobre présentent un bilan thermique mensuel négatif. Les trois mois de janvier, novembre et décembre présentent un écart thermique moyen supérieur de 1 °C à leur moyenne mensuelle respective.

Pour un jour donné, l'écart journalier à la moyenne quotidienne estimée au cours de ces 30 années est calculé. Les écarts oscillent entre - 3,61 °C (le 14/11/1986) et + 2,41 °C (le 18/01/2007). En 2015, les écarts extrêmes ont été observés le 1^{er} octobre (- 0,40 °C) et le 21 décembre (+ 2,29 °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, permettent d'apprécier le bilan thermique excédentaire record de l'année 2014 (1,13 °C j⁻¹). A noter que les années 2010 et 2013 sont les deux seules années du XXI^{ème} siècle à présenter un bilan thermique déficitaire (tableau 2.2.1).

An	2014	2007	2015	2002	2011	2005	2003	1999	1995	2001	2012	2004	2006	2008	1990
Ecart (C.j ⁻¹)	1,13	0,92	0,61	0,56	0,45	0,39	0,38	0,38	0,34	0,28	0,26	0,24	0,24	0,21	0,17
An	1989	1998	2009	1997	1994	2000	2013	1992	1993	2010	1996	1988	1991	1987	1986
Ecart (C.j ⁻¹)	0,15	0,08	0,08	-0,08	-0,10	-0,13	-0,19	-0,37	-0,48	-0,48	-0,65	-0,78	-0,87	-1,06	-1,68

Tableau 2.2.1 : Bilan thermique moyen journalier de 1986 à 2015
(les 30 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, observation similaire à celle faite pour la température de l'air.

Période	Durée (années)	1990	1995	2000	2005	2010	2014
1986/1990	5	12,41 °C					
1986/1995	10	12,59 °C					
1986/2000	15	12,71 °C					
1986/2005	20	12,89 °C					
1986/2010	25	12,96 °C					
1986/2015	30	13,05 °C					

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 soumises à ces deux échauffements, l'eau de mer à marée haute, l'air à marée basse.

Au cours de la période 1986/2015, 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 30 dernières années, la température moyenne annuelle est de 13,05 °C pour l'eau de mer, 12,02°C pour l'air.

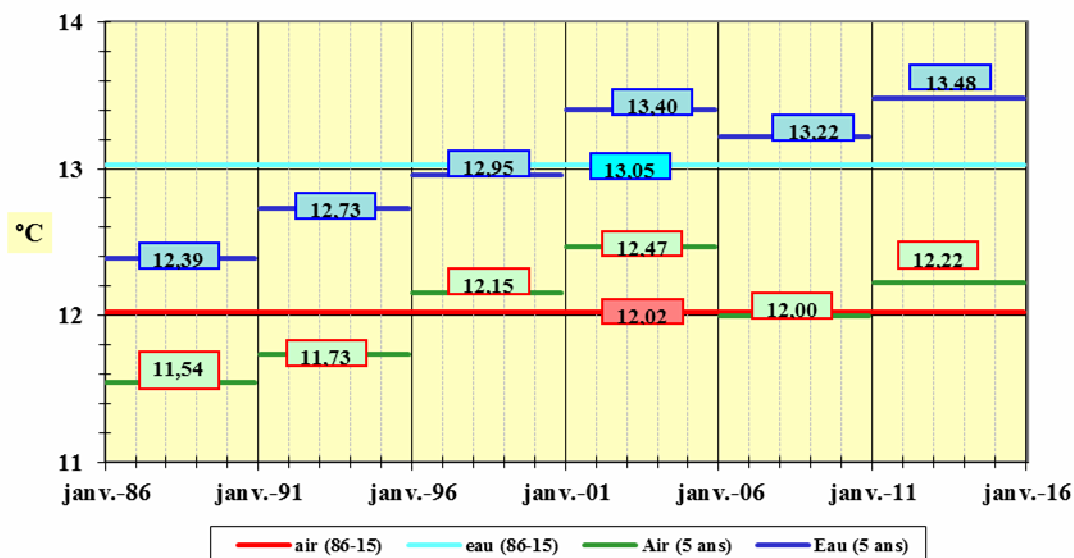
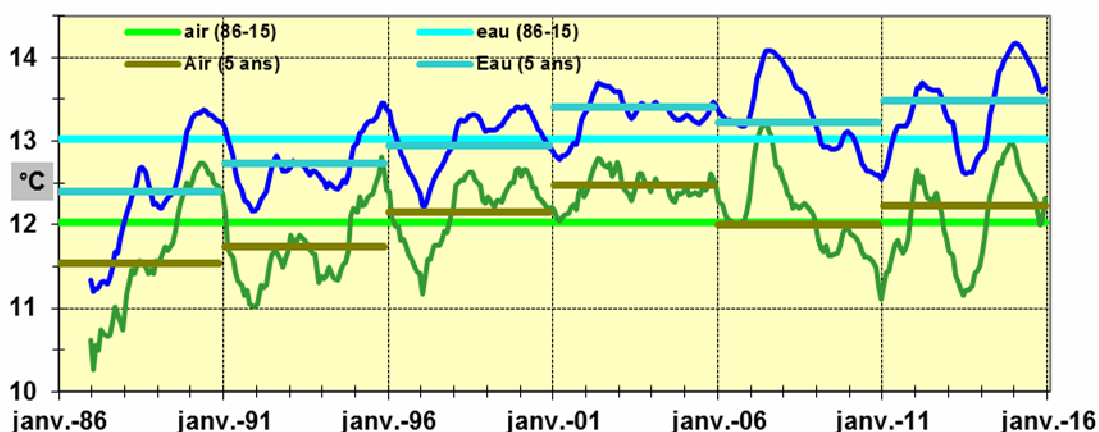


Figure 2.2.3 : Comparaison des « anomalies » mensuelles des températures de l'air (Cap de La Hague) et de l'eau de mer (Flamanville) au cours des 29 dernières années (1986-2014)

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).

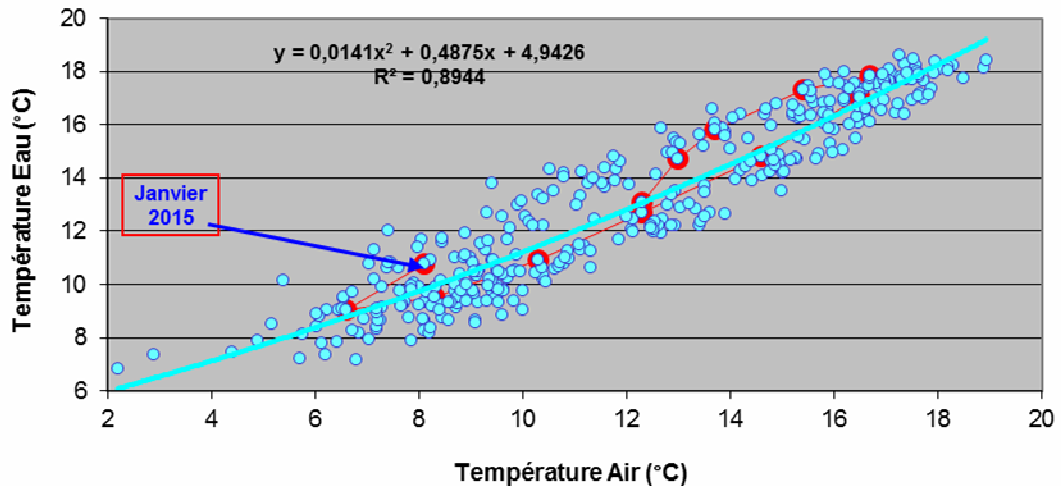


Figure 2.2.4 : Variation de la température moyenne mensuelle de l'eau de mer (données EDF) en fonction de celle de l'air (données Météo-France). Les données 2015 sont repérées en rouge.

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 (LNH¹⁵), 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 10 957 données acquises pendant ces 30 années ; figures 2.2.5 et 2.2.6). L'échauffement mensuel moyen des 30 dernières années est constaté chaque mois, moindre en janvier et décembre (respectivement + 0,17 °C et + 0,25 °C), supérieure à 1,5 °C de mai à septembre, l'écart maximal étant observé en juillet (+ 2,01 °C).

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.

¹⁵ aujourd'hui dénommé Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement (LNHE)

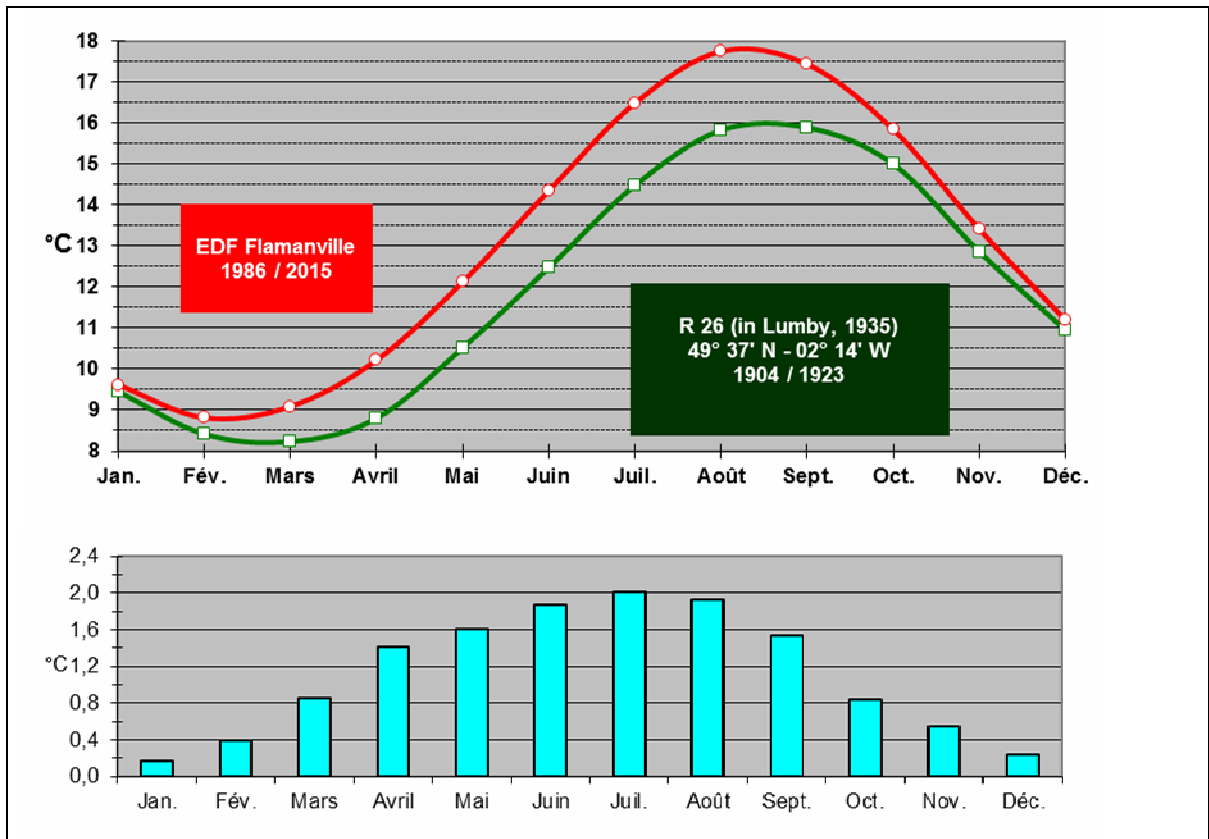


Figure 2.2.5 : Comparaison des températures mensuelles moyennes de l'eau de mer au droit du Cap de Flamanville, entre 1904 et 2015. Représentation graphique des écarts mensuels

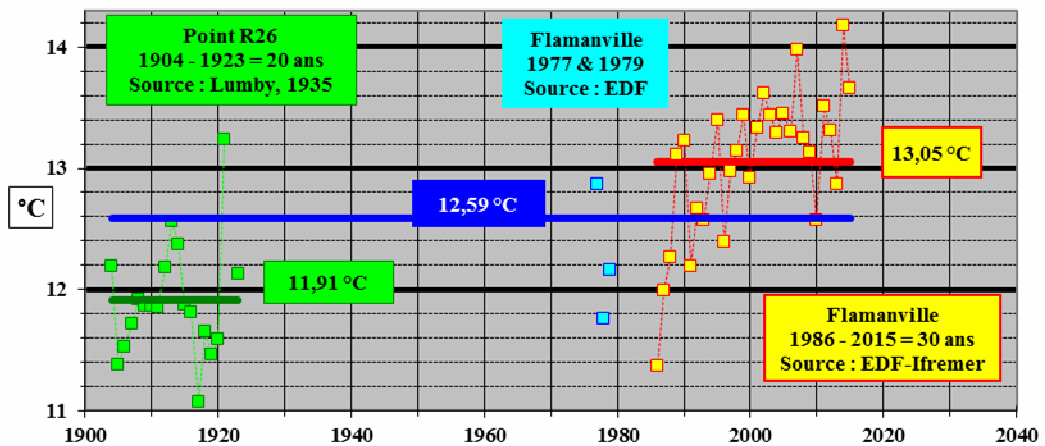


Figure 2.2.6 : Comparaison des températures annuelles moyennes de l'eau de mer au droit du Cap de Flamanville, entre 1904 et 2015

Source = acquisition mesures EDF - CNPE de Flamanville ; traitement Ifremer Drévès (2016)

	FLA	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Nb mois	Nb Valeurs	Moy. 12 M	Moy. 365 J
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
	Nb années	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		10 957	13,03	13,05
	Nb Valeurs	930	847	930	900	930	900	930	930	900	930	900	930				
	Moy. M	9,62	8,81	9,09	10,22	12,12	14,35	16,49	17,75	17,43	15,84	13,41	11,20				
	Moy. J	9,62	8,81	9,09	10,22	12,12	14,35	16,49	17,75	17,43	15,84	13,41	11,20				

Max mois	11,13	10,20	10,41	11,51	13,54	15,52	17,90	18,60	18,50	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 2015 par EDF dans le canal d'amenée de la Centrale de Flamanville. Pour chaque mois, sont mentionnés le nombre de mesures effectuées et la moyenne de ces mesures, les valeurs extrêmes étant repérées en trame bleue (moyenne minimale) ou rouge (moyenne maximale). Pour chaque bilan annuel, sont mentionnées la température moyenne obtenue à partir des 12 valeurs mensuelles et celle obtenue à partir de l'ensemble des mesures réalisées pendant l'année

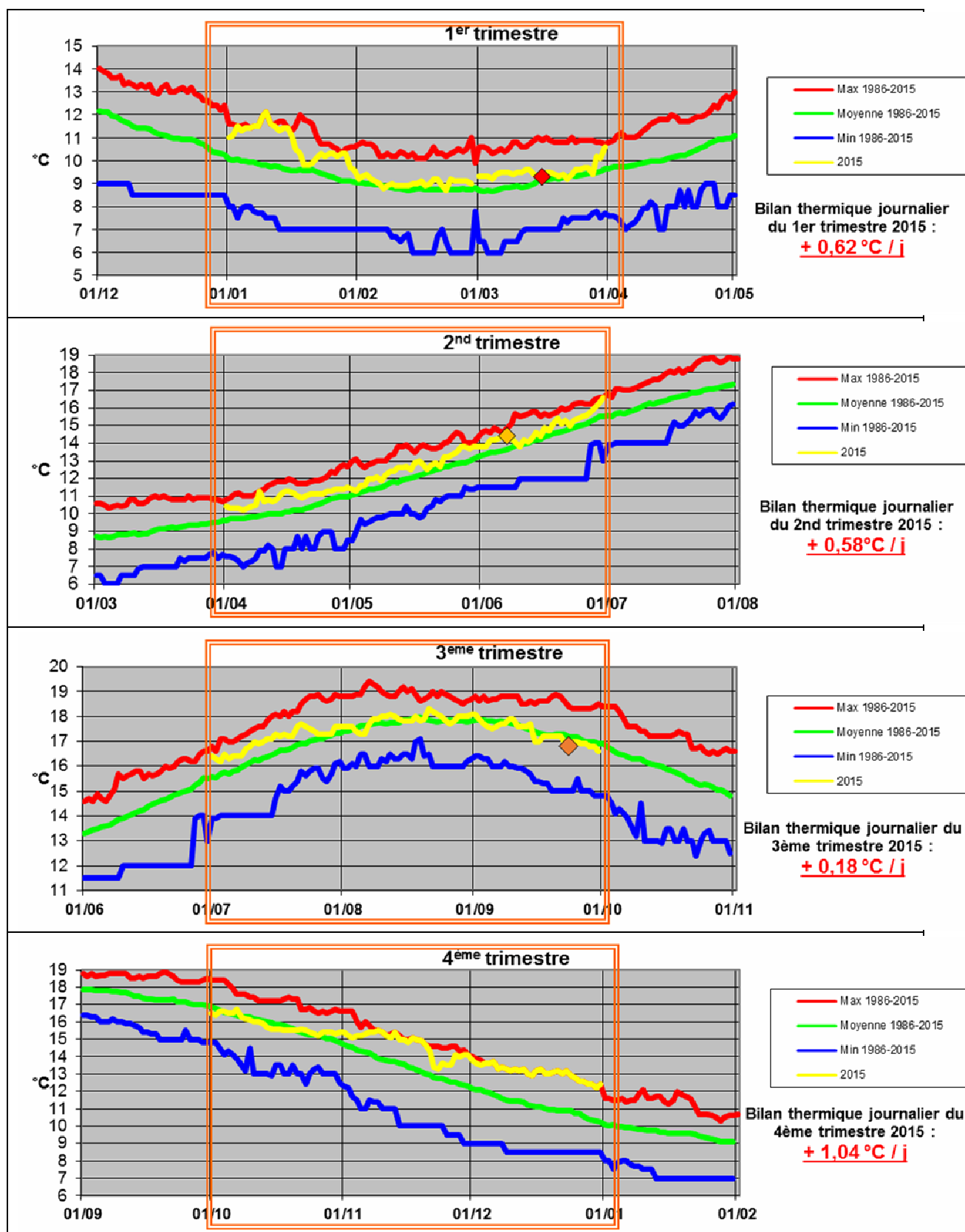


Figure 2.2.7 : Evolution de la température journalière de l'eau de mer en 2015, trimestre par trimestre, comparée à la moyenne et aux extrêmes journaliers sur la période 1986-2015 (30 années), avec pour chaque trimestre mention de son bilan thermique moyen journalier; les prélèvements 2015 pour le compartiment pélagique (hydro, microbio, phyto et zooplancton) sont représentés par les losanges orange

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>Olivier</i>	<i>Pierre – Duplessix</i>	<i>(LER / N)</i>	<i>Hydrologie et physico-chimie/chimie</i>

Prélèvements et analyses réalisés par

<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>Mathilde</i>	<i>Schapira</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 hydrologie par

<i>Olivier</i>	<i>Pierre-Duplessix</i>	<i>(LER / N)</i>
----------------	-------------------------	------------------

Traitement des images satellites par

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

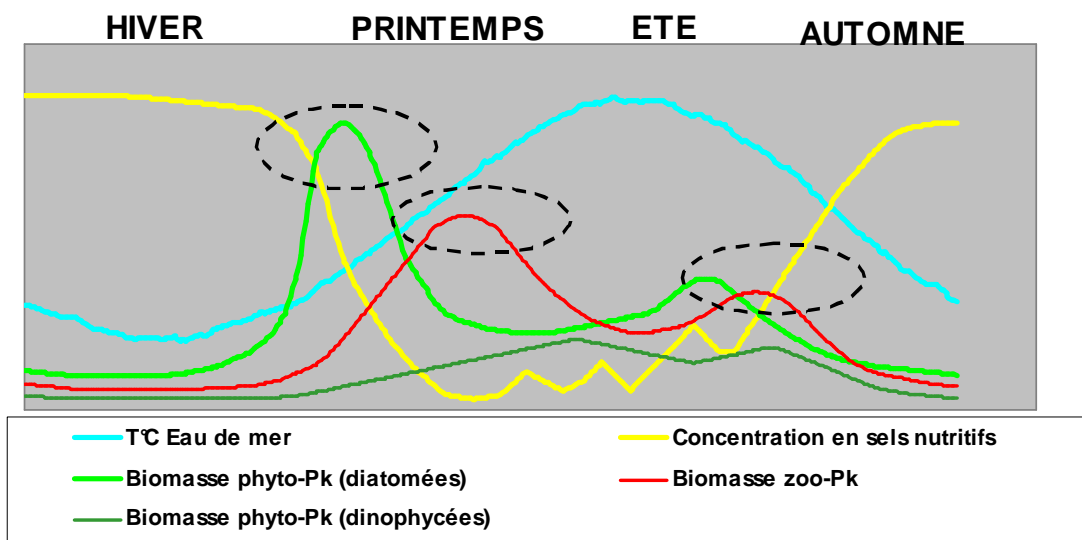
Analyses complémentaires réalisées par

Laboratoire départemental LABEO Franck Duncombe de Caen (Microbiologie)

Laboratoire Eurofins de Bordeaux (Hydrazine, Ethalonamine)

3.1. Méthodologie

Le suivi écologique annuel du domaine pélagique est réalisé en trois périodes saisonnières clefs (fin d'hiver, fin de printemps, fin d'été) au regard des cycles biologiques tels que résumés schématiquement dans la figure suivante :



Durant ces trois périodes cibles sont ainsi surveillés les paramètres physico-chimiques (température, salinité, ammonium, nitrate, nitrite, phosphate, dérivés chlorés et MES), biologiques (flore phytoplanctonique, faune et biomasse zooplanctonique, chlorophylle, production primaire, vibrions halophiles du compartiment microbiologique).¹⁶

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

- Le *canal* d'aménée (point situé à l'entrée du canal d'aménée 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 2015 sont les mêmes que les années précédentes.

Le calendrier des missions, les paramètres étudiés et le nombre d'échantillons prélevés en chaque point sont précisés dans les tableaux 1.2.2 et 3.2.3. Les campagnes de 2015 se sont déroulées les 16 mars, 08 juin et 24 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).

¹⁶ 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*

3.2. Hydrologie et physico-chimie/chimie

3.2.1. Méthode

3.2.1.1. Prélèvements

Sur l'ensemble des points *canal, rejet et référence*, un prélèvement est effectué en surface.

Les paramètres hydrologiques mesurés sont la température, la turbidité, la salinité, les sels nutritifs (ammonium, nitrate, nitrite, phosphate et silicate). Les techniques appliquées à l'échantillonnage et à la mesure de ces différents paramètres sont présentées dans *Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses* (Aminot et Kérouel, 2004).

Les mesures de la température et de la salinité sont effectuées *in situ* au moyen de sondes multi-paramètres YSI 6600EDS-M ou 600QS. La turbidité a été mesurée *in situ* à l'aide d'un turbidimètre Eutech Instruments TN10.

Les prélèvements d'hydrazine et d'éthanolamine ont été réalisés conformément aux prescriptions fournies par le laboratoire Eurofins

3.2.1.2. Analyses

La précision sur la mesure des différents paramètres est indiquée dans le tableau 3.2.1 ci-dessous :

	<i>Température.</i> (°C)	<i>Salinité</i>	<i>Turbidité</i> (FNU)
<i>PRECISION</i>	± 0,01	± 0,01	± 2 %
<i>LIMITE DE DETECTION</i>	0,01	0,01	0,01

Tableau 3.2.1 : Précision sur les mesures physico-chimiques réalisées

Les échantillons d'ammonium, de nitrate+nitrite, de nitrite, de phosphate et silicate sont dosés sur AutoAnalyseur Seal AA3 selon les méthodes automatiques décrites par Aminot A. et Kérouel R. (2007).

Le dosage des nutriments dans les eaux salines et eaux saumâtres fait partie de la portée d'accréditation du Laboratoire IFREMER Environnement Ressource de Normandie depuis le 15 juin 2011 (section Essais, accréditation n° 1-2048, portée disponible sur le site www.cofrac.fr).

Les analyses d'hydrazine et d'éthanolamine ont été réalisées par le laboratoire Eurofins par chromatographie liquide haute performance (CLHP).

Les précisions sur ces analyses sont présentées dans le tableau 3.2.2 ci-dessous :

	NO_3^- (μM)	NO_2^- (μM)	NH_4^+ (μM)	PO_4^{3-} (μM)	Si(OH)_4 (μM)	Hydraz. (mg/L)	Ethanol. (mg/L)
<i>Incertitudes</i>	3%	4,9%	10,1%	4,4%	0,7%	30%	30%
<i>Limite de quantification</i>	0,10	0,02	0,10	0,04	0,2	0,10 0,01*	0,10 0,05*

Tableau 3.2.2 : Incertitude et limite de quantification des mesures

*les analyses d'éthylamine et d'hydrazine ont été sous traitées par Eurofins vers un partenaire externe en septembre 2015

3.2.1.3. Présentation graphique

Les résultats des campagnes hydrologiques sont présentés sous forme de courbes, d'histogrammes et de boîtes à moustaches. Les courbes présentent les valeurs obtenues lors de l'année 2015, avec leurs variabilités spatiales et saisonnières. Les histogrammes et les boîtes à moustaches présentent l'ensemble des données acquises depuis 1987. L'utilisation de la médiane dans les boîtes à moustaches, permet de minimiser l'influence des valeurs extrêmes par rapport à la moyenne.

Les résultats 2015 sont présentés avec une couleur différente par rapport aux années précédentes. Pour chaque paramètre et pour chaque point, les histogrammes sont regroupés par campagne (printemps, été et automne).

3.2.1.4. Traitement statistique

Un traitement statistique a été réalisé pour les paramètres étudiés sur la période 1987-2015. Cette étude permet de comparer les données observées aux points *référence*, *rejet* et *canal* afin d'établir s'il existe ou non des différences significatives à long terme. Avant de choisir et d'effectuer des tests statistiques appropriés, il est essentiel de vérifier la normalité des distributions des données. Cette normalité de distribution est vérifiée à l'aide des coefficients d'asymétrie et d'aplatissement standardisés. Lorsque la distribution est normale, le test de Student est utilisé pour les échantillons appariés afin de comparer les données. Dans le cas contraire (distribution non normale), le test de Wilcoxon est utilisé.

Les tests permettent de déterminer la 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 %.

3.2.2. Résultats des mesures de la surveillance hydrologique pour l'année 2015

Les résultats acquis au cours des différentes campagnes de mesure pour l'année 2015 sur le site de Flamanville sont présentés dans le tableau 3.2.3

		Canal d'amenée	Rejet	Référence Surface
16-mars	Température (°C)	9,26	11,80	9,00
	Salinité	35,2	35,1	35,3
	Nitrate (μM)	7,33	7,32	7,62
	Nitrite (μM)	0,16	0,17	0,18
	Ammonium (μM)	0,30	0,30	0,30
	Phosphate (μM)	0,36	0,36	0,40
	Silicate (μM)	1,07	1,11	1,59
	Turbidité (FNU)	1,83	2,42	1,18
	Hydrazine (mg/L)	<0,10	<0,10	<0,10
	Ethanolamine (mg/L)	<0,10	<0,10	<0,10
	08-juin	Température (°C)	13,86	15,14
Salinité		35,3	35,5	35,3
Nitrate (μM)		0,55	0,55	0,06
Nitrite (μM)		0,05	0,05	0,05
Ammonium (μM)		0,1	<0,10	0,10
Phosphate (μM)		0,04	0,04	0,10
Silicate (μM)		0,63	0,48	0,38
Turbidité (FNU)		0,43	0,43	0,32
Hydrazine (mg/L)		<0,10	<0,10	<0,10
Ethanolamine (mg/L)		<0,10	<0,10	<0,10
24-sept		Température (°C)	17,06	18,95
	Salinité	35,04	35,3	35,3
	Nitrate (μM)	1,60	1,32	1,86
	Nitrite (μM)	0,18	0,16	0,21
	Ammonium (μM)	0,25	0,15	0,13
	Phosphate (μM)	0,19	0,16	0,20
	Silicate (μM)	2,08	1,93	2,07
	Turbidité (FNU)	0,41	0,75	0,21
	Hydrazine (mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01
	Ethanolamine (mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05

Tableau 3.2.3 : Récapitulatif des résultats de surveillance pour l'année 2015

3.2.2.1. Température de l'eau de mer

3.2.2.1.1 Variations saisonnières de la température

Au cours des trois campagnes de surveillance 2015, la température de l'eau de mer a varié de 9.26 à 17.06 °C au point *canal*, de 11.80 à 18.95 °C au point *rejet* et de 9.00 à 16.66 °C au point *référence* en surface (figure 3.2.1). Les températures au point *référence* sont inférieures à celles du point *canal* au cours des trois campagnes.

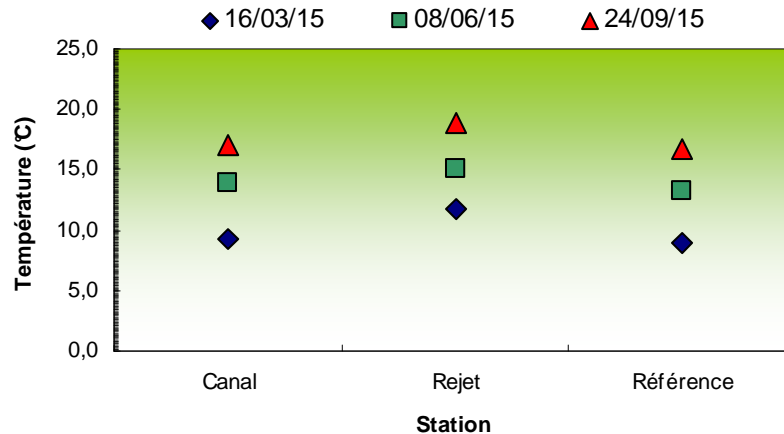


Figure 3.2.1 : Température de l'eau de mer en surface lors des trois campagnes de 2015

L'amplitude thermique entre les fins d'hiver et d'été a été en moyenne de 7.73 °C sur les points *canal* et *référence*. Cet écart est moins important que celui de l'an passé (8.20 °C), et reste encore bien inférieur à ceux calculés 2005 et 2006 (environ 10 °C).

La figure 3.2.2 caractérise le renouvellement des masses d'eau en Manche au travers du paramètre de stratification " H/u^3 ", défini par Simpson et Hunter (1974), où (H) représente la hauteur de la colonne d'eau et (u) le module de la vitesse moyenne de courant au cours d'un cycle de marée. Les faibles valeurs du paramètre de stratification ($< 2,0$) indiquent que la colonne d'eau est bien brassée, tandis que les fortes valeurs ($> 3,0$) définissent les zones susceptibles d'observer des stratifications de la colonne d'eau en été. Ainsi, la figure 3.2 montre que la centrale est située dans une zone où le taux de mélange est suffisant pour éviter les phénomènes de stratification, ce qui réduit alors le réchauffement estival en surface et explique la gamme réduite de variations de température.

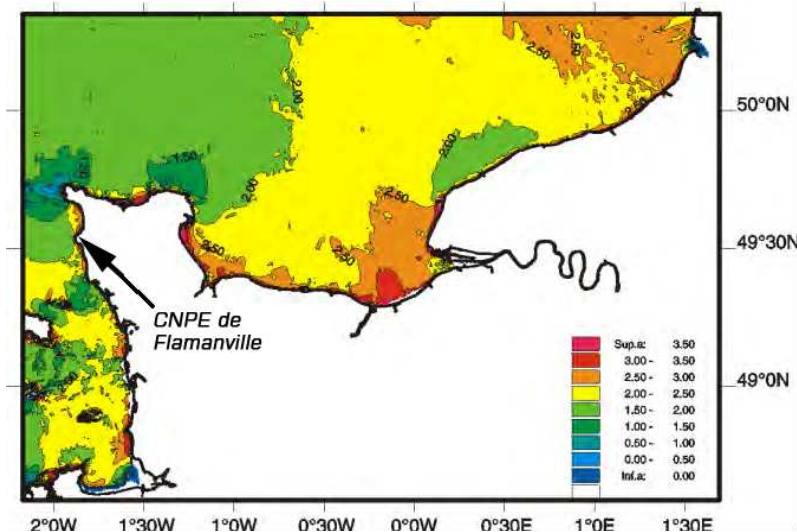


Figure 3.2.2 : Évolution spatiale du paramètre de stratification (H/u^3) en Manche réalisée à l'aide d'un modèle hydrodynamique 2D (IFREMER DEL/AO-LERN)

3.2.2.1.2 Variations inter-annuelles

Les températures mesurées en 2015, indépendamment de la précocité des prélèvements, sont toujours inférieures à celles de 2014 sur tous les points et à toutes saisons.

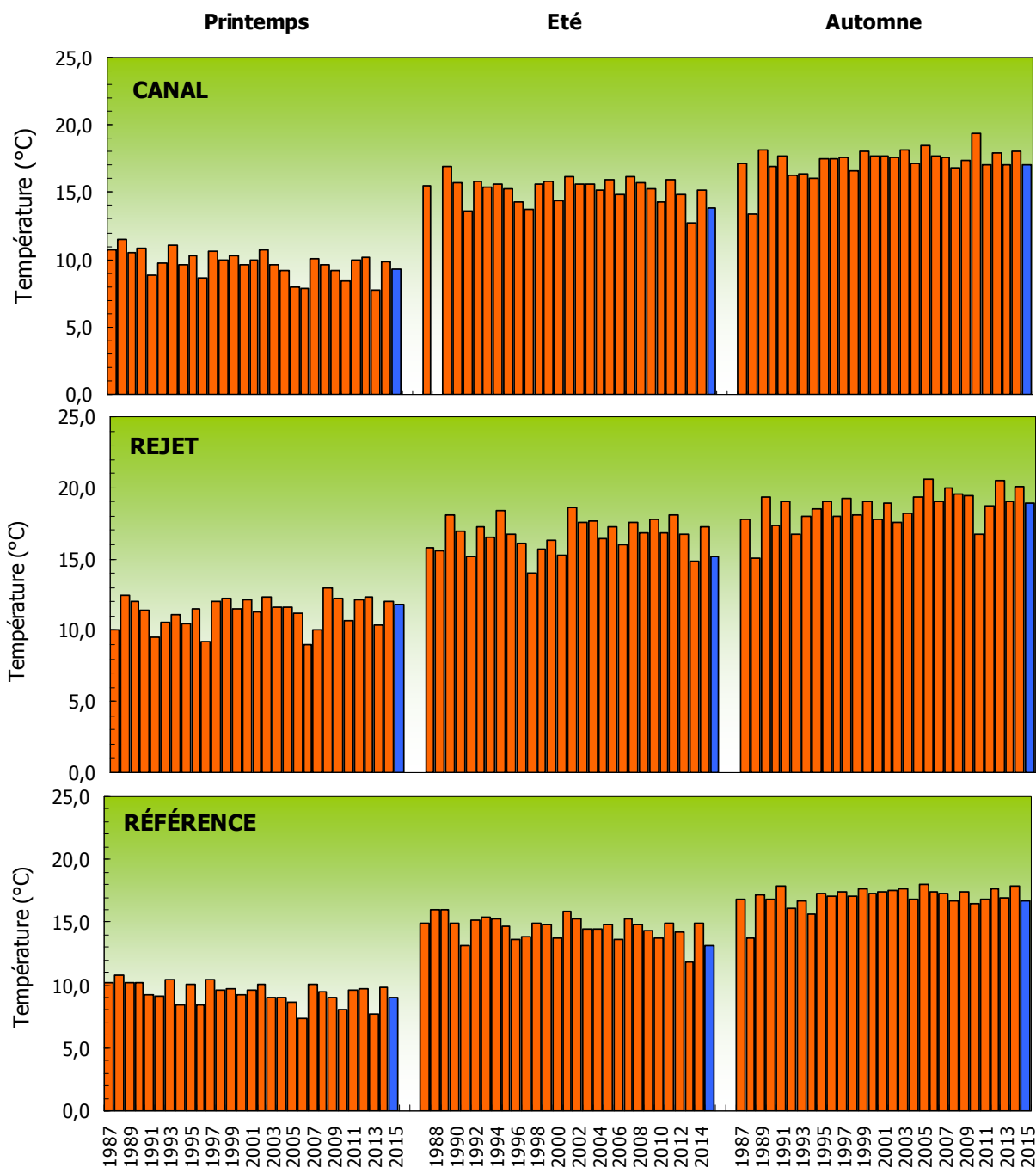


Figure 3.2.3 : Température de l'eau en surface sur la période 1987-2015 (2015 est en bleu).

La comparaison des distributions de températures observées depuis près de 30 ans, par saison et par point est présentée sur la figure 3.2.4. Au printemps et en automne, les températures en 2015 sur les différents points de suivi sont très proches aux médianes pluriannuelles. Les températures observées en été 2015 se montrent systématiquement inférieures aux médianes pluriannuelles sur tous les points de surveillance. D'ailleurs, les températures mesurées à cette période sont parmi les plus froides observées, juste devant 2013.

L'ensemble des médianes est caractérisé par des valeurs systématiquement plus élevées au point *rejet* par rapport aux points *référence* et *canal*. La valeur médiane au point *canal* (côtier) est aussi supérieure à celle du point *référence* (large). Les températures observées en 2015 suivent ces tendances.

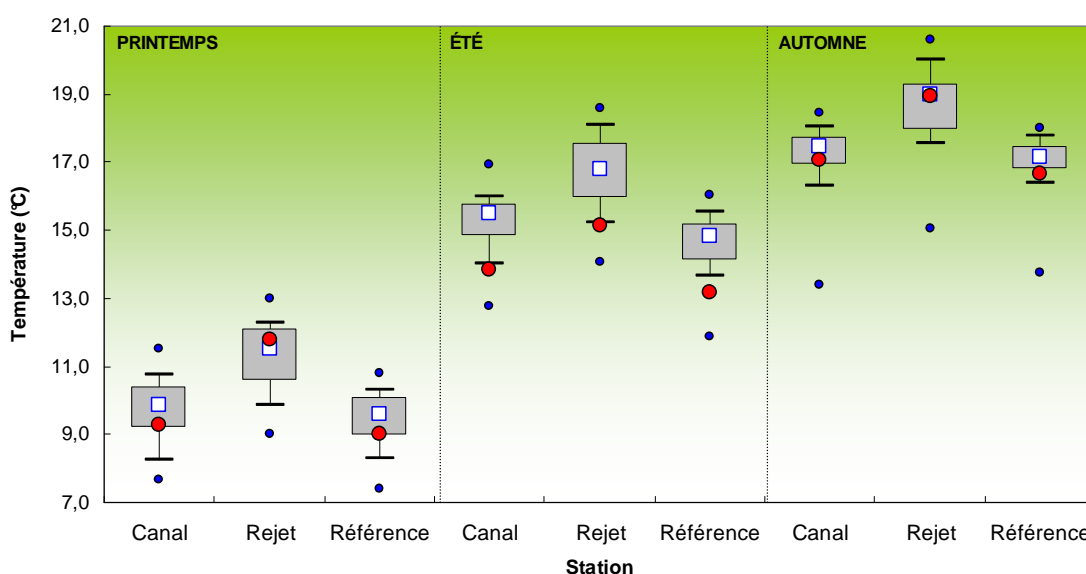


Figure 3.2.4 : Comparaison des distributions de la température par campagne et par point sur la période 1987-2014. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50% des valeurs (▭) ; les moustaches, 80% des valeurs (┆). Les points extrêmes présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2015 (●)

Comme le montre la figure 2.2.4 (cf. chapitre 2), une corrélation linéaire significative existe entre la température de l'air et celle de l'eau de mer (1986-2015). Les mesures réalisées en 2015 sont en accord avec cette observation.

3.2.2.1.3 Température au *rejet* et taux de dilution

Les différences de température enregistrées en 2015, entre les points *rejet* et *référence*, ont été respectivement de 2,80, 1,95 et 2,29 °C en mars, juin et septembre. Entre les points *rejet* et *canal*, ces écarts ont été respectivement de 2,54, 1,28 et 1,89 °C. La distribution de ces écarts de température mesurés depuis 1987, est présentée sur la figure 3.2.5.

En 2015, les écarts observés sont élevés au printemps car au dessus des médianes pluriannuelles et proches des valeurs extrêmes hautes. C'est aussi le cas en automne mais dans de moindre mesure. En été les écarts observés sont faibles mais assez proche des médianes pluriannuelles.

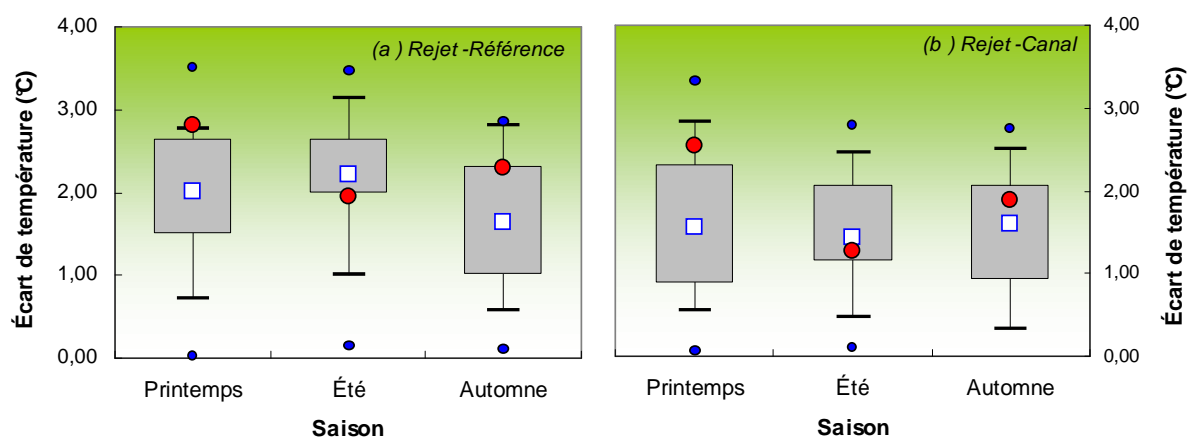


Figure 3.2.5 : Distribution par campagne des différences de température entre les points rejet et référence point sur la période 1987-2014. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50% des valeurs (▭) ; les moustaches, 80% des valeurs (┌┐). Les points extrêmes présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2015 (●)

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 :

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

π représente la proportion d'eau échauffée potentielle. $t^{\circ}\text{Rejet}$, $t^{\circ}\text{Canal}$ et $t^{\circ}\text{SC}$ 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). Les proportions d'eau échauffée et les taux de dilution théoriques qui en découlent sont présentés dans le tableau 3.2.3. L'exigence sur l'échauffement thermique est bien respectée.

2015	t° Canal		t° Sortie Condenseur		t° Rejet	t° Rejet - t° Canal	t° SC - t° Canal	π	% Taux dilution
	Ifremer	EDF	T1	T2	Ifremer				
16-mars	9,26	9,3	22,3	22,5	11,80	2,54	13,24	0,19	-80,8
8-juin	13,86	14,3	14,3	27,3	15,14	1,28	13,44	0,10	-90,5
24-sept.	17,06	17	29,9	17,2	18,95	1,89	12,84	0,15	-85,3

Tableau 3.2.3 : Echauffements de l'eau de mer et taux de dilution calculés à Flamanville en 2015

Les taux de dilution pour l'année 2015 varient entre 80.8 et 90.5 %. Ces taux sont élevés, mais restent sensiblement inférieurs à ceux observés depuis une vingtaine d'années (~90 %).

3.2.2.1.4 Approche statistique

Les résultats des tests statistiques réalisés sur les données de température enregistrées depuis 1987 sont présentés dans le tableau 3.2.4. L'étude statistique confirme que la température de l'eau de mer au point *rejet* est significativement différente (au seuil de probabilité 5 %) de celles enregistrées aux stations *canal* et *référence* entre 1987 et 2015. Ce résultat confirme statistiquement l'existence d'une perturbation thermique très localisée et liée au fonctionnement de la centrale dans le milieu marin au niveau du *rejet*.

Température (°C)						
Comparaison	Printemps		Été		Automne	
	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée
Canal / Rejet	T	0,000	T	0,000	W	0,000
Référence / Rejet	T	0,000	W	0,000	T	0,000
Canal / Référence	W	0,000	T	0,000	W	0,002

Test T : student (loi normal) ; Test W : test Wicolson (pas de loi normal)
 (p-value <0,05 = différence significative ; p-value >0,05 = différence non significative)
 Tableau 3.2.4 : « p-value » des tests statistiques sur les données de température enregistrées depuis 1987
 (n = 28 pour chaque point et chaque saison)

Les résultats montrent aussi que les températures au point *canal* sont significativement différentes de celles du point *référence*. En raison du caractère alternatif des courants de marée, de l'eau réchauffée est susceptible de dériver devant la centrale. Les travaux de Malherbe et Manoha (1977) ont en particulier montré que ce phénomène pouvait conduire à une élévation de la température d'environ 1 °C devant la centrale. Les vents de secteur nord peuvent aussi avoir une influence dans l'advection des masses d'eau réchauffée vers le canal d'amenée. En 2008, le fonctionnement d'une seule tranche de la centrale au moment des prélèvements a mis en évidence l'absence claire de différence significative de température entre les trois points d'échantillonnage. Ceci suggère que la différence significative entre les points *canal* et *référence* constatée encore cette année, résulte en partie, d'une dérive des eaux réchauffées du *rejet* vers le canal d'amenée. Les travaux de modélisation du panache thermique réalisés par Violeau et Dribault (1997) montrent une élévation potentielle de température sur le canal d'amenée par le panache du rejet, à la pleine mer aussi bien en morte-eau qu'en une vive-eau moyenne. Selon le flot ou le jusant, le panache thermique s'affine et s'allonge davantage vers le sud que vers le nord. Toutefois, quelle que soit la marée, les résultats issus de la modélisation montrent que l'impact thermique lié au rejet d'eau échauffée de la centrale reste géographiquement très localisé. Les résultats de modélisation sont en accord avec les mesures des campagnes de surveillance.

3.2.2.2. Salinité

3.2.2.2.1 Variations spatiales et saisonnières de la salinité

Les salinités mesurées en 2015 (figure 3.2.6) sont comprises entre 35.0 et 35.5 au point *canal* et *rejet* et sont de 35.3 au point *référence* en surface. Elles présentent peu de variations au cours de l'année.

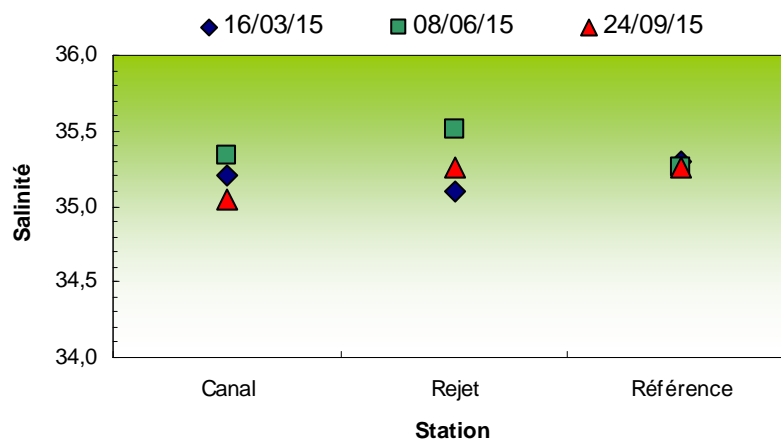


Figure 3.2.6 : Salinité de l'eau de surface lors les campagnes 2015

Les variations spatiales sont aussi très limitées avec un gradient côte-large habituellement croissant peu marqué cette année. Les conditions climatiques pour les trois saisons (pluviométrie faible et insolation forte) expliquent cette faible variation.

3.2.2.2.2 Variations inter-annuelles

La figure 3.2.7 présente l'ensemble des valeurs de salinité sur la période 1987-2015. Les salinités mesurées en 2015 sont supérieures à celle de 2014 sur tous les points et à toutes saisons.

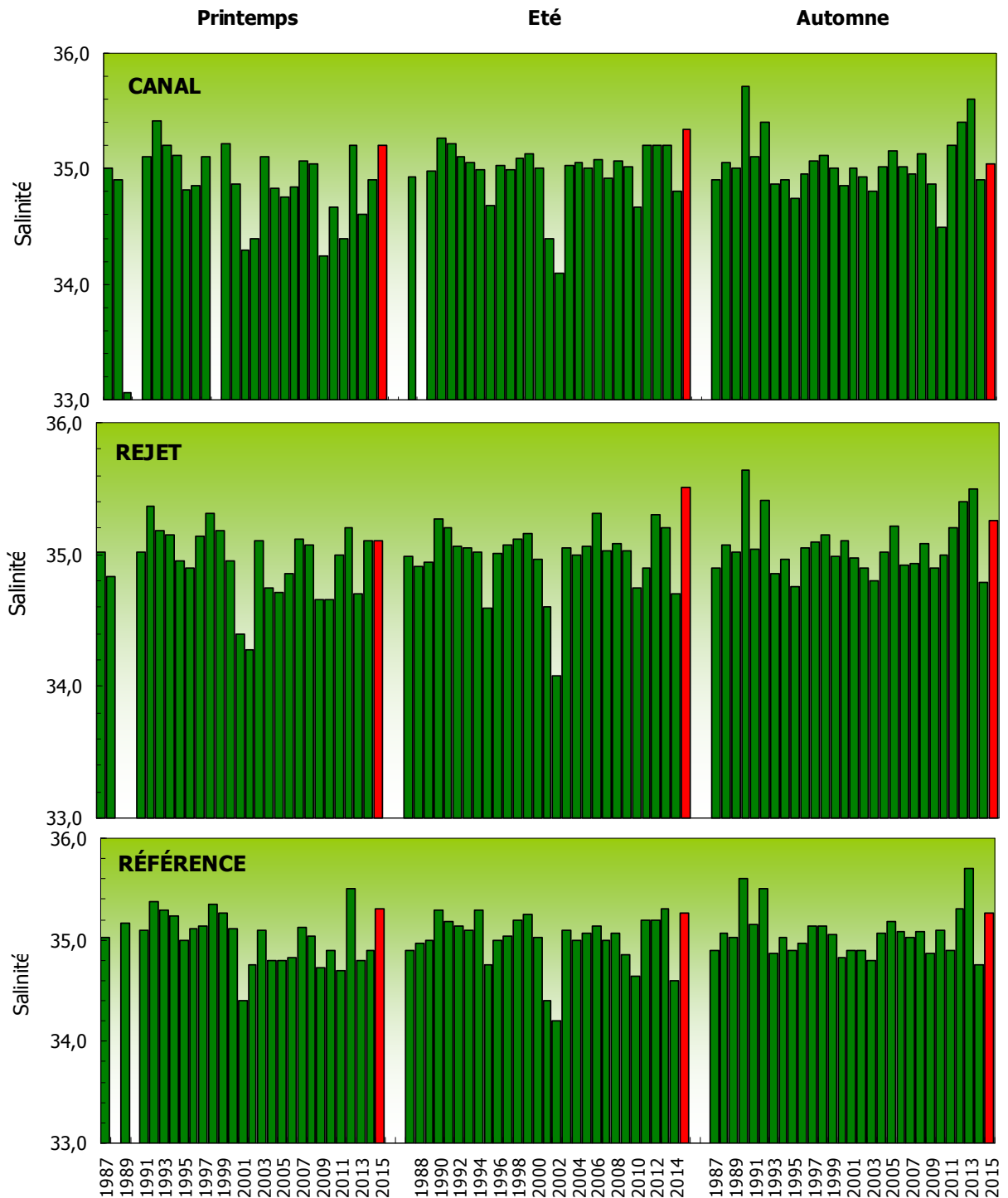


Figure 3.2.7 : Salinité de l'eau de surface pour les campagnes 1987 à 2015 (2015 en rouge)

La figure 3.2.8 présente la distribution des valeurs de salinité enregistrées entre 1987 et 2015. Cette année, les salinités mesurées ont été forte et généralement supérieures aux valeurs médianes calculées sur la période 1987-2014 sur tous les points. Aussi, les salinités mesurées aux points canal et rejet en été sont les plus fortes observées depuis 28 ans.

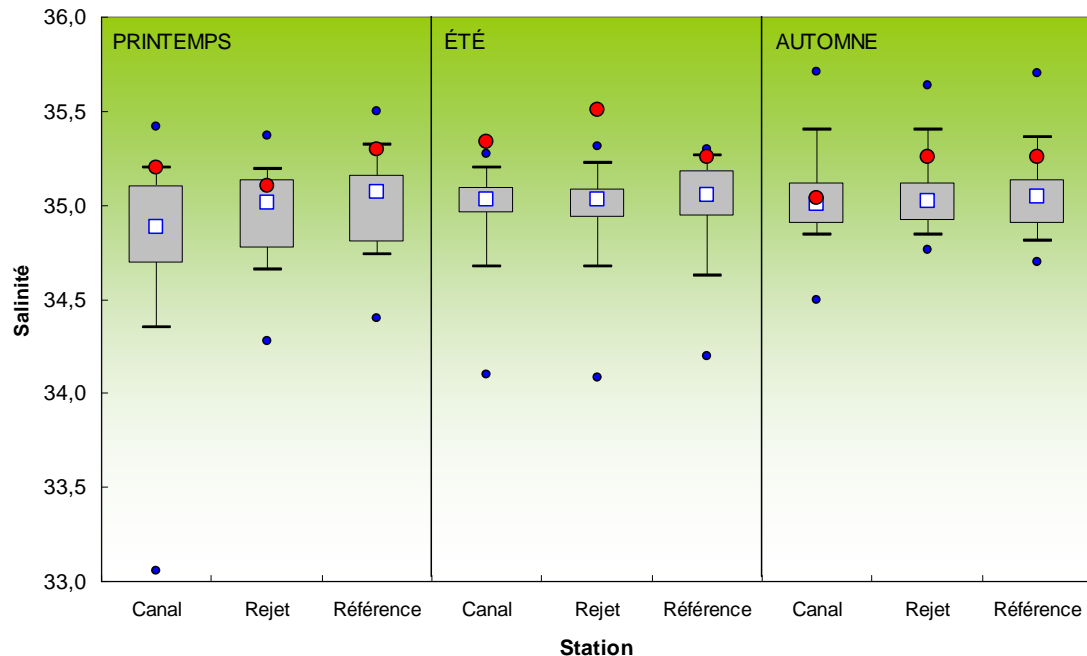


Figure 3.2.8 : Distributions de la salinité par campagne et par point depuis 1987. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50% des valeurs (▭) ; les moustaches, 80% des valeurs (┌┐). Les points extrêmes présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2015 (●)

Quelle que soit la période de l'année, la valeur des médianes pluriannuelles est proche de 35,0 confirmant le caractère *marin* dans cette zone fortement brassée de Manche Occidentale. Un léger gradient se distingue toutefois entre les trois points de surveillance. Les salinités médianes du point *rejet* se situent généralement entre celles des points *canal* et *référence*, indiquant un mélange des masses d'eau du large (*référence*) avec les masses d'eau côtières (*canal*) plus influencées par les apports d'eau douce des bassins versants. Au printemps, où les précipitations sont généralement les plus importantes, le gradient est ainsi plus marqué.

L'influence de la pluviométrie sur la salinité dans ce secteur reste toutefois relativement limitée tant sur le plan spatial que temporel. Ceci est en particulier lié à l'absence de rivière majeure dans ce secteur, mais aussi au caractère fortement brassé de la colonne d'eau. Les valeurs de salinité observées sont ainsi du même ordre de grandeur que celles habituellement relevées en Manche Occidentale (Armstrong *et al.*, 1972). Elles reflètent l'influence des eaux Atlantiques transitant vers la mer du Nord (Pingree et Maddock, 1977 ; Salomon *et al.*, 1993).

3.2.2.2.3 Approche statistique

Le tableau 3.2.5 présente les résultats des tests statistiques réalisés sur les salinités observées depuis 1987 aux différents points de surveillance.

Comparaison	Salinité					
	Printemps		Été		Automne	
	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée
Canal / Rejet	W	0,277	T	0,368	W	0,808
Référence / Rejet	T	0,028	T	0,796	W	0,438
Canal / Référence	W	0,000	T	0,223	W	0,258

Test T : student (loi normal) ; Test W : test Wicolson (pas de loi normal)
p-value <0,05 = différence significative ; p-value >0,05 = différence non significative
 Tableau 3.2.5 : « p-value » des tests statistiques sur les données de salinité enregistrées depuis 1987

L'intégration des données de salinités mesurées en 2015 ne change pas les résultats de l'étude statistique. Les tests indiquent qu'il n'existe pas de différence significative pour la salinité entre les points canal-rejet tout au long de l'année, référence-rejet en été et automne et enfin canal-référence en été et en automne. Seules les salinités entre les points rejet-référence et canal-référence présentent des différences significatives au printemps. Les points canal et rejet, proches de la côte, sont généralement caractérisés par des salinités légèrement inférieures à celles du point référence situé plus au large. Cela confirmerait la présence d'un gradient côte-large lié aux apports d'eau douce d'origine continentale, en général plus abondants au printemps. Ceci n'a pas été observé cette année avec des valeurs de salinités extrêmes en été sur les points canal et rejet. Les conditions climatiques pour les trois saisons (pluviométrie faible et insolation forte) expliquent cette faible variation.

Les effluents d'eau déminéralisée des circuits primaires, des circuits secondaires, ainsi que des circuits annexes pour le refroidissement des auxiliaires de l'îlot nucléaire constituent l'apport principal d'eau douce de la centrale vers le milieu marin. Ces rejets sont ponctuels et irréguliers et se produisent lors de vidanges ou d'opérations de maintenance. Ils ne doivent pas dépasser la limite de $1000 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$. Ils sont opérés dans un laps de temps court (2 heures) et à de faibles débits ($\sim 300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$) comparés aux rejets de l'eau de mer ($\sim 155\,000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$). Pour information, en 2010 le volume annuel rejeté était de $46\,502 \text{ m}^3$ pour les effluents de régénération et de rinçage, $11\,426 \text{ m}^3$ pour les effluents de lavage (filtres à sable) et $17\,139 \text{ m}^3$ pour les rejets de boues du décanteur. Le volume d'eau de mer utilisé pour l'ensemble des circuits de refroidissement était lui de $2\,342\,140\,165 \text{ m}^3$. L'hypothèse d'un impact de la centrale pour expliquer les différences de salinités observées au printemps et en été est donc improbable.

3.2.2.3. Ammonium

3.2.2.3.1 Variations spatiales et saisonnières de l'ammonium

Au cours des campagnes 2015, les concentrations en ammonium ont varié de 0,10 à 0,30 μM au point *canal*, de $<0,10$ à 0,30 μM au point *rejet* et de 0,10 à 0,30 μM au point *référence* (figure 3.2.9).

Tout au long de l'année, les concentrations sont très faibles sur l'ensemble des points de surveillance.

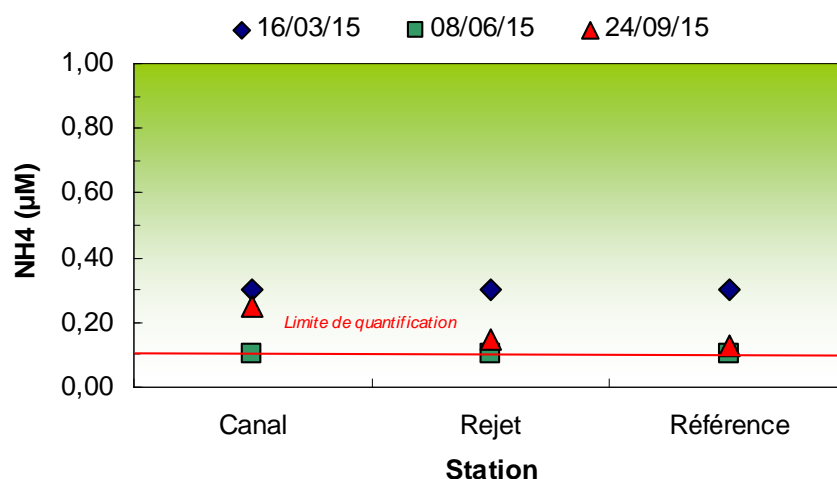


Figure 3.2.9 : Concentrations en ammonium (μM) dans les eaux de surface lors des campagnes 2015
(-Limite de quantification=0,10 $\mu\text{mol/L}$)

Les concentrations en ammonium sont en accord avec le cycle saisonnier classique de ce paramètre. Ceci est habituellement le cas en Manche occidentale et orientale (L'Helguen et al., 1993 ; Gentilhomme et Lizon, 1998), reflétant la préférence du phytoplancton pour l'ammonium même en présence de concentration de nitrate relativement importante (Cochlan 1986 ; Rees et al. 1995). L'augmentation des concentrations en ammonium en automne reflète l'augmentation de l'activité hétérotrophe et la régénération de l'ammonium dans la colonne d'eau. Par ailleurs, le gradient de concentration décroissant côte-large plus ou moins marqué les années précédentes précédentes n'a pas été observé cette année. Les conditions climatiques pour les trois saisons (pluviométrie faible et insolation forte) expliquent cette faible variation.

3.2.2.3.2 Variations inter-annuelles

L'évolution des concentrations en ammonium enregistrées aux différents points depuis 1987 est présentée sur la figure 3.2.10.

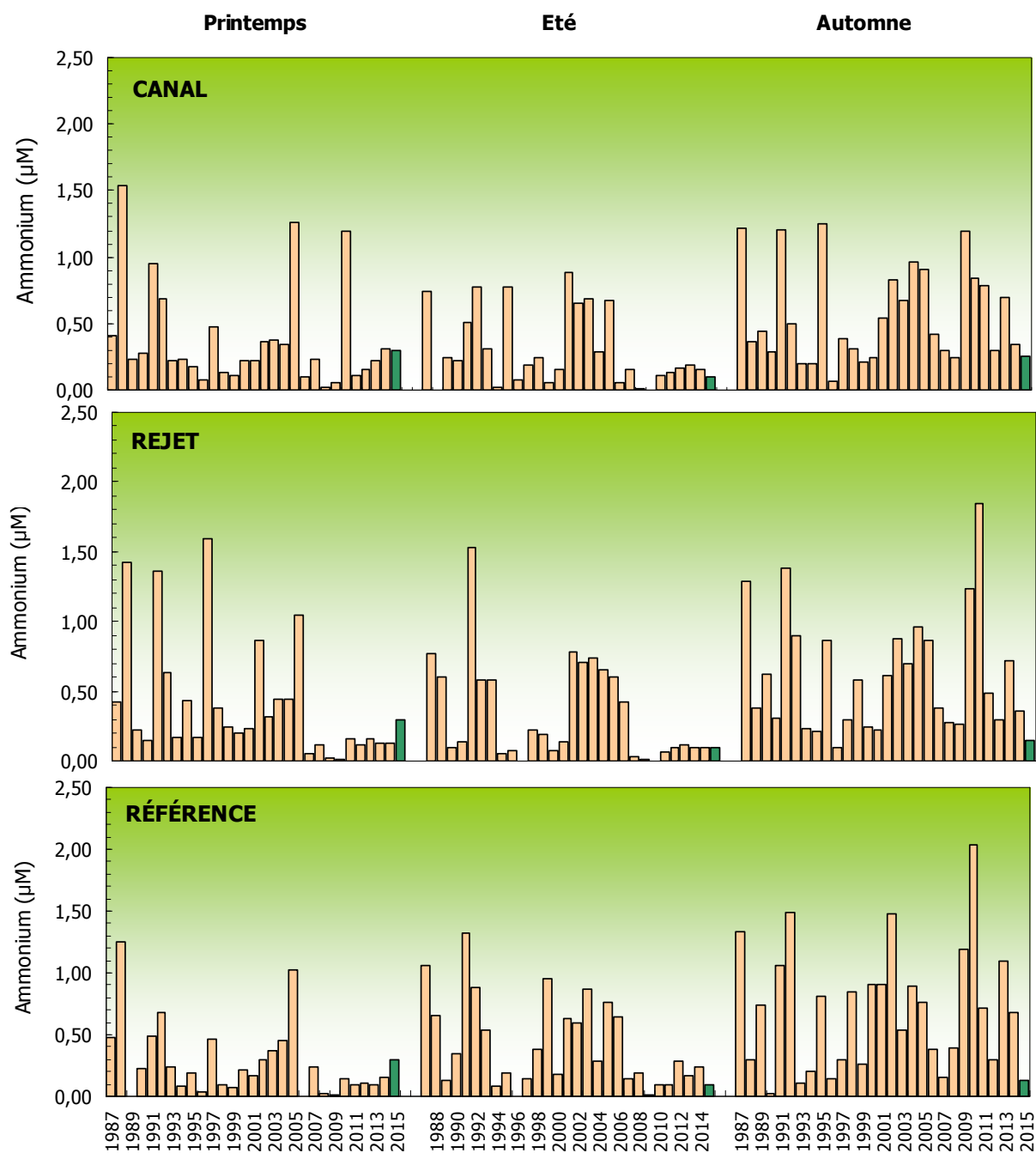


Figure 3.2.10 : Concentrations en ammonium dans l'eau de surface lors des campagnes de 1987 à 2015 (2015 en vert)

Les valeurs observées en 2015 sont comparables à celles de 2014 sur l'ensemble des points au printemps et en été. A l'inverse en automne, les teneurs en ammonium sont inférieures à celles de 2014 sur l'ensemble des points de surveillance. Comme l'illustre la figure 3.2.10, depuis 1987 les concentrations en ammonium présentent une très forte variabilité interannuelle sur l'ensemble des points. Les différences de concentrations en ammonium observées en 2015 comparées aux autres années s'inscrivent dans cette distribution très variable.

La figure 3.2.11 présente la distribution des teneurs en ammonium enregistrées entre 1987 et 2015. Les concentrations mesurées en 2015 sont très proches des médianes pluriannuelles au printemps et en été. En automne, les concentrations en ammonium sont parmi les plus faibles concentrations calculées sur la période 1987-2014.

La forte dispersion des valeurs confirme l'importante variabilité de ce paramètre dans la colonne d'eau.

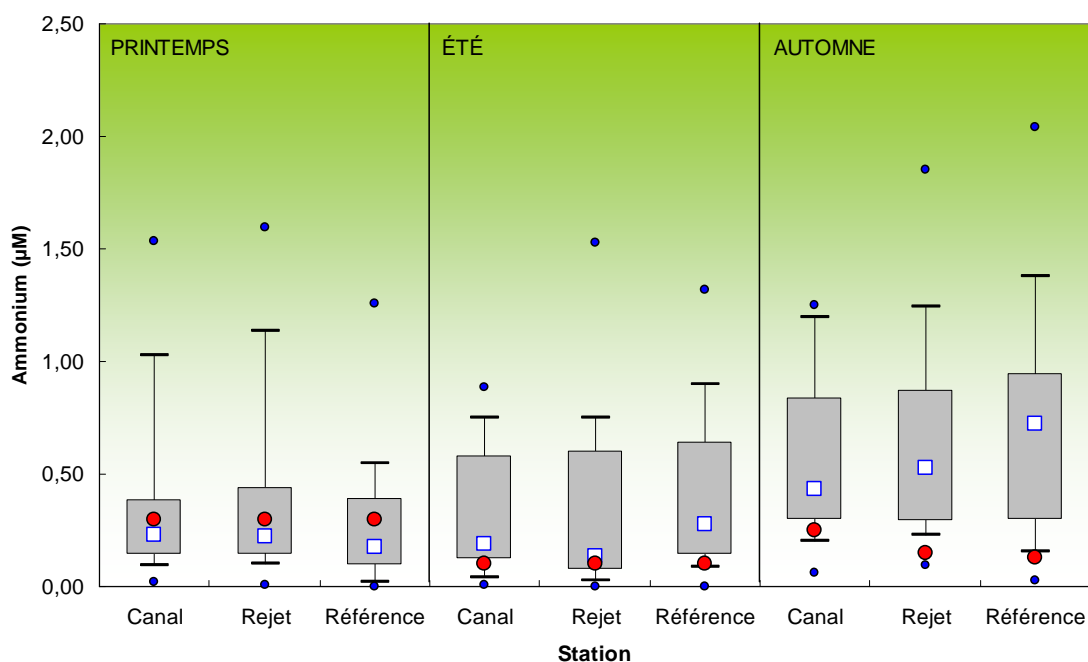


Figure 3.2.11 : Distributions des concentrations en ammonium par campagne et par point depuis 1987. Le point central représente la médiane (\square) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (\square) ; les moustaches, 80 % des valeurs (\top). Les points extrêmes présentent les valeurs maximales et minimales (\bullet). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2015 (\bullet)

3.2.2.3.3 Approche statistique

Les résultats des tests relatifs à l'étude statistique des teneurs en ammonium depuis 1987 à Flamanville sont présentés dans le tableau 3.2.6.

Comparaison	Ammonium (μM)					
	Printemps		Été		Automne	
	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée
Canal / Rejet	W	0,701	W	0,375	W	0,149
Référence / Rejet	W	0,045	W	0,031	W	0,174
Canal / Référence	W	0,001	W	0,064	W	0,204

Test T : student (loi normal) ; Test W : test Wicolson (pas de loi normal) p -value $< 0,05$ = différence significative ; p -value $> 0,05$ = différence non significative

Tableau 3.2.6 : « p-value » des tests statistiques sur l'ammonium ($n = 28$ pour chaque point et chaque saison)

Cette année, l'intégration des résultats des campagnes de surveillance 2015 ne modifie que très peu les résultats de l'étude statistique. Les différences significatives se confirment entre les points référence et rejet en été et canal et référence au printemps. Ces différences significatives s'ajoutent à celle entre les points référence et rejet au printemps. Il n'existe sinon pas d'autre différence significative entre les trois points de surveillance pour ce sel nutritif. Cette année, les résultats des tests statistiques sont semblables à 2012.

3.2.2.4. Nitrate et nitrite

3.2.2.4.1 Variations spatiales et saisonnières du nitrate et du nitrite

La distribution des concentrations en nitrate et nitrite mesurées en 2015 est présentée sur la figure 3.2.12. Les teneurs en nitrate ont été comprises entre 0.55 et 7.33 μM au point *canal*, entre 0.55 et 7.32 μM au point *rejet* et entre <0.06 et 7.62 μM au point *référence*. Les teneurs en nitrite ont varié de <0.05 à 0,18 μM au point *canal*, de <0,05 à 0,17 μM au point *rejet* et enfin de <0,05 à 0,21 μM au point *référence*.

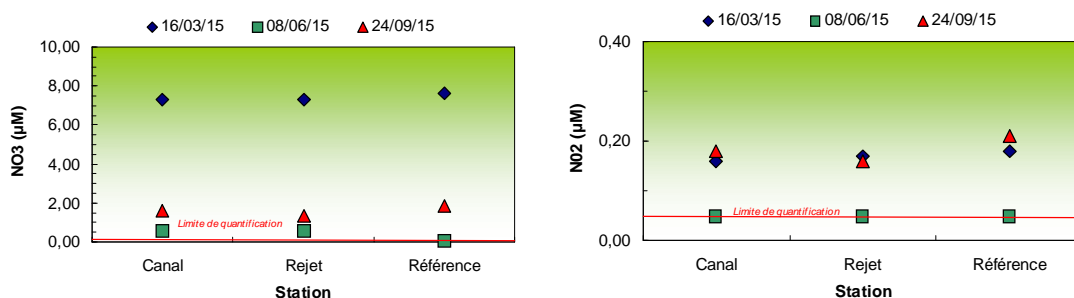


Figure 3.2.12 : Concentrations en nitrate (μM) et nitrite (μM) dans les eaux de surface en 2015
(-Limite de quantification=0.10 $\mu\text{mol/L}$ pour le nitrate, 0.05 $\mu\text{mol/L}$ pour le nitrite)

Les concentrations présentent des variations spatiales au cours des différentes saisons. Pour le nitrate, les teneurs sont relativement élevées au printemps, diminuent en été et augmentent légèrement en automne. Pour le nitrite, les concentrations sont basses (inférieures à 0.5 $\mu\text{mol/L}$) et caractéristiques en eaux côtières non polluées. En été, les teneurs mesurées à Flamanville sont comparables à celles observées au large du plateau continental atlantique français à la fin de l'été par Lampert (2001) et par le Réseau Hydrologique du Littoral Normand (RHLN). Dans l'ensemble, elles suivent une évolution saisonnière classique. Durant l'hiver, les précipitations lessivent les bassins versants et permettent de contribuer à la constitution du stock de nutriments dans le milieu. Au printemps lorsque les conditions de température et de luminosité sont suffisantes pour la photosynthèse, le phytoplancton se développe et consomme la quasi-totalité du stock de sels nutritifs, d'où les faibles teneurs observées en juin. Des changements au niveau des peuplements phytoplanctoniques, puis une dégradation de cette matière organique par les bactéries entraînent une régénération des sels et donc une augmentation des teneurs en nitrate et nitrite dans la colonne d'eau en automne. Malgré un échantillonnage qui a eu lieu durant la deuxième quinzaine de mars (début de la période productive), il est probable que le stock hivernal de sels azotés n'ait pas encore été entamé (les concentrations en chlorophylle étant relativement faible). Ceci est aussi à rapprocher des concentrations en ammonium et silicate mesurées à la même période ainsi qu'à la climatologie.

3.2.2.4.2 Variations inter-annuelles

Les variations des concentrations en nitrate et nitrite sur la période 1987-2015 sont respectivement présentées sur les figures 3.2.13 et 3.2.14.

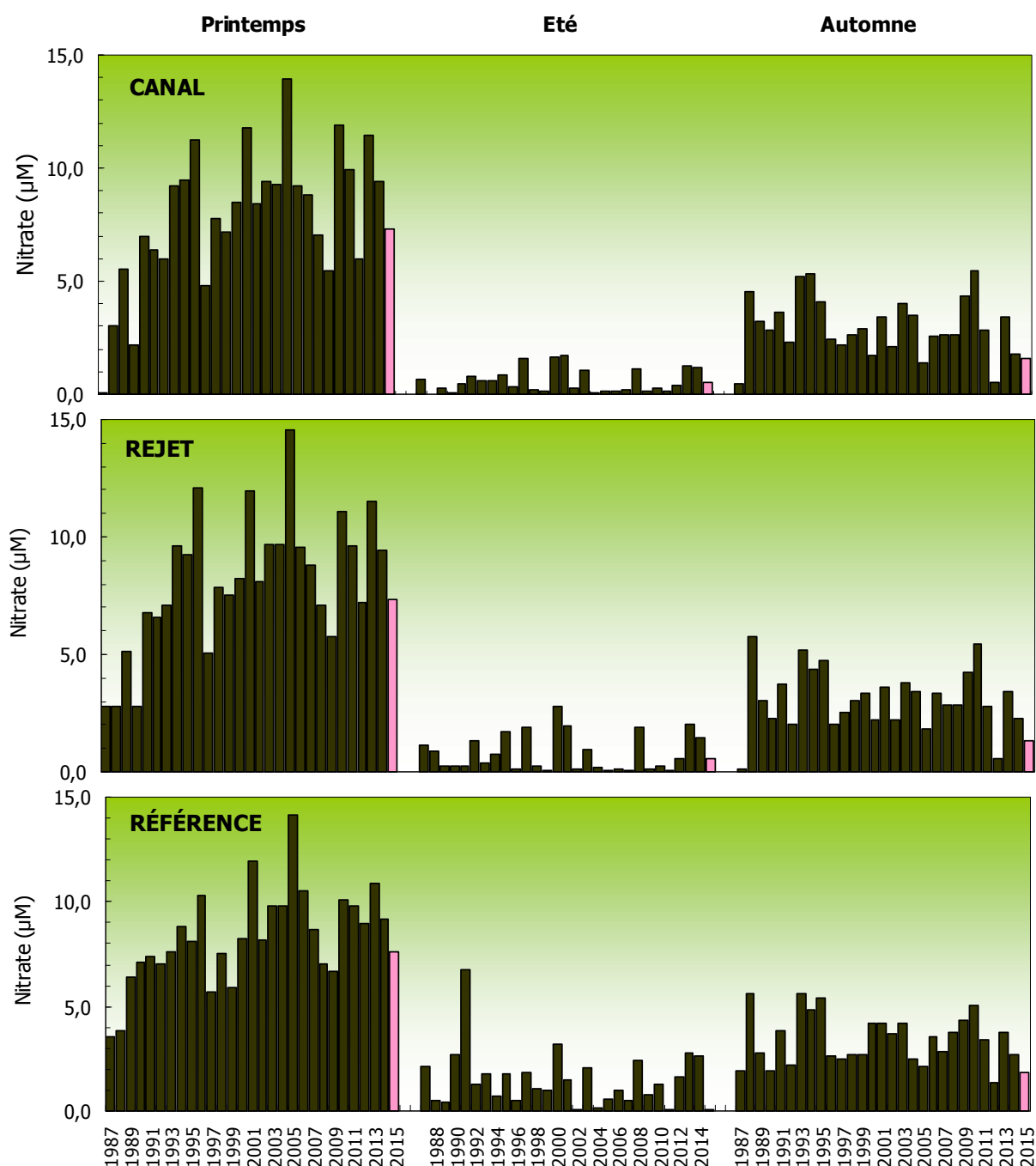


Figure 3.2.13 : Concentrations en nitrate dans l'eau de surface pour les campagnes de 1987 à 2015 (2015 en rose)

Les concentrations en nitrate sont systématiquement inférieures à celles de l'année précédente sur l'ensemble des points de surveillance et toute l'année. Les concentrations en nitrite mesurées en 2015 sont très légèrement inférieures à celles de 2014 tout au long de l'année.

Dans l'ensemble, les concentrations en nitrate sont sensiblement supérieures aux gammes de concentrations couramment observées en Manche (~5-6 µM pour les nitrates pour des salinités ~35, Lanne, 1992), et ceci au printemps. La gamme de concentration observée pour le nitrite est

similaire à celle observée précédemment (0,05-0,6 μM pour les nitrites pour des salinités ~ 35 , Laane, 1992).

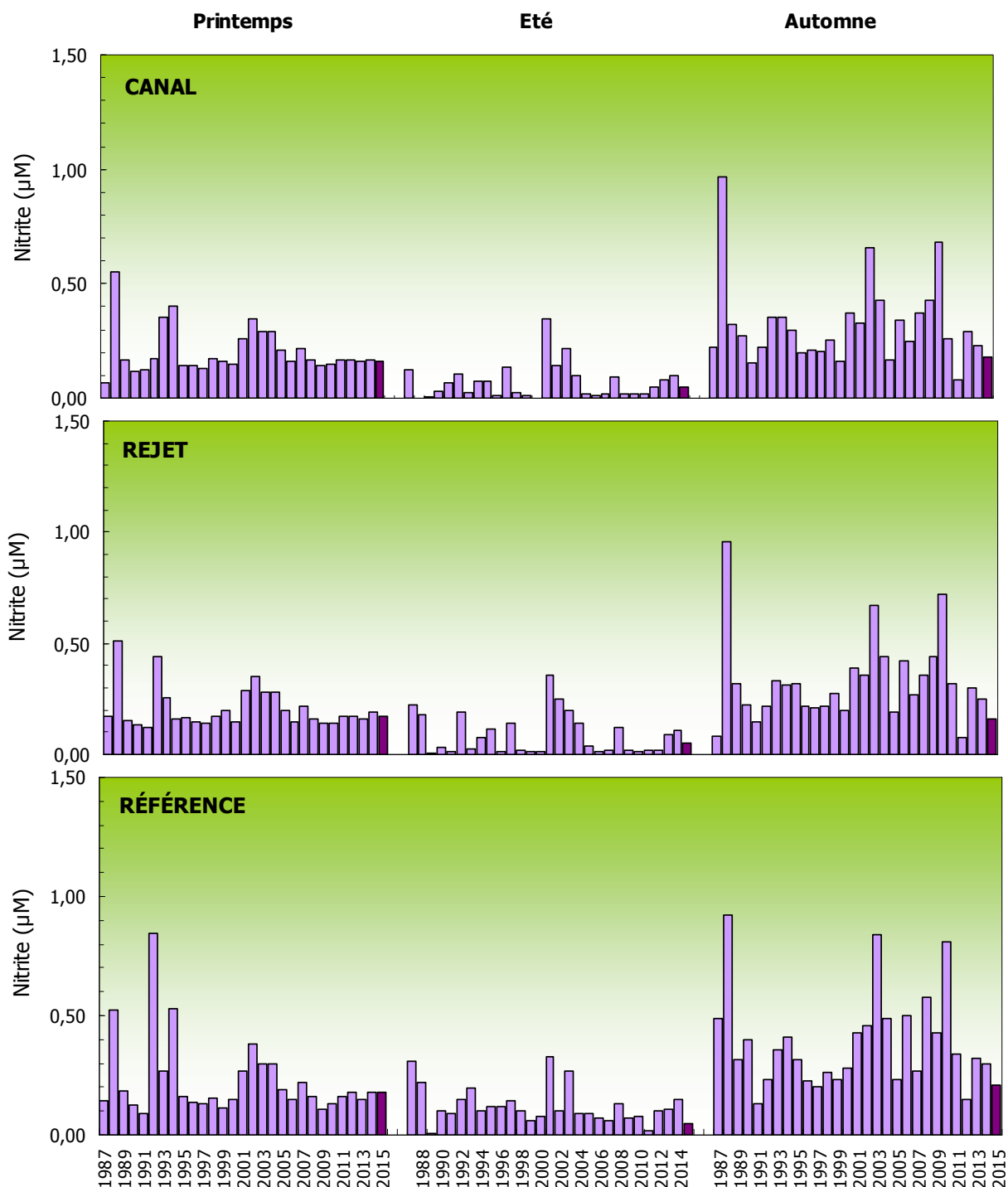


Figure 3.2.14 : Concentrations en nitrite dans l'eau de surface pour les campagnes 1987 à 2015 (2015 en violet foncé)

La figure 3.2.15 présente la distribution des teneurs en nitrate et nitrite mesurées entre 1987 et 2015. Au printemps et en été, les teneurs en nitrate et en nitrite sont très proches des médianes pluriannuelles. En automne, les teneurs de nitrate et de nitrite sont très faibles. Elles sont hors des boîtes représentant 50% des valeurs observées. Les valeurs se situent le plus souvent très proches du percentile 0.80 inférieur.

Dans l'ensemble, les valeurs des médianes illustrent clairement la présence du stock de nitrate en période hivernale, l'utilisation de l'azote durant la période estivale et le début des processus de régénération en automne. Par ailleurs au printemps, du fait du caractère plus ou moins précoce du développement phytoplanctonique et des dates d'échantillonnage, une importante variabilité est observée, soulignant l'utilisation (ou non) du stock hivernal de nitrate lors du bloom printanier.

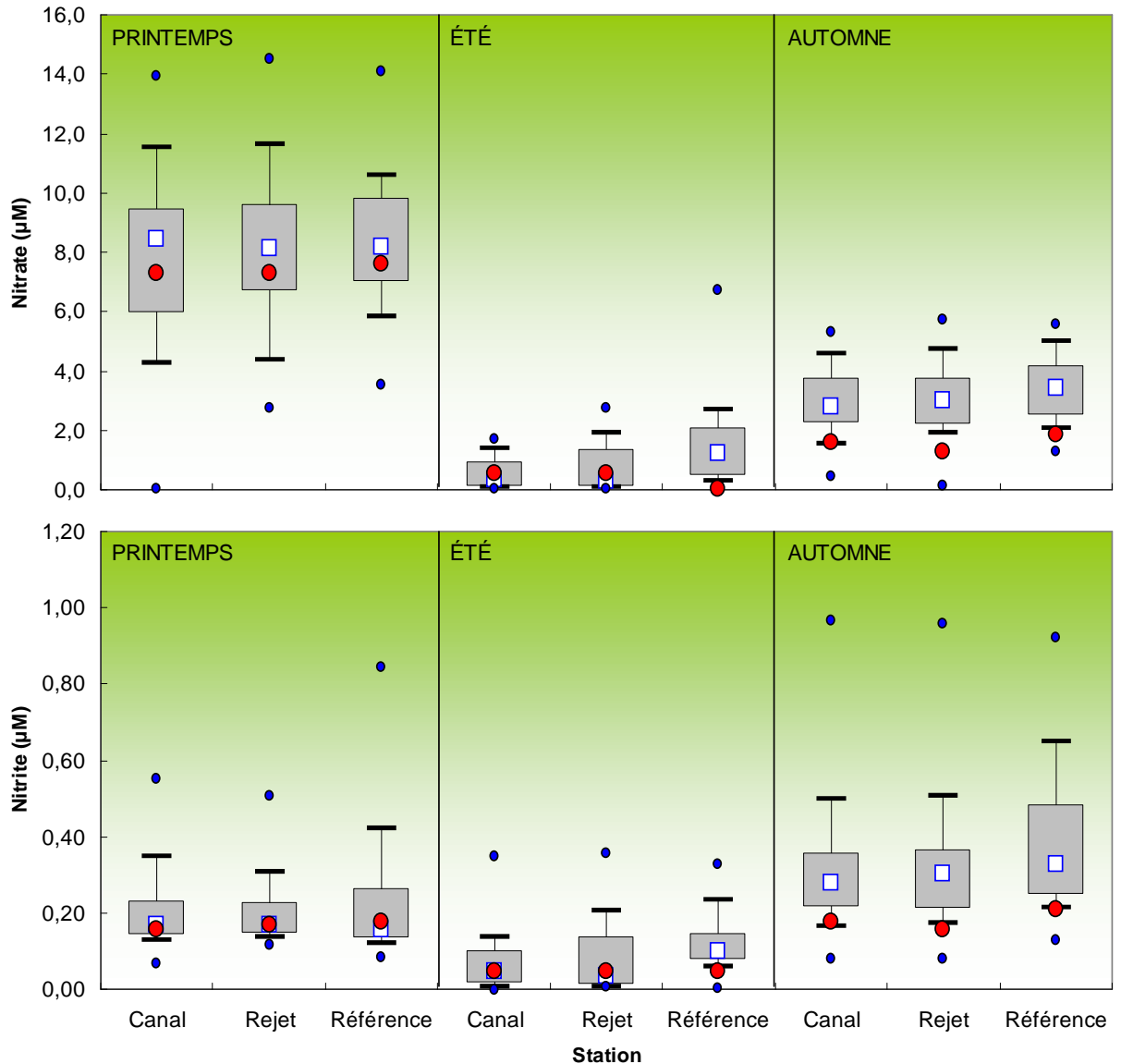


Figure 3.2.15 : Comparaison des distributions des concentrations en nitrate par campagne et par point depuis 1987. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50% des valeurs (▭) ; les moustaches, 80% des valeurs (┌). Les points extrêmes présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2015 (●)

3.2.2.4..3 Approche statistique

Le tableau 3.2.7 présente les résultats des tests statistiques réalisés pour le nitrate et le nitrite depuis 1987.

	Comparaison	Printemps		Été		Automne	
		type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée
Nitrate	Canal / Rejet	W	0,057	W	0,031	T	0,277
	Référence / Rejet	W	0,381	W	0,001	T	0,010
	Canal / Référence	W	0,170	W	0,000	T	0,006

	Comparaison	Printemps		Été		Automne	
		type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée
Nitrite	Canal / Rejet	W	0,708	W	0,190	W	0,095
	Référence / Rejet	W	0,829	T	0,004	W	0,000
	Canal / Référence	W	0,946	W	0,000	T	0,000

Test T : student (loi normal) ; Test W : test Wicolson (pas de loi normal)
(p-value <0,05 = différence significative ; p-value >0,05 = différence non significative)
Tableau 3.2.7 : « p-value » des tests statistiques pour le nitrate et nitrite depuis 1987
(n = 28 pour chaque point et chaque saison)

L'intégration des concentrations mesurées en 2015 ne modifie pas les résultats de l'étude statistique. entre les points *référence* et *rejet* en automne pour le nitrate est confirmée. L'ensemble des résultats statistiques issus des comparaisons des séries de valeurs en nitrate et en nitrite depuis 1987, indique donc principalement des différences significatives entre les points *référence-canal* et *référence-rejet* en été et en automne. Durant ces saisons, le point *référence* présente une différence significative par rapport aux autres points. Ceci suggère des caractéristiques plus marquées entre la côte et le large sans doute en relation avec l'évolution des phénomènes biologiques.

Le CNPE de Flamanville ne semble pas perturber la distribution des nutriments azotés (nitrite + nitrate) dans cette zone.

3.2.2.5. Phosphate et silicate

3.2.2.5..1 Variations spatiales et saisonnières du phosphate et du silicate

La distribution des concentrations en phosphate et silicate mesurées en 2015 est présentée sur la figure 3.2.16. Les teneurs en phosphate ont été comprises entre 0,04 et 0,36 μM au point *canal*, entre 0,04 et 0,36 μM au point *rejet* et entre 0,10 et 0,40 μM au point *référence* (figure 3.2.16). Les concentrations en silicate ont variées de 0,38 à 2,07 μM au point *canal*, de 0,48 à 1,93 μM au point *rejet*, et de 0,38 à 2,07 μM au point *référence* (figure 3.2.16).

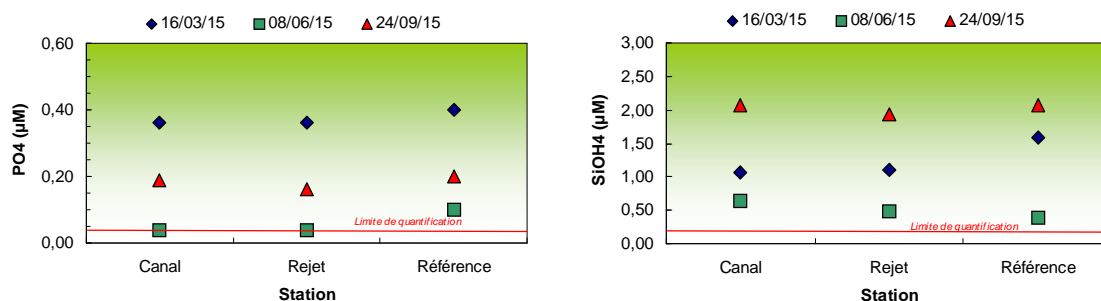


Figure 3.2.16 : Concentrations en phosphate et silicate (μM) dans les eaux de surface en 2015 (-Limite de quantification= $0,04 \mu\text{mol/L}$ pour le phosphate, $0,20 \mu\text{mol/L}$ pour le silicate)

Les concentrations de ces deux sels nutritifs présentent peu de variabilité spatiale. Sur le plan temporel, les teneurs en phosphate présentent des variations saisonnières classiques. Au début du printemps, les concentrations sont relativement élevées soulignant la présence d'une partie du stock hivernal. Elles sont du même ordre de grandeur que celles relevées par Laane (1992) en Manche occidentale ($0,4\text{-}0,5 \mu\text{M}$ pour des salinités variant de 35,25 à 35,30). En été, les concentrations en phosphate diminuent fortement en raison d'une possible assimilation par le phytoplancton (confirmée par des teneurs en chlorophylle *a* relativement élevées à cette période). En automne, les concentrations augmentent faiblement à nouveau sous l'effet des processus de régénération.

Pour le silicate, les concentrations présentent des variations temporelles caractérisées par des concentrations assez importantes au printemps, suggérant comme pour les teneurs en phosphates la présence du stock hivernal. La diminution des concentrations en silicate en été est attribuable à une utilisation rapide de la silice par les diatomées, espèce phytoplanctonique dominante dans ce secteur tout au long de l'année. L'augmentation des teneurs observées en automne est vraisemblablement liée à la régénération de la silice biogénique. Ceci est généralement observé sur le plateau continental Atlantique français tout au moins en automne (Ragueneau *et al.* 1994 ; Lampert 2001).

Variations inter-annuelles

Les variations des concentrations en phosphate et silicate sur la période 1987-2015 sont respectivement présentées sur les figures 3.2.17 et 3.2.18.

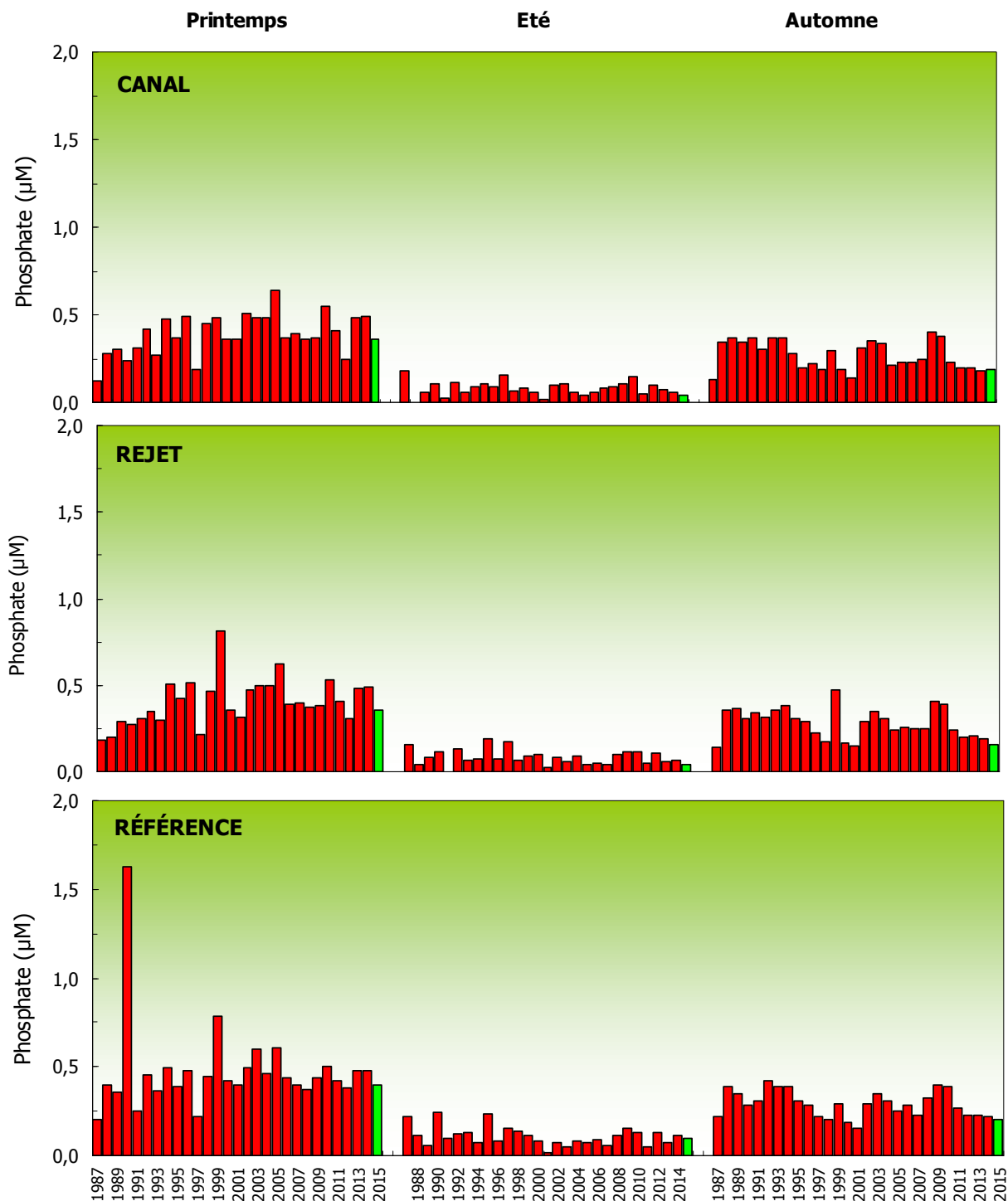


Figure 3.2.17 : Concentrations en phosphate dans l'eau de surface lors des campagnes 1987 à 2015 (2015 en vert)

Les teneurs en phosphate mesurées en 2015 sont sensiblement identiques à celles de 2014 durant les trois saisons sur les différents points de surveillance. Dans l'ensemble, les teneurs en phosphate restent dans la gamme de concentrations généralement observées dans ce secteur de la Manche.

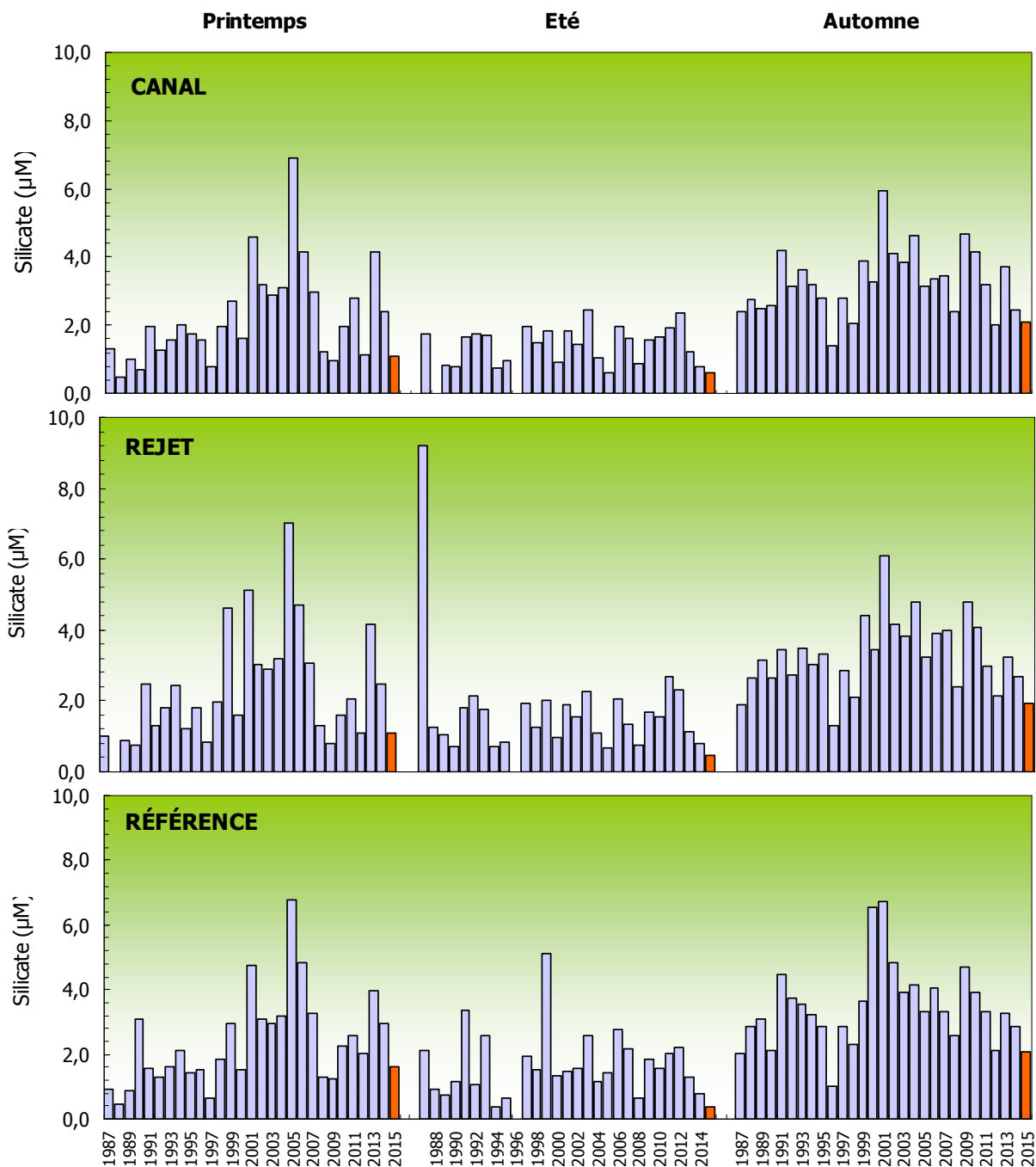


Figure 3.2.18 : Concentrations en silicate dans l'eau de surface lors des campagnes 1987 à 2015 (2015 en orange)

Les teneurs en silicate mesurées en 2015 sont inférieures à celles de 2014 durant les trois saisons sur les différents points de surveillance. Dans l'ensemble, les teneurs en silicate restent dans la gamme de concentrations généralement observées dans ce secteur de la Manche.

Les figures 3.2.19 présentent respectivement les distributions des teneurs en phosphate et silicate mesurées entre 1987 et 2015. Pour le phosphate, les concentrations en 2015 se situent proches des médianes pluriannuelles en automne et en été, et parmi les plus faibles observées depuis près de 30 ans. Pour le silicate, les concentrations en 2015 sont faibles sur tous les points et tout au long de l'année. Elles sont hors des boîtes représentant 50% des valeurs observées excepté pour le point *référence au printemps*. Les valeurs se situent le plus souvent très proches du percentile 0.80 inférieur.

Les concentrations en phosphate en 2015 suivent dans l'ensemble les variations temporelles décrites par les médianes annuelles : des variations saisonnières assez classiques liées à des processus d'assimilation en période estivale et de régénération en période automnale. Aussi, les teneurs en silicates en 2015 suivent la tendance décrite par les médianes pluriannuelles et notamment le phénomène de régénération habituellement marqué en automne. Par ailleurs, pour ces deux nutriments, le gradient côte-large n'est pas très marqué cette année.

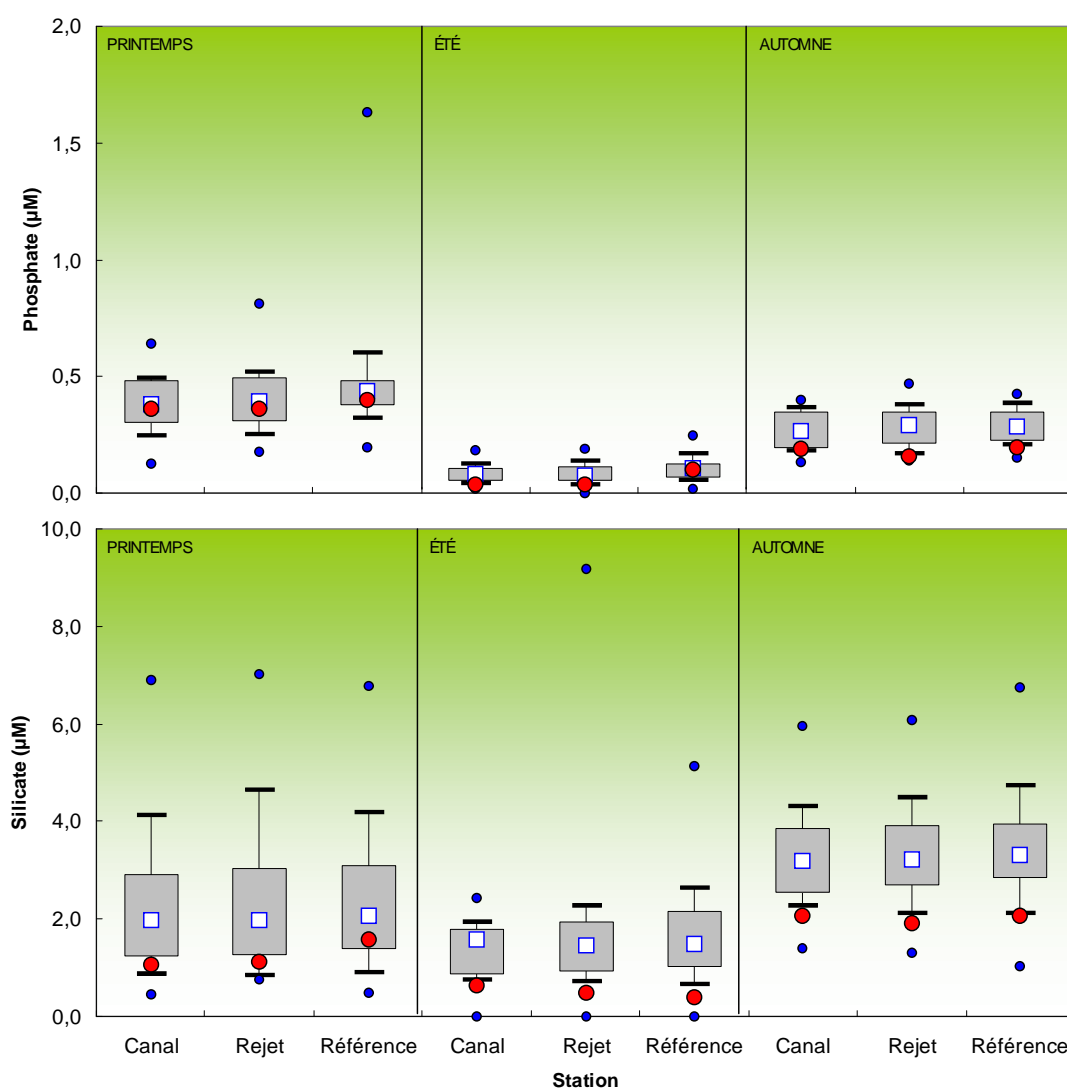


Figure 3.2.19 : Distributions des concentrations en phosphate et silicate par campagne et par point depuis 1987. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50% des valeurs (▭) ; les moustaches, 80% des valeurs (┌┐). Les points extrêmes présentent les valeurs maximales et minimales (•). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2015 (●)

3.2.2.5.2 Approche statistique

Le tableau 3.2.8 présente les résultats des tests statistiques réalisés sur les concentrations en phosphate et silicate depuis 1987. L'intégration des concentrations des campagnes de surveillance 2015 ne modifie que très peu les résultats de l'étude statistique présentée l'an passé pour le phosphate. Une différence significative nouvelle apparaît cette année entre les points *référence/rejet* en automne.

Globalement, pour ce nutriment, la présence de différences significatives entre les points *canal* et *référence* toute l'année est certainement due au gradient côte large des teneurs. Ceci se traduit aussi pour le couple *référence/rejet*.

Pour le silicate, aucune différence significative n'est observée tout au long de l'année entre les différents points. Cette étude ne permet pas de conclure à une singularité du point *rejet* par rapport aux autres points de surveillance.

	Comparaison	Printemps		Été		Automne	
		type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée
Phosphate	<i>Canal / Rejet</i>	W	0,217	T	0,525	W	0,583
	<i>Référence / Rejet</i>	W	0,026	T	0,002	W	0,041
	<i>Canal / Référence</i>	W	0,003	T	0,005	T	0,018

	Comparaison	Printemps		Été		Automne	
		type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée
Silicate	<i>Canal / Rejet</i>	W	0,202	W	0,494	T	0,580
	<i>Référence / Rejet</i>	W	0,846	W	0,471	W	0,218
	<i>Canal / Référence</i>	W	0,320	W	0,105	W	0,190

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

Tableau 3.2.8 : « *p-value* » des tests statistiques les teneurs en phosphate et silicate depuis 1987
(*n* = 28 pour chaque point et chaque saison)

La centrale peut toutefois représenter une source de phosphate pour le milieu marin. Les circuits pour le refroidissement de l'îlot nucléaire sont alimentés en eau déminéralisée conditionnée au phosphate trisodique (Na_3PO_4). Le phosphate trisodique, utilisé comme agent anti-corrosion, permet en effet d'ajuster le pH dans ces circuits de réfrigération intermédiaire. Les purges des circuits auxiliaires occasionnent donc des rejets qui dépassent 1 T an⁻¹ (1,2 T en 2010 et 2009 ; Rapport annuel de surveillance de l'environnement - EDF), avec une limite annuelle de rejet fixée à 1,475 T. Aux vues des quantités rejetées et de leur dilution dans les volumes utilisées pour le processus de refroidissement, les rejets de phosphates ne sont pas perceptibles dans le milieu marin récepteur.

3.2.2.6. Turbidité

La mesure de la turbidité par néphélogéométrie a remplacé le suivi de la concentration en matières en suspension (MES) depuis la mise en application de la décision ASN n°2010-DC-0189. Bien que la turbidité ne soit une grandeur physique intrinsèque du milieu aquatique, elle permet d'apprécier l'opacité (ou la transparence) de la colonne d'eau par rapport à des étalons artificiels. Longtemps exprimées en NTU, les mesures de turbidité sont exprimées en FNU (Formazine Nephelometric Unit).

Afin de pouvoir comparer ce paramètre depuis le début de la surveillance (1987), il aurait été souhaitable de pouvoir corréler la mesure en MES à celle de la mesure en FNU. Cependant, cette analyse est complexe et ne peut se faire qu'avec des informations sur la distribution des salinités de surface, la mesure de densité de la masse d'eau, la distribution des sels nutritifs, la mesure de quantamètre (mesure de la quantité de lumière) et la mesure des concentrations en pigments (indice sur les différentes classes de taille des algues). La corrélation n'a donc pas pu être réalisée.

3.2.2.6.1. Variations spatiales et saisonnières de la turbidité

Les mesures de turbidité au cours du programme de surveillance 2015 ont varié de 0,41 à 1,83 FNU au point *canal*, de 0,43 à 2,42 FNU au point *rejet* et de 0,21 à 1,18 FNU au point *référence* (figure 3.2.20). Les variations spatiales de la turbidité sont peu marquées entre les points de surveillance.

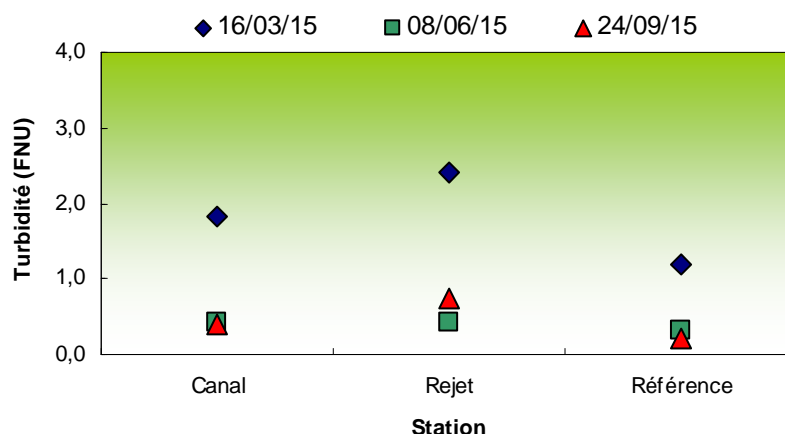


Figure 3.2.20 : Turbidité dans les eaux de surface lors des campagnes 2015

3.2.2.6.2. Variations inter-annuelles

Les variations de turbidité observées en 2015 sont présentées sur la figure 3.2.21 à titre informatif. En effet, les mesures ayant débutées en 2012, il est difficile d'effectuer des comparaisons sur cette série à court terme. Cependant les mesures de turbidité sont inférieures à celles de 2014 tout au long de l'année et sur tous les points de surveillance excepté en été au point canal.

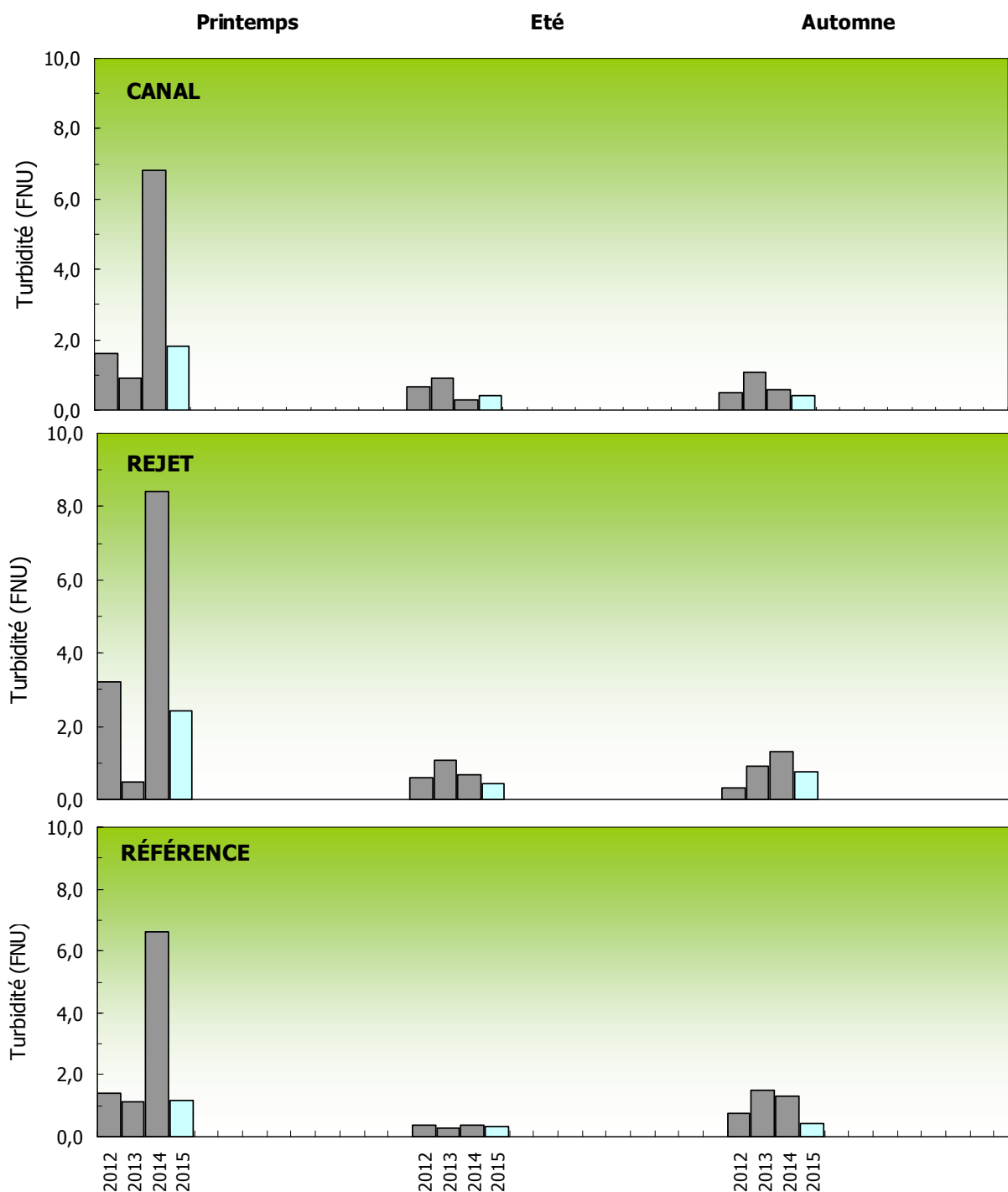


Figure 3.2.21 : Turbidité dans l'eau de surface en 2015

La figure 3.2.22 présente sous forme de *boîtes à moustaches* la distribution de turbidités mesurées en 2015. 2015 étant la quatrième année de mesure, la figure est présentée à titre informatif, mais n'apporte pas d'élément d'interprétation sur la distribution de la turbidité entre les points.

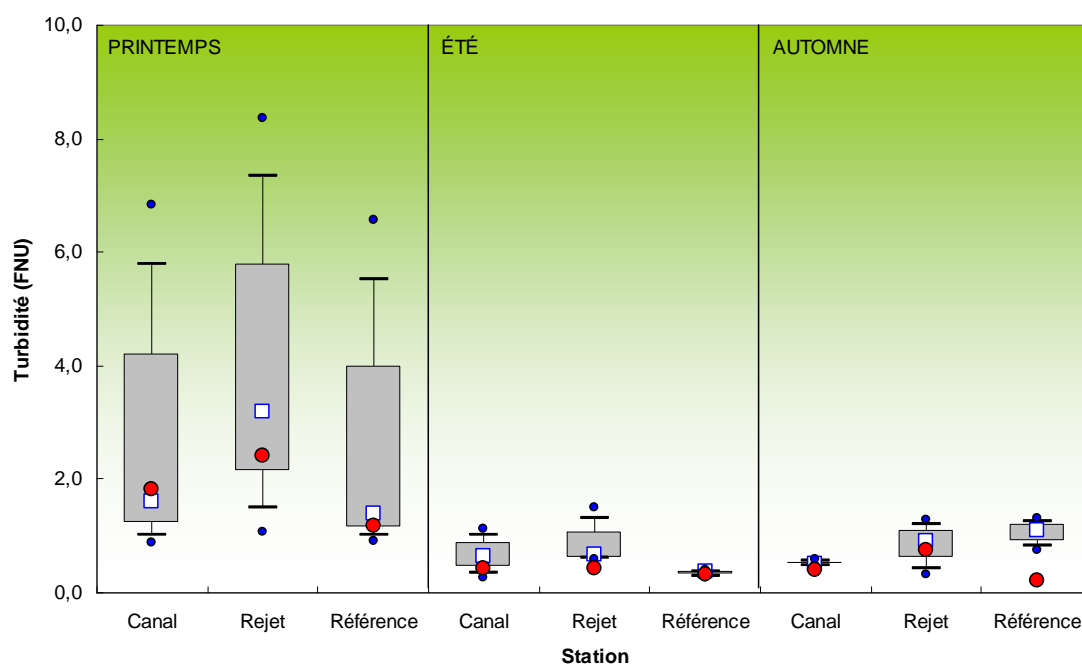


Figure 3.2.22 : Distributions de la turbidité par campagne et par point depuis 2012. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50% des valeurs (▭) ; les moustaches, 80% des valeurs (┌). Les points extrêmes présentent les valeurs maximales et minimales (•). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2015 (●)

3.2.2.5.3 Approche statistique

L'étude statistique ne peut être réalisée sur la turbidité car le nombre de mesures est encore insuffisant.

3.2.2.7. Hydrazine et éthanolamine

Suite à la parution de la décision n° 2010-DC-0189 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 7 juillet 2010 concernant 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 du CNPE de Flamanville, un suivi des concentrations en hydrazine et éthanolamine dans le milieu récepteur est réalisé. EDF a donc confié la responsabilité des prélèvements à l'Ifremer. Les analyses ont été réalisées par le laboratoire Eurofins de Bordeaux.

En 2015, l'ensemble des concentrations d'hydrazine obtenues est inférieur à la limite de quantification qui est de 0,1mg/L pour les échantillons de printemps et d'été et de 0,01 mg/L (analyses sous-traités) pour ceux d'automne. Il en est de même pour l'éthanolamine, la limite de quantification étant de 0,1mg/L au printemps et en été et de 0,05mg/L (analyses sous-traités) en automne.

Les concentrations étant inférieures à la limite de quantification, les rejets d'hydrazine et d'éthanolamine par la centrale ne sont pas perceptibles dans le milieu récepteur.

3.2.3. Conclusion

Les températures d'eau de mer mesurées en 2015 ont été inférieures à celles de l'année précédente sur l'ensemble des points de surveillance à toutes les saisons. Les écarts de température entre les points *rejet-référence* et *rejet-canal* ont été généralement élevés en particulier au printemps. Les différences de températures au niveau du point *rejet* sont significatives tout au long de l'année avec les autres points de surveillance (*canal* et *référence*). Néanmoins, les mesures de températures des campagnes 2015, appuyées des résultats de modélisation, indiquent que l'étendue du panache de rejet reste toujours géographiquement très limitée.

Les salinités enregistrées au printemps 2015 ont été supérieures à celles de 2014 sur les différentes stations de surveillance, conséquence d'une pluviométrie faible et d'une insolation forte pour la saison.

Les salinités 2015 sont toujours supérieures aux valeurs médianes pluriannuelles calculées sur la période 1987-2014. Les plus fortes salinités depuis le début de la période de surveillance a été mesurée cette année aux points *canal* et *rejet* en été. Habituellement, il existe un gradient côte-large croissant entre les points côtiers (*canal* et *rejet*) et celui du large (*référence*). Cette année cela n'a jamais été observé. Le gradient côte-large qui est lié aux apports d'eau douce d'origine continentale n'a donc pas été marqué. Un impact de la centrale via ses rejets d'eau douce industrielle est donc improbable compte tenu du volume total de rejet et de la limite du débit journalier de ces rejets.

L'ensemble des **nutriments** mesurés lors des campagnes de surveillance 2015 présente une évolution saisonnière classique. Suite à l'augmentation de l'ensoleillement, les sels nutritifs sont assimilés et consommés par le phytoplancton qui se développe entre le printemps et l'été. Cette année, la campagne réalisée au printemps montre que le bloom printanier n'avait pas débuté. En automne, principalement sous l'effet de l'activité bactérienne, la dégradation de la matière organique produite au printemps et en été conduit à la régénération des nutriments dans la colonne d'eau. Dans l'ensemble, les concentrations en nutriments ont généralement été proches ou inférieures aux médianes pluriannuelles établies depuis 1987.

Tout au long de l'année, les concentrations en nutriments ont été faibles et souvent proches des limites de quantification mais sont restées dans les gammes de concentrations observées depuis 2007.

La mesure de **la turbidité** montre encore cette année une distribution spatiale très limitée. Sur le plan temporel, les turbidités se sont avérées plus importantes au printemps qu'aux autres saisons.

Des mesures de concentrations des composés chimiques **hydrazine et éthanolamine** ont été effectuées aux différentes saisons sur les différents points de surveillance.

En 2015, l'ensemble des concentrations d'hydrazine obtenues est inférieur à la limite de quantification qui est de 0,1mg/L pour les échantillons de printemps et d'été et de 0,01 mg/L (analyses sous-traités) pour ceux d'automne. Il en est de même pour l'éthanolamine, la limite de quantification étant de 0,1mg/L au printemps et en été et de 0,05mg/L (analyses sous-traités) en automne.

Les concentrations étant inférieures à la limite de quantification, les rejets d'hydrazine et d'éthanolamine par la centrale ne sont pas perceptibles dans le milieu récepteur.

En conclusion, les données acquises au cours des trois campagnes de surveillance en 2015 ne permettent pas de déceler d'anomalie dans la distribution et la variation des paramètres hydrologiques et physico-chimiques au niveau de la centrale électronucléaire de Flamanville. L'activité de la centrale à travers ses rejets chimiques et thermiques ne semble donc pas modifier de manière sensible et significative les caractéristiques hydrologiques intrinsèques du milieu.

3.3. Microbiologie

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

Les vibrions halophiles sur le territoire français

Les vibrions halophiles sont des bactéries anaérobies facultatives, à Gram négatif, hôtes naturels du milieu marin et plus particulièrement des eaux côtières et estuariennes du monde entier. Parmi les 135 espèces de *Vibrio* recensées à ce jour dont 68 sont validées, seules quelques unes sont associées à des pathologies chez l'homme. Les 12 espèces aujourd'hui considérées comme pathogènes, sont réparties en deux groupes, les vibrions dits cholériques, responsables du choléra et appartenant aux sérogroupes O1 et O139 de l'espèce *Vibrio cholerae*, et les vibrions non cholériques appartenant aux sérogroupes non-O1 et non-O139 de l'espèce *V. cholerae* et à 11 autres espèces du genre *Vibrio*. La majorité des vibrioses humaines concerne principalement quatre espèces : *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus* et *V. alginolyticus* (Quilici and Robert-Pillot 2011). Les autres espèces décrites comme pathogènes sont rarement isolées (*Vibrio fluvialis*, *Vibrio hollisae* et *V. mimicus*) ou elles ne sont isolées que très ponctuellement (*V. carchariae*, *V. cincinnatiensis*, *V. damsellae*¹⁷, *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 en nutriments, et la présence du plancton utilisés 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 culturelles ou non culturelles (Deter *et al.* 2010b; 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.* 2010a).

¹⁷ Suite à une modification de la nomenclature l'espèce *Vibrio damsela* est désormais appelée *Photobacterium damsela* (Rivas A.J., Lemos M.L., and Osorio C.R., *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*, a bacterium pathogenic for marine animals and humans. *Front Microbiol*, 2013. 4: p. 283)

3.3.1. Matériel et méthodes

3.3.1.1. 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 16 mars, 8 juin et 24 septembre. 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, puis maintenus au froid à l'aide de blocs eutectiques (<10°C) pendant leur transport jusqu'au laboratoire pour analyse (le temps entre le prélèvement et l'analyse est inférieur à 6 heures).

Les points échantillonnés sont les suivants :

- le point *canal* (situé à l'entrée du canal d'amenée de la centrale),
- le point *rejet sud* (situé dans les turbulences des rejets : les prélèvements s'effectuent sur le point montrant la plus grande différence thermique entre rejet et masse d'eau non impactée),
- le point *référence* (situé au large du point *rejet*).

La stratégie d'échantillonnage est présentée dans le tableau 3.3.1. Deux répliqués de 1L sont réalisés pour le dénombrement des germes revivifiables et deux pour l'identification des vibrions halophiles.

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

Tableau 3.3.1 : Stratégie d'échantillonnage en 2015 à chaque saison (printemps, été, automne)

3.3.1.2. Analyses microbiologiques

* Dénombrement des germes aérobies revivifiables sur milieu de Zobell.

Le protocole analytique utilisé est le suivant :

- étalement au râteau sur milieu de Zobell (0,1 mL d'échantillon est déposé dans 5 boîtes soit un résultat dans 0,5 mL. Celui-ci est multiplié par 2 pour avoir un résultat dans 1 mL),
- dénombrement après incubation à 22°C ± 2°C pendant 9 à 10 jours.

* 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&D puis révisée en 2007 (Procédure Technique DRD/P77/Vib – 18/06/2007).

Cette méthode, 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.

Le protocole analytique utilisé est le suivant :

- Filtration de 10 mL à 1000 mL sur membrane en acétate de cellulose de porosité 0,45 μm ,
- Mise en culture des membranes sur le milieu TCBS (Thiosulfate, Citrate, Bile et Saccharose) à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 18 à 24 h,
- Repérage des colonies caractéristiques sur les boîtes et dénombrement des colonies par type,
- 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 première et seconde 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 teneurs de vibrions halophiles en Unité Formant Colonie (UFC) par litre sont calculées selon la formule : [*Vibrio*/L] en UFC/L = $N \times 1000 \times 1/V \times 1/d$.
N : nombre de colonies identifiées comme étant typiques des colonies de *Vibrio* sur TCBS.
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).

3.3.1.3. Analyses statistiques

Un traitement statistique a été réalisé pour les germes revivifiables (1992-2015) et pour les vibrions halophiles (2004-2015). 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 %.

3.3.2. Résultats

3.3.2.1. Récapitulatif des résultats des mesures microbiologiques pour l'année 2015

Les résultats acquis au cours des trois campagnes pour l'année 2015 sur le site de Flamanville sont présentés dans le tableau 3.3.2. Les valeurs retenues pour les quantités de germes revivifiables sont les moyennes des deux répliquats pour les points *canal* et *référence*. Pour le point *rejet*, de façon à apprécier l'influence maximum du CNPE, la valeur retenue est celle du plus fort répliquat.

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 >=90.0 et T>=0.25), très bonne (%id >=99.0 et T>=0.50) et excellente identification ((%id >=99.9 et T>=0.75). Le nombre de vibrions halophiles par répliquat est calculé comme la somme des valeurs observées pour chaque niveau de dilution, si plusieurs dilutions ont été réalisées. Enfin, l'abondance des vibrions halophiles sur chaque point correspond à la moyenne des deux répliquats.

		<i>Canal</i>	<i>Rejet</i>	<i>Référence</i>	
16 Mars	<i>Germes revivifiables (n/mL)</i>	426	304	117	
	V.H.	<i>V.halophiles/L</i>	Absence	Absence	Absence
		<i>Identif. de V. Halophiles</i>	/	/	/
8 Juin	<i>Germes revivifiables (n/mL)</i>	854	450	193	
	V.H.	<i>V.halophiles/L</i>	Absence	1 Va	Absence
		<i>Identif. de V. Halophiles</i>	/	Va	/
24 Septembre	<i>Germes revivifiables (n/mL)</i>	1706	520	246	
	V.H.	<i>V.halophiles/L</i>	550 Va	113 Va+5 Vspp	10 V v
		<i>Identif. de V. Halophiles</i>	Va	Va et V spp	Vv

Va = *Vibrio alginolyticus* ; Vv = *Vibrio vulnificus* Vspp = *Vibrio sp* (vibrio Halophile non identifié)

Tableau 3.3.2 : Récapitulatif des résultats de microbiologie pour 2015 dans les eaux de Flamanville. Concernant les vibrions halophiles, ne sont pris en compte que les dénombrements des souches présentant un pourcentage d'identification > 90% pour la suite des exploitations des résultats

3.3.2.2. Résultats en germes revivifiables sur milieu de Zobell

3.3.2.2.1 Variations spatiales et saisonnières des germes revivifiables

Pour le suivi effectué en 2015, les abondances les plus élevées sont observées en début d'automne pour l'ensemble de la zone. Les plus grands nombres de germes revivifiables ainsi que les plus importantes variations saisonnières sont observés au point *Canal* (figure 3.3.1). Les abondances enregistrées aux

points *référence* et *rejet* sont toutes inférieures à 500 germes/mL et varient peu d'une période à l'autre. Ces abondances diminuent de la côte vers le large au cours de l'automne.

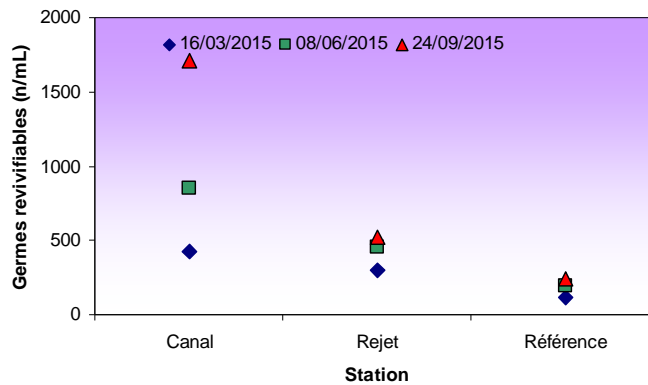


Figure 3.3.1 : Évolution des quantités de germes revivifiables par mL dénombrés sur milieu de Zobell en 2015

3.3.2.2.2 Variations inter-annuelles des germes revivifiables

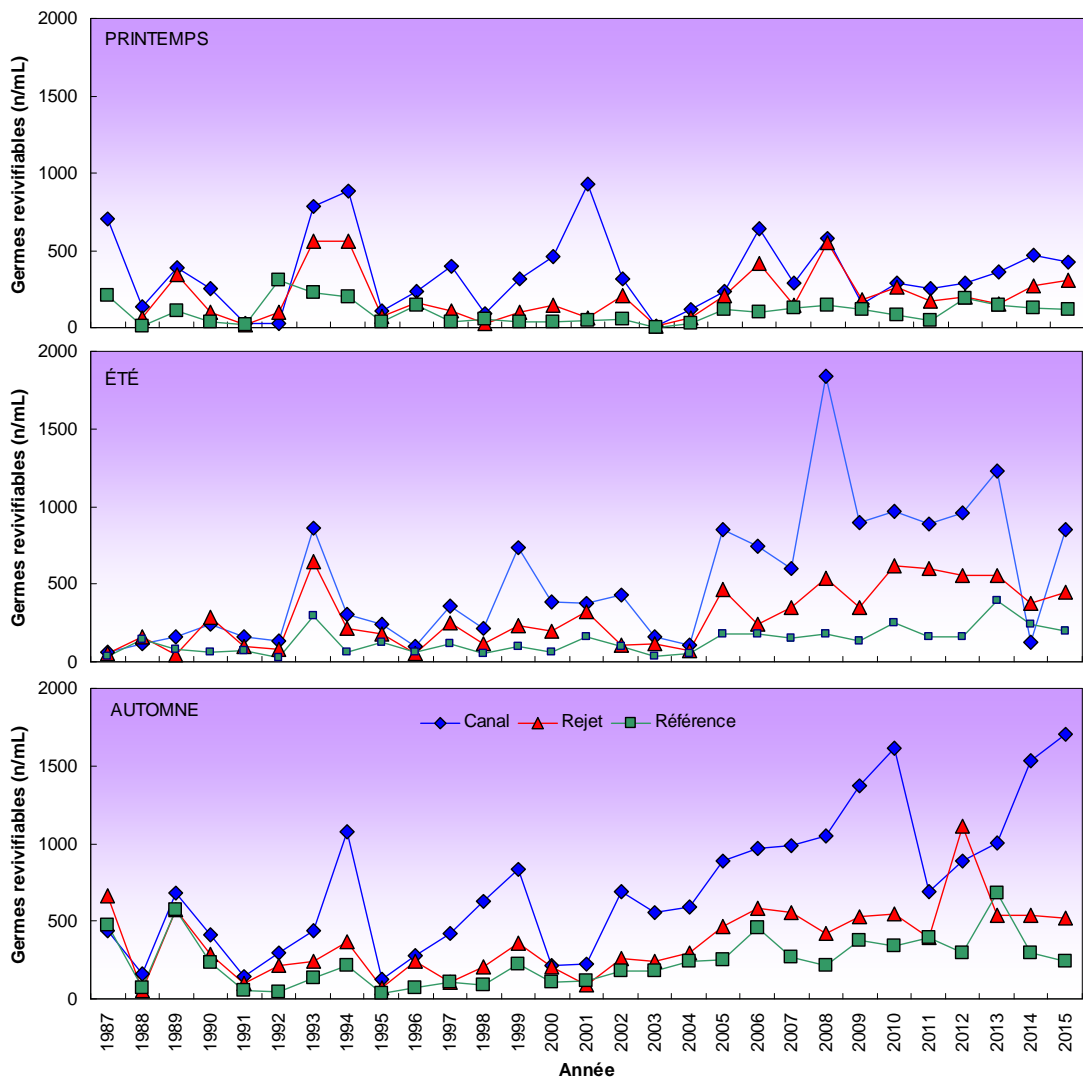


Figure 3.3.2 : Évolution des quantités de germes revivifiables par mL depuis 1987

Les abondances observées en 2015 sont relativement stables et proches de celles observées en 2014 en début de printemps sur l'ensemble de la zone. Sur le point *rejet* on note une remontée d'abondance en début d'été. En début d'automne, la tendance est identique à celle de 2014 pour les points *rejet* et *référence*. La valeur du pic observé au point *canal* dépasse celle observée à la même période en 2010.

L'intégration des résultats 2015 confirme la tendance observée depuis plusieurs années selon laquelle les plus fortes quantités de germes revivifiables s'observent au point *canal*.

La figure 3.3.3 présente la distribution des concentrations en germes revivifiables sous forme de *boîtes à moustaches* pour les données des années 1987 à 2015.

En 2015, en début de printemps et d'été, les valeurs des abondances en germes revivifiables sont proches de celles des médianes pluriannuelles. Toutefois, pour le point *canal*, en début d'été la valeur reste tout juste dans la limite des 50% de valeur autour de la médiane. A l'automne, cette valeur dépasse le maximum de la série. Le point *canal* présente toujours la plus forte dispersion aux différentes saisons. 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 2015 s'inscrivent à nouveau dans cette tendance.

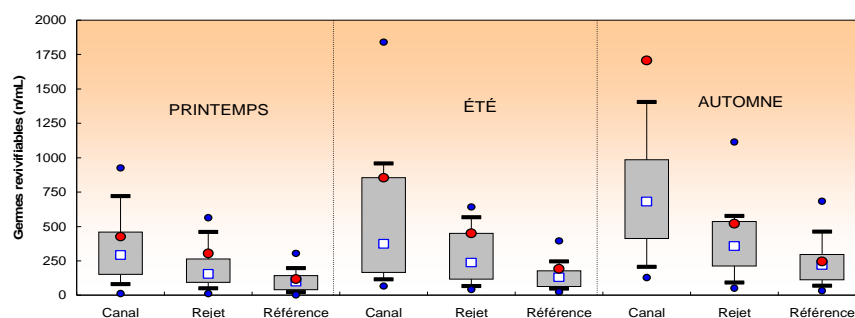


Figure 3.3.3 : Germes revivifiables (nombre par mL) dénombrés depuis 1987. Le point central représente la médiane (□); la boîte englobe 50 % des valeurs (▭); les moustaches, 80 % des valeurs (└─┘). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2015 (n = 29 pour chaque point et chaque saison)

3.3.2.2.3 Approche statistique

Le tableau 3.3.4 présente les résultats des tests statistiques réalisés sur l'abondance des germes revivifiables enregistrée aux différents points depuis 1987. Cette étude statistique met en évidence une différence significative entre toutes les stations et à toutes les saisons et confirme le gradient décroissant côte-large entre les stations de surveillance de la zone et à toutes les saisons.

Comparaison	Printemps	Été	Automne
Canal / Rejet	0,00027	0,00020	2,38×10 ⁻⁶
Référence / Rejet	0,00035	9,31×10 ⁻⁸	0,00021
Canal / Référence	1,60×10 ⁻⁵	6,68×10 ⁻⁶	3,64×10 ⁻⁷

Tous les tests statistiques sont significatifs (p-value < 0,05)

Tableau 3.3.4 : Probabilité associée p des tests statistiques pour les germes revivifiables sur milieu de Zobell
En rouge, résultat avec test de Wilcoxon, en noir test de Student

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

3.3.2.3.1 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 % d'identification supérieur ou égal à 90%. C'est donc un dénombrement partiel.

Les nombres de vibrions totaux par point et par saison ont été obtenus en moyennant les valeurs de dénombrements des réplicats par point et par espèce. Un gradient côte-large (*canal*, *rejet*, *référence*) décroissant est observé en automne. Le caractère côtier de la masse d'eau proche du canal d'amenée favorise certainement le développement des souches bactériennes par la plus forte teneur en matière organique, ainsi qu'en matières en suspension qui servent de support aux bactéries.

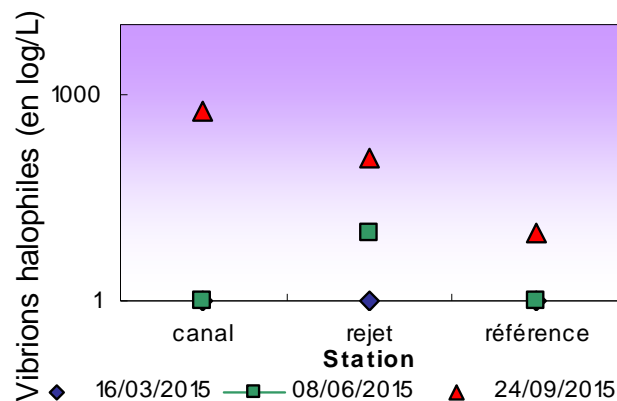


Figure 3.3.4: Dénombrement des vibrions halophiles totaux en 2015
Abondance relative pour les isolats identifiés

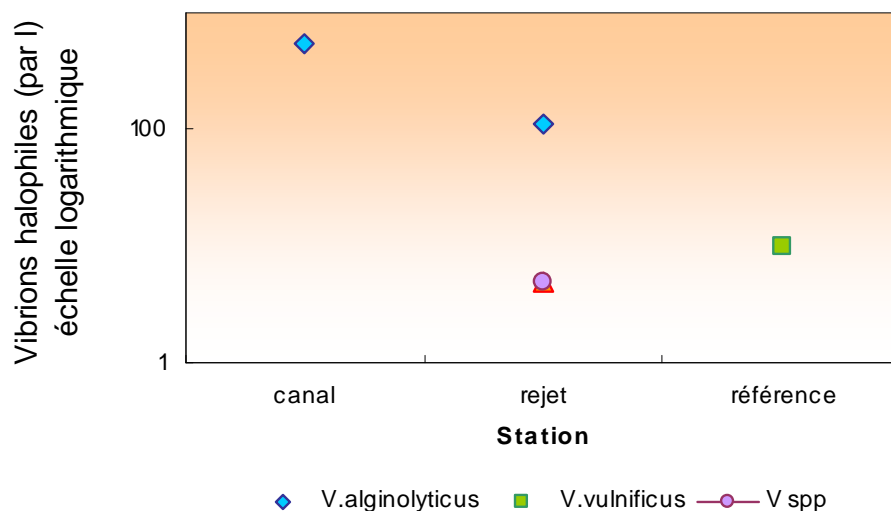


Figure 3.3.5 : Nombre de *Vibrios alginolyticus* et *V. vulnificus* et *Vibrio spp* au mois de septembre 2015 (en log)

Seuls *V. alginolyticus* et *V. vulnificus* ont été identifiés en 2015.

Vibrio vulnificus a été identifié uniquement sur le point *référéce* en automne.

L'espèce *Vibrio alginolyticus* est présente sur le point *rejet* au mois de juin et au mois de septembre 2015. Elle est présente également au point *canal* à l'automne.

3.3.2.3..2 Approche statistique

Les dénombrements de vibrions halophiles sont réalisés sur les échantillons des eaux proches de la centrale de Flamanville depuis 2004 selon la méthode EDF. Les résultats de l'étude statistique sont présentés dans le tableau 3.3.5. Comme en 2014, le test est significatif pour le couple *canal/référéce* au printemps et à l'automne 2015. Il est également significatif à l'automne pour les deux autres couples *Référéce/Rejet* et *Canal/Rejet*. Le nombre de vibrions est supérieur au point *canal* par rapport au point *rejet* lui même supérieur au point *référéce*. Ce qui montre encore un gradient décroissant côte-large suggérant ainsi l'absence d'effet significatif lié à l'échauffement des eaux au point *rejet*.

Comparaison	Printemps	Été	Automne
<i>Référéce / Rejet</i>	0,0827	0,1454	0,0248
<i>Canal / Référéce</i>	0,0476	0,2628	0,0235
<i>Canal / Rejet</i>	0,1124	0,2703	0,0245

Les différences sont significatives si *p-value* < 0,05

Tableau 3.3.5 : Probabilité associée *p* des tests statistiques pour les vibrions halophiles

3.3.2.3..3 Identification de vibrions halophiles

Les séries pluriannuelles d'identification de vibrions halophiles sont présentées dans le tableau 3.3.4 pour la « méthode EDF » (Procédure Technique DRD/P77/Vib – 18/06/2007). Ce tableau met en évidence la dominance de l'espèce *Vibrio alginolyticus* quel que soit le point de prélèvement. On note une absence totale de l'espèce *Vibrio* en début de printemps 2015.

Vibrio	Station	Année/Saison												2015																								
		2004			2005			2006			2007				2008			2009			2010			2011			2012			2013			2014					
		P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	P	E	A	
<i>V. alginolyticus</i>	canal																																					
	référéce																																					
	rejet																																					
<i>V. vulnificus</i>	canal																																					
	référéce																																					
	rejet																																					
<i>V. parahaemol.</i>	canal																																					
	référéce																																					
	rejet																																					
<i>Ph. damsela</i>	canal																																					
	référéce																																					
	rejet																																					
<i>V. fluvialis</i>	canal																																					
	référéce																																					
	rejet																																					
<i>V. cholerae</i>	canal																																					
	référéce																																					
	rejet																																					

Carré noir : présence ; P : printemps ; E : été ; A : automne

Tableau 3.3.4 : Identification des espèces de vibrions halophiles (méthode EDF) par saison et par station de 2004 à 2015

En 2015, *V. alginolyticus* a été identifié sur les 3 points de surveillance mais à des périodes différentes (tableau 3.3.4). Il est présent sur le point *rejet* en début d'été et sur les points *canal* et *rejet* en début d'automne. *Vibrio vulnificus* a été isolé au mois de septembre sur le point *référence*. On note également la présence de *Vibrio spp* (*Vibrio* halophiles non identifiés) sur le point *rejet* au mois de septembre.

Les séries pluriannuelles, présentées dans le tableau 3.3.4 mettent en évidence la faible occurrence et le peu de diversité des *Vibrio* isolés en 2015 sur les trois points de prélèvement ; ceci peut être le fait de l'évolution des températures de l'eau de mer en 2015 (cf chapitres Caractéristiques environnementales et Hydrologie).

Vibrio alginolyticus est la seule espèce identifiée tous les ans depuis 2004 sur les trois sites. *Vibrio vulnificus* est la seconde espèce la plus représentée sur ces points mais sa présence reste sporadique (2005 à 2007 et tous les ans depuis 2013).

3.3.3. Conclusion

En 2015, les abondances maximales en germes revivifiables ont été observées en début d'automne. Au printemps et en été les abondances en germes revivifiables étaient supérieures aux médianes pluriannuelles sur l'ensemble de la zone. Ceci est également vrai à l'automne pour les points *rejet* et *référence*. Toutefois, les valeurs restent dans la « moustache » de la boîte (80% des valeurs pluriannuelles).

Par contre, la tendance à une augmentation d'abondance de germes revivifiables sur le point *canal* à l'automne se confirme (2014 et 2015).

L'intégration des données de surveillance des germes revivifiables 2015 confirme une différence significative, déjà constatée les années précédentes, entre toutes les stations quelle que soit la période considérée sans toutefois qu'il y ait un impact négatif du fonctionnement du CNPE.

Concernant les abondances de vibrions halophiles, le cycle saisonnier observé en 2015 est conforme à ce qui est généralement observé sur ce site. Au printemps aucun vibron n'a été mis en évidence sur l'ensemble de la zone. Cette situation n'est pas exceptionnelle et a déjà été observée au printemps 2009, 2010, 2011, et 2012.

Le genre *Vibrio* a été observé une seule fois pendant la campagne estivale (sur le point *rejet*) alors que depuis 2011, il était plus fréquemment rencontré à cette période.

Les abondances maximales de vibrions halophiles ont été observées au cours de l'automne 2015 sur les points côtiers (*canal* et *rejet*). Uniquement deux espèces de vibrions halophiles ont été identifiées en 2015 à proximité du site de Flamanville : *V. alginolyticus* et *V. vulnificus*.

En 2015, *Vibrio vulnificus* a été identifié en automne au point *référence* alors qu'en 2014 il était présent sur le point *canal*.

Vibrio cholerae n'a pas été identifié à proximité du site de Flamanville en 2015.

En conclusion, en 2015, l'étude de l'ensemble des paramètres du compartiment microbiologique (germes revivifiables et *Vibrio spp.*) n'a pas mis en évidence, pour ces paramètres, de modification significative du milieu liée à l'activité du CNPE de Flamanville.

3.4. 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.

A l'aide des paramètres précités, ce chapitre présente les résultats quantitatifs et qualitatifs obtenus sur les peuplements phytoplanctoniques lors des trois campagnes de surveillance réalisées en 2015.

3.4.1. Matériels et méthodes

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 (voir § hydrologie 3.2.1.1. page 47). Les prélèvements sont effectués avec des bouteilles Niskin, en surface pour les points *canal*, *rejet* et *référence*. A chaque point de prélèvement, trois répliques sont réalisés pour la production primaire.

3.4.1.1. **Mesure de la chlorophylle et de la production primaire**

Chlorophylle *a*

La concentration en chlorophylle *a* est mesurée suivant la méthode spectrophotométrique monochromatique de Lorenzen (1967). Un échantillon d'un litre est filtré immédiatement après le prélèvement sur une membrane en fibre de verre type GF/F (Whatman).

Les filtres sont ensuite congelés à l'obscurité jusqu'au dosage. L'extraction des pigments chlorophylliens se fait dans 10 mL d'acétone à 90 % (90/10, acétone/eau) pendant 18 heures à l'obscurité. Après centrifugation à 3000 tours/min pendant 15 minutes, le surnageant est placé dans une cuve de 5 cm de trajet optique. L'absorption est alors mesurée à différentes longueurs d'onde, dans un premier temps sans acidification, puis après acidification (Aminot et Kérouel, 2004).

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 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}**(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.

3.4.1.2. Étude systémique du phytoplancton

Un volume de 100 mL d'échantillon est fixé avec du Lugol acide immédiatement après le prélèvement. Au laboratoire, 10 mL d'échantillon sont mis à décanter dans des cuves pendant huit heures selon la technique d'Utermöhl (Utermöhl, 1958). La détermination et le comptage des espèces s'effectuent avec un microscope inversé Olympus à contraste de phase. Un minimum de 100 cellules est dénombré afin d'obtenir une précision d'au moins ± 20 % (Lund, 1958). Les résultats sont exprimés en nombre de cellules par litre.

3.4.1.3. Télédétection satellitaire

Les images climatologiques de la chlorophylle ont été obtenues avec l'algorithme développé à l'Ifremer (Gohin et al., 2002) sur la série d'images obtenues par les cameras SeaWiFS et MODIS entre 1998 et 2007. Les images quotidiennes de la série 2015 sont celles de la camera MODIS. Toutes ces séries ont été traitées avec le même algorithme et mises à disposition par le projet de recherche MarCoast.

3.4.1.4. Analyses statistiques

Un traitement statistique a été réalisé pour les concentrations en chlorophylle a, les abondances totales pour les périodes 1987-2015 et pour les paramètres photosynthétiques (i.e. rETR et Y_{max}) entre 2007 et 2015. Il permet de comparer les données enregistrées aux points *Canal*, *Rejet* et *Référence* et ainsi de mettre en évidence d'éventuelles différences significatives 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, le choix du

test statistique le plus approprié est conditionné par l'étude de la distribution de la différence entre les valeurs prises au point A et celles prises au point B. L'étude de cette distribution est réalisée à l'aide du test de Shapiro-Wilks. 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

Les résultats obtenus en 2015 sont donnés par le tableau 3.4.1.

Paramètres par saison	Station	Canal	Rejet	Référence
Printemps – 16 mars				
Chlorophylle a (µg/L)		1,6	2,56	1,23
Phéopigments (µg/L)		0,64	0,6	0,15
rETR (unités relatives)		142	123	93
Microphytoplancton (cellules/L)		70100	121700	120100
Ymax (unités relatives)		0,54	0,55	0,42
Été – 08 juin				
Chlorophylle a (µg/L)		0,98	1,85	2,75
Phéopigments (µg/L)		0,09	0,16	0,49
rETR (unités relatives)		85	42	87
Microphytoplancton (cellules/L)		145500	223700	283700
Ymax (unités relatives)		0,25	0,44	0,39
Automne – 24 septembre				
Chlorophylle a (µg/L)		0,85	1,51	1,1
Phéopigments (µg/L)		0,17	0,36	0,14
rETR (unités relatives)		73	45	53
Microphytoplancton (cellules/L)		53800	72100	41200
Ymax (unités relatives)		0,2	0,46	0,52

Tableau 3.4.1 : Valeurs des paramètres phytoplanctoniques au droit du CNPE de Flamanville en 2015

3.4.2.1. Biomasse chlorophyllienne

3.4.2.1.1 Variations spatiales et saisonnières de la chlorophylle

Au cours de l'année 2015, les valeurs de la chlorophylle *a* varient entre 0,85 µg/L au point *canal* en septembre et 2,75 µg/L au point *référence* en juin (Tableau 3.4.1). Au mois de mars, la concentration en chlorophylle *a* est la plus élevée au point *rejet* (2,56 µg/L) et la plus basse au point *référence* (1,23 µg/L). Au mois de juin une augmentation de la concentration en

chlorophylle *a* est observée suivant le gradient côte-large pour les points *canal*, *rejet* et *référence* avec respectivement 0,98, 1,85 et 2,75 $\mu\text{g/L}$. Au mois de septembre la concentration en chlorophylle *a* est plus élevée au point *rejet* (1,51 $\mu\text{g/L}$) qu'aux points *référence* et *canal* (respectivement 1,1 et 0,85 $\mu\text{g/L}$).

Le développement phytoplanctonique est donc plutôt côtier en mars et en septembre 2015, alors qu'en juin la plus forte valeur de chlorophylle *a* est observée au large (Figure 3.4.1).

De plus, les concentrations en chlorophylle *a* du printemps sur les points *canal* et *rejet* sont les plus élevées de l'année 2015 alors qu'au point *référence* c'est la concentration en chlorophylle *a* d'été qui domine (Figure 3.4.1). Cette observation tend à montrer un premier bloom côtier au printemps suivi d'un deuxième bloom au large en été.

Les concentrations en chlorophylle *a* d'automne sont les plus faibles pour chaque point, et pourraient être due à l'absence de bloom automnal en 2015.

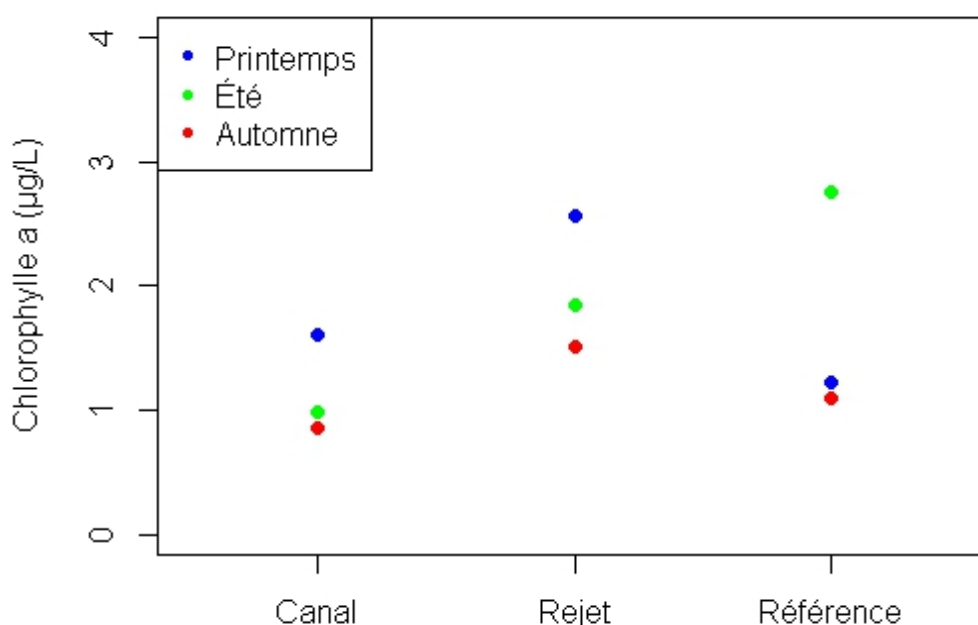


Figure 3.4.1 : Concentrations en chlorophylle *a* mesurées sur les trois stations en surface lors des trois campagnes de surveillance 2015

3.4.2.1.2 Variations inter-annuelles

Les données obtenues en 2015 sont classées parmi les valeurs supérieures ou égales aux médianes observées depuis le début de la surveillance en 1987, excepté pour le point *canal* au mois de juin et au mois de septembre (Figure 3.4.2).

Au printemps 2015 la concentration en chlorophylle *a* au point *canal* est comprise dans les 50% des valeurs régulièrement observées depuis 1987. La valeur de la chlorophylle *a* du point *référence* correspond à la valeur de la médiane pluriannuelle, et la valeur de chlorophylle *a* du point *rejet* est parmi les plus fortes valeurs observées depuis 1987, sans pour autant être caractérisée d'exceptionnelle.

En été 2015, c'est la concentration en chlorophylle *a* du point *référence* qui est parmi les plus fortes valeurs observées depuis 1987, sans pour autant être caractérisée d'exceptionnelle. Les concentrations en chlorophylle *a* aux points *canal* et *rejet* sont comprises dans les 50% des valeurs obtenues en été depuis 1987, avec une valeur de chlorophylle *a* proche de la médiane pluriannuelle pour le point *canal*.

En automne 2015, les concentrations en chlorophylle *a* aux trois points *canal*, *rejet* et *référence* sont comprises dans les 50% des valeurs obtenues en automne depuis 1987, avec une valeur de chlorophylle *a* proche de la médiane pluriannuelle pour le point *référence*.

Au printemps et à l'automne les valeurs de chlorophylle *a* du point *référence* restent donc proches des médianes pluriannuelles, alors qu'en été la concentration en chlorophylle *a* pour ce point se situe dans les fortes valeurs observées depuis 1987. Cette observation pourrait confirmer la théorie de l'occurrence d'un bloom important au large au mois de juin.

D'une manière générale les boîtes à moustaches sont semblables depuis 1987. À chaque saison et pour chaque station, les médianes restent proches de 1µg/L, le premier décile avoisine le 0µg/L, le 9ème décile se situe entre 2 et 3 µg/L et les 1er et 3ème quartiles ont des valeurs comprises respectivement entre 0,5-1µg/L et entre 1,5-2µg/L. Des exceptions peuvent être remarquées pour les trois stations du mois de septembre qui ont des écarts types plus réduits, et un écart inter-quartile plus faible au point *référence*.

D'une manière plus précise, les médianes du point *canal* ont une légère tendance à diminuer entre le printemps et l'été et à augmenter entre l'été et l'automne (printemps : 1,11 ; été : 1,05 ; automne : 1,21). Les médianes du point *rejet* sont plutôt stationnaires au cours de l'année (printemps : 1,21 ; été : 1,19 ; automne : 1,20). À l'inverse, les médianes du point *référence* ont tendance à diminuer (printemps : 1,23 ; été : 1,18 ; automne : 0,99). Ainsi, les concentrations en chlorophylle *a* à la côte sont généralement stationnaires tout au long de l'année, alors qu'au large elles ont tendance à diminuer.

La régularité saisonnière au point *rejet* pourrait aussi montrer un effet localisé du *rejet* sur la biomasse chlorophyllienne.

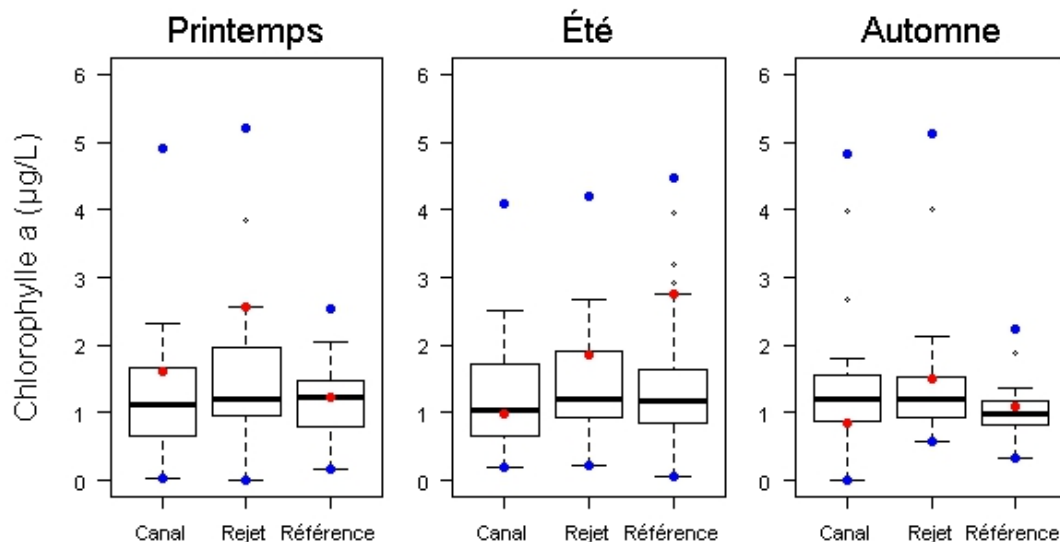


Figure 3.4.2 : Évolution de la concentration en chlorophylle *a* (µg/L) et dispersion des valeurs au cours de la période 1987 à 2015 (2015 en rouge, maximums et minimums observés depuis 1987 en bleu)

3.4.2.1.3 Approche statistique

Une différence significative existe entre les points *rejet* et *canal* au printemps et en été (biomasse chlorophyllienne plus élevée au point *rejet* qu'au point *canal*) et disparaît à l'automne, où les points *rejet* et *canal* possèdent des biomasses chlorophylliennes plus proches

(Tableau 3.4.2). À l'automne, c'est entre le point *référence* et les points *rejet* et *canal* qu'il y a une différence significative en biomasse chlorophyllienne.

	Printemps		Été		Automne	
	test	p-value	test	p-value	test	p-value
Référence/Rejet	W	0,0668	t	0,7660	W	0,0011
Référence/Canal	W	0,7457	t	0,2202	W	0,0076
Rejet/Canal	W	0,0011	W	0,0011	t	0,8350

Test de Wicoxon « W » ; Test t de Student « t » ; p-value <0,05 → différence significative

Tableau 3.4.2 : « p-value » des tests statistiques pour la chlorophylle *a*.

3.4.2.1.4 Approche par imagerie satellite

Les valeurs de chlorophylle *a* obtenues par les cameras SeaWiFS et MODIS permettent de suivre l'évolution mensuelle des développements phytoplanctoniques en Manche. Ces images affichent, pour chaque pixel, la moyenne des valeurs obtenues entre 1998 et 2007 (Fig. 3.4.3). Les observations de 2015 (Fig. 3.4.4) peuvent ainsi être replacées dans ces données « moyennes » de distribution de la Chlorophylle *a* en Manche (données 1998 - 2007).

Les mois de janvier, février et décembre présentent les plus faibles concentrations en chlorophylle *a*. Seul un faible développement est visible en baie de Seine et en baie des Veys au mois de janvier. Le mois de mars présente un renforcement de l'activité photosynthétique sur les côtes du Calvados et de la Manche. En avril, le développement de chlorophylle *a* s'intensifie de la côte du Calvados à la côte Est de la Manche. Cette distribution spatiale s'étend jusqu'à la côte Ouest de la Manche au cours du mois de mai, avec une augmentation de la concentration en chlorophylle *a* qui dépasse les 15µg/L en baie des Veys et face à l'estuaire de l'Orne. Le mois de juin signe l'apogée du développement chlorophyllien en Basse Normandie. Le phytoplancton est présent non seulement à la côte mais aussi plus au large, avec des concentrations en chlorophylle *a* au moins égales à 2µg/L et un maximum d'environ 25µg/L en baie des Veys. En juillet, les concentrations en chlorophylle *a* diminuent partout et sont les plus fortes sur la Seine Maritime, le Calvados et la côte Est de la Manche avec environ 5 µg/L. Le mois d'août est marqué par l'augmentation de la concentration en chlorophylle *a* face à l'estuaire de la Seine. Cette tâche de chlorophylle *a* s'intensifie en septembre et s'étend jusqu'à la côte Est de la Manche. Le mois de septembre est aussi marqué par l'apparition d'une tâche de chlorophylle *a* sur la côte Ouest de la Manche, s'étendant de la Baie du Mont St Michel jusqu'au sud de Flamanville. En octobre et en novembre, les concentrations en chlorophylle *a* décroissent sur toutes les côtes normandes.

La comparaison des images obtenues en 2015 par rapport aux moyennes mensuelles calculées sur la période 1998-2007 montre la présence d'un bloom phytoplanctonique plutôt tardif sur la côte ouest de la Manche et en baie du Mont-Saint-Michel plus globalement (Figure 3.4.4). En effet, les valeurs maximales de chlorophylle *a* ont seulement été observées au mois de mai 2015 alors qu'une augmentation notable des concentrations est habituellement observée dès le mois d'avril. De plus, la répartition spatiale la plus étendue a eu lieu au mois de juin alors qu'elle est plus généralement observée au mois de mai.

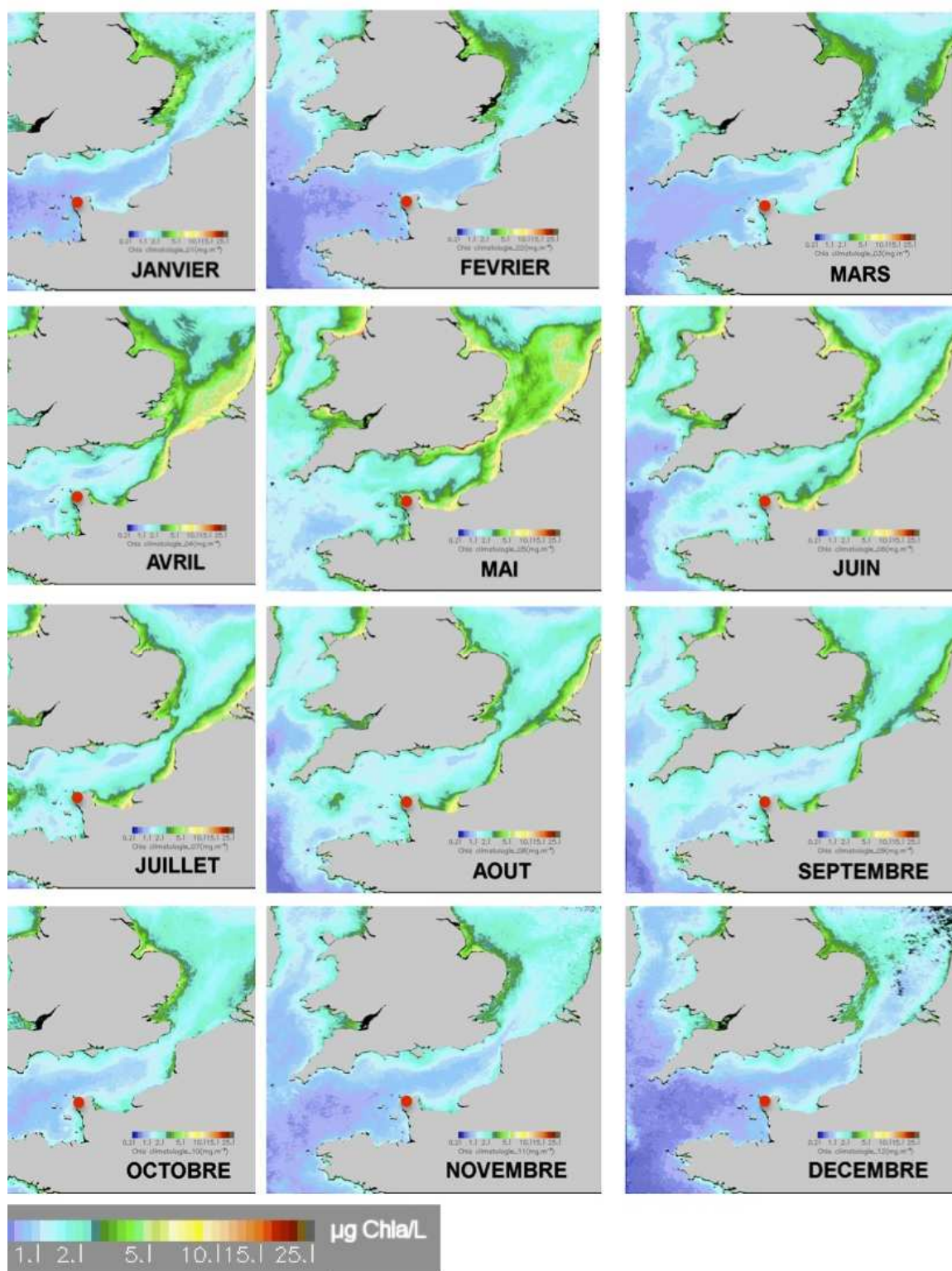


Figure 3.4.3 : Distribution mensuelle de la chlorophylle a en Manche obtenue après traitement des images des cameras SeaWiFS et MODIS entre 1998 et 2007 avec l’algorithme Ifremer. Le point rouge indique le CNPE de Flamanville.

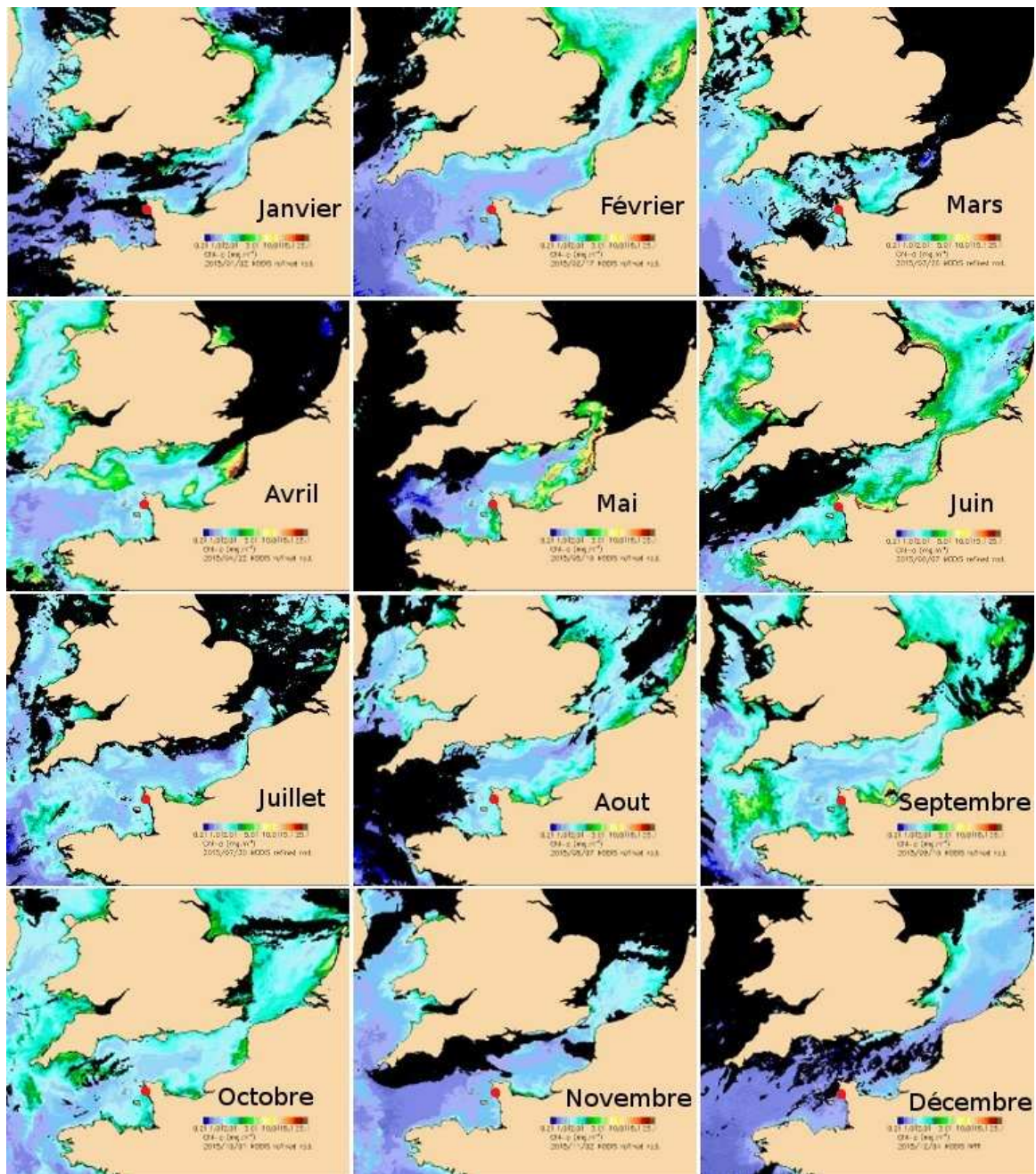


Figure 3.4.4 : Série d'images 2015 obtenues par la caméra MODIS et traitées avec l'algorithme Ifremer pour obtenir les concentrations en chlorophylle a (Ifremer).

3.4.2.2. Production primaire

La nouvelle méthode d'évaluation de la production primaire potentielle, utilisée pour la première fois lors des campagnes 2007, permet d'évaluer le paramètre (rETR) pour les trois campagnes annuelles 2015 ainsi que le gradient spatial observé entre les points d'échantillonnage. L'efficacité quantique maximale (Y_{\max}) renseigne également sur l'état physiologique du peuplement. Une valeur de $Y_{\max} \geq 0,6$ indique un très bon état ; $Y_{\max} = 0,5$ bon état ; $Y_{\max} = 0,4$ à $0,3$ moyen à mauvais et un $Y_{\max} < 0,3$ met en évidence un mauvais à très mauvais état physiologique des cellules.

3.4.2.2.1 Variations spatiales et saisonnières de la production primaire (rETR)

En mars les valeurs de rETR sont les plus élevées sur les trois points *canal*, *rejet* et *référence*, avec des valeurs respectives de 142, 123 et 93. Ces valeurs montrent une diminution de la production primaire potentielle au printemps suivant le gradient côte-large. En juin, les valeurs de rETR sont de 85, 42 et 87 respectivement pour les points *canal*, *rejet* et *référence*. Au mois de septembre, un schéma semblable au mois de juin est observé, avec des valeurs de rETR de 73, 45 et 53 aux points *canal*, *rejet* et *référence* respectivement. La production primaire potentielle sur le point *rejet* est donc la plus faible aux mois de juin et de septembre.

De manière temporelle, les valeurs de rETR du printemps sont plus élevées que les valeurs d'été, elles mêmes plus élevées que les valeurs d'automne.

Ces observations pourraient montrer un effet du rejet associé à la diminution de cette production primaire potentielle des cellules phytoplanctoniques au cours de l'année 2015.

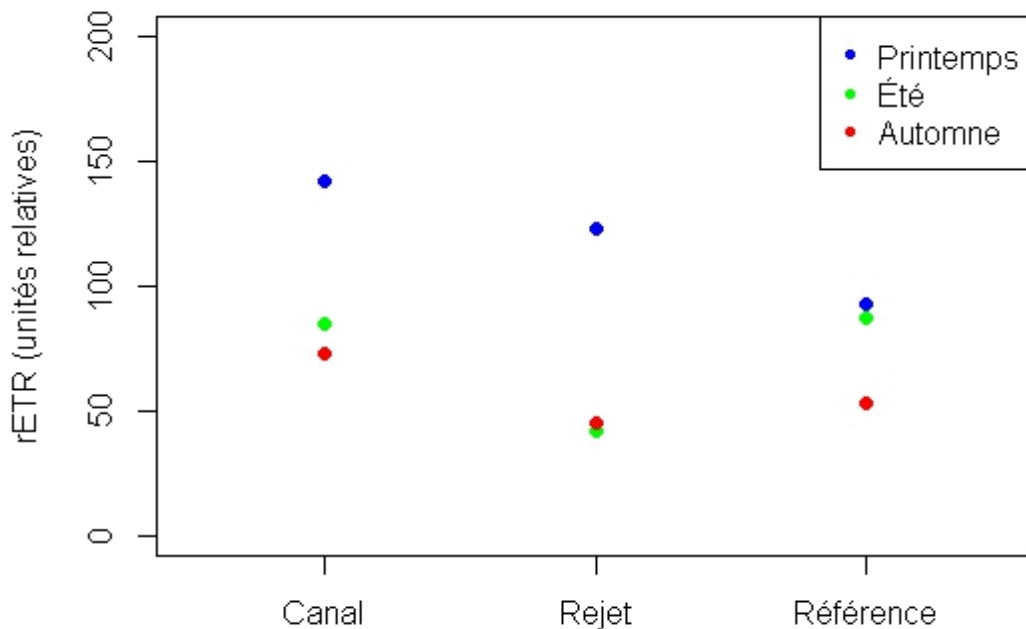


Figure 3.4.5 : Évolution de la production primaire potentielle (rETR) maximale lors des trois campagnes de surveillance de Flamanville en 2015

3.4.2.2.2 Approche statistique

Les tests statistiques réalisés sur les données acquises depuis 2007 sont présentés dans le tableau 3.4.3. Ils ne montrent pas de différence significative de rETR entre les stations.

	Printemps		Été		Automne	
	test	p-value	test	p-value	test	p-value
Référence/Rejet	t	0,1887	t	0,5692	W	0,7998
Référence/Canal	t	0,2257	t	0,5165	t	0,7344
Rejet/Canal	t	0,4885	t	0,7915	t	0,3568

Test de Wicoxon « W » ; Test t de Student « t » ; p-value <0,05 → différence significative

Tableau 3.4.3 : « p-value » des tests statistiques sur les valeurs de rETR

3.4.2.2.3 Variations spatiales et saisonnières de l'efficacité quantique maximale (Y_{max})

Les valeurs de Y_{max} mesurées en 2015 sont comprises entre 0,20 au point *canal* de septembre et 0,55 au point *rejet* de mars (Figure 3.4.6).

Au mois de mars 2015, les valeurs de l'efficacité quantique sont supérieures à 0,5 aux points *canal* et *rejet* et proche de 0,4 au point *référence*. Ces valeurs témoignent d'un bon état physiologique des communautés phytoplanctoniques aux points *canal* et *rejet* alors qu'au point *référence* les communautés phytoplanctoniques sont dans un état physiologique moyen (Figure 3.4.6). Au mois de juin, les valeurs d'efficacité quantique maximale sont inférieures à 0,5, avec 0,25 au point *canal*, 0,44 au point *rejet* et 0,39 au point *référence*. Pour les points *rejet* et *référence*, l'état physiologique des communautés phytoplanctoniques peut être qualifié de moyen, alors que pour le point *canal* l'état physiologique de ces communautés est mauvais. Au mois de septembre, les valeurs de Y_{max} restent inférieures à 0,5 pour les points *canal* et *rejet* (0,20 et 0,46 respectivement) et passe à 0,52 au point *référence*. Ces valeurs de Y_{max} montrent un très mauvais état des communautés phytoplanctoniques au point *canal* en septembre, et une amélioration de l'état physiologique de moyen à bon suivant le gradient côte-large.

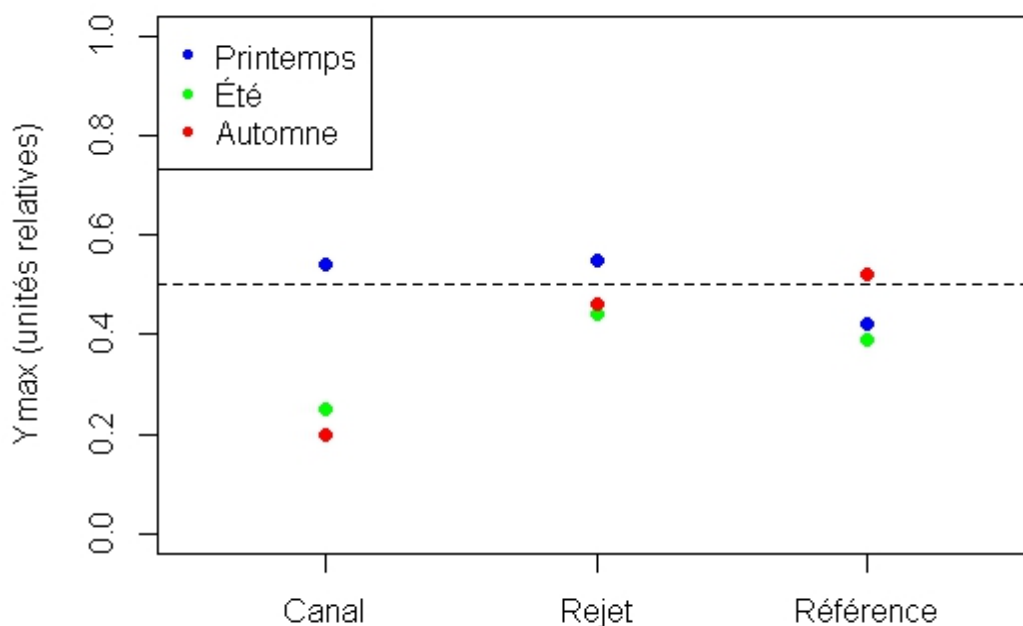


Figure 3.4.6 : Évolution des valeurs d'efficacité quantique (Y_{max}) lors des trois campagnes de surveillance de Flamanville en 2015

L'état physiologique des communautés phytoplanctoniques au printemps est donc meilleur qu'en été et à l'automne pour les points côtiers (*canal* et *rejet*) alors qu'il est meilleur à l'automne qu'au printemps et en été pour le point *référence*.

De plus, le point *rejet* regroupe les plus fortes valeurs de Y_{max} observées au cours des trois campagnes de prélèvements à l'exception du mois de septembre où c'est le point *référence* qui domine. Cette observation pourrait montrer que, bien que la production primaire potentielle (rETR) soit faible au point *rejet* en été et en automne, les cellules phytoplanctoniques sont dans un meilleur état physiologique à ce point comparé aux points *canal* et *référence*. Il est donc intéressant de remarquer que les valeurs de Y_{max} au point *rejet* sont supérieures ou égales à 0,44 et ainsi que les communautés phytoplanctoniques sont dans un état physiologique correct à ce point (Figure 3.4.6).

Pendant longtemps il a été admis que d'une part, le passage des cellules phytoplanctoniques à l'intérieur des échangeurs et d'autre part la chloration, produisait une mortalité massive des cellules. La mesure de Y_{max} permet, elle, une véritable estimation de l'état physiologique des peuplements.

Plus d'années seront nécessaires pour observer une réelle tendance s'il en existe une. Mais les résultats obtenus depuis 2007 n'indiquent pas que les peuplements phytoplanctoniques sont significativement affectés par l'augmentation de la température de l'eau au cours de leur rapide transit dans l'échangeur. Les taux de mélange de 80 à 90 % à quelques dizaines de mètres des grilles de rejet diminuent certainement le signal de mortalité, mais si des mortalités massives existaient, elles seraient vraisemblablement quantifiables.

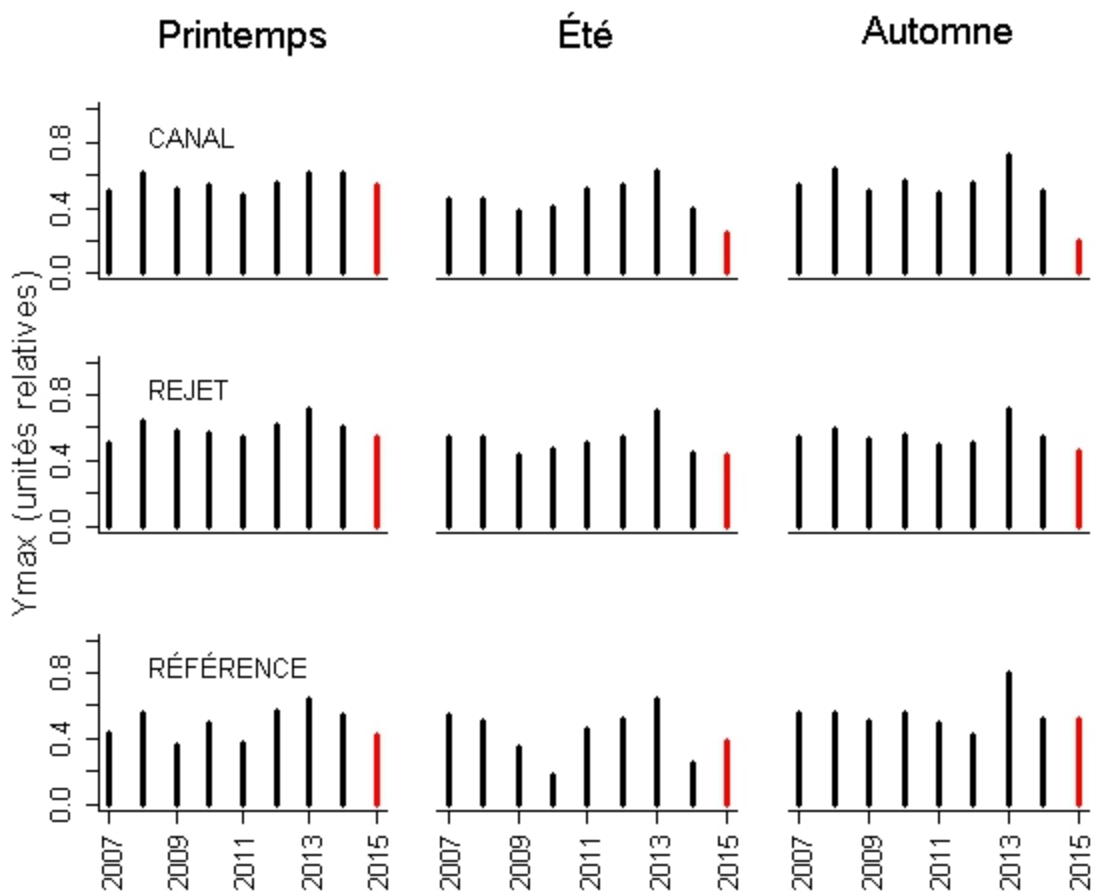


Figure 3.4.7 : Évolution des valeurs de Y_{max} de 2007 à 2015 (2015 en rouge)

Les valeurs de Y_{max} mesurées en 2015 sont dans la gamme des valeurs observées les années précédentes à l'exception du point *canal* de juin et de septembre où on peut observer les plus faibles valeurs depuis 2007 (Figure 3.4.7).

Ces faibles valeurs pourraient être liées aux faibles concentrations en sels nutritifs mesurées au cours de l'année (cf. chapitre hydrologie).

3.4.2.2.4 Approche statistique

Les tests statistiques réalisés sur les données de Y_{max} acquises depuis 2007 sont présentés dans le Tableau 3.4.4. Au printemps, une différence significative est observée entre les trois points *canal*, *rejet* et *référence*. En été, une différence significative est observée entre le point *rejet* et les points *canal* et *référence*. Cette différence significative montrerait que le peuplement phytoplanctonique du point *rejet* en été serait en meilleur état physiologique que les peuplements des points *canal* et *référence*. En revanche, aucune différence significative n'est observée entre les points en automne.

	Printemps		Été		Automne	
	test	p-value	test	p-value	test	p-value
Référence/Rejet	W	0,0091	W	0,0128	t	0,9510
Référence/Canal	t	0,0114	t	0,6163	W	0,4764
Rejet/Canal	t	0,0076	t	0,0079	W	0,6779

Test de Wicoxon « W » ; Test t de Student « t » ; p-value < 0,05 → différence significative

Tableau 3.4.4 : « p-value » des tests statistiques sur les valeurs de Y_{max} .

3.4.2.3. Microphytoplancton

3.4.2.3.1 Variations spatiales et saisonnières du microphytoplancton

Les dénombrements microphytoplanctoniques effectués en 2015 sont présentés en Figure 3.4.8. Ils sont exprimés en nombre de cellules par litre d'eau de mer.

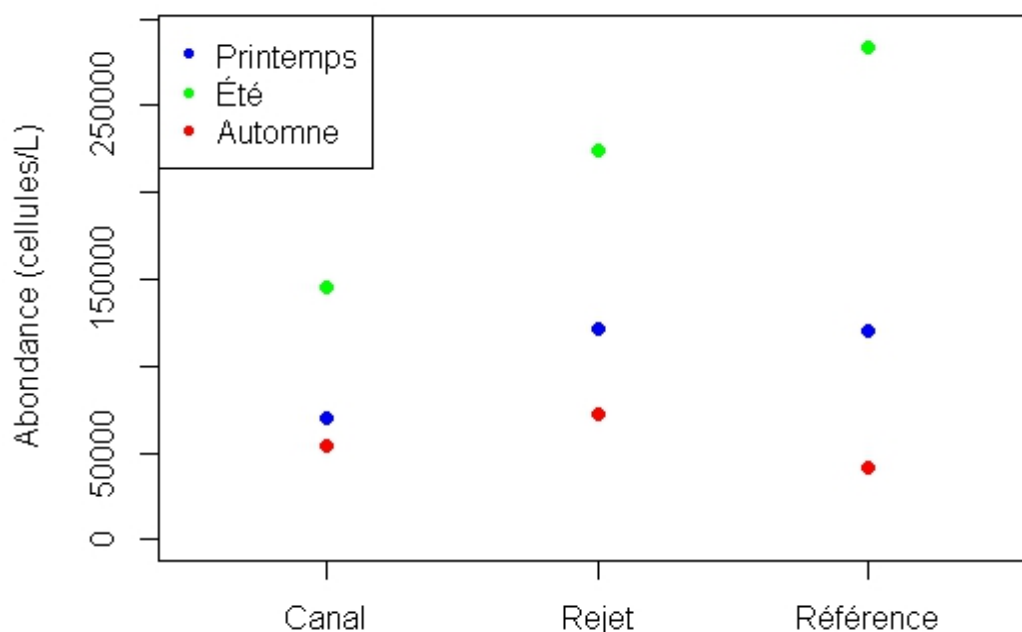


Figure 3.4.8 : Abondances microphytoplanctoniques pour l'année 2015 en nombre de cellules/L au cours des trois périodes d'échantillonnage et sur les trois stations. Le point canal du printemps et celui de l'été sont superposés.

Les valeurs d'abondance microphytoplanctonique de 2015 varient entre 41200 cellules/L au point *référence* de septembre et 283700 cellules/L au point *référence* de juin. Au printemps le maximum d'abondance phytoplanctonique a été observé au point *rejet* (121700 cellules/L), avec une abondance plus élevée au point *référence* qu'au point *canal* (120100 et 70100 cellules/L respectivement). En été un gradient croissant de la côte vers le large est observé, avec des valeurs de 145500, 223700 et 283700 cellules/L aux points *canal*, *rejet* et *référence* respectivement. En automne, comme au printemps, le maximum d'abondance phytoplanctonique est observé au point *rejet* (72100 cellules/L) avec des valeurs de 53800 et 41200 aux points *canal* et *référence* respectivement.

Ces observations pourraient montrer un effet localisé du rejet sur l'abondance du microphytoplancton au printemps et à l'automne.

3.4.2.3.2 Variations inter-annuelles

Les abondances phytoplanctoniques observées en 2015 sont généralement dans la gamme des valeurs observées sur les 3 points d'échantillonnage depuis 1987 (Figure 3.4.9). Les valeurs obtenues au printemps sont supérieures aux médianes pluriannuelles ; la valeur du point *canal* est proche de la médiane, celle du point *rejet* se situe parmi les plus fortes valeurs observées à ce point, et la valeur du point *référence* est parmi les 50% des valeurs observées depuis 1987. En été, les valeurs d'abondances phytoplanctoniques sont également supérieures aux médianes pluriannuelles, avec des valeurs de 2015 parmi les plus fortes valeurs observées depuis 1987 sur les trois points de prélèvement. À l'inverse, les valeurs obtenues en automne 2015 sont inférieures aux médianes pluriannuelles avec des valeurs comprises dans les 50% des valeurs obtenues depuis 1987 pour les trois points. Les faibles abondances phytoplanctoniques observées en automne pourraient être dues aux concentrations en sels nutritifs relativement faibles comparées aux médianes pluriannuelles (cf. chapitre Hydrologie).

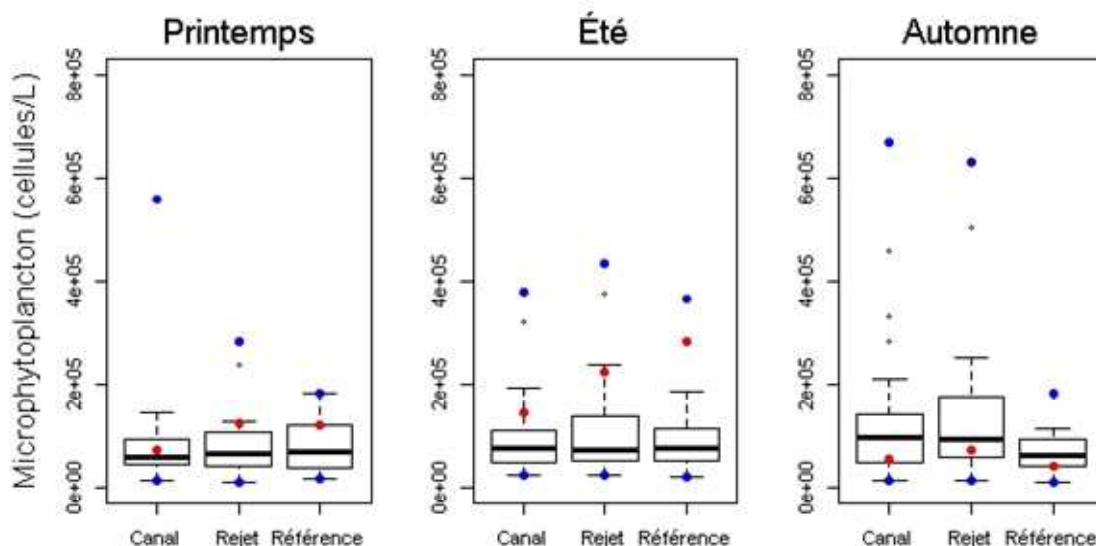


Figure 3.4.9 : Évolution de l'abondance phytoplanctonique et dispersion des valeurs au cours de la période 1987 à 2015 (2015 en rouge, maximums et minimums observés depuis 1987 en bleu)

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, physique et nutritionnel. Les facteurs physiques tels que la lumière et la 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 qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique.

Dans les eaux tempérées françaises, les teneurs maximales en nutriments et notamment en silice, utilisée pour la structuration du frustule par les diatomées, sont observées en hiver. La communauté phytoplanctonique est largement dominée par les diatomées durant le printemps, période d'augmentation de l'éclairement et de l'élévation de la température. La Figure 3.4.10 présente l'évolution spatiale et temporelle de la dominance des diatomées depuis 2002 (en %).

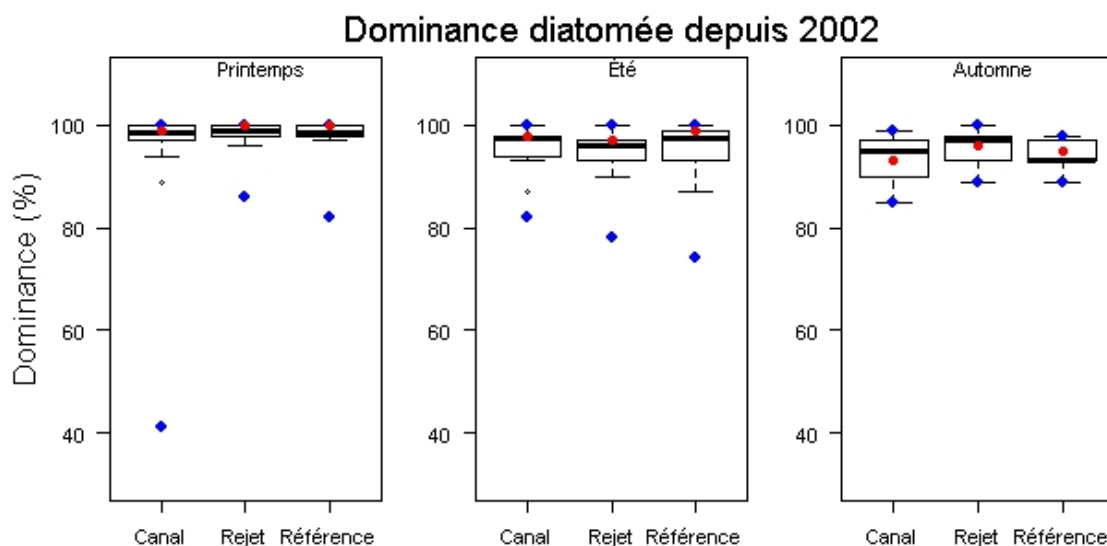


Figure 3.4.10 : Evolution de la dominance des diatomées et dispersion des valeurs au cours de la période 2002 à 2015 (2015 en rouge, maximums et minimums observés depuis 2002 en bleu)

Les diatomées représentent plus de 93% de l'abondance phytoplanctonique totale au cours de l'année 2015 sur l'ensemble de la zone (Figure 3.4.10). Ceci est en accord avec ce qui est observé dans les zones côtières tempérées où les diatomées sont la classe phytoplanctonique la plus représentée. Tout au long de l'année 2015, les valeurs de dominance des diatomées sont proches voire égales aux médianes inter-annuelles. Au printemps sur les points *rejet* et *référence*, la dominance des diatomées atteint une valeur de 100% et de 99% au point *canal*. Ces valeurs peuvent être mises en relation avec des dominances de dinoflagellés nulles sur les trois stations à la même saison.

Les dinoflagellés, bien que minoritaires dans les eaux atlantiques, sont capables de développements rapides qui peuvent conduire à des perturbations majeures de l'écosystème. Les plus fortes dominances sont généralement observées en été 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). La Figure 3.4.11 présente l'évolution spatiale et temporelle de la dominance des dinoflagellés depuis 2002. Les plus faibles valeurs et dispersions sont enregistrées lors de la campagne de printemps. Les plus fortes dispersions de juin et de septembre mettent en évidence la forte variabilité de ce paramètre à cette époque de l'année.

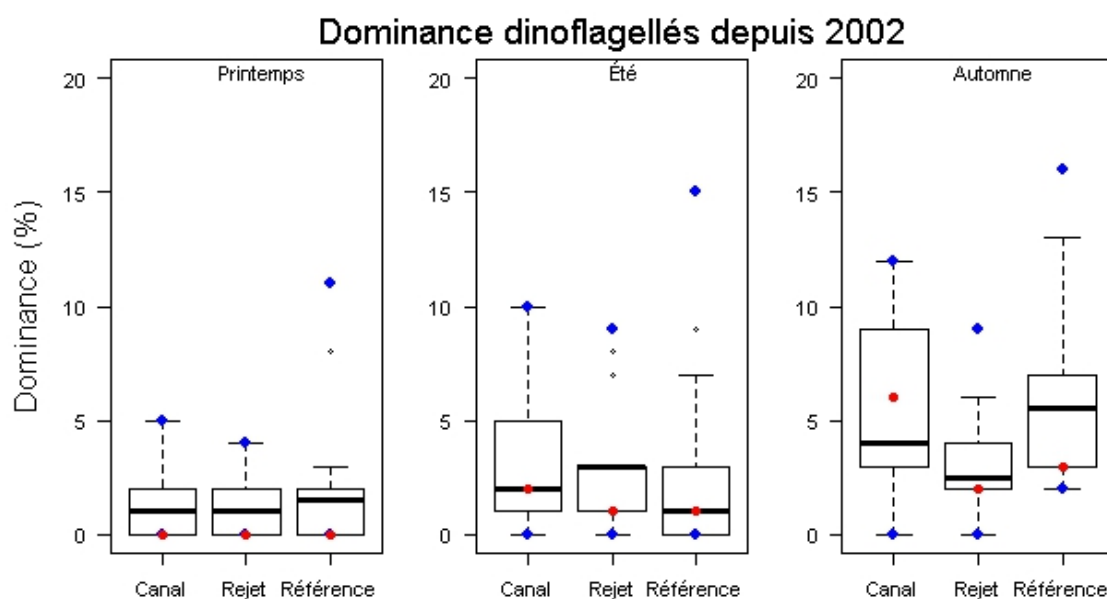


Figure 3.4.11 : Evolution de la dominance des dinoflagellés et dispersion des valeurs au cours de la période 2002 à 2015 (2015 en rouge, maximums et minimums observés depuis 2002 en bleu)

Au printemps 2015, les valeurs de dominance des dinoflagellés sont donc nulles pour les trois stations de prélèvement. En été, les dominances correspondent aux médianes pluriannuelles sur les points *canal* et *référence*. La valeur de dominance des dinoflagellés au point *rejet* est quant à elle inférieure à la médiane, mais fait partie des valeurs régulièrement observées sur ce point. En automne, les valeurs de dominance des dinoflagellés sont toutes comprises dans les 50% des valeurs observées depuis 2002. Ces valeurs sont inférieures aux médianes pluriannuelles pour les points *rejet* et *référence* et supérieure à la médiane pour le point *canal*.

3.4.2.3.3 Approche statistique

Les tests statistiques réalisés sur les abondances phytoplanctoniques de 2015 sont présentés dans le Tableau 3.4.5. En automne une différence significative est observée entre le point *référence* et les points *canal* et *rejet*. En revanche aucune différence significative n'est observée entre les points au printemps et en été.

	Printemps		Été		Automne	
	test	p-value	test	p-value	test	p-value
Référence/Rejet	t	0,7502	W	0,2173	W	0,0000
Référence/Canal	W	0,2635	t	0,4465	W	0,0012
Rejet/Canal	W	0,7970	W	0,5272	t	0,7201

Test de Wicoxon « W » ; Test t de Student « t » ; p-value <0,05 → différence significative
Tableau 3.4.5 : « p-value » des tests statistiques sur les abondances phytoplanctoniques

3.4.2.4. Populations phytoplanctoniques observées en 2015

Le but de ce suivi n'est pas d'étudier l'évolution saisonnière de chaque population mais de détecter depuis la mise en service de la centrale, un éventuel déséquilibre des successions phytoplanctoniques. Les résultats sont exprimés en nombre de cellules par litre et en dominance (%) par rapport à la population microphytoplanctonique totale.

Certaines espèces ont été regroupées car difficilement identifiables par microscopie optique. D'autres ont été identifiées au niveau du genre ou de la classe algale. La fraction microphytoplanctonique a été synthétisée en 5 grandes classes : Diatomées, Dinoflagellés, Euglénophycées, Silicoflagellés et Prymnésiophycées.

Les diatomées constituent la classe dominante en 2015 représentant plus de 93% de la communauté microphytoplanctonique totale (Tableau 3.4.6).

Campagne	Station	MICROPHYTOPLANCTON					TOTAL	Dinoflagellés %	Diatomées %
		diatomées	dinoflagellés	euglènes	silicoflagellés	prymnésiofycées			
IGA 2015-mars	canal	69500	300	0	300	0	70100	0	99
	rejet	121200	300	0	200	0	121700	0	100
	référence	119700	300	0	100	0	120100	0	100
IGA 2015-juin	canal	142300	3200	0	0	0	145500	2	98
	rejet	217200	1500	5000	0	0	223700	1	97
	référence	281600	2000	100	0	0	283700	1	99
IGA 2015-sept	canal	50200	3200	300	100	0	53800	6	93
	rejet	69400	1700	800	200	0	72100	2	96
	référence	39000	1200	1000	0	0	41200	3	95

Tableau 3.4.6 : Abondances des principales classes algales (cellules/L) pour l'année 2015

L'essentiel du microphytoplancton est composé par des diatomées sur les zones côtières de l'Atlantique nord-est. Cependant il faut garder à l'esprit que bien souvent la fraction nanophytoplanctonique (espèces algales dont la taille est comprise entre 2 µm et 20 µm), difficilement accessible par microscopie optique, peut devenir majoritaire, tant par son abondance que sa biomasse (Lampert, 2001). Les Cryptophycées, représentantes du nanophytoplancton, ont été dénombrées. Une abondance maximale de 87400 cellules/L a été observée sur le point *canal* au mois de septembre 2015. Cependant, il est très difficile de dénombrer de manière précise ces cellules appartenant au nano-phytoplancton en microscopie optique. Cette incertitude lors du comptage est donc à prendre en considération pour l'analyse des résultats.

Les principales espèces dénombrées en 2015 ont été les suivantes (cf. tableau 3.4.6, 3.4.7 et figure 3.4.12) :

Campagne	Station	DIATOMÉES																	Cumul %	
		Aster	Baci	Chae	Dact	Dyti	E.zod	Guin	Laud	Lepto	Navic	Nitz	Para	Plag	Pleu	Rhiz	Skel	Thal.N		Thal
IGA 2015-mars	canal	0	1	45	0	0	0	1	0	0	0	2	0	5	1	0	36	0	8	99
	rejet	0	1	11	0	0	0	0	1	0	0	2	2	7	0	0	28	2	45	99
	référence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	31	0	65	98
IGA 2015-juin	canal	0	0	0	28	0	0	58	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	8	98
	rejet	0	0	1	35	0	0	49	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	12	99
	référence	0	0	0	30	0	0	48	0	1	0	0	0	0	2	1	1	17	100	
IGA 2015-sept	canal	0	0	19	0	1	2	28	0	0	1	0	5	0	0	2	25	1	15	99
	rejet	1	0	25	0	1	2	23	0	2	0	0	2	0	0	1	20	1	20	98
	référence	0	0	35	9	1	1	20	0	4	1	1	6	0	0	0	11	3	10	102

Clefs : Aster : *Asterionellopsis glacialis* ; Baci : *Bacillaria paxillifera* ; Chae : *Chaetoceros* sp ; Dact : *Dactyliosolen fragilissimus* ; Dyti : *Dytilum* sp. ; E.Zod : *Eucampia zodiacus* ; Guin : *Guinardia* sp. ; Laud : *Lauderia* sp. + *Schroederella* sp. ; Lepto : *Leptocylindrus* sp. ; Navic : *Naviculaceae* ; Nitz : *Nitzschia* sp. ; Para : *Paralia sulcata* ; Plag : *Plagiogramma* sp. ; Pleu : *Pleurosigma* sp. + *Gyrosigma* sp. ; Rhiz : *Rhizosolenia* sp. ; Skel : *Skeletonema* sp. ; Thal.N : *Thalassionema nitzschoides* ; Thal : *Thalassiosira* sp.

Tableau 3.4.7 : Abondances des principaux genres de diatomées pour l'année 2015

Mars 2015 :

Les diatomées dominantes dans la communauté phytoplanctonique du printemps appartiennent aux genres *Chaetoceros*, *Thalassiosira* et *Skeletonema*. Un gradient croissant de la côte vers le large peut être observé pour les *Thalassiosira sp.* qui représentent 8% de la communauté phytoplanctonique au point *canal*, 45% au point *rejet* et 65% au point *référence*. À l'inverse, les espèces du genre *Chaetoceros* sont très présentes au point *canal* avec une abondance de 45%, et tendent à disparaître en s'éloignant vers le large (11% au point *rejet* et absence au point *référence*). Les *Skeletonema sp.* sont présentes sur les trois points d'échantillonnage avec des abondances relativement stables (36, 28 et 31% pour les points *canal*, *rejet* et *référence* respectivement). De plus, la diversité des espèces de diatomées présentes au point *référence* (3 espèces différentes) est plus faible qu'aux points *canal* et *rejet* (8 et 9 espèces différentes respectivement), avec cependant la présence de *Nitzschia sp.* comme espèce accompagnatrice (c.à.d. les espèces présentant une abondance relative <10%) sur les trois points *canal*, *rejet* et *référence*. *Bacillaria paxillifera* et *Plagiogramma sp.* sont également présentes en tant qu'espèces accompagnatrices sur les points côtiers *canal* et *rejet*. Ces premières observations peuvent montrer une scission spatiale des communautés phytoplanctoniques entre le point *référence* et les points *canal* et *rejet*.

Juin 2015 :

Les espèces dominantes de la communauté phytoplanctonique d'été sont *Dactyliosolen fragilissimus* et *Guinardia sp.* Ces espèces sont présentes à plus de 20% sur les trois points d'échantillonnage, avec une abondance de *Guinardia sp.* plus élevée au point *canal* (58%) qu'aux points *rejet* et *référence* (49 et 48% respectivement). Les abondances de *Dactyliosolen fragilissimus* sont relativement stables suivant le gradient côte-large, avec 28, 35 et 30% sur les points *canal*, *rejet* et *référence* respectivement. Suivant ce même gradient côte-large, les *Thalassiosira sp.* considérées comme accompagnatrices à la côte, avec une abondance de 8% au point *canal* et de 12% au point *rejet*, sont plus abondantes au large avec 17% au point *référence*. Les *Rhizosolenia sp.* sont quant à elles des espèces accompagnatrices sur les trois stations au mois de juin.

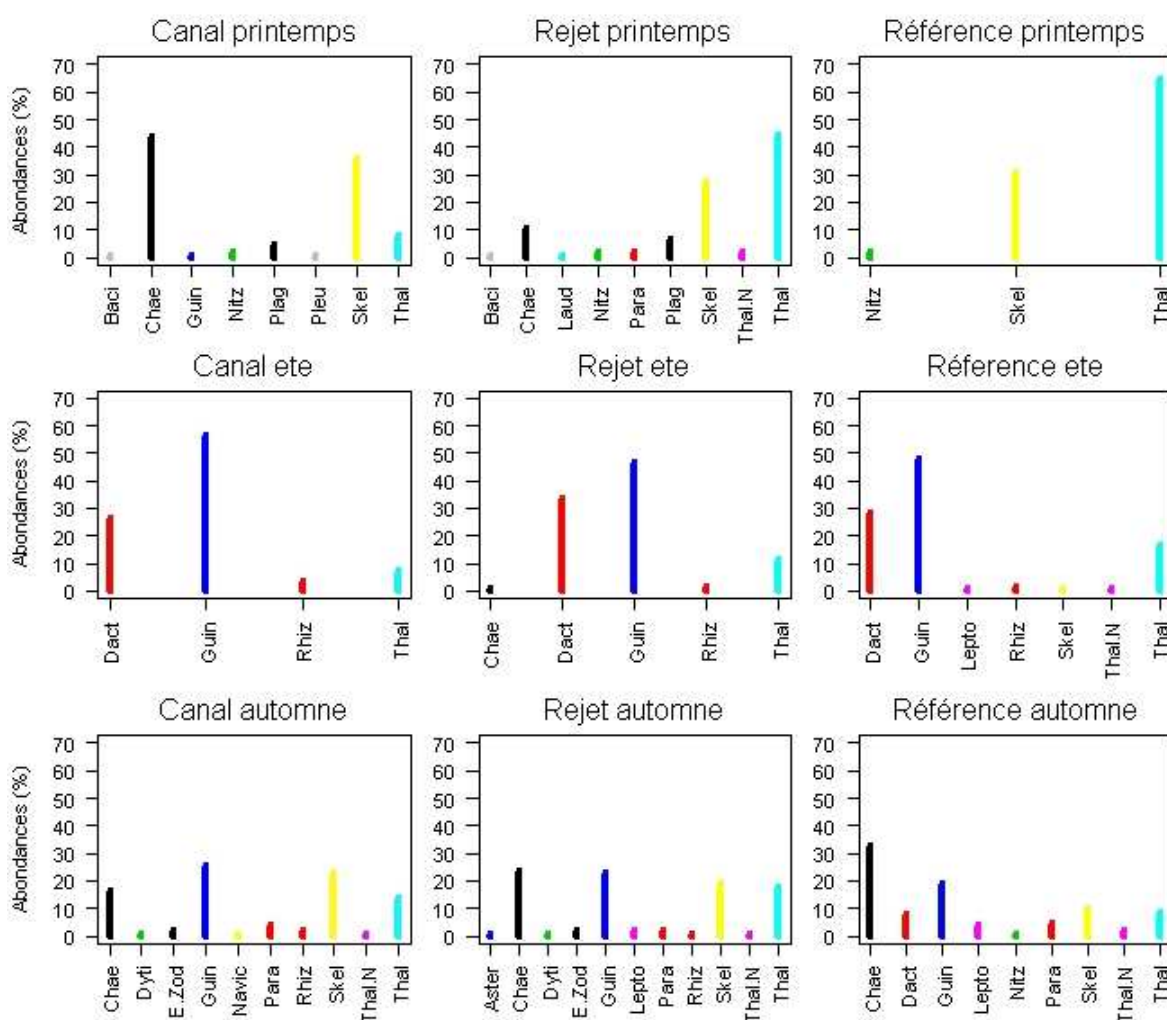
À l'inverse du mois de mars 2015, le mois de juin montre une plus forte diversité des espèces de diatomées présentes au large (7 espèces différentes dont 4 considérées comme accompagnatrices) par rapport aux points côtiers *canal* et *rejet* (4 et 5 espèces différentes respectivement). Ces observations montrent des communautés phytoplanctoniques différentes entre le large et la côte, avec à cette saison une plus forte diversité phytoplanctonique présente au large.

Septembre 2015 :

La période automnale est caractérisée par la dominance des genres de diatomées *Chaetoceros*, *Guinardia*, *Skeletonema* et *Thalassiosira*, ainsi que par une diversité de diatomées largement supérieure à celles observées en mars et en juin sur tous les points (10 espèces différentes au point *canal*, 11 au point *rejet* et 9 au point *référence*). Deux types de gradient sont observés pour décrire la répartition des espèces au mois de septembre. Pour le *Chaetoceros sp.*, un gradient croissant de la côte vers le large est observé, avec des abondances de 19 et 25% aux points *canal* et *rejet* respectivement, et de 35 % au point *référence*. Pour les genres *Guinardia* et *Skeletonema*, c'est un gradient décroissant de la côte vers le large qui est observé, avec 28, 23 et 20% sur les points *canal*, *rejet* et *référence* respectivement pour le *Guinardia sp.*, et 25, 20 et 11% pour le *Skeletonema sp.* sur les mêmes points respectifs. Dans le cas du *Thalassiosira sp.*, les abondances sont légèrement plus élevées à la côte avec 15 et 20% aux points *canal* et *rejet* respectivement, avec une abondance au point *référence* de 10%. Les espèces accompagnatrices

varient entre la côte et le large, avec les espèces propres aux points côtiers *canal* et *rejet* qui sont *Ditylum sp*, *Eucampia zodiacus* et *Thalassionema nitzschoides*, alors que l'espèce accompagnatrice propre aux points *rejet* et *référence* est *Leptocylindrus sp*.

Paralia sulcata et *Thalassionema nitzschoides* sont quand à elles des espèces accompagnatrices présentes à la côte comme au large au mois de septembre. La différence entre la communauté phytoplanctonique côtière et la communauté du large pour le mois de septembre 2015 ne se fait donc pas tant par la dominance de certaines espèces mais plutôt par la différence entre les espèces accompagnatrices présentes. Il paraît ainsi ne pas y avoir de réelle scission entre les communautés phytoplanctoniques suivant le gradient côte-large.



Clefs : Aster : *Asterionellopsis glacialis* ; Baci : *Bacillaria paxillifera* ; Chae : *Chaetoceros sp* ; Dact : *Dactyliosolen fragilissimus* ; Dyti : *Ditylum sp.* ; E.Zod : *Eucampia zodiacus* ; Guin : *Guinardia sp.* ; Laud : *Lauderia sp.* + *Schroederella sp.* ; Lepto : *Leptocylindrus sp.* ; Navic : *Naviculaceae* ; Nitz : *Nitzschia sp.* ; Para : *Paralia sulcata* ; Plag : *Plagiogramma sp.* ; Pleu : *Pleurosigma sp.* + *Gyrosigma sp.* ; Rhiz : *Rhizosolenia sp.* ; Skel : *Skeletonema sp.* ; Thal.N : *Thalassionema nitzschoides* ; Thal : *Thalassiosira sp.*

F

Figure 3.4.12 : Distribution des abondances en diatomées pour l'année 2015

3.4.3. Comparaison des résultats obtenus aux points canal 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 :

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

Où V_a et V_r représentent respectivement la valeur (chlorophylle *a*, production primaire ou abondance microphytoplanctonique) observée au *canal* d'aménée et au point *rejet*.

En utilisant les valeurs de 2015 pour les trois paramètres précités, les déficits obtenus sont présentés dans le Tableau 3.4.8. Une valeur positive exprime un déficit au point rejet par rapport au point canal.

	Chlorophylle <i>a</i>	Production primaire	Microphytoplancton
Printemps 2015	60	-13	74
Été 2015	89	-51	54
Automne 2015	78	-38	34

Tableau 3.4.8 : Déficit des trois paramètres étudiés entre les points canal et rejet

La chlorophylle *a* au point *rejet* est en déficit par rapport au point *canal* pendant toute l'année, de même que l'abondance microphytoplanctonique. La production primaire ne montre pas de déficit entre ces deux points en 2015.

Ces différences peuvent s'expliquer par deux phénomènes, l'un à caractère spatial et l'autre temporel. Premièrement, les caractéristiques de la masse d'eau du *rejet* peuvent résulter du mélange des eaux des points *canal* et *référence*. Deuxièmement, le temps de transit de l'eau de mer entre les points *canal* et *rejet* est de quelques heures, alors que les prélèvements sont faits à 30 minutes d'intervalle. Les valeurs ainsi obtenues peuvent donc aussi s'expliquer par la variabilité spatio-temporelle naturellement observée dans le milieu marin.

3.4.4. Conclusion

Au cours de l'année 2015 un premier bloom phytoplanctonique a eu lieu en mai-juin, légèrement plus tardif que ce qui est généralement observé sur la côte ouest de la Manche, et avec un maximum de chlorophylle *a* observé au large. Un deuxième bloom phytoplanctonique a eu lieu au mois de septembre avec un maximum de chlorophylle *a* observé à la côte. Cependant, ce second bloom s'est étendu sur toute la côte ouest de la Manche et jusqu'aux îles anglo-normandes alors que le développement du phytoplancton est habituellement côtier.

Les paramètres photosynthétiques ainsi que les abondances phytoplanctoniques suivent une évolution saisonnière légèrement différente.

Ainsi, les valeurs de rETR sont décroissantes au cours de l'année 2015, traduisant une activité photosynthétique plus intense au printemps qu'en été et qu'en automne. Concernant le paramètre Y_{max} , seules les valeurs relevées à la côte en mars et au large en septembre sont supérieures à 0,5 ce qui suggère que l'état physiologique des cellules phytoplanctoniques était meilleur à la côte au printemps et au large en automne. Toutefois, des valeurs proches de 0,5 ont été obtenues au point rejet tout au long de l'année. Cela pourrait éventuellement montrer un

effet stabilisateur des rejets d'eau chaude sur l'état physiologique des cellules phytoplanctoniques.

Par ailleurs, les abondances phytoplanctoniques en été ont été les plus fortes observées sur les trois campagnes de prélèvements, et celles d'automne les plus faibles.

Le printemps 2015 se caractérise donc par des communautés phytoplanctoniques en abondances moyennes mais productives et en bon état. À l'inverse, l'été 2015 est caractérisé par de fortes abondances phytoplanctoniques peu productives et en mauvais état. L'automne 2015 est quant à lui caractérisé par de très faibles abondances phytoplanctoniques, peu productives mais en bon état physiologique au large. Les faibles abondances phytoplanctoniques observées en automne peuvent être liées aux faibles concentrations en sels nutritifs détectées à cette saison.

À l'instar des années précédentes, les diatomées ont largement dominé la communauté phytoplanctonique tout au long de l'année 2015 sur le site du CNPE de Flamanville. La plus faible proportion de diatomées a été observée sur le point *canal* au mois de septembre. Les dinoflagellés ont été très peu représentés sur le CNPE de Flamanville au cours de cette année 2015. Les plus fortes proportions (i.e. 6%) ont été observées sur le même point *canal* au mois de septembre.

Au cours de l'année 2015, différents assemblages de diatomées ont été observés à la côte et au large. Au printemps, les assemblages côtiers étaient dominés par les genres *Skeletonema sp.*, *Chaetoceros sp.* et *Thalassiosira sp.* avec au point *rejet* la diminution de l'abondance des *Chaetoceros* et l'augmentation de l'abondance des *Thalassiosira*. Le point *référence* se caractérisait à cette même période par une proportion plus élevée de *Thalassiosira sp.* et encore la présence de *Skeletonema sp.*

Au cours de l'été 2015, ce sont le genre *Guinardia sp.* et l'espèce *Dactyliosolen fragilissimus* qui dominaient la communauté sur les trois points, accompagné par *Thalassiosira sp.* et *Rhizosolenia sp.*

Au cours de la période automnale, les communautés côtières étaient dominées par *Guinardia sp.*, *Skeletonema sp.*, *Chaetoceros sp.* et *Thalassiosira sp.*, alors que la communauté phytoplanctonique du point *référence* était dominée par *Guinardia sp.* et *Skeletonema sp.* uniquement. La diversité de la communauté de diatomées en automne a été plus élevée qu'au cours des deux périodes précédentes ; les espèces accompagnatrices étant plus nombreuses qu'au cours du printemps et de l'été.

La succession des communautés phytoplanctoniques observées à proximité du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2015 est conforme à ce qui est généralement observé sur cette zone. 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 2015 ne présentent pas de caractéristiques pouvant mettre en cause l'activité du CNPE de Flamanville. Leur évolution dans le temps est en concordance avec celle observée sur la zone ouest Cotentin.

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 qui influencent la diversité, comme les changements climatiques, les pollutions ponctuelles et la prédation.

3.5.1. Matériels et méthodes

En 2015, les trois campagnes de prélèvements ont eu lieu les 16 mars, 08 juin et 24 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 1968¹⁸). 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 volumètre est attaché à l'entrée du filet afin de connaître précisément le volume d'eau filtré. Pour chaque point de prélèvement deux traits de filet à plancton ont été effectués. L'un des deux échantillons collectés est aussitôt filtré à bord sur des soies et congelé afin d'évaluer la biomasse sestonique (mesure du poids sec et composition en carbone et azote), l'autre échantillon est formolé 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 ston, déduits. Le poids sec récolté et le volume filtré permettent d'évaluer le poids sec (mg) par unité de volume (m³).

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).

¹⁸ 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.

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)¹⁹. 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)²⁰. 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)²¹, et des clés de détermination pour des groupes spécifiques tels que les copépodes pélagiques (Rose, 1933)²² ou les larves de décapodes (Martin, 2001)²³ 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

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.

¹⁹ Motoda S (1959). Devices of simple plankton apparatus. Memoirs. Faculty of Fisheries. Hokkaido University 7, 73-94.

²⁰ 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

²¹ Todd CD, Laverrack MS, Boxshall GA (1996) Coastal marine zooplankton – a practical manual for students. Cambridge University Press, pp. 106.

²² Rose M (1933). Faune de France, 26. Copépodes pélagiques. Ed. Lechevalier, Paris, pp. 374 .

²³ Martin J (2001). Les larves des crustacés décapodes des côtes françaises de la Manche. IFREMER, France, pp. 175.

Toutefois la validation complète (et récente) 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 2015 sur le site de Flamanville sont présentés dans le tableau 3.5.2 suivant.

	PARAMETRES	CANAL	REJET	REFERENCE
16 MARS 2015	Poids sec (mg. m ⁻³)	14,7	16,0	8,7
	Poids de carbone (mg. m ⁻³)	3,117	3,322	3,155
	Poids d'azote (mg. m ⁻³)	0,555	0,587	0,754
	Abondance holoplancton (ind. m ⁻³)	75	60	249
	Abondance méroplancton (ind. m ⁻³)	582	882	965
	Abondance zooplancton totale (ind. m ⁻³)	657	942	1214
08 JUIN 2015	Poids sec (mg. m ⁻³)	16,8	19,7	32,9
	Poids de carbone (mg. m ⁻³)	2,697	4,484	5,389
	Poids d'azote (mg. m ⁻³)	0,451	0,946	1,089
	Abondance holoplancton (ind. m ⁻³)	218	571	462
	Abondance méroplancton (ind. m ⁻³)	81	113	78
	Abondance zooplancton totale (ind. m ⁻³)	300	683	540
24 SEPTEMBRE 2015	Poids sec (mg. m ⁻³)	33,5	19,8	25,7
	Poids de carbone (mg. m ⁻³)	7,718	5,725	9,422
	Poids d'azote (mg. m ⁻³)	1,400	1,168	2,412
	Abondance holoplancton (ind. m ⁻³)	1791	1702	1928
	Abondance méroplancton (ind. m ⁻³)	241	52	317
	Abondance zooplancton totale (ind. m ⁻³)	2032	2245	1754

Tableau 3.5.2 : Récapitulatif des résultats de 2015 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.

3.5.2.1.1 Variations spatiales et temporelles en 2015

Au cours de l'année 2015, la biomasse sestonique a varié entre $8,7 \text{ mg m}^{-3}$ au point *référence* en juin, et $33,5 \text{ mg m}^{-3}$ au point *canal* en mars (figure 3.5.1).

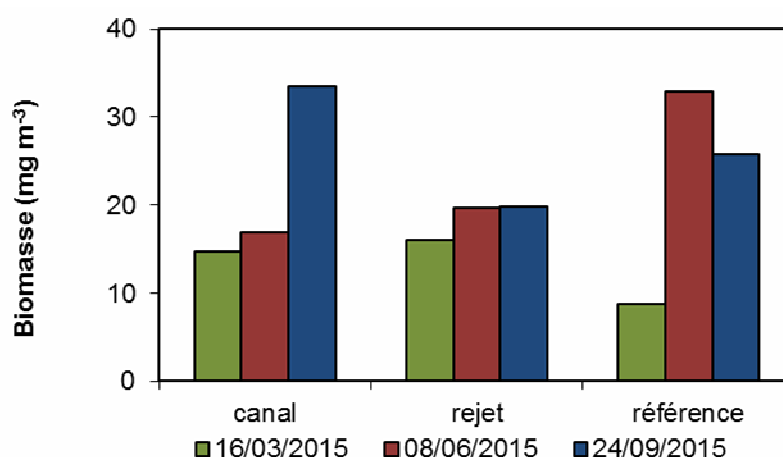


Figure 3.5.1 : Évolution de la biomasse sestonique (poids sec) au cours des trois campagnes de surveillance 2015

En mars, la biomasse sestonique était moins importante au point *référence* par rapport aux points *canal* et *rejet*, alors qu'en juin le gradient était inversé (biomasse plus importante au large par rapport à la côte). En septembre, les valeurs de biomasse sestonique étaient très élevées aux points *canal* et *référence* et beaucoup moins importantes au point *rejet*.

Cette année encore, la biomasse sestonique et l'abondance zooplanctonique n'étaient pas corrélées (cf. figure 3.5.5) confirmant que la biomasse sestonique ne peut pas être utilisée comme un proxy de l'abondance zooplanctonique. Les rapports C/N, calculés d'après les teneurs en carbone et azote, étaient compris entre 4 à 5, sauf au point *canal* où ce rapport était compris entre 5 et 6 (figure 3.5.2). Le rapport C/N peut habituellement caractériser un compartiment tel que le zooplancton (rapport C/N ~ 4-5 ; Mauchline, 1998) ou le phytoplancton (C/N ≥ 6 ; Biddanda & Benner, 1997). Les rapports C/N aux points *référence* et *rejet* (sauf en mars pour ce dernier) étaient plus caractéristiques du zooplancton, que ceux mesurés au point *canal* où la présence de sédiment remis en suspension dans l'eau semble influencer sur ce rapport.

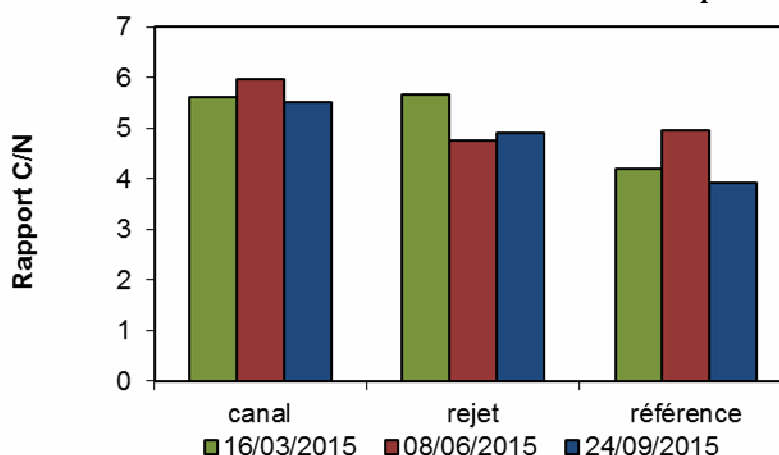


Figure 3.5.2 : Évolution du rapport C/N du seston au cours des trois campagnes de surveillance 2015

3.5.2.1..2 Variations interannuelles

Les valeurs de biomasse sestonique mesurées en mars 2015 aux points *canal* et *rejet* étaient parmi les plus élevées mesurées depuis 1993 (figures 3.5.3 et 3.5.4). En juin, seul le point *référence* présentait une biomasse sestonique au dessus de la médiane de la série. En septembre, les valeurs de biomasse mesurées étaient élevées pour la saison, au point *référence* la valeur mesurée était la plus élevée depuis 1993.

3.5.2.1..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 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 de 1993 à 2015

COMPARAISON	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
n	69	69	65
p	0,94	0,28	0,26

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

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

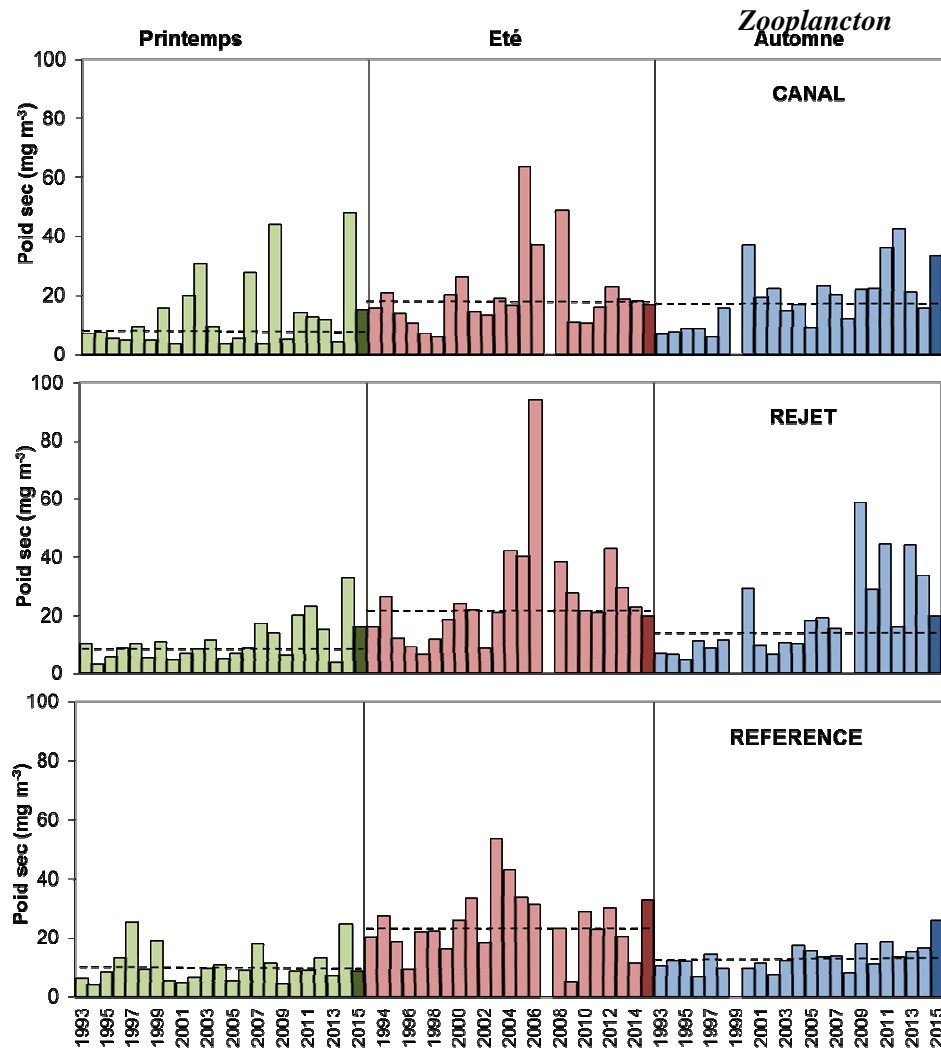


Figure 3.5.3 : Évolution de la biomasse sestonique (poids sec) de 1987 à 2015
(La ligne hachurée représente la médiane par saison et par point)

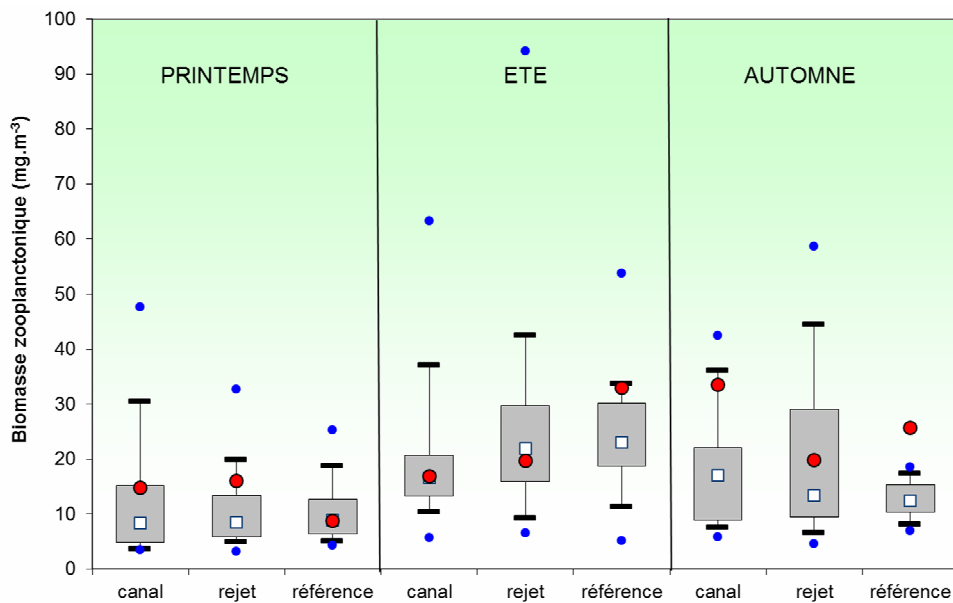


Figure 3.5.4 : Évolution de la biomasse zooplanktonique (poids sec) de 1987 à 2015. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (▭) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2015 (●)

3.5.2.2. Abondances zooplanctoniques globales

3.5.2.2.1 Variations spatiales et temporelles en 2015

Les dénombrements zooplanctoniques effectués en 2015 sont présentés sur la figure 3.5.5 ci-dessous. Ils sont exprimés en nombre d'individus par m³ d'eau de mer.

L'abondance la plus importante a été observée en septembre au point *rejet* avec 2 245 ind. m⁻³ et la plus faible en juin au point *canal* avec 300 ind. m⁻³.

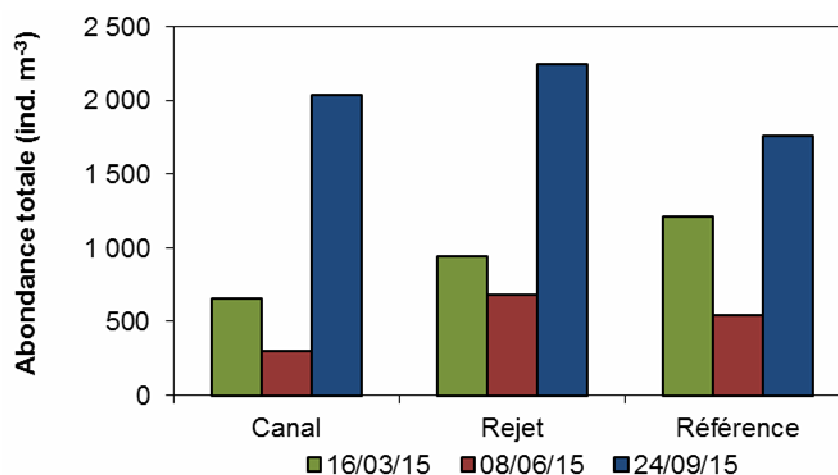


Figure 3.5.5 : Évolution de l'abondance zooplanctonique totale à Flamanville en 2015

3.5.2.2.2 Variations interannuelles

L'évolution de l'abondance zooplanctonique observée depuis 1994 à Flamanville (figures 3.5.6 et 3.5.7), montre que les abondances 2015 étaient dans la moyenne des valeurs observées depuis 1993 en mars et juin, alors qu'en septembre les abondances correspondaient aux valeurs hautes de la série (valeur maximale pour le point canal).

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 2015

COMPARAISON	PRINTEMPS	ÉTÉ	AUTOMNE
<i>n</i>	69	66	66
<i>p</i>	0,051	0,042	0,676

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

Les résultats des tests indiquent que les abondances zooplanctoniques sont significativement différentes entre les trois points de prélèvement en été. Une analyse post-hoc de comparaison multiple (test de Tuckey) montre que c'est la moyenne de l'abondance du point *canal* qui est significativement plus faible en été que celles des autres points.

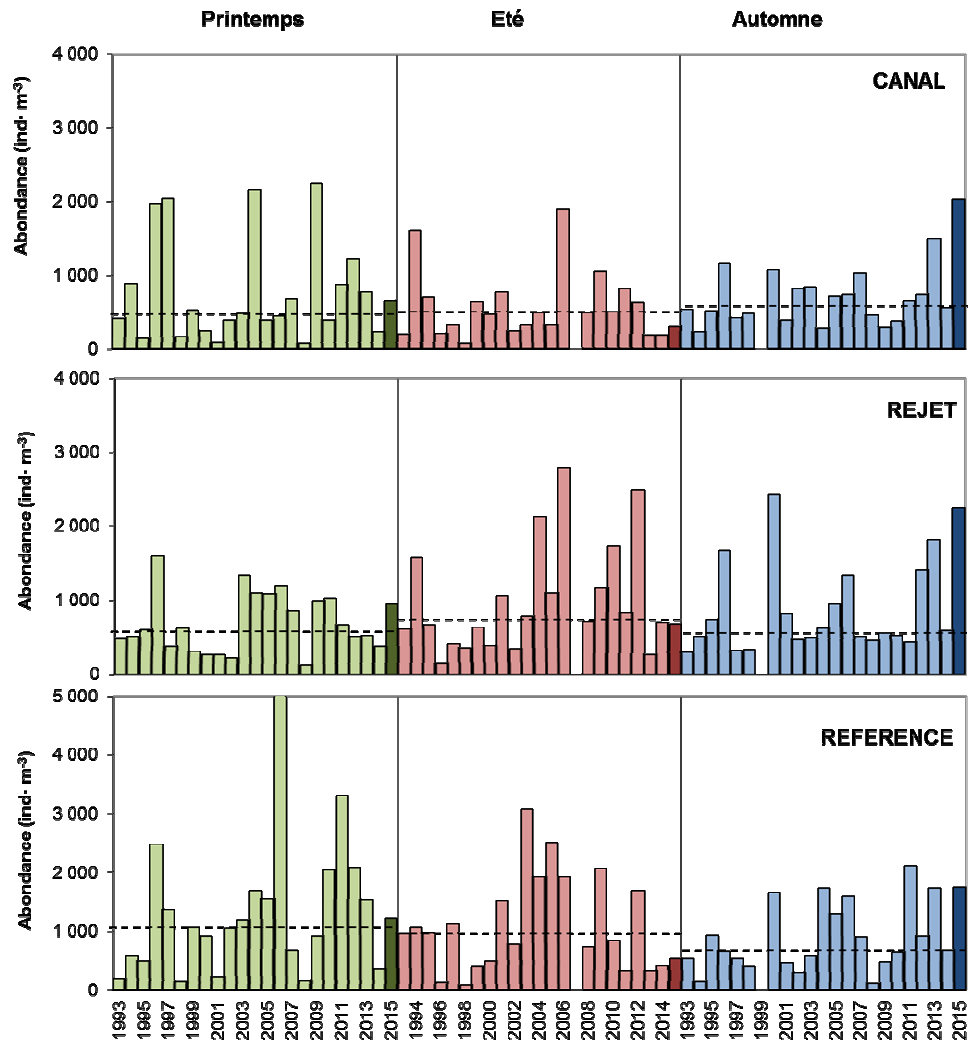


Figure 3.5.6 : Évolution de l'abondance zooplanctonique à Flamanville de 1993 à 2015
 (La ligne hachurée représente la médiane par saison et par point)

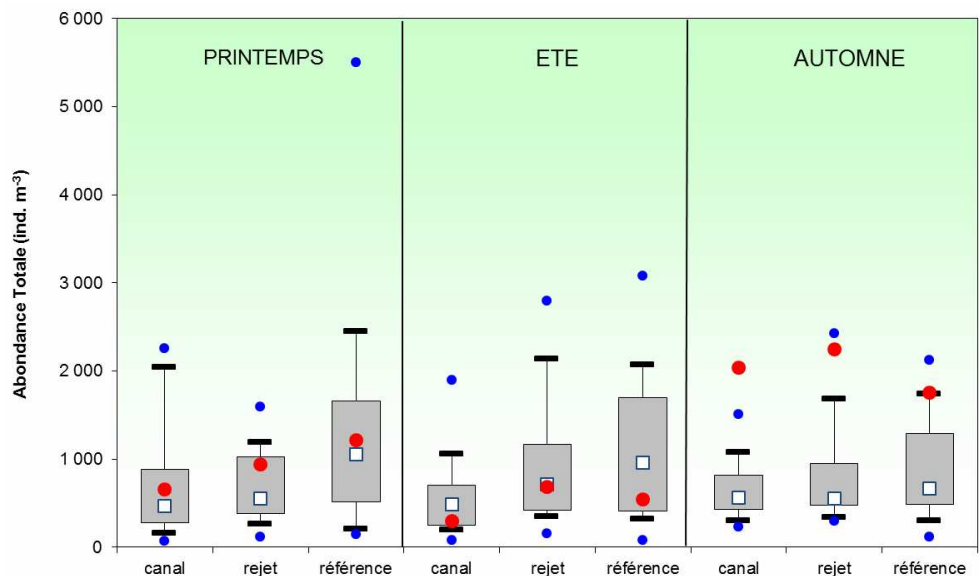


Figure 3.5.7 : Évolution de l'abondance zooplanctonique à Flamanville de 1993 à 2015
 Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (■) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur 2015 (●)

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 cumacés, les mysidacés et les euphausiacés ont été absents lors des trois campagnes de 2015 (tableau 3.5.5).

Abondance zooplancton (N.m ⁻³)	16 mars 2015						8 juin 2015						21 septembre 2015						
	Canal		Rejet		référence		Canal		Rejet		référence		Canal		Rejet		référence		
	N.m ⁻³	%	N.m ⁻³	%	N.m ⁻³	%	N.m ⁻³	%	N.m ⁻³	%	N.m ⁻³	%	N.m ⁻³	%	N.m ⁻³	%	N.m ⁻³	%	
holoplancton	Copépodes	40	53	36	61	161	64.8	196	90	505	88	420	91	1272	71	1477	77	1509	89
	Appendiculaires	34	46	24	39	86	34	22	10	61	11	40	9	486	27	436	23	97	6
	Chaetognathes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	11	1	14	1	37	2
	Cumacés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gammaridés	1	1	0	0	2	1	1	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mysidacés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Euphausiacés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cténaires	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Noctiluca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	1	0	0	59	3	
total holoplancton	75	11	60	6	249	20	218	73	573	84	461	85	1791	88	1928	86	1702	97	
meroplancton	Tétards d'acidies	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0
	Larves de décapodes	4	1	5	1	6	1	6	7	23	21	7	9	0	0	72	23	20	39
	Isopodes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	Ostracoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	Larves de Cirripèdes	537	92	817	93	908	94	37	46	23	21	22	28	61	25	137	43	7	14
	Larves de Bryozoaires	11	2	16	2	0	0	1	1	9	9	1	1	14	6	0	0	7	14
	Cnidaires	0	0	3	0	0	0	2	3	2	2	5	7	137	57	65	20	6	11
	Larves de mollusques	16	3	13	1	16	2	27	33	45	40	37	47	29	12	36	11	4	8
	Larves de polychètes	4	1	24	3	34	4	4	4	2	2	2	2	0	0	7	2	7	14
	Oeufs et larves de poissons	10	2	5	1	2	0	1	1	5	4	2	2	0	0	0	0	0	0
total méroplancton	582	89	882	94	965	80	81	27	110	16	79	15	241	12	317	14	52	3	
total zooplancton	657		942		1214		300		683		540		2032		2245		1754		

Tableau 3.5.5 : Abondances et dominances de différents groupes du méroplancton et de l'holoplancton en 2015

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 (figure 3.5.8).

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. Au printemps 2015, le méroplancton représentait plus de 80 % du zooplancton total alors qu'en été et en automne il en représentait moins de 30 %. Cette fraction était essentiellement composée de larves nauplii de cirripèdes (>90 % en mars, 14 à 46 % en juin et septembre). Les larves de gastéropodes (mollusques) et de décapodes, ainsi que les hydroméduses (cnidaires) ont contribué significativement à l'abondance des meroplanctontes en juin et septembre.

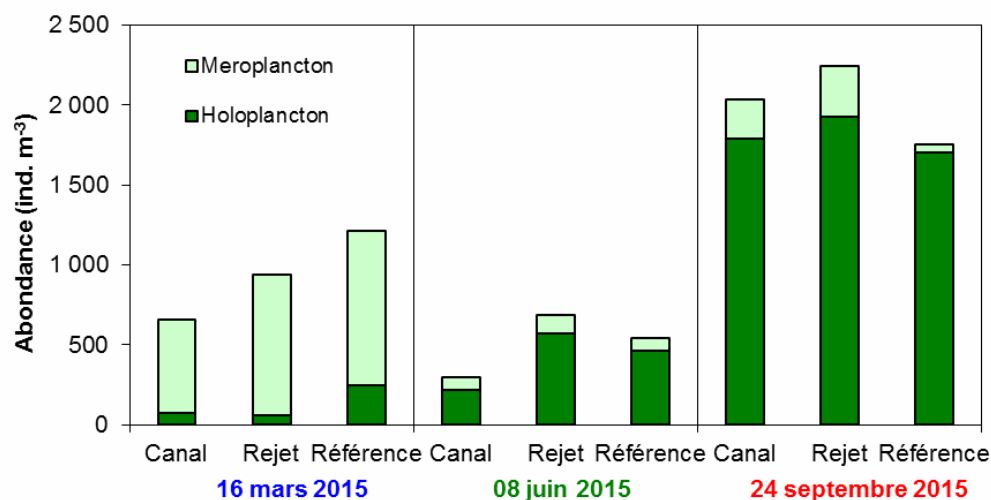


Figure 3.5.8 : Abondance de l'holoplancton et du méroplancton à Flamanville en 2015

3.5.2.3.2 Variations spatio-temporelles des principaux taxons en 2015

L'holoplancton

- Les copépodes :

Les copépodes, qui constituaient le taxon dominant de l'holoplancton, ont montré la même évolution saisonnière que celui-ci (figure 3.5.9). En été et en automne les copépodes représentaient plus de 70 à 90 % des abondances holoplanctoniques. Comme depuis 2008, les plus faibles abondances ont été observées au printemps (< 161 ind. m⁻³). Le point *canal* présentait des abondances toujours plus faibles par rapport aux deux autres points de prélèvement lors des trois campagnes 2015.

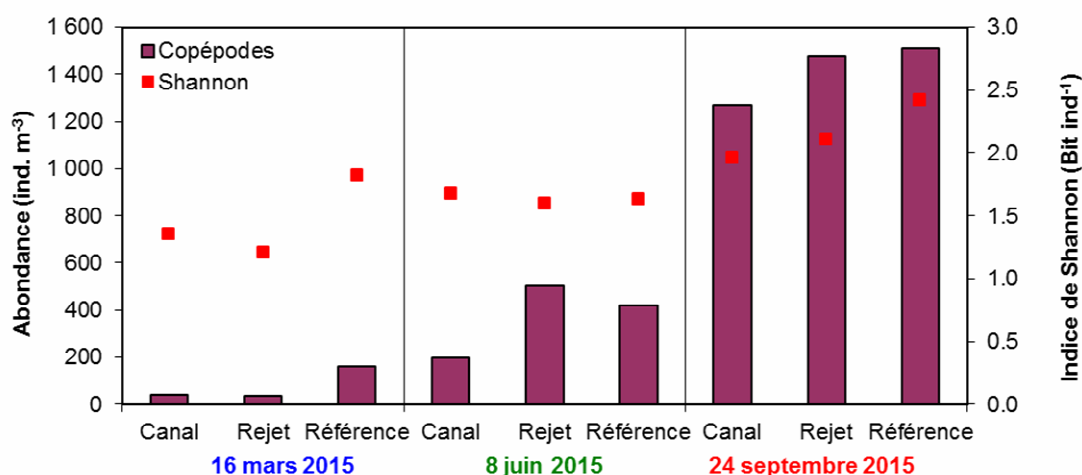


Figure 3.5.9 : Abondance des copépodes (adultes et copépodites) et diversité spécifique à Flamanville en 2015

L'indice de diversité de Shannon (figure 3.5.9) 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 et S selon les cas. Cet indice était en général assez bas ($\leq 2,5$ Bit. ind⁻¹) dans les eaux environnant la centrale de Flamanville pour une richesse spécifique variant entre 3 et 11. Les échantillons étaient caractérisés par une à trois espèces de copépodes représentant 50 à 90 % du peuplement

alors que plusieurs espèces n'étaient représentées que par un ou deux individus. L'indice de diversité était généralement plus élevé au point *référence*.

L'évolution interannuelle de l'abondance en copépode depuis 1993 confirme bien les faibles abondances de ce groupe taxonomique au printemps en comparaisons des abondances estivales et automnales (figure 3.5.10). Elle confirme également ce qui est observé pour le zooplancton total, les abondances observées pour l'année 2015 sont dans la moyenne des années précédentes au printemps, inférieures à la moyenne en été et supérieures à la moyenne en automne.

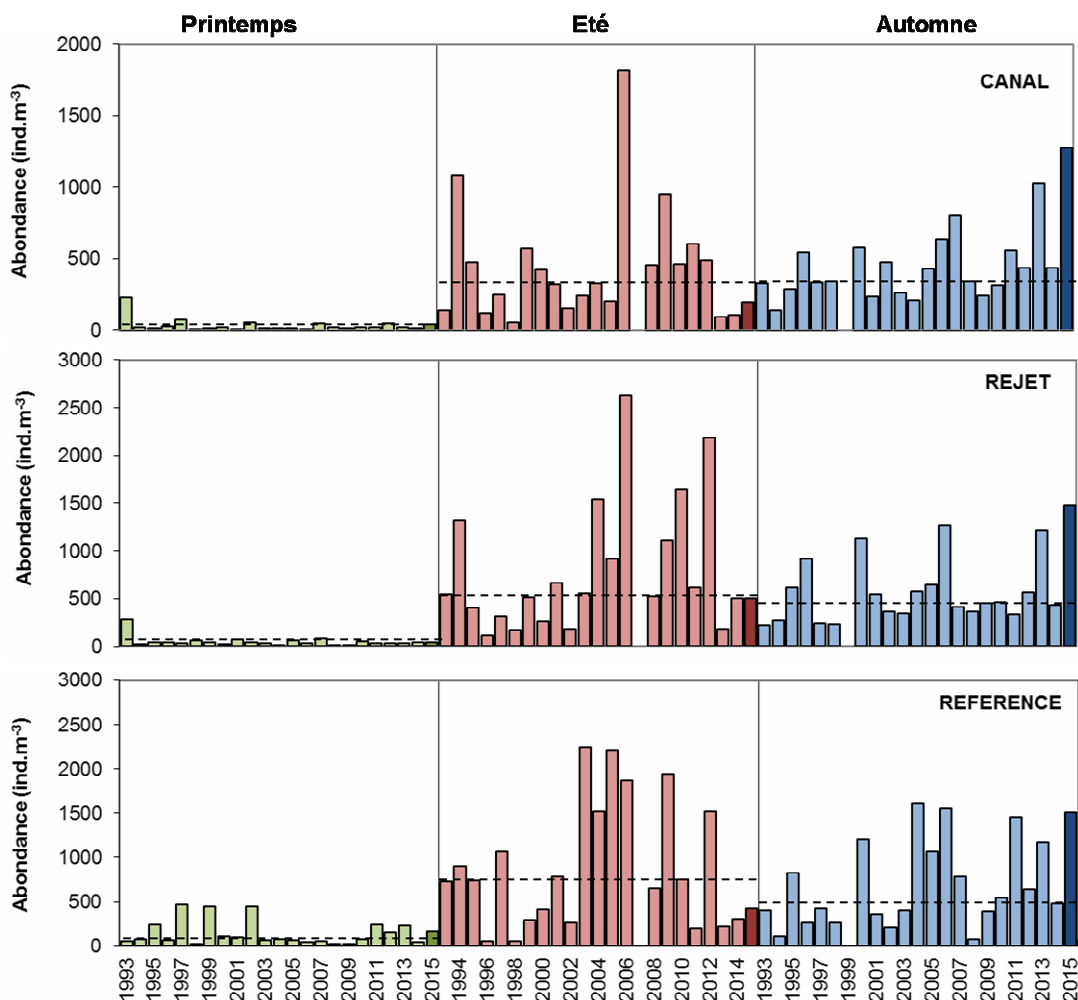


Figure 3.5.10 : Évolution de l'abondance en copépode à Flamanville de 1993 à 2015
(La ligne hachurée représente la médiane par saison et par point)

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

Acartia clausi

Espèce estivale et automnale, *A. clausi* apparaît en abondance à partir du mois de mai ce qui explique les forts écarts d'abondance observés entre les deux campagnes de mars et de juin. En juin et septembre cette espèce représentait respectivement 36 et 14 % de l'ensemble des copépodes. Si les abondances aux points *rejet* et *référence* étaient homogènes, celles au point *canal* étaient toujours plus faibles.

Centropages hamatus

Egalement espèce estivale, *C. hamatus* n'a pas été observé en mars. Les abondances étaient faibles en juin et septembre et représentaient moins de 8% des copépodes, avec à chaque fois une nette augmentation des abondances de la côte vers le large.

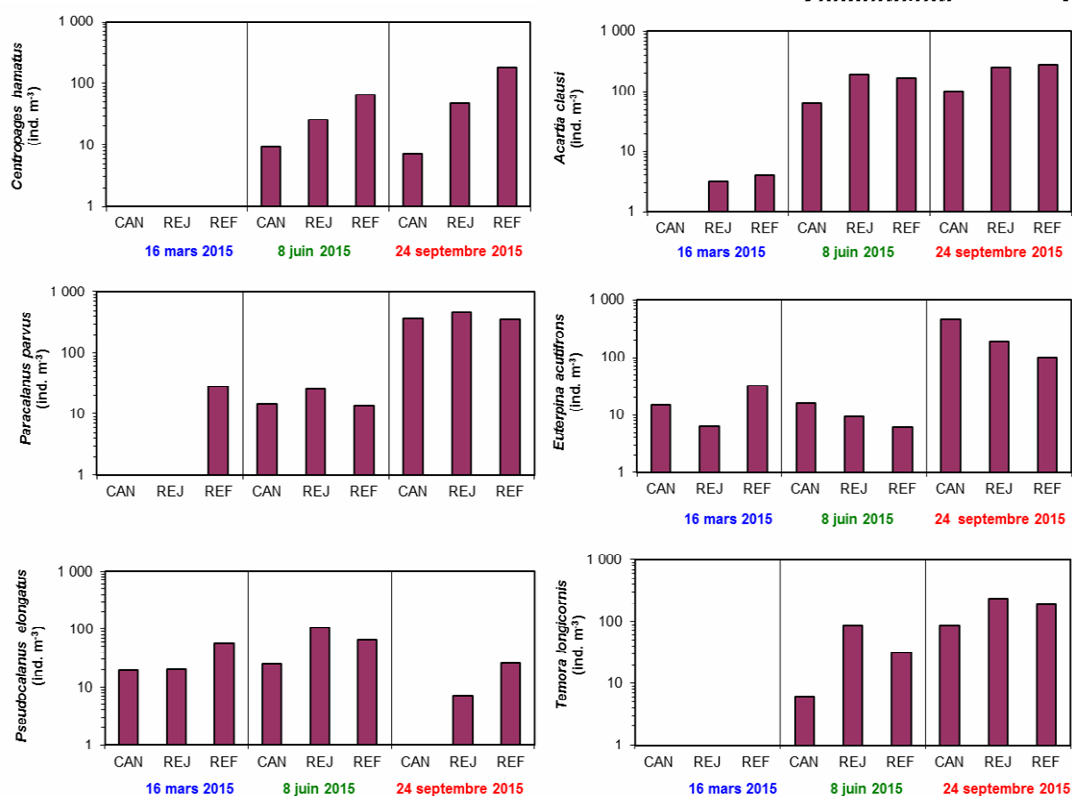


Figure 3.5.11 : Abondances des principaux copépodes à Flamanville en 2015

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 été observé en mars et les abondances étaient plus faibles au point *canal* en juin et septembre.

Pseudocalanus elongatus

Espèce normalement printanière et estivale, elle précède toujours l'espèce suivante, *Paracalanus parvus* dans les peuplements de copépodes. Cette espèce était cette année assez abondante dans les échantillons représentant 36 à 57 % des copépodes en mars et 13 à 21 % en juin. Les abondances au point *canal* étaient plus faibles par rapport au point *référence*.

Paracalanus parvus

C'est une espèce normalement plus automnale que *P. elongatus* qu'elle remplace peu à peu en été pour finir par la supplanter à l'automne, d'où des abondances plus faibles en mars et juin (< 30 ind. m⁻³) par rapport à septembre (> 350 ind. m⁻³). Les abondances étaient de même ordre de grandeur entre les points de prélèvement en juin et septembre.

Euterpina acutifrons

Espèce caractérisant généralement les communautés automnales de copépodes en milieu côtier, *E. acutifrons* était néanmoins présent toute l'année. Elle représentait 25, 4 et 18 % des copépodes respectivement en mars, 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.

- Les autres espèces holoplanctoniques (figure 3.5.12)

Les appendiculaires, représentés par l'espèce *Oikopleura dioica*, étaient le deuxième groupe dominant l'holoplancton (tableau 3.5.5). Leur abondance était plus importante en septembre à la côte (> 400 ind. m⁻³) par rapport au point *référence* du large (97 ind. m⁻³).

Les chaetognathes, représentés par l'espèce *Parasagitta setosa*, étaient essentiellement présents en septembre et, à l'inverse des appendiculaires, plus abondants au large (37 ind. m⁻³ au point référence).

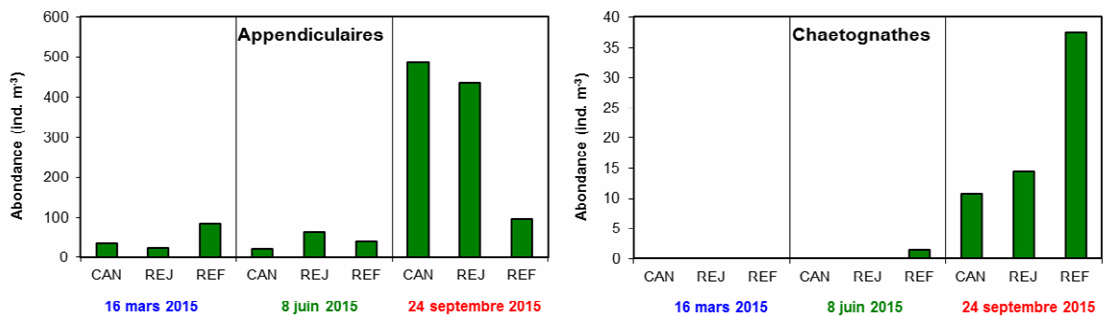


Figure 3.5.12 : Abondances des appendiculaires et des chaetognathes à Flamanville en 2015

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).

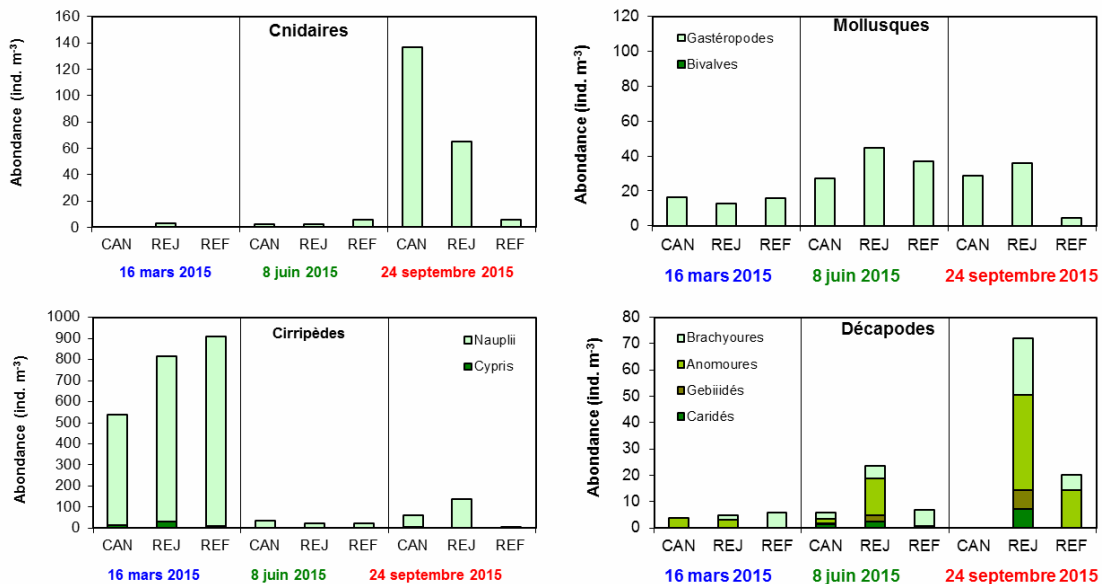


Figure 3.5.13 : Abondance des espèces méroplanctoniques à Flamanville en 2015

- Embranchement des cnidaires

Les hydrozoaires (Hydrozoa), sont une classe de cnidaires exclusivement marins à l'exception de l'ordre des Hydroida, qui vit en eau douce et comprend notamment les hydres. Le cycle de vie comprend en général les deux stades polype (forme fixe, asexuée) et méduse (forme libre, sexuée), avec prépondérance du stade polype. En septembre, les hydroméduses (ordre leptomedusae) représentaient jusque 57 % du méroplancton au point canal avec une forte diminution des abondances vers le large.

- Embranchement des mollusques

Les larves de gastéropodes représentaient 33 à 47 % du méroplancton en juin, en septembre les larves étaient moins abondantes au point référence (4 ind. m⁻³) par rapport à la côte (> 30 ind. m⁻³).

- 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 90 % du méroplancton (soit ~80 % du zooplancton total). Lors de la campagne de juin l'abondance de ces larves (stade nauplius) augmentait de la côte vers le large.

- Embranchement des arthropodes, classe des crustacés, ordre des décapodes

Les décapodes étaient peu abondants en mars (<10 ind. m⁻³). Lors des campagnes de juin et septembre, le point *rejet* présentait des abondances plus importantes et une plus grande diversité puisque les quatre sous-ordres étaient représentés.

3.5.3. Conclusions

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 estivales paraissent significativement plus faibles au point *canal*. Toutefois, la biomasse sestonique ne reflète pas les observations sur les abondances zooplanctoniques. Les rapports C/N du seston (> 5) 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 au point *canal*) 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 2015, les abondances zooplanctoniques correspondaient à ce qui est habituellement observé sur le site de surveillance depuis 1993 en mars et juin, mais ont été beaucoup plus importantes en septembre. Toutefois ces 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 inter-annuelles. 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 en mars, représentant cette année plus de 80 % du zooplancton total du fait de la prolifération des larves pélagiques de cirripèdes (balanes). L'holoplancton dominant largement le zooplancton en été et à l'automne (73-97% en 2015). Comme toujours en milieu côtier tempéré, il était essentiellement caractérisé par les copépodes. La diversité spécifique de ce groupe est assez faible (≤ 2.5 Bit. ind⁻¹) et composé en général de moins d'une dizaine d'espèces dont une seule peu représenter entre 50 et 70 % du peuplement. Les espèces dominantes étaient, dans l'ordre, *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus*, *Euterpina acutifrons*, *Temora longicornis*, *Centropages hamatus* et *Pseudocalanus elongatus*. Chacune de ces espèces respecte, pour ce que peut montrer cette analyse de trois campagnes annuelles, leur répartition saisonnière habituelle.

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

<i>Chantal</i>	<i>Abernot – Le Gac</i>	<i>(LER/BO)</i>
<i>Jean-Dominique</i>	<i>Gaffet</i>	<i>(DYNECO/Benthos)</i>

Avec la collaboration pour les prélèvements de

<i>Luc</i>	<i>Drévès</i>	<i>(DCB)</i>
<i>Olivier</i>	<i>Pierre - Duplessix</i>	<i>(LER/N)</i>
<i>Ivan</i>	<i>Schlaich</i>	<i>(HMMN/RHPEB)</i>

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 broutage intensif effectué par les gastéropodes, surtout sévère dans les premiers stades de vie de la plante.

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

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 enfin de 100 de mars 1996 à mars 2011. 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 22 mars, 15 juin et 30 septembre 2015.

4.1.3.1. Evaluation du stock de *Fucus serratus*

La biomasse annuelle moyenne de *Fucus serratus* évaluée en 2015 sur le platier de Diélette atteint la valeur minimale observée depuis 1983 (60 g de poids sec par 0.25 m²) (figure 4.1.2). Depuis 2001, les biomasses restent inférieures à la moyenne calculée sur la période 1984 à 2015 (182 g de poids sec par 0.25 m²).

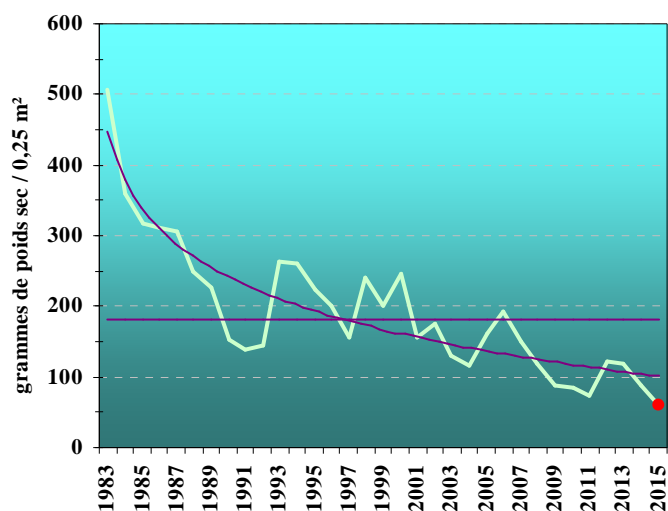


Figure 4.1.2 : En vert clair, évolution des biomasses annuelles moyennes de *Fucus serratus* depuis 1983 (en grammes de poids sec/0,25m²) ; en mauve, droite moyenne et courbe de tendance de 1983 à 2015 ; valeur 2015 en rouge

La biomasse obtenue lors de la mission du mois de mars avoisine la valeur minimale de 2011. En septembre, la valeur est au plus bas depuis 1983.

Conformément au développement de l'espèce, la biomasse algale reste plus forte en fin d'été qu'en fin d'hiver (tableau 4.1.1 et figure 4.1.3).

Biomasse (grammes de poids sec)	2012	2013	2014	2015
Mars	44	47	45	31
Septembre	200	189	132	90

Tableau 4.1.1 : Biomasses de *Fucus serratus* (en grammes de poids sec/0,25m²)

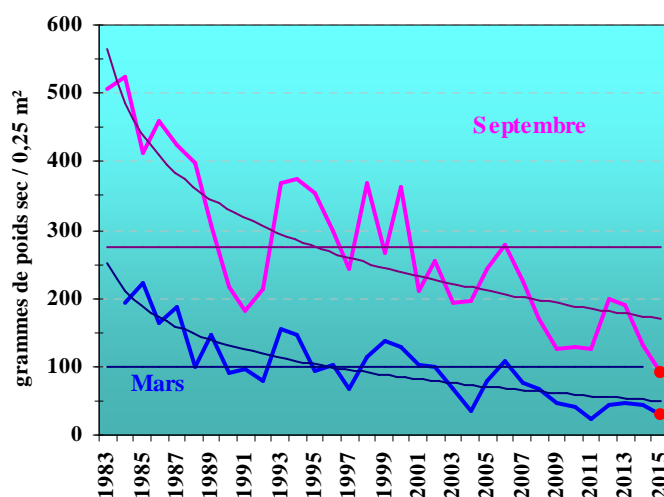
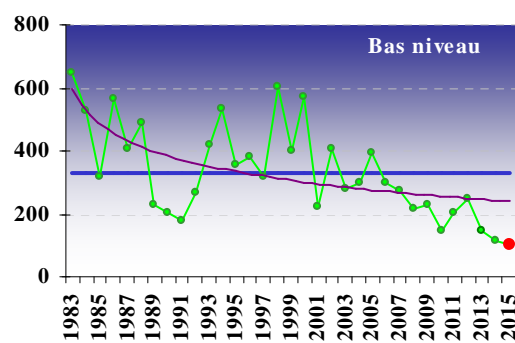
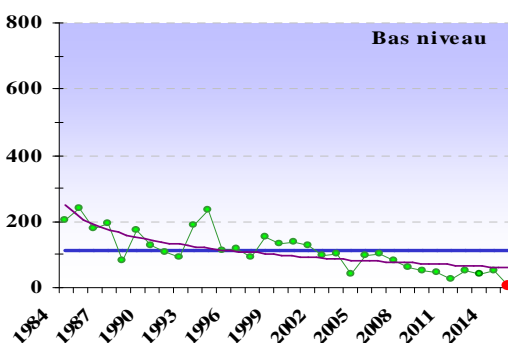
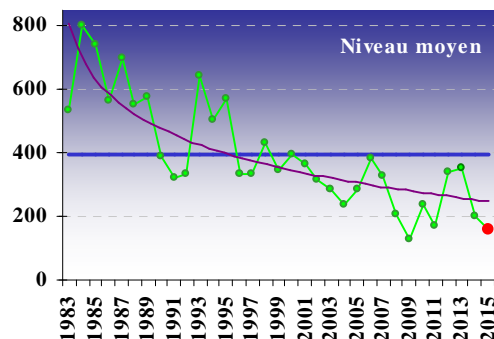
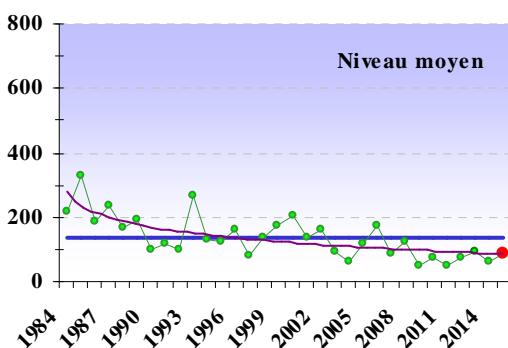
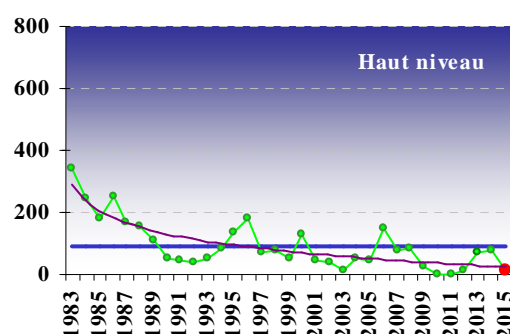
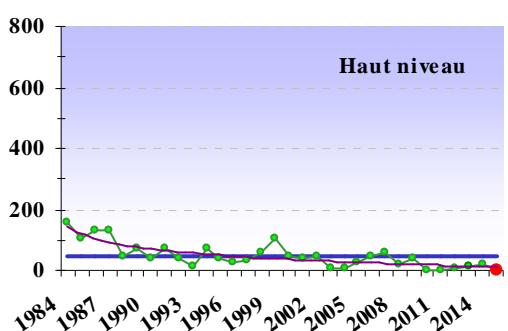


Figure 4.1.3 : Evolution des biomasses de *Fucus serratus* depuis 1983 (en grammes de poids sec/0,25m²) en mars et en septembre ; moyennes (droites) et courbes de tendance ; valeurs 2015 en rouge

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 2015	Moyenne mars 1984/2015	Septembre 2015	Moyenne septembre 1983/2015
Haut niveau	0	47	12	93
Niveau moyen	85	136	156	396
Bas niveau	7	111	103	333

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 2015 ; en bleu, la biomasse moyenne calculée sur la période d'observation ; en mauve, la courbe de tendance

Depuis 2010, les fucales ont quasiment disparu en limite supérieure de la radiale (photographie 4.1.5). En mars 2015, la biomasse évaluée à ce niveau est nulle, en septembre elle atteint seulement 12 g de poids sec/0.25m².



*Photographie 4.1.5 : La partie supérieure de la radiale de *Fucus serratus* en mars 2011*

Au niveau central de la radiale où la population de *Fucus serratus* reste la plus abondante, les biomasses observées en septembre 2015 diminuent pour la seconde année consécutive jusqu'à atteindre une valeur proche de la minimale observée en 2009.



*Photographie 4.1.6 : La partie médiane de la radiale de *Fucus serratus* en mars 2011*

Depuis quelques années, la partie inférieure de la radiale connaît aussi une chute des biomasses. Les valeurs relevées en mars et en septembre 2015 sont alors au plus bas.

4.1.3.2. Dénombrement des algues baguées

La perte des pieds de *Fucus serratus* bagués en mars 2015 atteint 19 % en septembre, valeur relativement faible sachant que le maximum atteint 54 % (1989) et le minimum 13 % (2007). La moyenne est de 37 % de perte six mois après la pose des bagues (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...

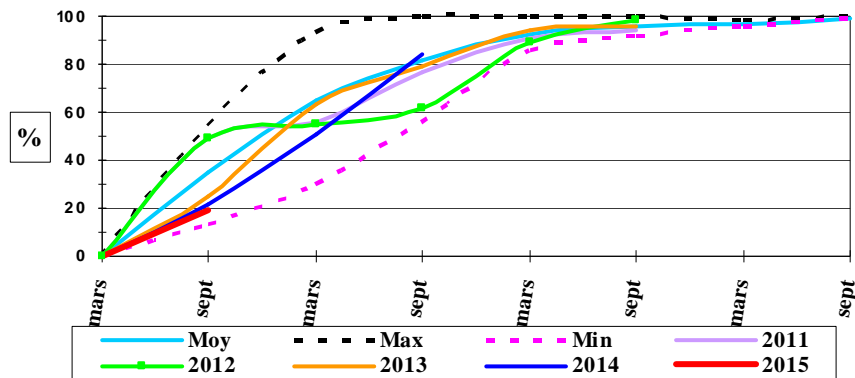


Figure 4.1.6 : Dépopulation des individus bagués (1983 à 2015)

4.1.3.3. Biométrie des algues baguées

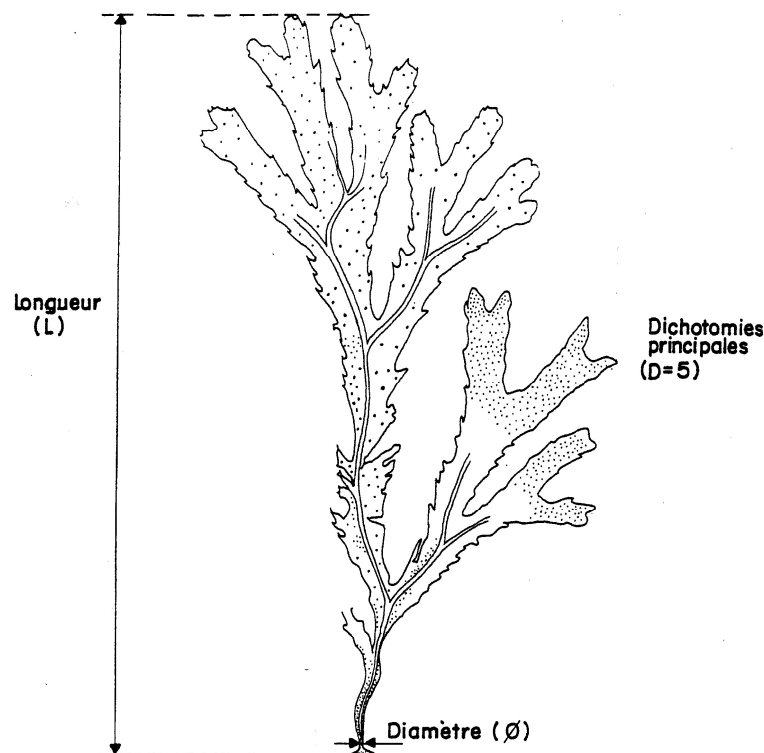


Figure 4.1.7 : *Fucus serratus*. Paramètres mesurés

4.1.3.3..1 Diamètre des stipes

Les diamètres des stipes de *Fucus serratus* bagués en 2015 atteignent en moyenne 5 mm en fin d'hiver et 5,8 mm en fin d'été. Ils restent inférieurs aux moyennes calculées sur la période 1983 à 2014 (5,8 et 6,3 mm) (figure 4.1.8).

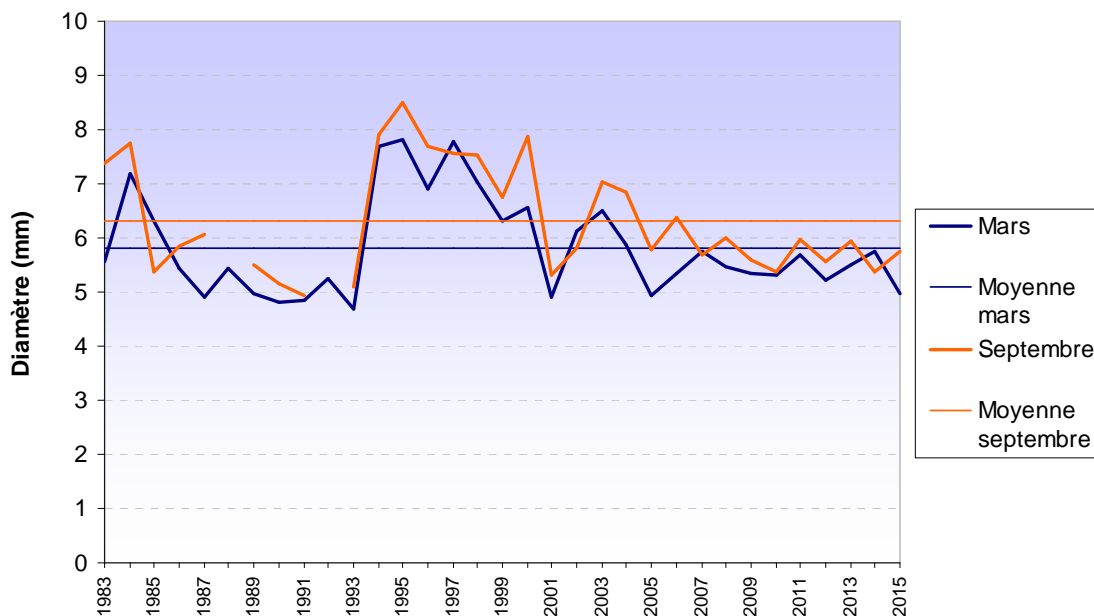


Figure 4.1.8 : Diamètre des stipes de *Fucus serratus* en mars et en septembre

4.1.3.3..2 Longueur des thalles

En mars, la longueur moyenne des individus bagués en 2015 se situe près de la valeur moyenne observée depuis 1983, respectivement 51,6 et 52,7 cm. En septembre 2015, la longueur moyenne atteint 58,5 cm restant inférieure à la moyenne, 62 cm (figure 4.1.9).

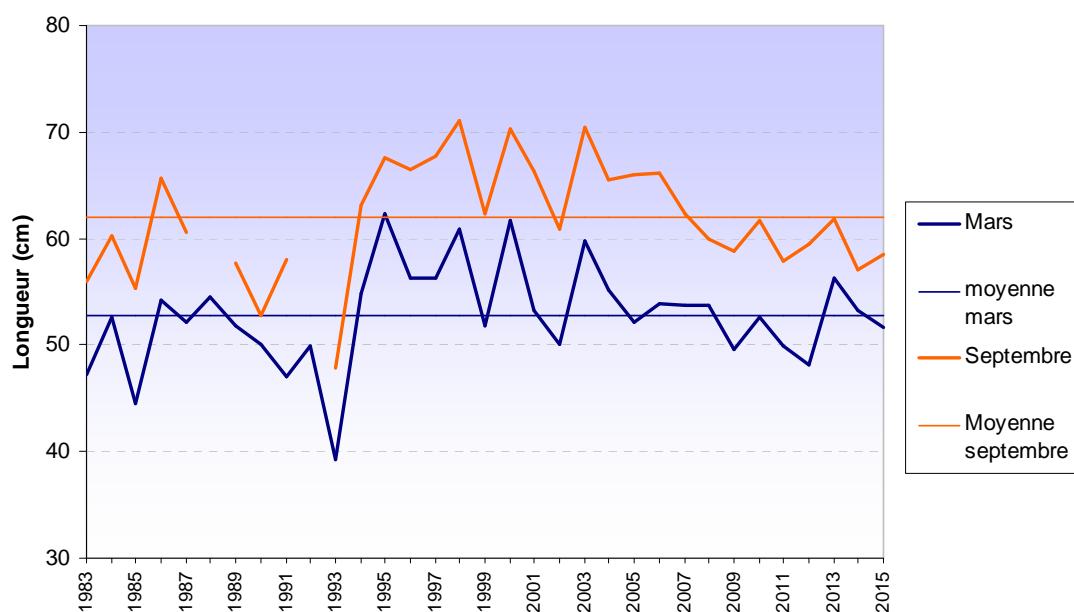


Figure 4.1.9 : Longueur moyenne des thalles de *Fucus serratus* en mars et en septembre

La croissance des thalles de *Fucus serratus* bagués en mars 2015 est supérieure à celle de 2014 mais reste faible : de mars à septembre 2015, la longueur s'est accrue en moyenne de 6,9 cm alors que la moyenne calculée sur la période 1983-2015 atteint 9,5 cm. Les valeurs s'échelonnent de 2,6 cm en 1990 à 18,4 cm en 1985 (figure 4.1.10).

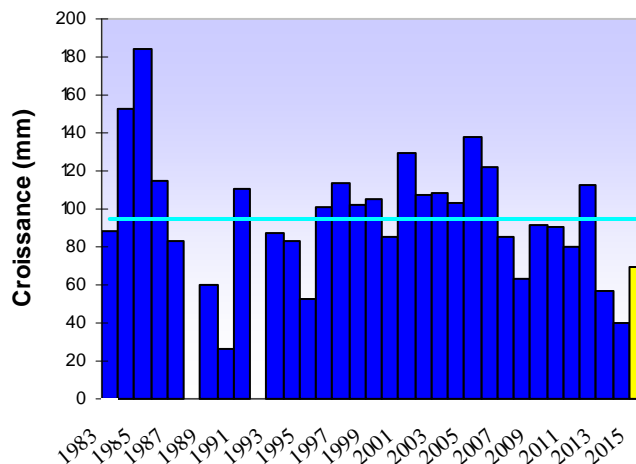


Figure 4.1.10 : Croissance moyenne des thalles de *Fucus serratus* de mars à septembre
Valeur 2015 en jaune

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 2015

Lot bagué en mars 2015 :

En mars 2015, 84 % des thalles de *Fucus serratus* présentent des signes de fertilité (69 % en 2014), 71 % en juin (66 % en 2014) et 93 % en septembre (96 % en 2014) (figures 4.11 et 4.12) :

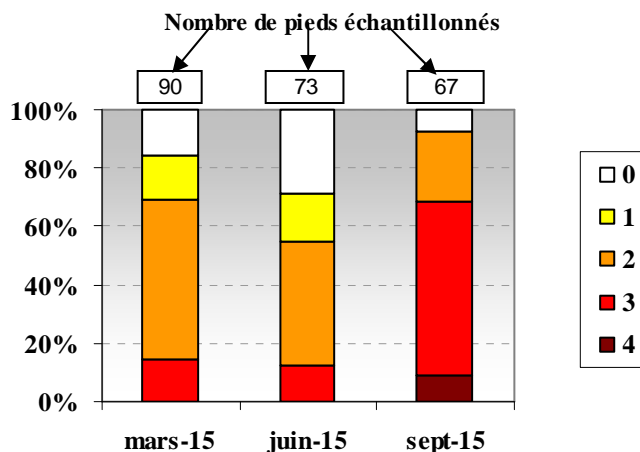


Figure 4.1.11 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus* bagués en 2015

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

4.1.3.4..2 Variations annuelles

Comme en 2014, les pourcentages de *Fucus serratus* plus ou moins fertiles évalués en mars et en juin 2015 sont en hausse et supérieurs aux valeurs moyennes observées sur la période 1983 à 2015.

- En mars 2015, le pourcentage de pieds fertiles retrouve des valeurs fortes observées en 1994 et 1995 :

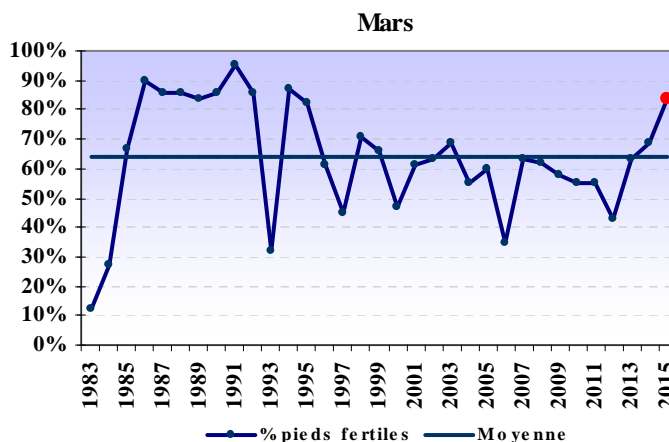


Figure 4.1.12 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus*
Valeur 2015 en rouge

- En juin 2015, ce pourcentage reste élevé :

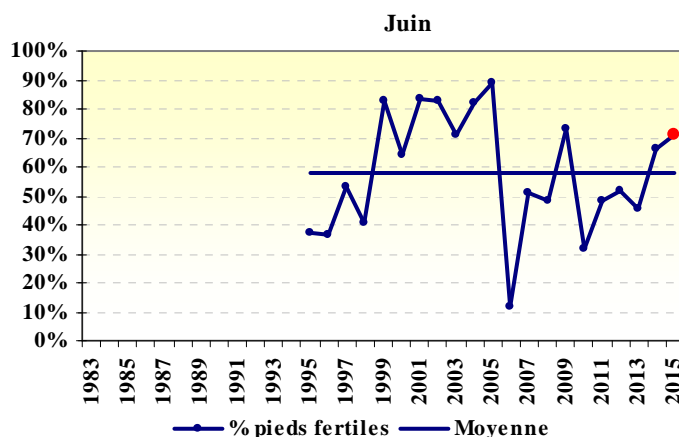


Figure 4.1.13 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus*
Valeur 2015 en rouge

- En septembre 2015, le pourcentage de thalles fertiles est inférieur à celui de 2014 mais reste élevé et supérieur à la moyenne. Depuis 2003, les valeurs restent stables :

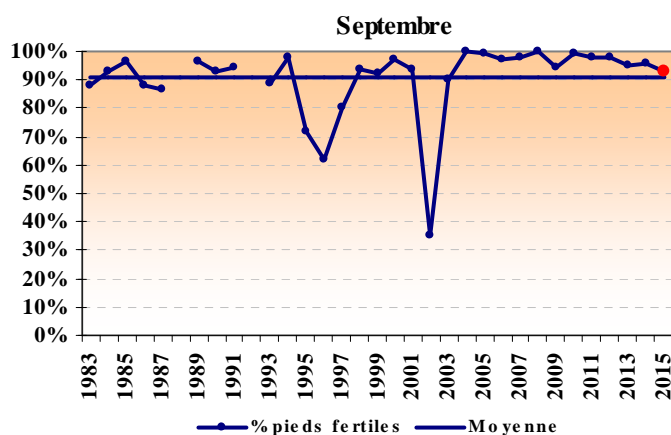


Figure 4.1.14 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus*
Valeur 2015 en rouge

Nos observations régulières de la 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 2015 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 2015, 58 %, avoisine celle de mars sur la même période 60 %.

En septembre, le développement de la fertilité est généralement important. La maturation des gamètes se poursuit alors jusqu'à leur émission dans le milieu. La comparaison avec les

données acquises depuis 1993 permet d'apprécier, pour chaque saison, les fluctuations tant du nombre de pieds fertiles que des différents stades de maturation (figure 4.1.15).

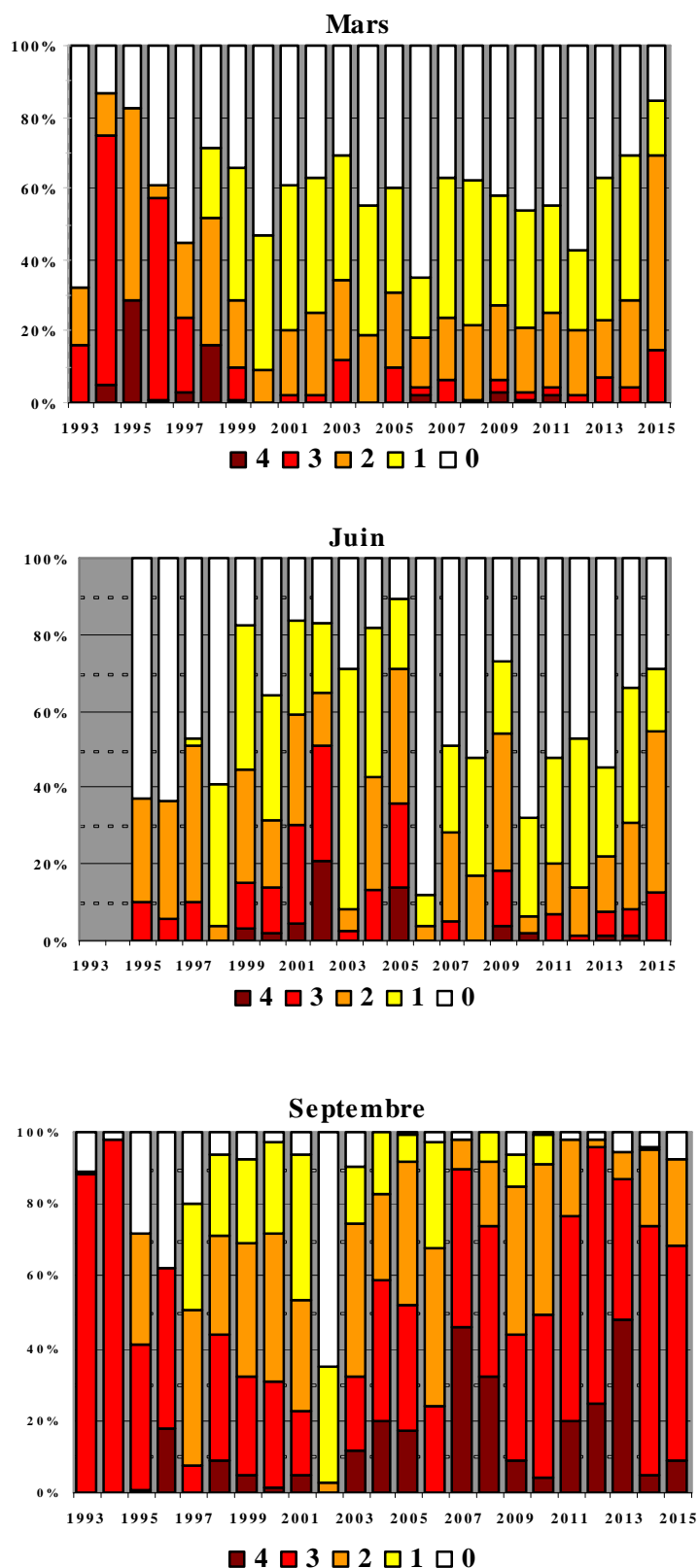


Figure 4.1.15 : Evolution des différents stades de la fertilité des pieds de *Fucus serratus*

Les taux moyens de fertilité sont calculés à partir des pourcentages des quatre niveaux de maturité de *Fucus serratus*. Les moyennes de ces taux, calculées sur la période 1993 à 2015 atteignent des valeurs comparables en mars et en juin, respectivement 28 et 27 %. En septembre, la moyenne atteint 59 %. Depuis 2003, le niveau de maturité de fin d'été reste supérieur ou égal à cette valeur (figure 4.1.16).

Les valeurs du premier semestre 2015 sont relativement élevées, les taux de fertilité atteignent 42 % en mars et 35 % en juin.

En septembre 2015, comme en septembre 2014, de nombreux thalles présentent une fertilité de stade 3, et peu d'entre eux de stade 4. Le taux moyen est de 66 %, valeur inférieure à celle de 2014 mais qui reste supérieure à la moyenne.

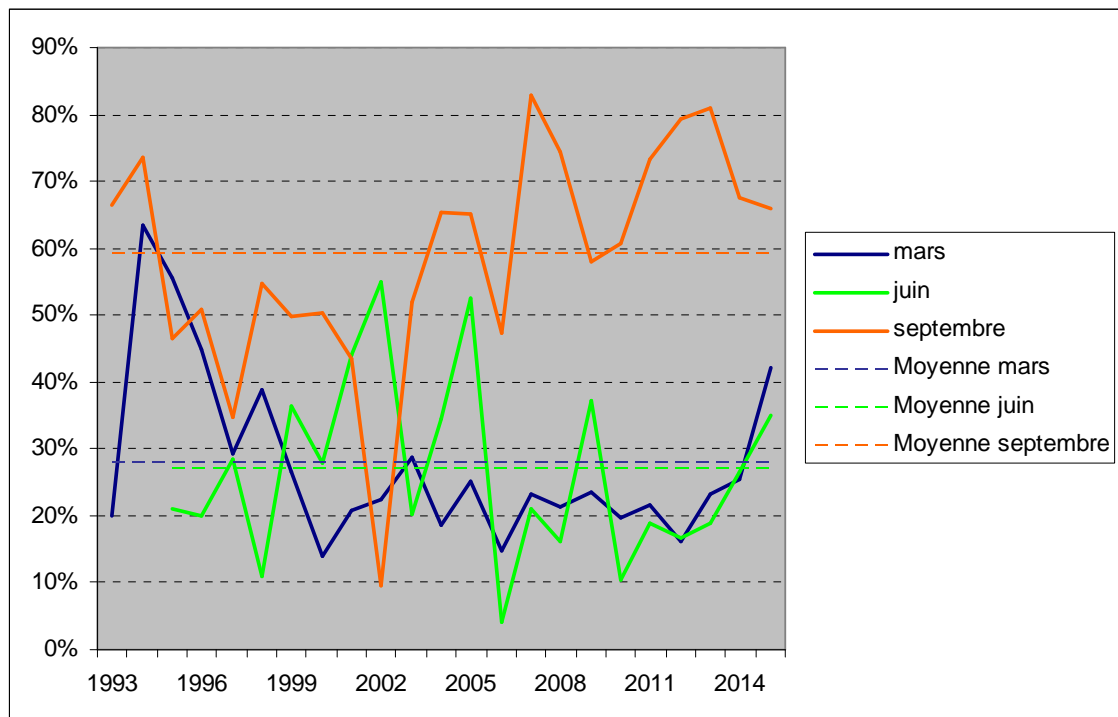


Figure 4.1.16 : Evolution du taux moyen de fertilité des pieds de *Fucus serratus* depuis 1993

4.1.3.5. Conclusion population *Fucus serratus* Flamanville

La biomasse annuelle moyenne de *Fucus serratus* évaluée sur le platier de Diélette depuis 1983 atteint son minimum en 2015. En chute continue, les valeurs restent inférieures à la moyenne calculée sur la période 1984 à 2015 depuis 2001. Lors de la mission du mois de mars, la biomasse observée avoisine la valeur minimale de 2011 ; en septembre, elle est au plus bas. Néanmoins, conformément au développement de l'espèce, la biomasse algale reste plus forte en fin d'été qu'en fin d'hiver.

Le développement de la fertilité de *Fucus serratus*, évaluée en mars, juin et septembre 2015 sur les individus bagués de la radiale de Diélette, reste conforme aux cycles observés depuis 1983. Comme en 2014, les pourcentages de thalles plus ou moins fertiles évalués en 2015 sont élevés. Le peuplement du platier de Diélette présente donc 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 2015 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 l, 2009).

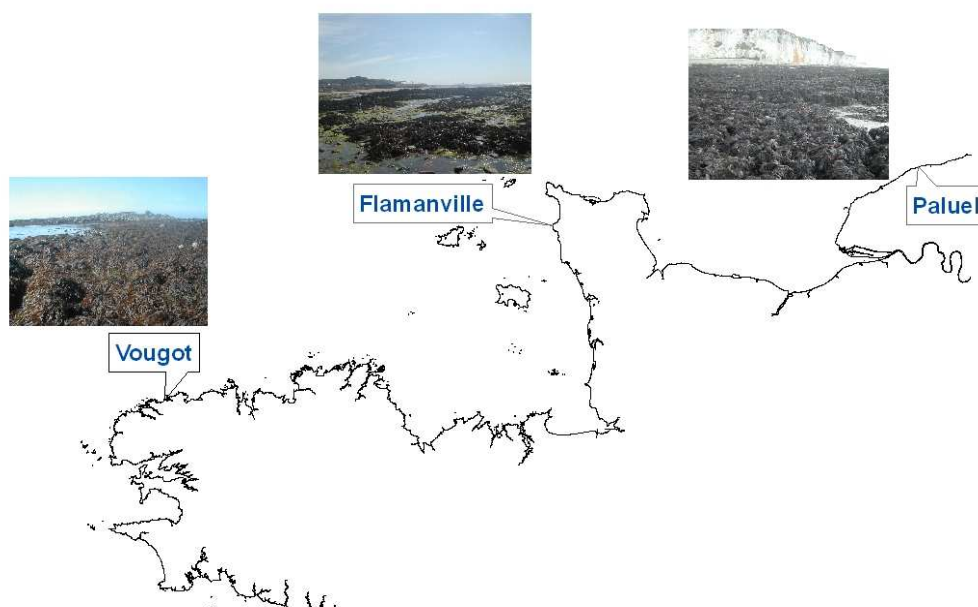


Figure 4.1.17 : Localisation des 3 sites de prélèvements de *Fucus serratus*

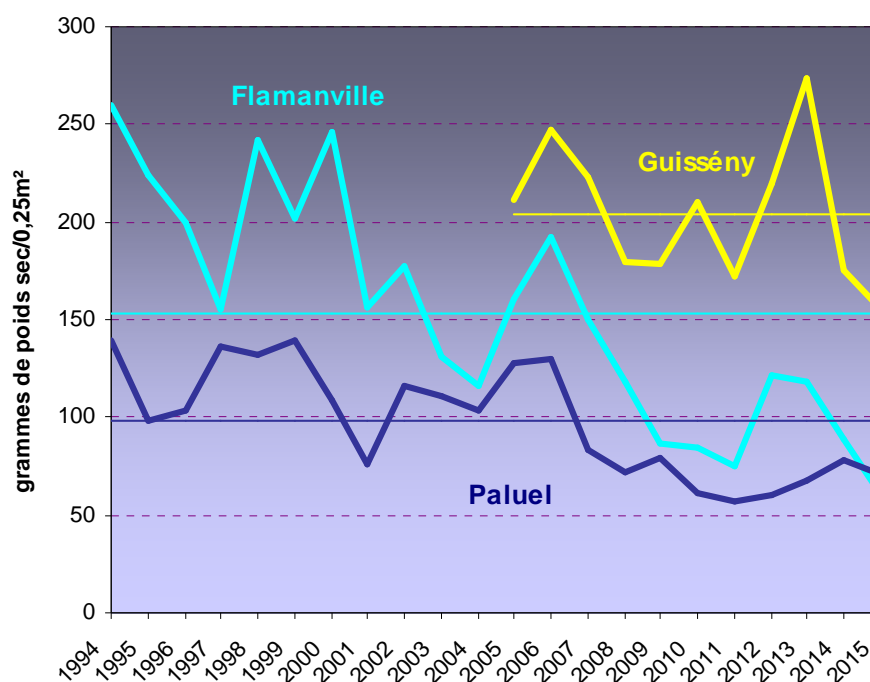
4.1.4.1. Biomasses

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.

Globalement, la tendance observée depuis 1994 pour les populations normandes et depuis 2005 pour la population bretonne est une baisse des biomasses.

Après une hausse des valeurs de 2012 à 2014 à Paluel, les valeurs 2015 diminuent à nouveau. Le même phénomène est constaté à Flamanville et à Guissény, les biomasses moyennes annuelles diminuent jusqu'à atteindre des minimums observés depuis le début des études sur ces sites (tableau 4.1.3 et figure 4.1.18).

Biomasses	Guissény	Flamanville	Paluel
Mars 2015	109	31	57
Septembre 2015	201	90	85
Moyenne annuelle 2015	155	61	71
Moyenne annuelle 2014	176	89	79
Moyenne annuelle 2013	273	118	67

Tableau 4.1.3 : Biomasses moyennes de *Fucus serratus* (en grammes de poids sec/0.25m²)Figure 4.1.18 : Evolution des biomasses moyennes annuelles de *Fucus serratus* à Flamanville, Paluel et Guissény (en grammes de poids sec/0.25m²) ; Valeurs annuelles, moyennes

Pour la première fois depuis le début du suivi en 1994, la biomasse moyenne annuelle évaluée à Flamanville est inférieure à celle de Paluel.

Jusqu'en 2015, un gradient croissant d'Est en Ouest était observé. Ce gradient reste néanmoins présent en septembre 2015 avec des biomasses nettement plus fortes à Guissény que sur les sites normands, Flamanville présentant alors une biomasse légèrement supérieure à celle de Paluel (figure 4.1.20).

Les biomasses de *Fucus serratus* évaluées **en mars 2015** sont en baisse sur les trois sites (figure 4.1.19).

La valeur reste la plus forte à Guissény. L'évolution des biomasses de fin d'hiver des deux populations normandes demeure comparable en particulier depuis 2005 (moyennes sur la période 2005 à 2015 en grammes de poids secs par 0,25 m²: 55 g à Flamanville, 66 g à Paluel, 154 g à Guissény).

En septembre 2015, les biomasses observées sur les deux sites normands sont en baisse, jusqu'à atteindre une valeur minimale à Flamanville (figure 4.1.20).

Les moyennes sur la période 2005 à 2015 atteignent alors 96 g à Paluel, 173 g à Flamanville et 254 g à Guissény (en grammes de poids secs par 0,25 m²).

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, les biomasses évaluées en septembre restent les plus basses.

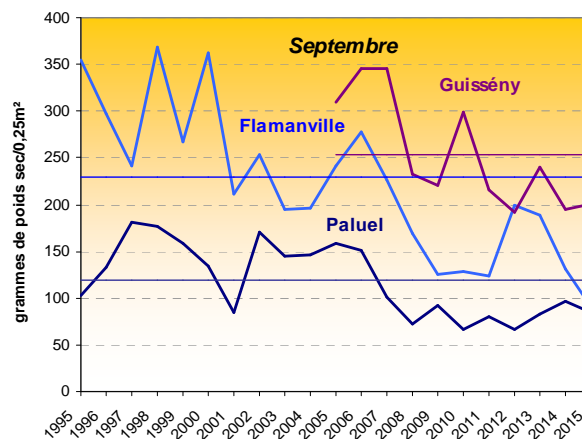
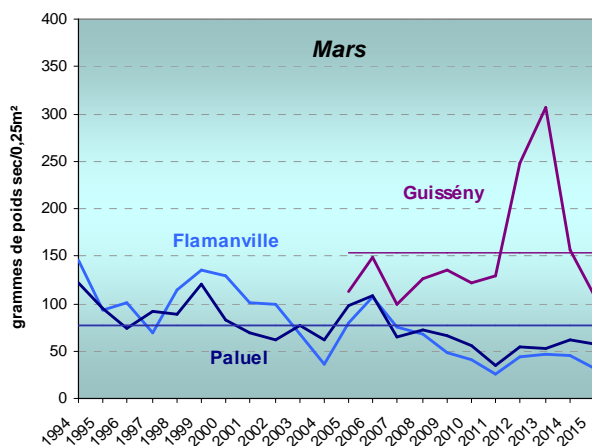


Figure 4.1.19 : Evolution des biomasses moyennes en fin d'hiver

Figure 4.1.20 : Evolution des biomasses moyennes en fin d'été

Droite bleue : biomasse moyenne 1994 à 2015 à Flamanville, droite mauve : biomasse moyenne 2005 à 2015 à Guissény, droite bleu marine : biomasse moyenne 1994 à 2015 à Paluel

4.1.4.2. Fertilité

La fertilité des populations de *Fucus serratus* est évaluée à Guissény et à Flamanville en mars, juin et septembre. A Paluel, les observations 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 deux autres sites étudiés : 21 % en moyenne sur la période 2005 à 2015 alors qu'ils atteignent 59 % à Flamanville et 67 % à Guissény (figure 4.1.21).

En septembre, les valeurs à Flamanville demeurent particulièrement élevées : 97 % de la population échantillonnée présente des signes de fertilité (moyenne calculée sur la période 2005 à 2015). Les valeurs à Paluel sont comparables à celles de Guissény respectivement 81 % et 78 % en moyennes calculées sur cette même période (figure 4.1.23).

► **Mars 2015**, 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.

Comme en 2014, cette valeur est en baisse alors que celles de Flamanville et de Guissény atteignent des maximales quasi égales, respectivement 84 et 83 % sur la période 1997/2015 et 2005/2015 (tableau 4.1.4 et figure 4.1.21).

Thalles fertiles 2015	Guissény	Flamanville	Paluel
Mars	67	58	20
Juin	55	71	/
Septembre	79	93	75

Tableau 4.1.4 : Pourcentages de thalles de *Fucus serratus* fertiles en 2015

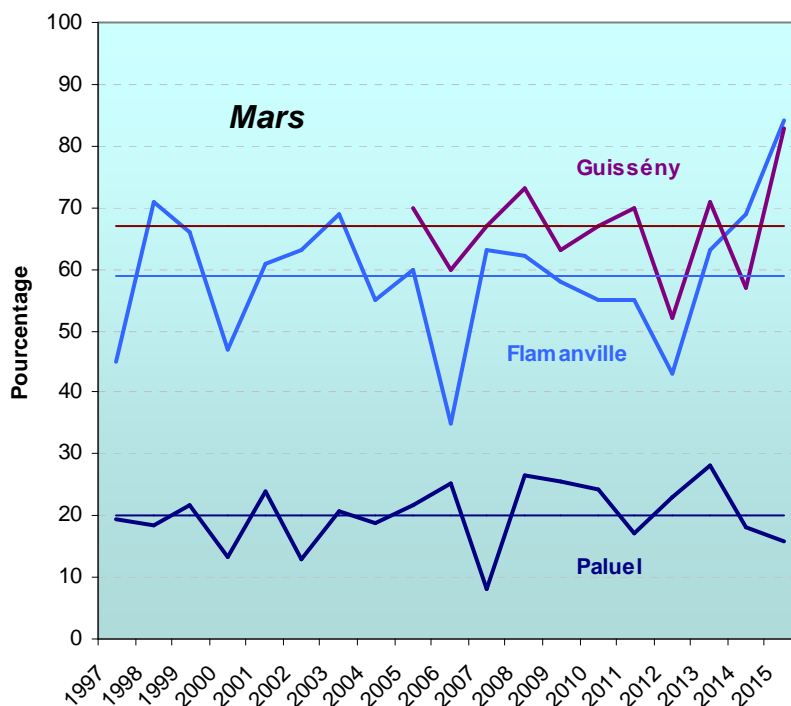


Figure 4.1.21 : Evolution des pourcentages de thalles fertiles en mars
Droite bleu : moyenne 1997 à 2015 à Flamanville, droite mauve : moyenne 2005 à 2015 à Guissény, droite bleu foncé : moyenne 1997 à 2015 à Paluel

► **Juin 2015**, comme en 2014, le pourcentage de thalles fertiles à Flamanville est supérieur à celui de Guissény (tableau 4.1.4 et figure 4.1.22).

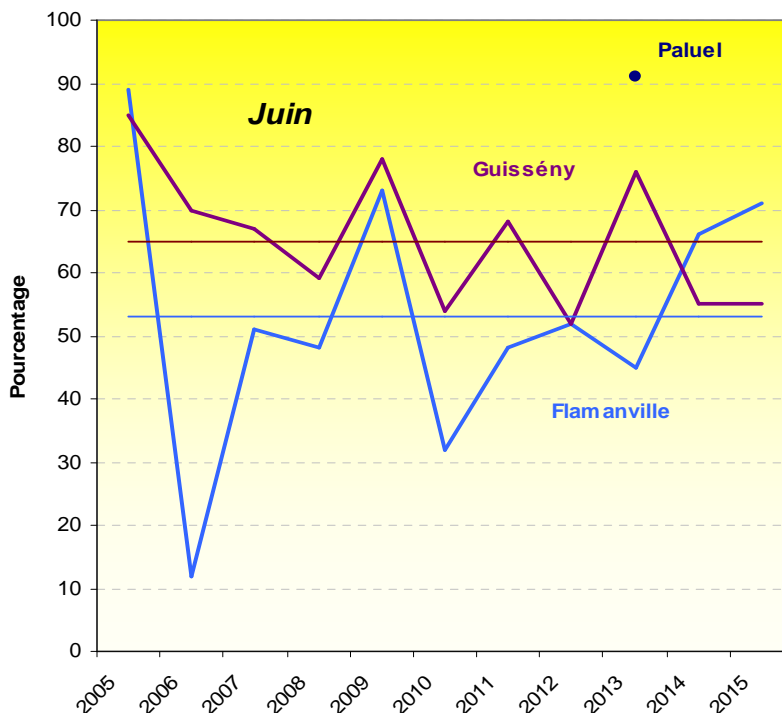


Figure 4.1.22 : Evolution des pourcentages de thalles fertiles en juin
Droite bleu : moyenne 2005 à 2015 à Flamanville, droite mauve : moyenne 2005 à 2015 à Guissény

► **Septembre 2015**, les pourcentages restent élevés sur les trois sites, particulièrement à Flamanville comme généralement observé à cette période de l'année (figure 4.1.23).

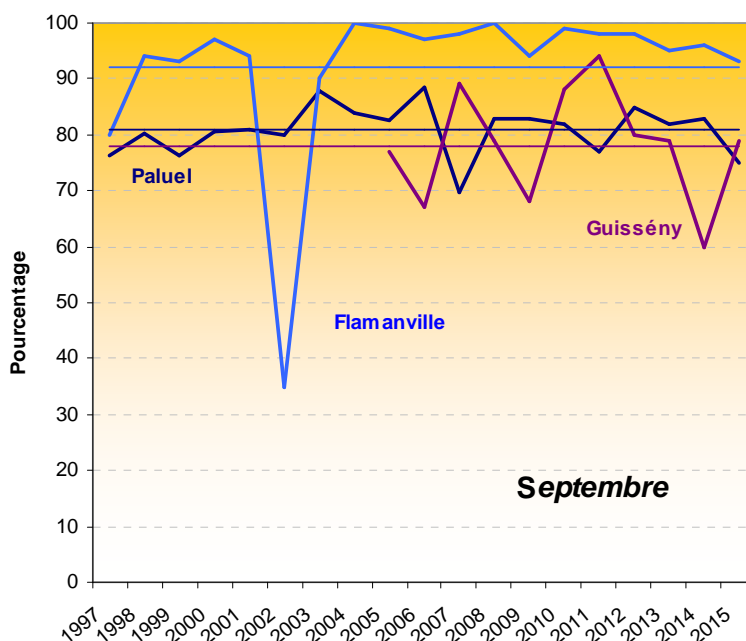


Figure 4.1.23 : Evolution des pourcentages de thalles fertiles en septembre
Droite bleu : moyenne 1997 à 2015 à Flamanville, droite mauve : moyenne 2005 à 2015 à Guissény, droite bleu foncé : moyenne 1997 à 2015 à Paluel

Des différences de périodes de maturation d'une population de Fucales à une autre sont constatées. A Paluel, un développement de la fertilité plus faible en mars et beaucoup plus élevé en juin. A 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.

4.1.5. Conclusion - comparaison des populations

Comme à Flamanville, les biomasses de *Fucus serratus* évaluées en 2015 à Paluel en Seine-Maritime et à Guissény en Bretagne Nord sont en baisse.

Plusieurs hypothèses sont proposées afin d'expliquer ce phénomène de 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...²⁴

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'été, le nombre de fucales fertiles est nettement supérieur à Flamanville que sur les autres sites. Les pourcentages de *Fucus serratus* fertiles observés à Flamanville et à Paluel au cours des missions de mars, juin et septembre 2015 sont conformes aux valeurs moyennes observées sur ces sites depuis 1997.

²⁴ 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

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).

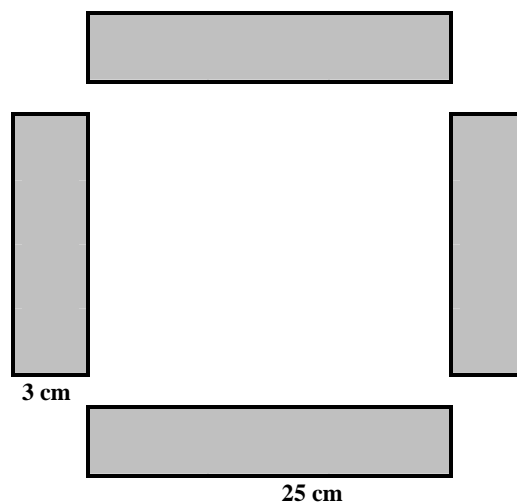


Photo 4.2.5 : Quadrats pour l'étude du recrutement des cirripèdes

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). La disposition des quatre quadrats est représentée dans le schéma ci-dessus.

4.2.3. Résultats

Les missions se sont déroulées les 21 mars, 16 juin, 29, 30 septembre et 1er octobre 2015.

4.2.3.1. Etude de recolonisation par les cirripèdes

4.2.3.1..1 Résultats 2015

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 2010

En 2015, le recrutement des cirripèdes atteint 236 individus par 75 cm², moyenne obtenue à partir des valeurs observées au Rozel, au Sémaphore, à Quédoy et à Diélette. Cette valeur en hausse par rapport à celle de 2014, reste inférieure à la moyenne calculée sur la période 1983 à 2015 (479 individus). Le maximum atteint 2259 individus par 75 cm² en 1986 (figure 4.2.1).

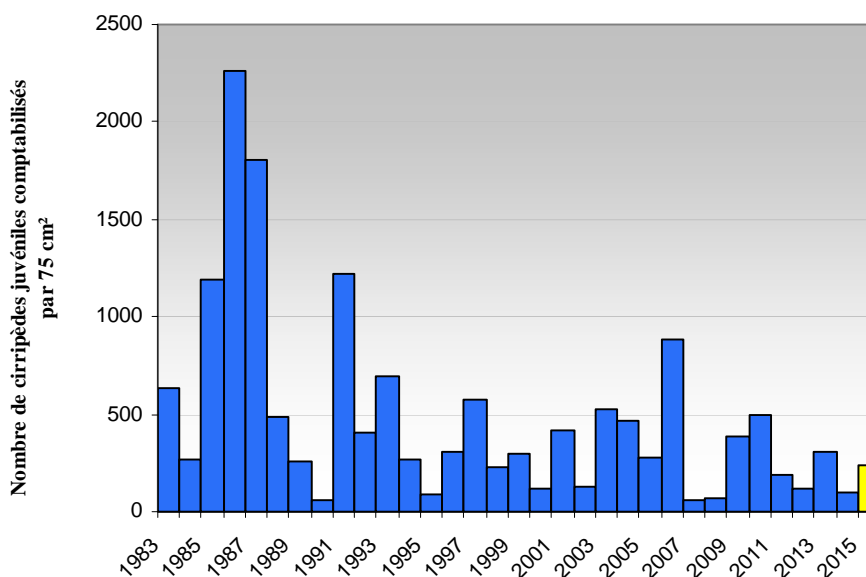


Figure 4.2.1 : Recrutement annuel (moyenne des recrutements comptabilisés en mars, juin et septembre) aux 4 stations sur les quadrats de 75 cm². Valeur 2015 en jaune.

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. C'est le cas en 2015, les comptages réalisés au premier semestre 2015 représentent 99 % 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*.

Le nombre de juvéniles 2015 est en hausse au Rozel, au Sémaphore et à Quédoy, quasi stable à Diélette. Il est plus faible au Rozel et plus important au Sémaphore et ce depuis 2011 (tableau 4.2.1).

Recrutement	Rozel	Sémaphore	Quédoy	Diélette
Comptages mars	19	175	118	33
Comptages juin	36	415	90	51
Comptages septembre	1	4	1	3
Bilan annuel	56	594	209	87

Tableau 4.2.1 : Nombre de cirripèdes métamorphosés, comptabilisés par 75 cm² en 2015

4.2.3.1..2 Recrutement et température de l'air

	Air	Eau		Air	Eau		Air	Eau
1986	2,20	6,80	1984	6,40		2004	7,61	8,71
1987	2,90	7,21	2012	6,53	9,09	2000	7,65	9,53
1985	4,10		2005	6,54	8,38	1989	7,80	8,28
1991	4,41	7,44	1992	6,56	8,64	1999	7,88	9,31
1997	4,86	7,88	1993	6,56	8,74	1995	8,00	9,67
2010	5,08	7,84	2015	6,60	9,04	1998	8,06	9,28
1983	5,20		2003	6,96	8,70	2008	8,07	9,80
1996	5,80	8,12	1988	7,20	8,41	2002	8,33	9,88
2009	6,01	8,25	2011	7,22	9,05	2014	8,56	9,33
2013	6,03	7,76	1994	7,24	8,65	1990	8,70	8,86
2006	6,20	7,92	2001	7,42	8,92	2007	9,20	10,20

Tableau 4.2.2 : Température mensuelle minimale de l'air au Cap de La Hague (1983-2015), source Météo France, et de l'eau de mer à Flamanville (1986-2015), 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 mis 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 2015 confirment cette hypothèse, la température mensuelle minimale atteint 6,60°C en février, valeur égale à la moyenne calculée sur la période 1983 à 2015. Depuis 1983, les températures mensuelles minimales de l'air enregistrées au Cap de la Hague varient de 2,20°C en 1986 à 9,20°C en 2007.

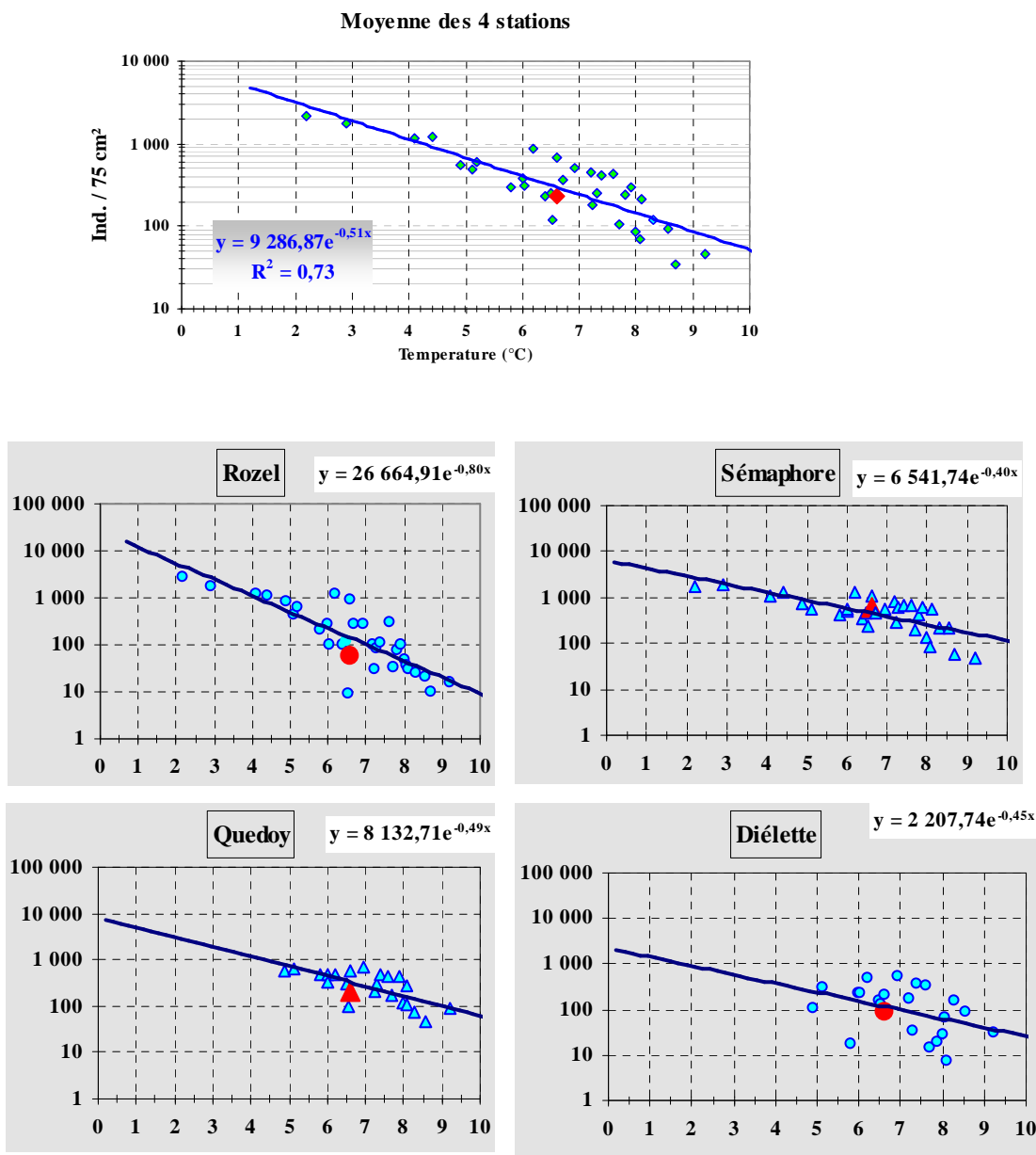


Figure 4.2.2 : Recrutement printanier des crustacés cirripèdes aux abords de Flamanville sur la période 1983/2014 (nombre d'individus par 75 cm², exprimé en fonction de la température mensuelle moyenne de l'air du mois le plus froid de l'hiver [°C])
Le recrutement 2015 est figuré en rouge

4.2.3.2. Evaluation des densités de cirripèdes

La densité moyenne de cirripèdes évaluée en 2015 atteint 27 000 individus par m². Elle est comparable aux valeurs observées depuis 2011. Toutefois, elle reste inférieure à la moyenne calculée sur la période 1983 à 2015 (39 200 individus par m²).

Nous constatons une diminution importante et constante des densités de cirripèdes depuis le début des études avec néanmoins une certaine stabilité des valeurs ces dernières années. Cette baisse est constatée au Rozel, au Sémaphore, à Quédoy et à Diélette (figure 4.2.3).

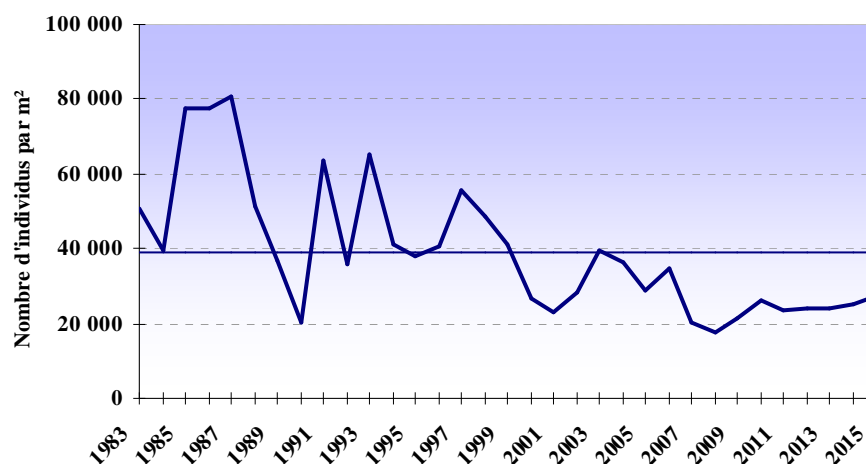


Figure 4.2.3 : Moyenne annuelle des densités de cirripèdes aux quatre stations et valeur moyenne depuis 1983

En 2015, le nombre de cirripèdes et les taux de recouvrement évalués aux quatre stations restent relativement stables par rapport à ceux de 2014 (tableau 4.2.3).

Au Sémaphore, le recouvrement des espèces reste important (90 % en 2015), les densités moyennes de cirripèdes restent les plus fortes, la valeur 2015 se situe dans la moyenne observée depuis 1983 alors que les autres stations affichent des valeurs 2015 inférieures à cette moyenne. Diélette présente des densités plus faibles, le recouvrement y est plus clairsemé. Généralement les populations sont plus développées en niveau inférieur de la ceinture à cirripèdes, *Semibalanus balanoides* espèce dominante à Flamanville y est plus abondante.

A noter un recouvrement très faible en niveau supérieur de la radiale du Rozel.

Stations	2015 Densité par m ²	Recouvrement substrat Niveau supérieur	Recouvrement substrat Niveau inférieur	Moyenne 1983/2015* 1993/2015
Sémaphore*	42 400	90 %	90 %	42 900
Rozel*	28 200	10 %	80 %	40 400
Diélette	12 600	30 %	25 %	24 600
Quédoy	25 900	50 %	70 %	34 200

Tableau 4.2.3 : Densités globales des cirripèdes en 2015 (nombre d'individus par m²)

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.

Par rapport à 2014, les densités moyennes annuelles de cirripèdes 2015 sont en baisse sensible à Diélette, stables au Rozel, en hausse au Sémaphore et à Quédoy. Cette hausse est d'ailleurs comparable sur ces deux sites (figure 4.2.4).

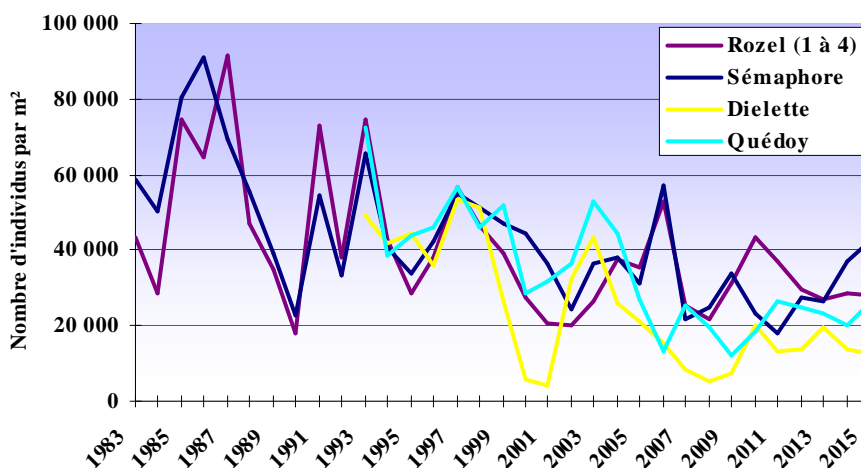
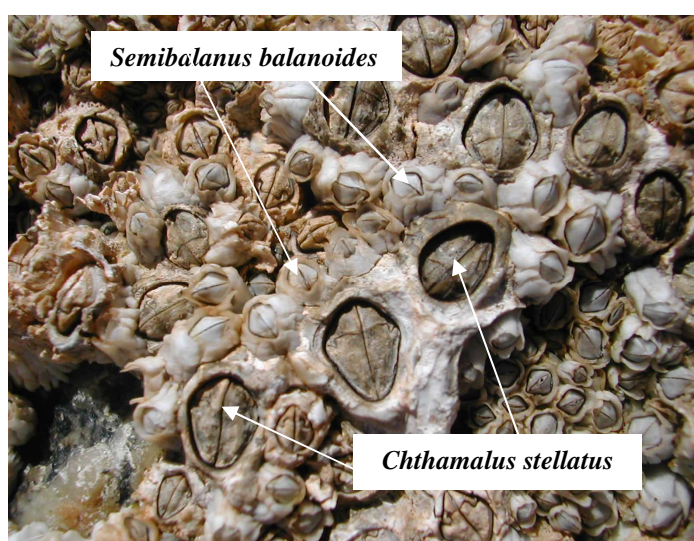


Figure 4.2.4 : Evolution des densités de cirripèdes aux différentes stations

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* (figure 4.2.5 et photographie 4.2.7). 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.

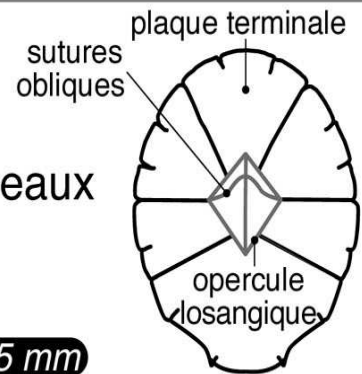


Photographie 4.2.7 : Cirripèdes à la station du Sémaphore

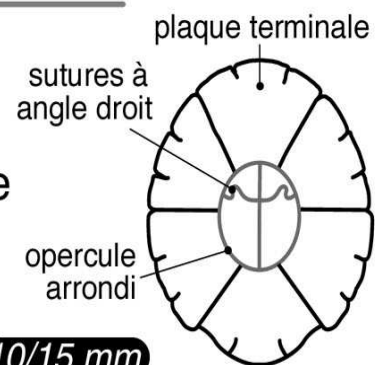
Principaux cirripèdes en zone intertidale sur Flamanville

S *semibalanus balanoides*

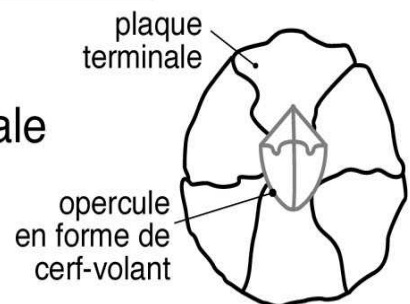
Muraille : 6 plaques
Sous les pleines mers de mortes-eaux
Atlantique, Manche ouest et est.

**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

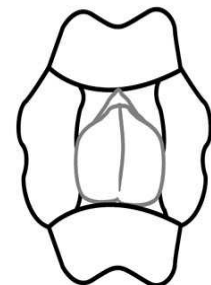
**5/10 mm**

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

4.2.3.3.1 Résultats 2015

Semibalanus balanoides reste l'espèce dominante dans la région de Flamanville depuis le début des observations (figure 4.2.6).

En 2015, elle représente en moyenne 85 % des cirripèdes présents sur ces estrans.

Nous constatons une diminution de ses densités depuis 1983. Toutefois ces dernières années les valeurs moyennes observées aux abords du CNPE de Flamanville sont relativement stables et affichent une croissance sensible en 2015. Cette espèce représente en 2015, 98 % du total des cirripèdes à Diélette, 88 % au Sémaphore, 89 % au Rozel et 71 % à Quédoy (figures 4.2.7 et 4.2.8).

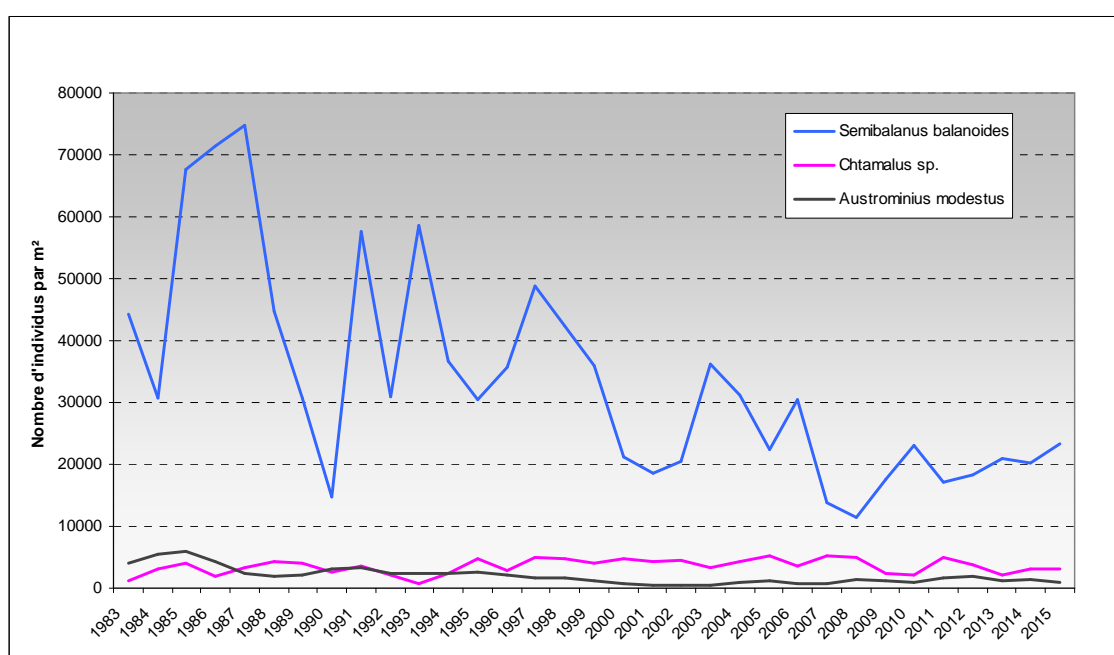


Figure 4.2.6 : Densités des quatre espèces de cirripèdes depuis 1983 aux abords de Flamanville (moyennes Rozel, Sémaphore, Quédoy et Diélette)

Le genre **Chtamalus**, représenté par *Chthamalus montagui* et *Chthamalus stellatus*, est beaucoup moins abondant que l'espèce précédente sur les estrans de Flamanville.

En 2015, 11 % des cirripèdes observés aux abords du CNPE de Flamanville appartiennent à ce genre. *Chthamalus montagui* et *Chthamalus stellatus* comptabilisent en 2015, 28 % du total des cirripèdes à Quédoy, 10 % au Sémaphore, 2 % au Rozel et 2 % à Diélette.

Les densités de *Chtamalus sp.* restent relativement stables depuis 1983 (figure 4.2.6).

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 (28 %), points où le substrat est granitique. Ces deux points présentent également la particularité d'être les plus proches de la centrale.

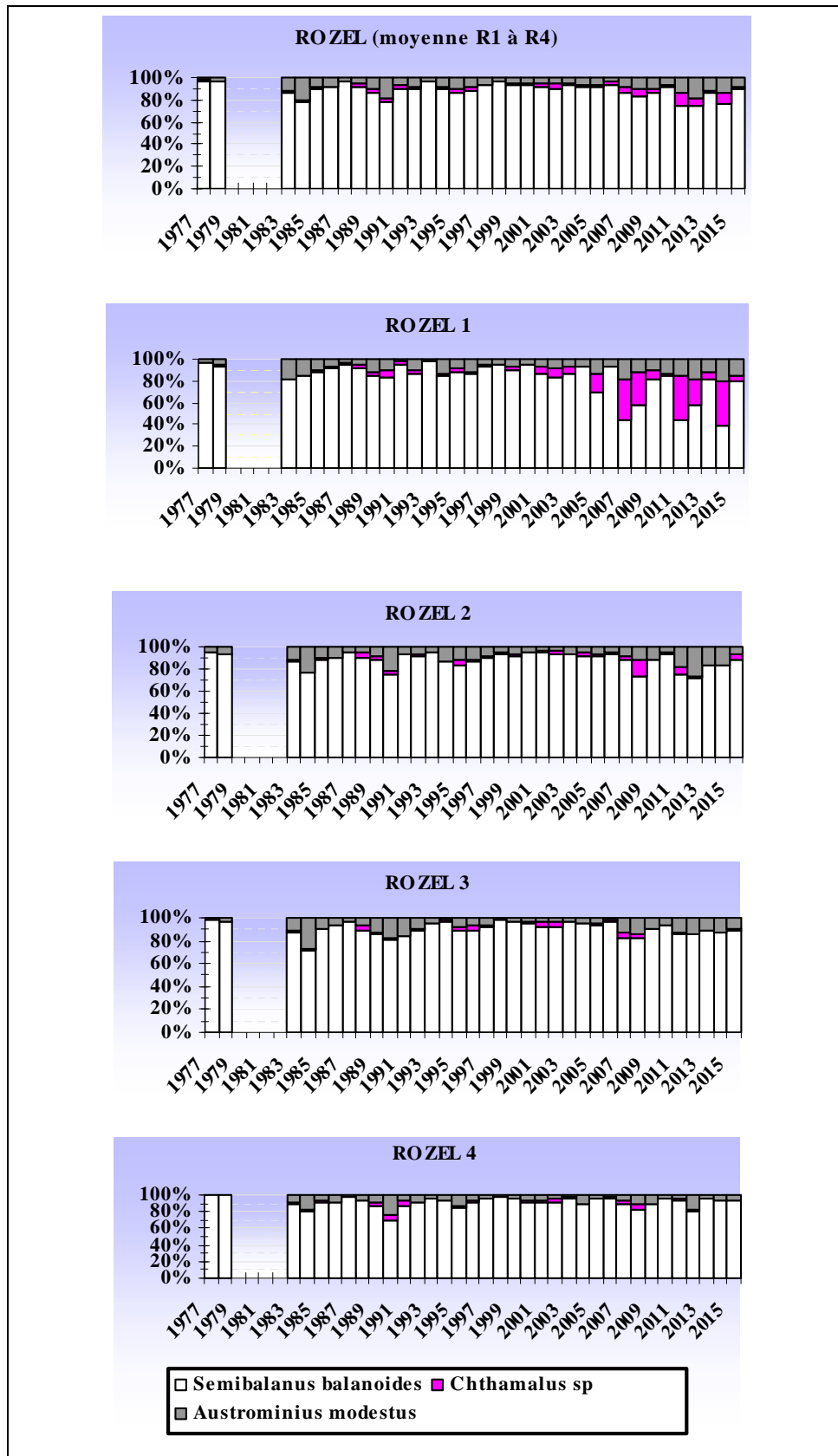


Figure 4.2.7 : Evolution en % des quatre espèces de cirripèdes à la pointe du Rozel depuis 1977
(Les deux espèces de Chthamales ont été regroupées au niveau du genre)

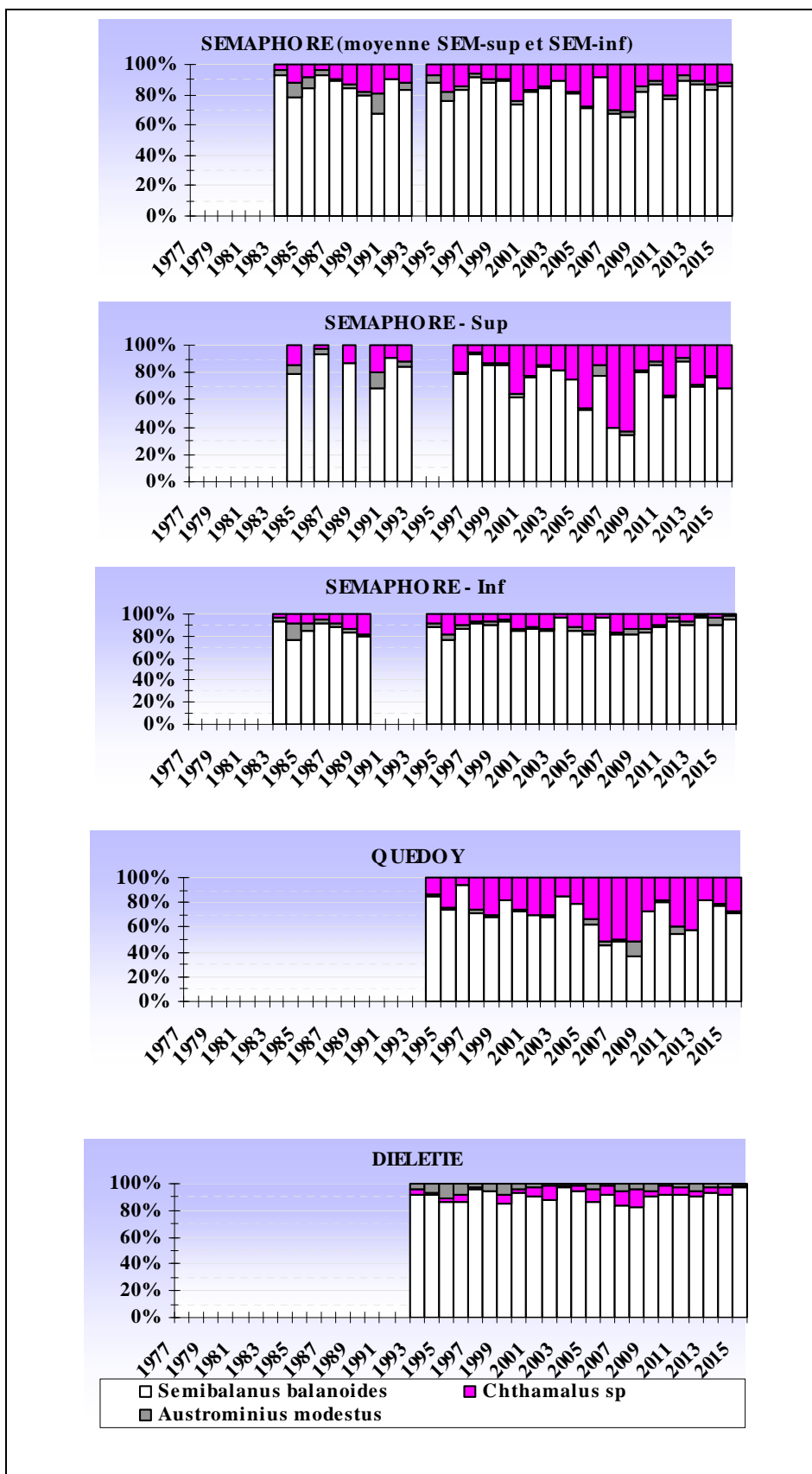


Figure 4.2.8 : Evolution en % des quatre espèces de cirripèdes au cap de Flamanville depuis 1983 (Les deux espèces de Chthamales ont été regroupées au niveau du genre)

La présence d' *Austrominius modestus* dans le peuplement reste faible, 4 % en 2015 (figure 4.2.6). Elle reste néanmoins constante. C'est au Rozel que cette espèce est plus fréquente, 9 % en 2015 seulement 1 % à Quédoy, 2 % à Diélette et 3 % au sémaphore.

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.

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



Campeopea hirsuta



Nereidé



Melarhaphe neritoides



Littorina saxatilis



Lasaea adansonii



Amphipodes

Les cirripèdes abritent une microfaune abondante et variée.

Ainsi, l'analyse des prélèvements effectués en septembre nous révèle différentes espèces de Gastéropodes (*Littorina saxatilis*, *Mélarhappe neritoides*), de Bivalves (*Lasaea adansoni*), d'Annélides polychètes, d'Amphipodes, d'Isopodes (*Campecopea hirsuta*) et même d'Acariens.

Comme en 2014, c'est parmi la population de cirripèdes du Rozel, stations 3 et 4, que les espèces accompagnatrices sont les plus variées et les plus abondantes en cette fin d'été 2015 (tableau 4.2.4). Les densités sont supérieures en moyenne à celles de 2014 excepté au Rozel 1 et 4. Les valeurs à la station 1 du Rozel sont liées aux densités très faibles de cirripèdes dans cette partie haute de l'estran.

	Rozel 1	Rozel 2	Rozel 3	Rozel 4	Sémaphore	Quéudoy	Diélette
ANNELIDES							
<i>Syllidés</i>				16			
MOLLUSQUES							
Bivalves							
<i>Lasaeidés</i>							
<i>Lasaea adansoni (rubra)</i>		256	364	600	452	16	16
<i>Mytilidés</i>				16			
Gastéropodes							
<i>Patellidés</i>							
<i>Patella</i>		60	68	100	108	112	36
<i>Littorinidés</i>							
<i>Littorina saxatilis</i>	32	52	56	104	28	24	
<i>Mélarhappe neritoides</i>		464	484	340	692	268	101
<i>Trochidés</i>							
<i>Gibbula umbilicalis</i>							32
CRUSTACES							
Amphipodes					44	112	16
<i>Sphaeromatidés</i>							
<i>Campecopea hirsuta</i>		101	392	416	588		56
ARTHROPODES							
Collembola							
<i>Anurida maritima</i>			512		16		
Insectes							
<i>larves de Diptères</i>		128	260	616	200		
Arachnidés							
<i>Acarina</i>		587	1048				
Total individus 2015	32	1648	3184	2208	2128	532	257
<i>Total individus 2014</i>	<i>40</i>	<i>1152</i>	<i>1777</i>	<i>3159</i>	<i>1240</i>	<i>392</i>	<i>217</i>
<i>Total individus 2013</i>	<i>1424</i>	<i>2042</i>	<i>3136</i>	<i>6432</i>	<i>1948</i>	<i>693</i>	<i>849</i>
<i>Total individus 2012</i>	<i>80</i>	<i>1235</i>	<i>1622</i>	<i>2996</i>	<i>2072</i>	<i>608</i>	<i>540</i>
<i>Total individus 2011</i>	<i>486</i>	<i>2936</i>	<i>2144</i>	<i>9208</i>	<i>1776</i>	<i>624</i>	<i>1508</i>

Tableau 4.2.4 : Faune associée aux cirripèdes, nombre d'individus par m², septembre 2015

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 au Rozel, 32 individus par m² ont été comptabilisés en niveau supérieur (Rozel 1), 2208 individus en niveau inférieur (Rozel 4).

La présence de *Patella* sp. reste stable depuis 1983 (figure 4.2.9).

Les abondances de *Lasaea adansonii* sont très irrégulières avec des pics importants en 1987, 1997 et 2004. Les valeurs 2015 sont supérieures à celles de 2014 comme pour *Melarhaphé neritoides*.

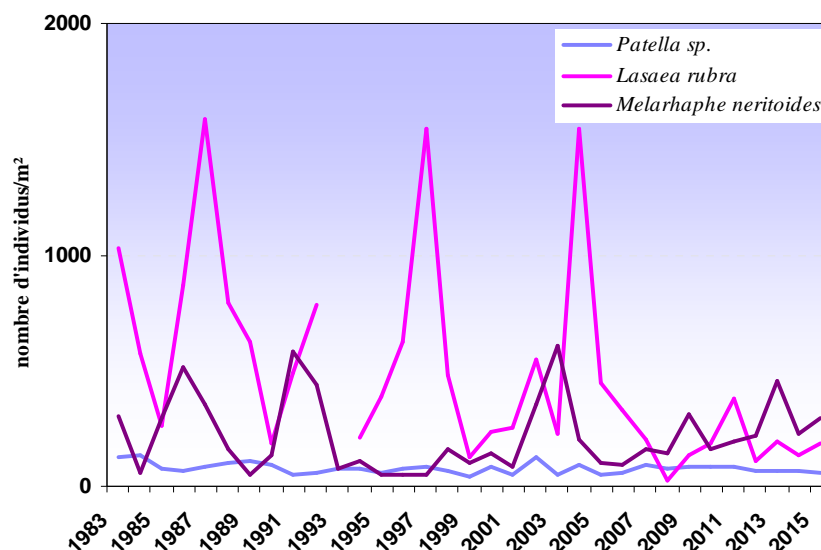


Figure 4.2.9 : Evolution des densités des principaux mollusques présents dans les populations de cirripèdes (moyennes des 4 stations suivies) de 1983 à 2015

Les densités de *Littorina saxatilis* en chute depuis 1985 sont au plus bas. Espèce absente en 2015 à Diélette, sa présence reste extrêmement faible aux autres stations. Très abondante au Sémaphore au début de la surveillance, la baisse de ses densités depuis 1985 est remarquable (figures 4.2.10).

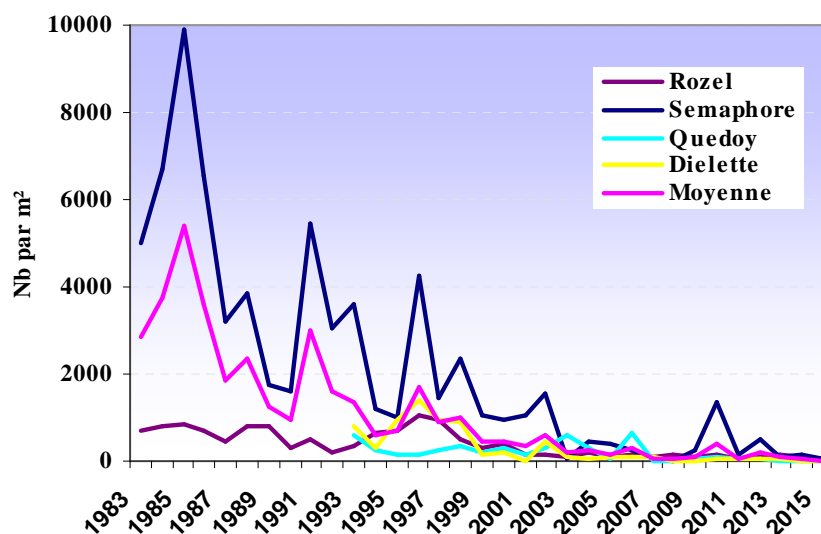


Figure 4.2.10 : Evolution des densités de *Littorina saxatilis* associées aux cirripèdes de 1983 à 2015

4.2.4. Conclusion - Population de cirripèdes

Le recrutement des cirripèdes évalué près du CNPE de Flamanville en 2015 est supérieur à celui de 2014 mais reste inférieur à la moyenne calculée sur la période 1983 à 2015.

Le nombre de juvéniles comptabilisés en 2015 est en hausse au Rozel, au Sémaphore et à Quédoy, quasi stable à Diélette. Il est plus faible au Rozel et plus important au Sémaphore et ce depuis 2011.

Les densités de cirripèdes diminuent de façon importante et constante depuis le début des études avec néanmoins une certaine stabilité des valeurs ces dernières années.

En 2015, les densités moyennes annuelles sont supérieures à celles de 2014 au Sémaphore et à Quédoy, stables au Rozel et sensiblement inférieures à Diélette.

Au Sémaphore, le recouvrement de la population de cirripèdes reste important, les densités moyennes restent les plus fortes, la valeur 2015 se situe dans la moyenne observée depuis 1983 alors que les autres stations affichent des valeurs 2015 inférieures aux moyennes. Diélette présente des densités plus faibles, le recouvrement y est plus clairsemé en particulier au niveau inférieur de la zone colonisée. A noter un recouvrement très faible au niveau supérieur de la radiale du Rozel.

Semibalanus balanoides reste l'espèce dominante dans la région de Flamanville depuis le début des observations. En 2015, elle représente en moyenne 85 % de la population des cirripèdes présents sur ces estrans. Nous constatons une diminution de ses densités depuis 1983. Toutefois ces dernières années, les valeurs moyennes observées aux abords du CNPE de Flamanville sont relativement stables et affichent une croissance sensible en 2015.

Chthamalus montagui, *Chthamalus stellatus* et *Austrominius modestus* restent beaucoup moins abondantes mais leur présence est néanmoins constante depuis 1983.

Comme en 2014, c'est parmi la population de cirripèdes du Rozel, aux stations 3 et 4, que les espèces accompagnatrices sont les plus variées et les plus abondantes en cette fin d'été 2015. Les densités sont supérieures en moyenne à celles de 2014 excepté au Rozel 1 et 4.

La présence de *Patella* sp. reste stable depuis 1983. Les abondances de *Lasaea adansoni* et de *Melarhappe neritoides* sont supérieures à celles de 2014. Les densités de *Littorina saxatilis* en chute depuis 1985, sont en septembre 2015 au plus bas. Très abondante au Sémaphore au début de la surveillance, la baisse de ses densités depuis 1985 est remarquable. L'observation de ces quelques espèces accompagnatrices des cirripèdes met en évidence des fluctuations d'abondance irrégulières d'une année sur l'autre, d'une station à une autre. La diminution des densités des populations de cirripèdes ainsi que les conditions environnementales (température de l'air, de l'eau de mer, insolation, houle, ensablement...) peuvent en partie expliquer ces évolutions.

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 2015 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

*Jocelyne
Ivan*

*Martin
Schlaich*

*(RBE/EMH)
(RBE/HMMN/RHPEB)*

*avec la collaboration
pour les missions en mer de*

*Paul
Nicolas
Jérôme
Xavier*

*Bourriau
Goascoz
Quinquis
Tétard*

*(RBE/EMH)
(RBE/HMMN/RHPEB)
(RBE/HMMN/RHPEB)
(CRPM/BN)*

et du Laphy pour le tri des larves d'araignée

5.1. Larves de crustacés

5.1.1. Matériel et méthodes

5.1.1.1. *Nature et fréquence des observations. Localisation des points de mesures*

Comme pour les autres sites étudiés, les observations effectuées à Flamanville comprennent des pêches de zooplancton auxquelles sont associés des relevés hydrologiques. Les six missions prévues par le contrat depuis 1997 se sont déroulées cette année du 11 juin au 8 septembre à bord du chalutier artisanal *Hegoak* avec des intervalles de temps compris entre 12 et 28 jours en essayant de se tenir le plus possible à un intervalle d'une quinzaine de jours.

L'échantillonnage du zooplancton et les relevés hydrologiques sont, depuis 1988, réalisés en quatre points dont la position est indiquée sur la figure 1.2.1 page 25 : 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). Au cours des deux missions allégées ajoutées au contrat en 1997 afin de mieux cerner le pic d'éclosion des zoés d'araignée de mer, seuls ces deux derniers points sont étudiés.

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 d'amenée* 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 194).

5.1.1.2. *Paramètres hydrologiques*

Depuis 1984, deux paramètres seulement sont mesurés à chaque point : la température de l'eau et sa salinité. Les relevés sont faits à deux niveaux (subsurface et voisinage du fond) ; la sonde utilisée depuis quelques années est la sonde CTD SEABIRD – modèle Sbe 19 n° de série 2649 – de grande précision ($1.10^{-2}^{\circ}\text{C}$ pour les mesures de température et $1 \cdot 10^{-2}$ eps [échelle pratique de salinité] pour les mesures de salinité).

5.1.1.3. *Zooplancton*

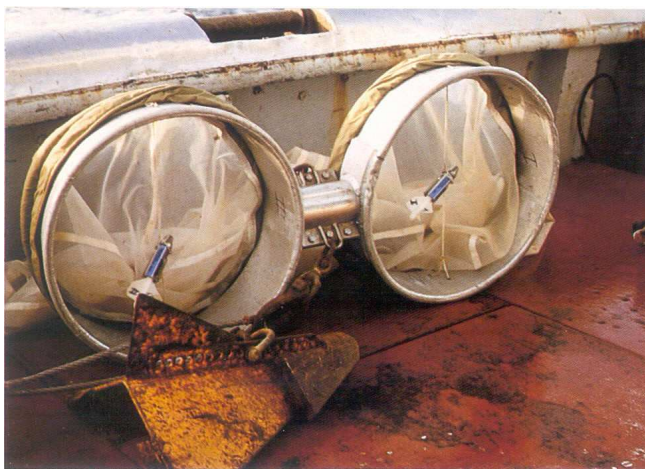
L'engin utilisé pour les pêches de larves d'araignée est un échantillonneur de type Bongo grand modèle conçu pour l'échantillonnage de l'ichtyoplancton. Ses caractéristiques et ses performances ont été notamment décrites par Sherman et Honey (1971), Smith (1974), Schnack (1974), Aldebert (1975), Arbault et Lacroix (1975).

Pour les pêches de larves de homard de plus grande taille et plus dispersées, nous utilisons un échantillonneur neustonique d'ouverture plus large et de maillage supérieur.

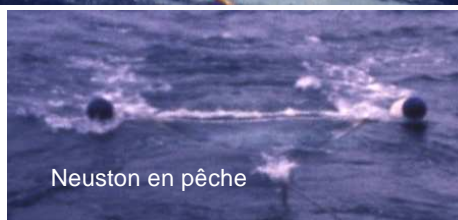
5.1.1.3..1 Description des échantillonneurs

Bongo grand modèle

L'échantillonneur Bongo grand modèle utilisé pour les études de sites comporte deux filets de maillage 505 μm montés sur une même armature et pêchant en même temps. Chaque filet a un diamètre d'ouverture de 0,61 m, mesure 3 m de longueur et présente une partie cylindrique à l'avant du cône de filtration terminal. À chaque embouchure du couple de filets est fixé un débitmètre (2030 *Digital Flowmeter* 10 à 500 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ de General Oceanics) permettant le calcul des volumes d'eau filtrés. Un dépresseur en V de 40 kg environ assure la plongée et la stabilité de l'engin en pêche. Chaque filet se termine par un collecteur à oreilles où les organismes se rassemblent dans un volume d'environ 2 litres empêchant leur détérioration.

**Neuston**

Cet engin, utilisé par Nichols *et al.* (1980), se compose d'un cadre en tube d'aluminium (2 m x 0,80 m) sur lequel est monté un filet de forme conique ayant une longueur de 3 m ; le filet se termine aussi par un collecteur à oreilles. La maille utilisée, tant sur le filet que sur les oreilles du collecteur, est de 1 250 μm . Comme le Bongo, l'ouverture du *Neuston* est équipée d'un débitmètre (*Digital Flowmeter*) afin de calculer le volume d'eau filtré à chaque traict.



5.1.1.3.2 Méthode d'échantillonnage

La méthodologie d'échantillonnage du *Bongo* s'inspire du manuel de standardisation des méthodes (Jossi *et al.*, 1975) édité par le *North East Fishery Center* des Etats-Unis, notamment depuis 1984 où l'on a abandonné les paliers qui étaient destinés à filtrer un volume d'eau plus important pour compenser la faible profondeur des eaux côtières.

Depuis 1984, la pêche se fait ainsi en traict oblique, depuis le fond jusqu'à la surface à une vitesse de 2 nœuds environ (1 m.s⁻¹). Le volume filtré au cours d'un simple traict oblique (comprenant la descente puis la remontée du filet) a varié cette année entre 35 m³ et 443 m³. Les données concernant chaque traict (sonde, durée, volume filtré) sont indiquées en annexe page 197.

L'échantillonneur Neuston, utilisé en subsurface à partir de 1983, est totalement immergé depuis 1984 afin d'obtenir des volumes filtrés plus réalistes (par mer agitée, même faiblement, l'immersion aux 2/3 préconisée ne pouvait être effective).

Un deuxième Neuston a été utilisé simultanément pour échantillonner l'ensemble de la colonne d'eau de 1988 à 1998 ; selon la profondeur, deux ou trois traicts obliques étaient réalisés à la suite de façon à réaliser un traict de durée suffisante (environ 15 minutes) et similaire à celle du traict de surface. La comparaison des densités de larves de homard pêchées en subsurface et sur l'ensemble de la colonne d'eau au cours de ces onze années a montré (Drévès *et al.*, 2000) que les prélèvements de surface étaient plus adaptés à la récolte des larves de homard. C'est pourquoi nous n'effectuons plus de prélèvements au Neuston sur toute la colonne d'eau depuis 1999.

Les prélèvements sont toujours effectués de jour (annexe page 194) ce qui est important pour les prélèvements de surface, les larves étant réputées pour se diriger vers la lumière.

Après chaque traict, les filets sont rincés à l'eau de mer afin de rassembler les planctontes dans les collecteurs ; le contenu de chaque collecteur est recueilli dans des flacons de 2 litres.

5.1.1.3.3 Conservation des échantillons

Les échantillons sont fixés à l'aide de la solution décrite par Mastail et Battaglia (1978) légèrement modifiée (Bigot, 1979). Ce liquide conservateur est réalisé à base de formol (solution saturée de formaldéhyde à 36 % environ en masse) neutralisé et dilué à 3 % en volume dans de l'eau de mer additionnée d'agents antioxydants et complexants.

5.1.1.3.4 Dépouillement des échantillons

Comme le prévoit le contrat depuis 1986, l'étude halieutique (partie œufs et larves) ne porte plus que sur le homard et l'araignée.

Les larves de ces deux espèces sont comptées sur la totalité des échantillons et leur stade est identifié.

5.1.1.4. Saisie, stockage et traitement des données

Les données brutes du comptage sont saisies au Centre Ifremer de Nantes sur micro-ordinateur où les effectifs, par espèce et stade de développement, sont ramenés à l'unité de volume filtrée (10 m³). L'ensemble des données est archivé sur la base Quadrige.

5.1.2. Résultats

Les résultats des paramètres hydrologiques (température et salinité), mesurés dans le cadre de l'étude halieutique, figurent en annexe page 195.

5.1.2.1. Larves de homard, *Homarus gammarus* L. (annexe page 199)

La figure 5.1.1 qui rassemble tous les résultats obtenus depuis 1979 par prélèvement de subsurface, montre (symboles bleus) que les densités de zoés relevées au cours de l'été 2015 avoisinent les plus élevées avec une densité maximale totale (tous stades) de 0,1 par 10 m³, mais ne comprennent que les deux premiers stades. Aucune mégaloïpe n'a été observée.

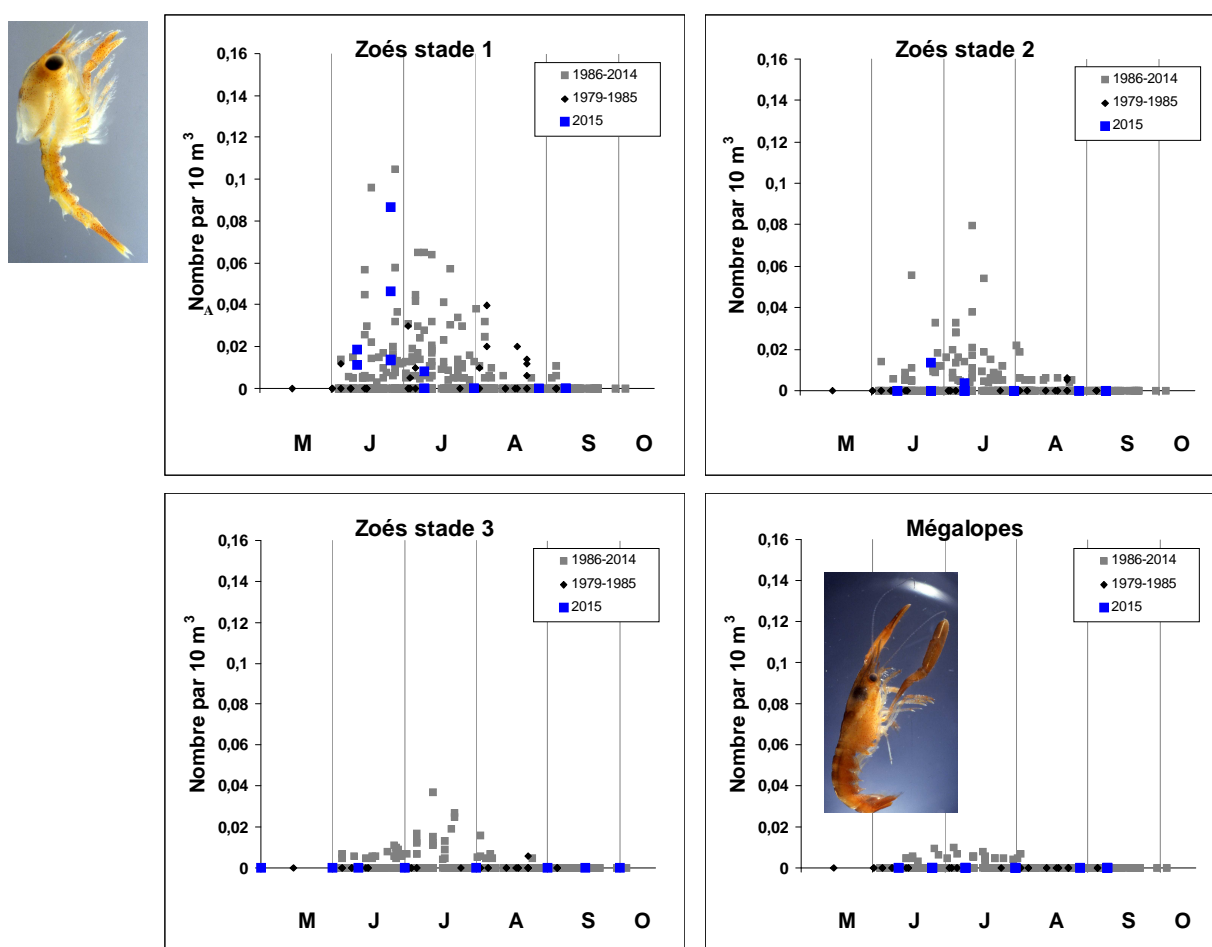


Figure 5.1.1. Densité des quatre stades larvaires du homard relevés en subsurface depuis le début des études

Chose inhabituelle, les zoés ont été régulièrement observées dans des prélèvements au Bongo et les densités obtenues avec cet engin sur l'ensemble de la colonne d'eau sont du même ordre de grandeur que celles de subsurface avec le Neuston.

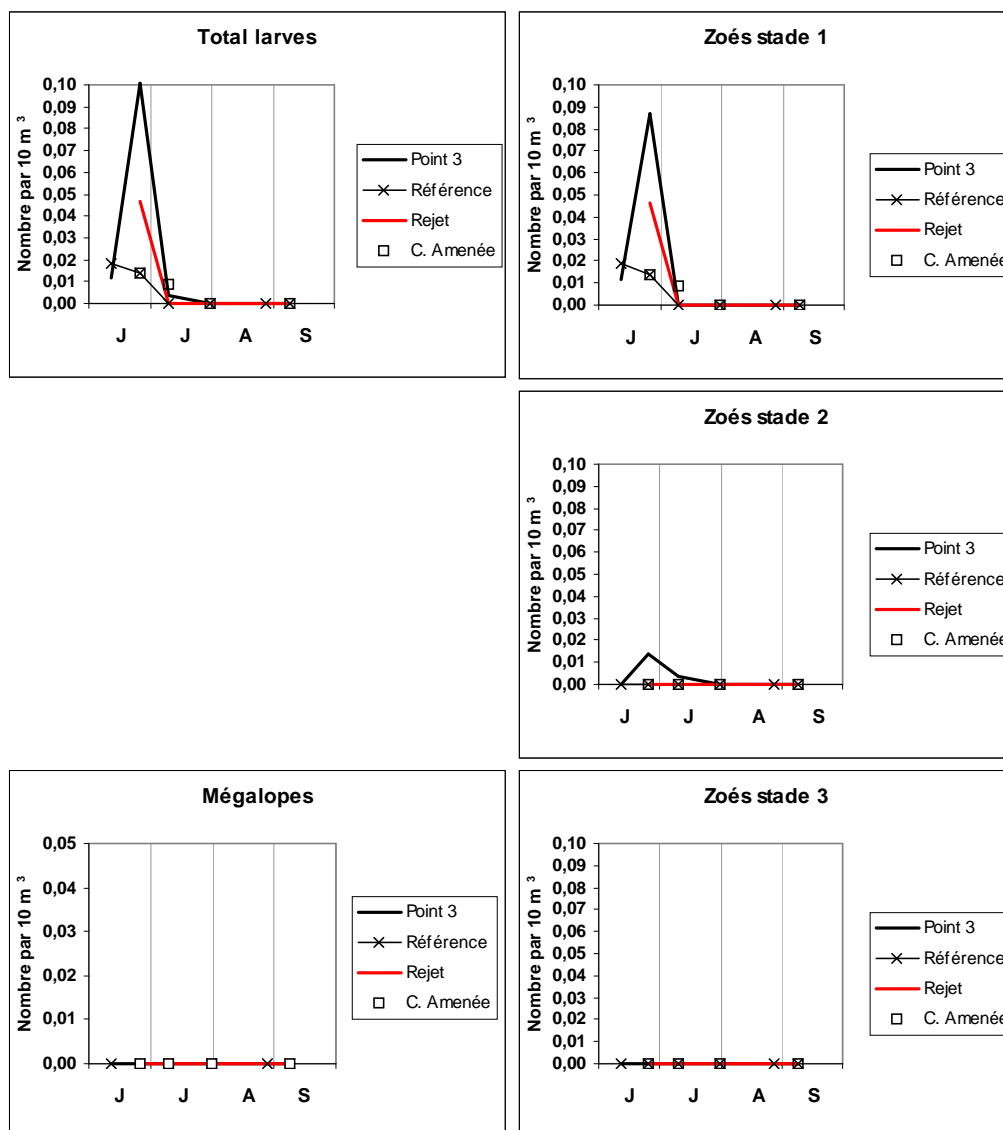


Figure 5.1.2. Densité des quatre stades larvaires du homard *Homarus gammarus* relevées en subsurface en 2015

En regroupant les récoltes obtenues avec le Neuston (figure 5.1.2) et le Bongo (figure 5.1.3) on constate que des zoés de homard au premier stade ont été observées, comme en 2014, de début juin à début juillet mais avec cette année un pic notable courant juin au point 3. La période d'éclosion semblerait se situer de début juin à début juillet bien que l'allure de la courbe de stades 1 obtenue au point référence, ainsi qu'au point 3 sur l'ensemble de la colonne d'eau, pourrait indiquer un début un peu avant la première mission, soit vers la fin mai. Quelques zoés au stade 2 ont été observées le 25 juin et le 9 juillet mais aucune zoé stade 3 et aucune mégalope n'ont été relevées dans les prélèvements cette année comme l'an passé.

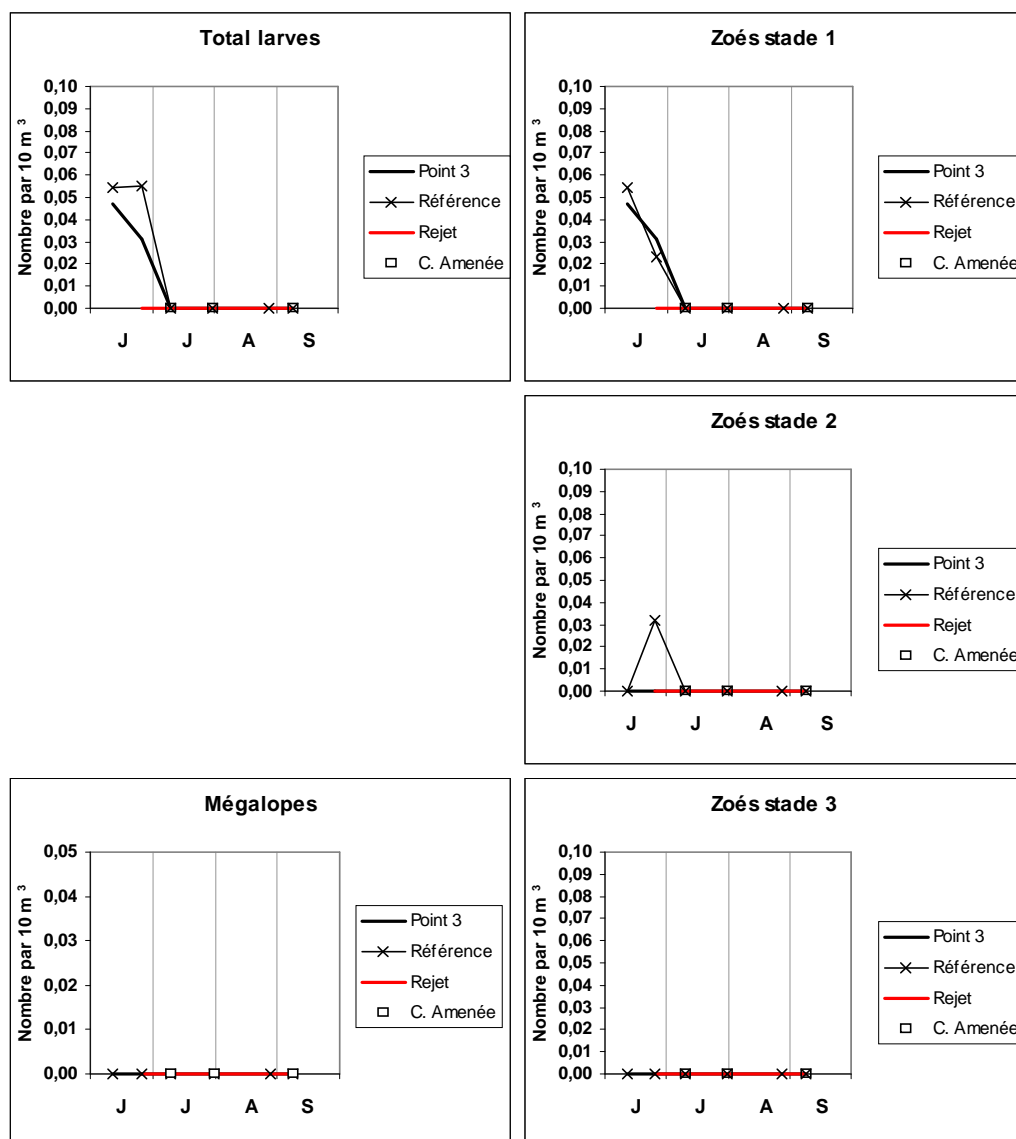


Figure 5.1.3. Densité des larves du homard *Homarus gammarus* relevées sur toute la colonne d'eau en 2015

La figure 5.1.4 qui illustre la répartition des larves aux différents points de prélèvement, montre que celles-ci se partageaient essentiellement entre le point *Référence* et le point 3 avec les densités les plus élevées au point *Référence*, notamment en 1993 et 2000. Mais on constate depuis 2011 une tendance à l'augmentation des larves au point 3 où leur densité est cette année proche de celle observée en 1988 alors que les densités trouvées au point *Référence* sont plus faibles, voire très faibles depuis 2012.

Cette même figure montre une densité notable de larves dans les environs du rejet. Toutefois, il se trouve que les 7 larves récoltées dans cette zone le 25 juin avec le Neuston n'avaient pas encore l'allure caractéristique du premier stade, notamment une avec le rostre complètement enroulé (photo ci-contre) ; ce sont en fait des



prézoés, soit des zoés venant de sortir des œufs ce qui signifie qu'au moins une femelle aux œufs en train d'éclore se trouvait dans la zone proche. Il en est de même pour la zoé observée 35 minutes après dans le canal d'amenée où leur présence est inhabituelle depuis 1988. Notons que c'est la première fois qu'on rencontre ce stade éphémère depuis le début des études sur le site en 1977. Sur la figure les deux occurrences de prézoés ont été entourées en rouge.



Figure 5.1.4. Densité des larves de homard relevées en subsurface aux différents points depuis le début de la surveillance 2^e phase

5.1.2.2. Larves d'araignée *Maja brachydactyla* Balss (annexe page 200)

Les récoltes réalisées au point du large (point 3), régulièrement le plus riche en zoés d'araignée et situé en dehors de la tache thermique, nous ont permis d'étudier l'influence du climat sur la période d'éclosion de cette espèce. Nous reprenons ici les résultats de la publication de Martin & Planque (2006) sur les 20 premières années d'étude de surveillance (1986-2005).

La température de l'eau prise en compte est celle effectuée quotidiennement à l'entrée de la centrale depuis sa mise en fonctionnement (mesure E.D.F. "source amont site") ; même si les températures relevées dans cet endroit peu profond sont généralement supérieures (en moyenne $0,6 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$) à celles du point 3 où sont récoltées les larves et celles de secteurs où se trouvent les femelles pendant l'incubation, voire avant la ponte, elles permettent néanmoins de comparer les cycles annuels entre eux avec une précision acceptable.

L'analyse de la corrélation entre la série de températures cumulées sur différentes périodes et la date d'apparition des zoés dans le plancton qui traduit le début des éclosions (Martin et Planque, 2006) a montré qu'il n'y avait pas de corrélation significative entre la température de janvier et le démarrage des éclosions alors que la corrélation est très significative à partir du mois de février et jusqu'en mai.

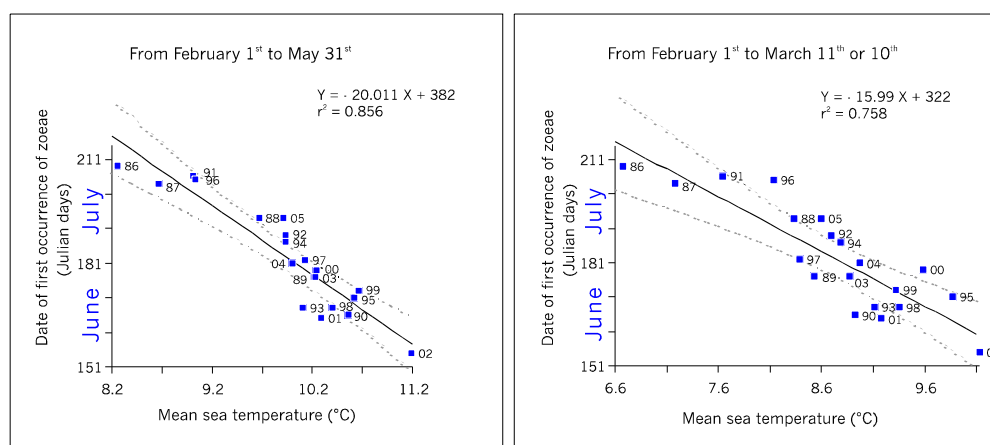


Figure 5.1.5. Modèles prédictifs de la date d'apparition des zoés d'araignée de mer

Ces résultats ont permis de construire un modèle prédictif de la date d'éclosion à partir des températures mesurées au cours de la période 1^{er} février-31 mai (figure 5.1.5, graphe gauche). Ce modèle montre qu'un accroissement de la température moyenne de 1°C entraîne une avance de 20 jours dans l'apparition des zoés dans le plancton ; plus la quantité de chaleur reçue du 1^{er} février au 31 mai est forte, plus l'éclosion des zoés d'araignée s'avère précoce. Un décalage de 2 mois est observé entre les deux années extrêmes (1986 et 2002) qui montrent un écart de 3°C dans la température moyenne mesurée sur la période 1^{er} février-31 mai. Le modèle de droite (figure 5.1.5) construit à partir des températures mesurées sur une période plus courte, de 4 semaines seulement (1^{er} février-10 mars), explique déjà 75% de la variance. Il est donc possible de prédire la date d'apparition des premières zoés dans le plancton à partir du 10 mars avec une assez bonne précision.

En 2015, la température moyenne de l'eau mesurée à l'entrée de la centrale sur la période allant du 1^{er} février au 10 mars était de $9,1^{\circ}\text{C}$, température nettement supérieure à la moyenne pour cette période ; selon la prédiction donnée par le modèle de droite on pouvait s'attendre début mars à observer les premières zoés vers le 25 juin. Le modèle de gauche établi à partir des

températures de février à mai avec une moyenne 2015 (10.6°C) prévoyait un début des éclosions un peu avant, le 19 juin. En fait les premières zoés ont été observées 25 juin.

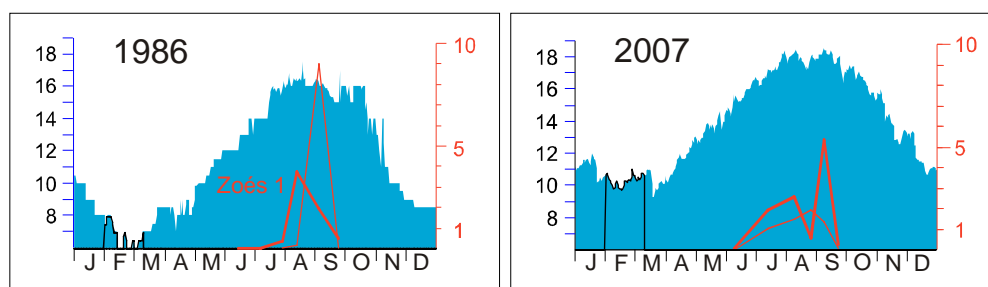


Figure 5.1.6. Évolution saisonnière des zoés d'araignée lors des deux années extrêmes de la période 1986-2007

La figure 5.1.6 illustre pour les deux années extrêmes de la période 1986-2015 l'évolution saisonnière de la température de l'eau mesurée à l'entrée de la centrale et celle des zoés d'araignée au point 3. On voit que l'apparition précoce des zoés en 2007 (début juin) fait suite à une période février-mai très douce alors que le démarrage tardif observé en 1986 (fin juillet) s'explique par des températures moins clémentes de février à mai.

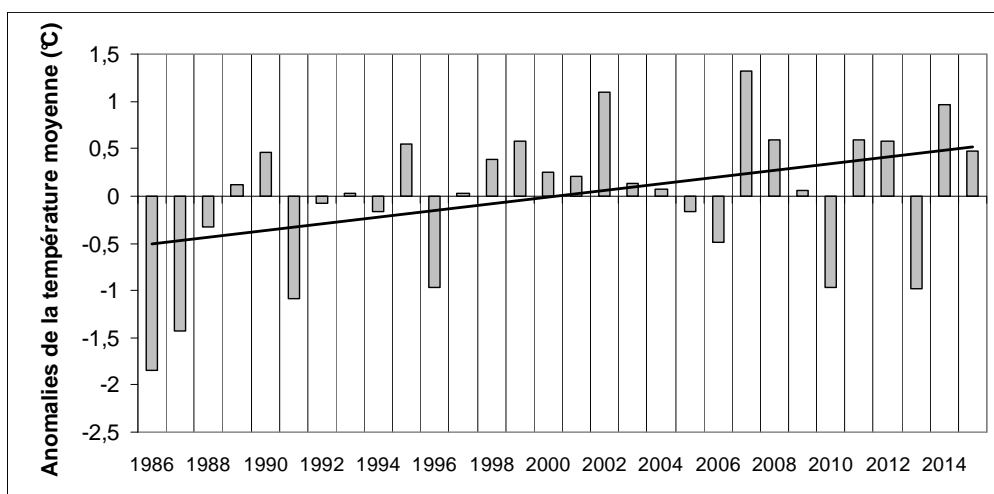


Figure 5.1.7. Anomalies de la température moyenne sur la période février-mai

La tendance au réchauffement démontrée par Martin & Planque à partir de 20 années d'études, tendance observée aussi pour le site de Gravelines (Woehrling et al., 2005) et au niveau mondial (IPPC, 2001) est illustrée par la figure 5.1.7 mise à jour pour les dernières années. Cette figure montre que la température moyenne assez élevée du printemps 2015 n'atteint toutefois pas celle des printemps 2002 et 2007 les plus chauds de la série 1986-2015.

En 2015 les densités les plus élevées sont observées le 27 août avec une valeur maximale de 7,5 zoés par 10 m³ (figure 5.1.8) valeur supérieure à l'ensemble des années si l'on exclue les densités exceptionnelles relevées en 2010 (densité de 24,6 par 10 m³ en référence qui s'expliquait par une forte abondance de prézoés dans un des deux répliqués) et en 1983 (61 zoés par 10 m³ au point 3).

Le pic d'abondance des zoés au premier stade a eu lieu le 27 août, la densité maximale de stades 2 également et la densité maximale de mégalopes se situerait entre fin juillet et début septembre.

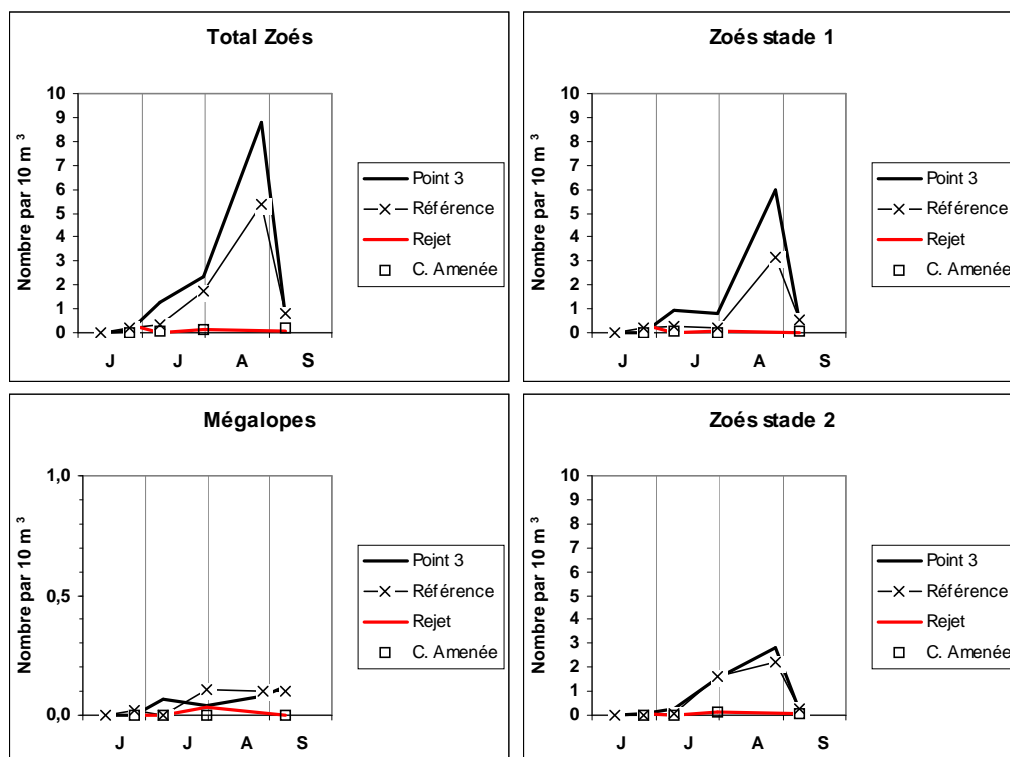


Figure 5.1.8. Densité des différents stades larvaires d'araignée de mer en 2015

Les figures 5.1.8 à 5.1.10 confirment ce qui a été observé antérieurement quant à la richesse relative des quatre points :

- La richesse en zoés des point 3 et *référence* comparée aux autres points ; le point 3 présente généralement les plus fortes densités comme c'est le cas encore cette année, le point *référence* se caractérisant par une abondance notable en zoés, parfois proche de celle du point 3, voire qui la dépasse parfois (en 2008 et surtout 2010). La densité de mégalopes est, comme souvent, bien répartie entre le point 3 et le point référence mais parfois supérieure au point référence comme en 2006 et 2008 ;
- La faible quantité de larves aux alentours des bouches de rejet avec cette année une densité maximale de 0,35 zoés par 10 m³ bien inférieure à la plus forte valeur observée en 1989 (1,7 zoés par 10 m³) et une mégalope fin juillet ;
- Aucune mégalope d'araignée n'a été récoltée cette année encore dans le canal d'amenée où l'on en a observé que deux fois (en 2000 et 2008) après les premières années de fonctionnement. En revanche des zoés ont été récoltées dans le canal d'amenée en 2015 comme en 2014 alors que leur présence n'a été relevée qu'une fois (en 2007) sur les 17 années précédentes.

Rappelons que la surveillance des points canal d'amenée et rejet a été initiée à la demande express de *Électricité de France*. Il nous est difficile de porter un jugement sur les résultats obtenus en ces points car avant les travaux liés à l'implantation de la centrale le point étudié le plus proche de la côte était le point 0 situé au droit du site à une distance de 0,5 miles, donc

nettement moins proche de la côte. Ce point présentait des abondances notables de zoés d'araignée en 1978 et 1979 devenues plus faibles de 1983 à 1986 (cf Drévès *et al.*, 2006).

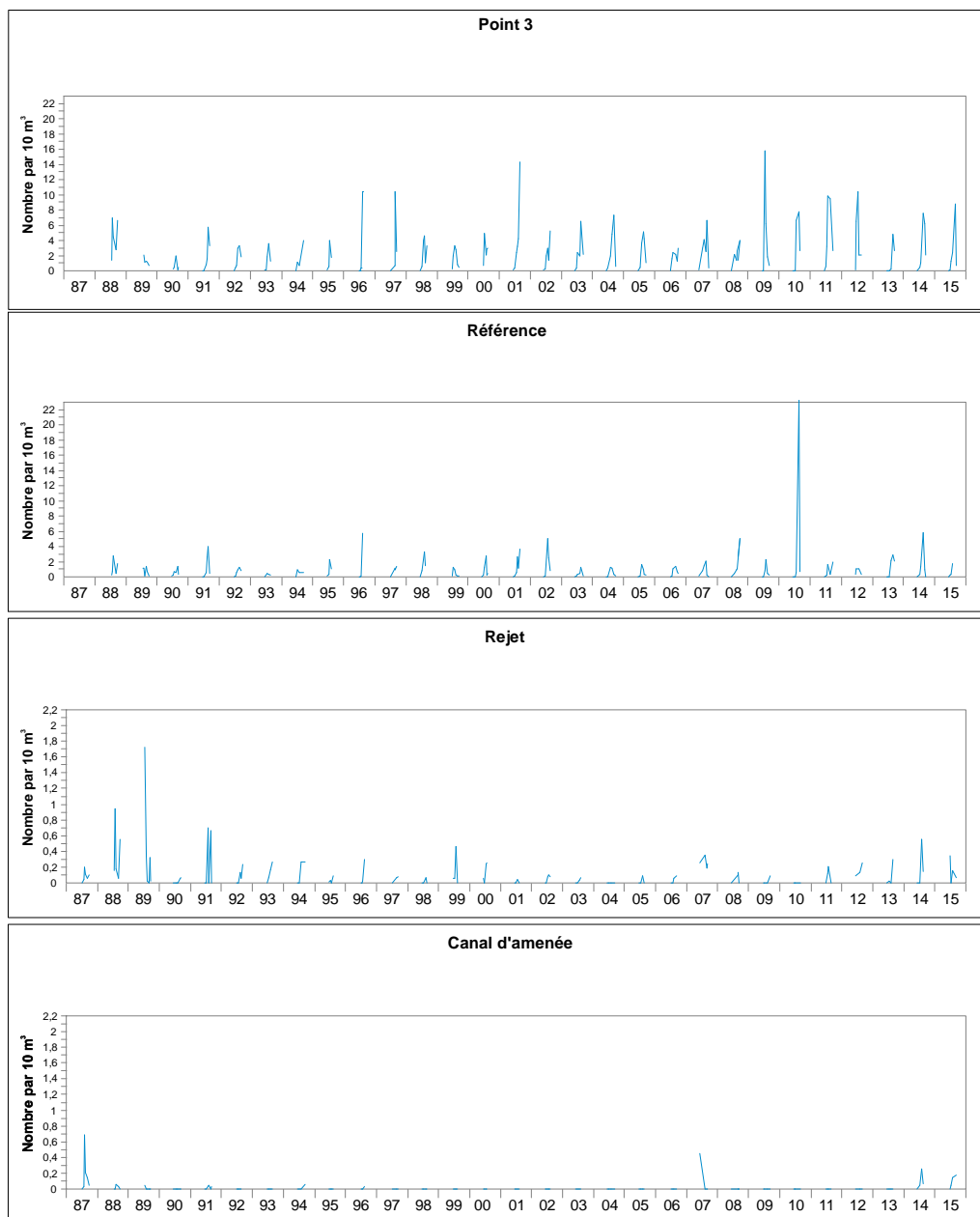


Figure 5.1.9. Densité des zoés d'araignée de mer relevée aux différents points depuis le début de la surveillance 2^e phase

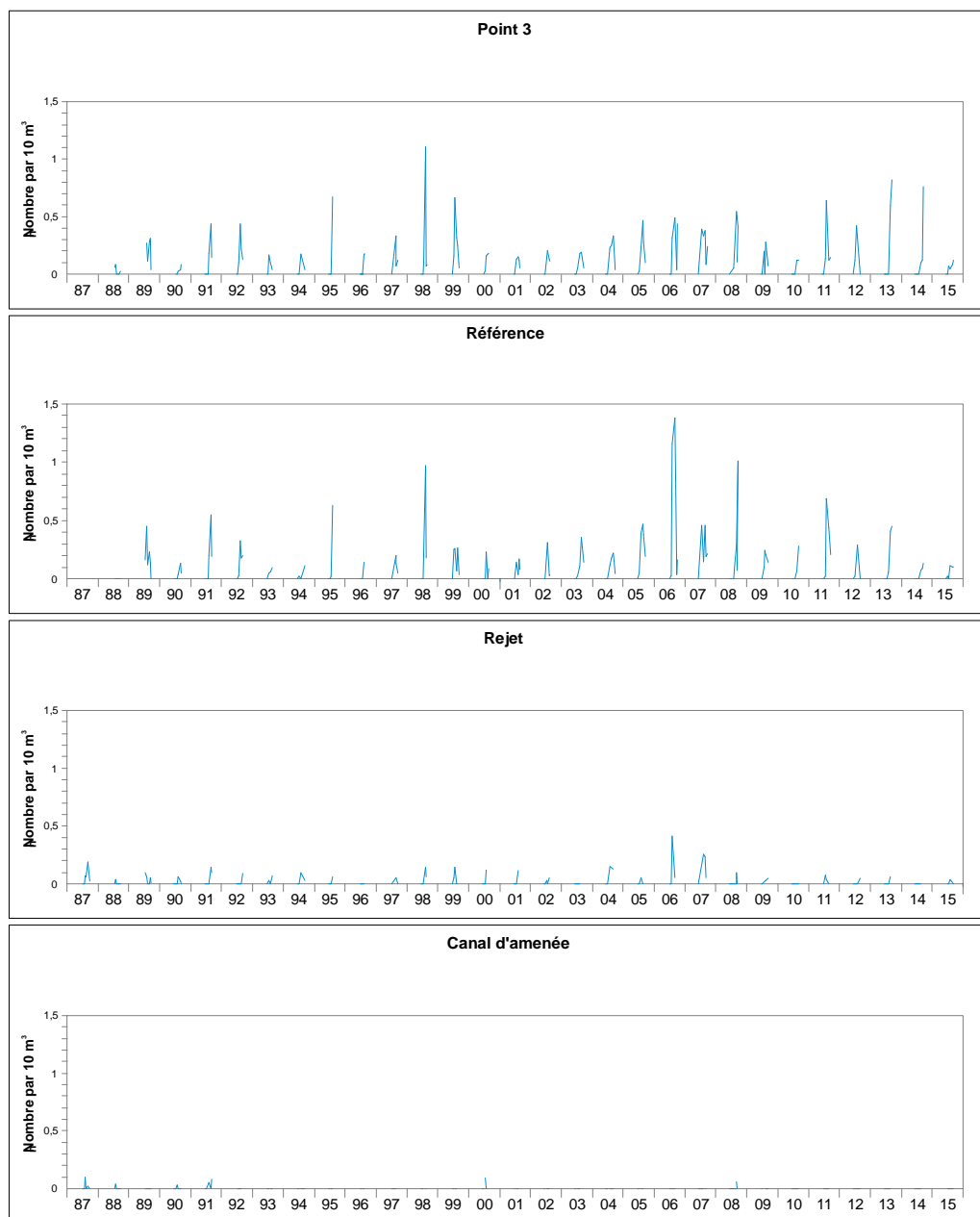


Figure 5.1.10. Densité des mégalopes d'araignée de mer relevée aux différents points depuis le début de la surveillance 2^e phase

5.1.3. Conclusion

Comme l'illustre la figure 2.2.2 de la page 38 les températures du premier semestre 2015 sont au-dessus de la moyenne. C'est ainsi que le début des éclosions de larves d'araignée a commencé un peu avant la fin juin.

La densité de zoés atteint vers la fin août une valeur maximale (7,5 par 10 m³) identique à celle observée l'an passé, valeur au dessus de la moyenne sur l'ensemble des années en excluant cependant les années 2010 et surtout 1983 qui sont exceptionnelles. En revanche la densité maximale de mégaloopes relevée mi septembre (0,12 par 10 m³) est faible. Notons que les larves d'araignées sont régulièrement assez abondantes depuis 2009.

Après avoir noté en 2010 que le point référence pouvait être un lieu important d'éclosion de larves d'araignée on retrouve cette année comme les trois années passées la prépondérance du point 3 sur le point référence ; des zoés d'araignée ont été observées cette année encore dans les environs du rejet après leur absence en 2010 ainsi que des mégaloopes et nous avons trouvé aussi des zoés comme en 2014 dans le canal d'amenée où elles sont très rares.

Des larves de homard ont été observées de début juin à début juillet et atteignent cette année une densité maximale proche des plus fortes observées depuis le début des études (0,10 par 10 m³) ce qui est en accord avec la forte abondance de femelles oeuvées. Les densités de larves augmentent depuis 2011 au point 3 alors qu'elles deviennent très faibles au point référence. La récolte de zoés fraîchement écloses dans les environs du rejet où leur présence est très sporadique est le témoin de la présence dans la réserve de femelles en train d'émettre leurs œufs.

Les résultats de l'année 2015 ne révèlent pas de déséquilibre du milieu qui pourrait être imputé au CNPE de Flamanville. Les fluctuations temporelles de la date des pics d'éclosion d'araignée de mer sont le reflet des variations climatiques. Concernant les larves de homard, la prépondérance du point 3 sur le point référence reste à confirmer dans les années à venir.

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 2015 ainsi que les mois de juin et septembre pour lesquelles 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.

5.2.1.1. Flottille

En 2014, la flottille est répartie de la façon suivante :

- 2 bateaux à Goury,
- 7 à Dielette,
- 19 à Carteret
- 4 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 les 32 navires armés à la pêche en 2014, 24 sont partiellement actifs au mois de janvier (Tab.5.2.1). Les plus gros, c'est à dire ceux dont la longueur est comprise entre 10 et 14 m, sont basés à Carteret et travaillent presque toute l'année. D'une manière générale la flottille fréquentant les lieux de pêche est plutôt ancienne puisque l'âge moyen est de 24 ans. Les bateaux les plus récents sont basés à Portbail. Ceux sont pour la plupart des gros doris en alu dont la longueur est comprise entre 8 et 10,5 m et qui pratiquent la pêche au bulot. Il y a donc très peu de renouvellement et encore moins de changement radical d'activité.

La pêche des crustacés n'est pas encadrée par un système de quotas européen et dépend des comités Régionaux des pêches. Celui de Basse Normandie gère depuis 1985 la pêche des principales espèces de homard, tourteau, araignée et bouquet. Il fixe annuellement un nombre de licences de pêche qui est en diminution depuis dix ans dans l'ouest Cotentin. Les différentes mesures de gestions mises en place depuis plusieurs années ont permis en 2012 de labelliser la pêcherie du homard du cotentin comme pêcherie durable respectueuse 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 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 a considérablement limité l'activité, très largement pratiquée auparavant, 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 peu 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 petite quinzaine 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 parfois les 11 m. Elles fréquentent pendant l'hiver principalement les petits gisements situés au large de Carteret ou ceux du nord Cotentin pour les coquillards, le nord de Jersey pour les perchistes ou le sud de la zone étudiée pour les chalutiers. Ces bateaux sont essentiellement basés à Carteret.

L'ensemble des déclarations de captures ainsi que l'enregistrement des activités des navires dans la base SIH Ifremer n'étant validé 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 des principaux métiers pratiqués par la flottille travaillant aux alentours de la centrale de Flamanville sont répertoriées dans le tableau 5.2.1.

Année 2014	Mois											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Métiers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Casier à crustacés	7	14	19	20	22	22	19	19	18	17	17	17
Casier à bulot	11	11	11	11	12	12	11	12	11	11	11	11
Casier à seiche				10	9							
Filet à sole				1		1			1			
Filet à raie	2	1	7	7	3	3		1	2	2	3	2
Palangre	1							2	1	1		
Chalut de fond					1	1			1			
Chalut à perche	2		1	1	2	2	2	2	2	2	1	1
Ligne à bar ou à lieu	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1
Drague à coquille	4	4	4	4	3					2	4	4

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	8	7	4	3	3	3	7	6	6	7	7	7
Bateaux actifs	24	25	28	29	29	29	24	25	25	24	24	24
Total	32	32	32	32	32	32	31	31	31	31	31	31

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 2014, les déclarations faites par les professionnels fréquentant le secteur de Flamanville (source BCS) font apparaître une production de 230 tonnes de crustacés. Le plus gros des

apports est composé de homard et de tourteaux dont les poids débarqués sont respectivement de 90 et 85 tonnes. L'araignée arrive en troisième position avec 55 tonnes.

La production de buccin est de 1468 tonnes. Cette quantité représente une diminution des déclarations de captures d'environ 300 tonnes par rapport à l'année passée.

D'autres espèces, parmi lesquelles on trouve : la coquille Saint Jacques (314 T) et les praires (3 T) représentent la quasi-totalité des captures de bivalves pour une production totale d'environ 320 tonnes déclarés en 2014.

Les céphalopodes (14 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 les quantités déclarées sont en diminution depuis plusieurs années. Les fluctuations inter-annelles 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 (44,5 T), mais aussi par d'autres espèces de sélaciens (petite et grande roussette, émissole) (39,6 T) ou bien encore la sole (25 T) pour les poissons plats.

Cette liste n'est évidemment pas exhaustive et on peut estimer qu'en 2014 la production déclarée de la flottille du nord ouest Cotentin est d'environ 2200 tonnes. La diminution provient principalement des captures de buccin en baisse dans le secteur cette année. Il faut noter que le homard est la première espèce débarquée dans la communauté des crustacés. Cette estimation est basée sur les déclarations 2014 issues des journaux de bord et fiches de pêches déclaratives des captures des navires du quartier de Cherbourg.

5.2.2. Pêches expérimentales

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



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. Celles 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 (3, 9 et 13) sont en périphérie. Cette mesure de gestion se traduit par une augmentation des rendements de pêche ce qui introduit depuis cette date un biais dans la série historique des campagnes.

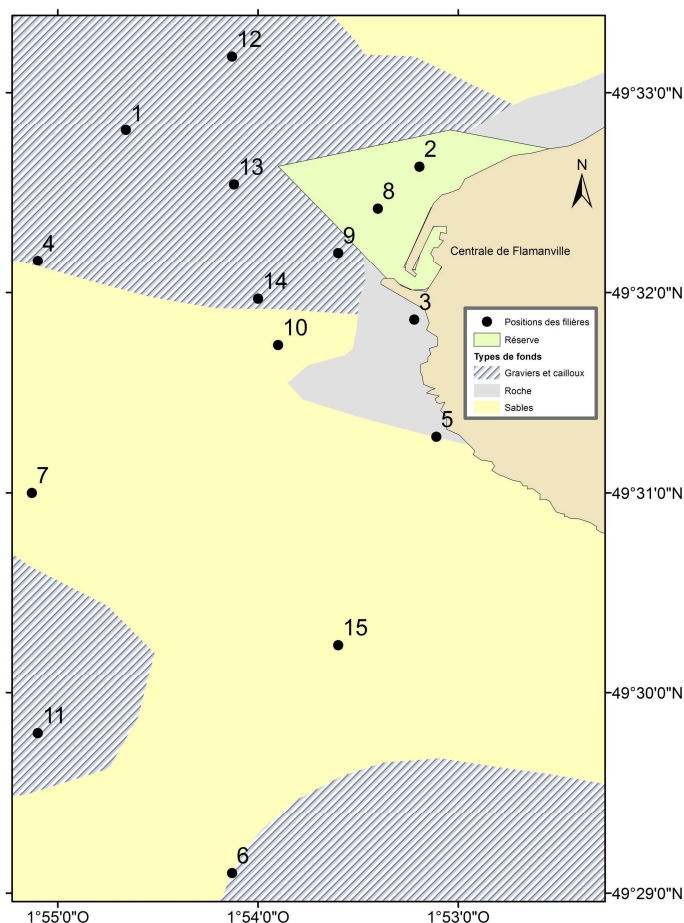


Figure 5.2.1 : Faciès sédimentaire du site étudié (d'après Larssonneur) et localisation des points échantillonnés

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 2015 les missions en mer ont été réalisées du 9 au 12 juin et du 8 au 11 octobre. Les filières de casiers ont été positionnées la veille de chaque campagne par le pêcheur aussi bien dans la zone interdite à la navigation devant 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	9	15	430
	10	15	430
	11	15	430
	12	15	430
Septembre	8	15	428
	9	15	429
	10	15	430
	11	15	429

Tableau 5.2.2 : Dates des campagnes 2015 et nombre de filières relevées

Observations réalisées

Les observations réalisées en 2015 reposent sur 3 436 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 un ordinateur 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 2015 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 2014, soit 30 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 :

$$W = \frac{aLc^b}{aLc^b}$$

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 toujours dans une tendance haussière. Cette variation, 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.

Lors des deux campagnes, les captures moyennes ont été multipliées par 10 depuis le plus bas historique en 1987. Elles sont cette année de 80 individus pour 80 casiers sur l'ensemble de la zone étudiée. Cette valeur est en très légère augmentation par rapport à 2014.

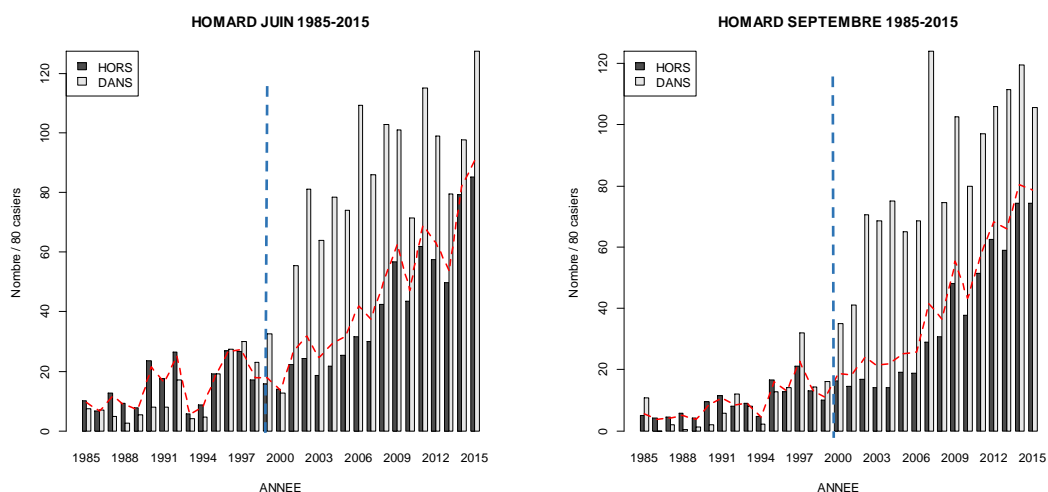


Figure 5.2.2 : Evolution de l'abondance du homard "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (- - globale)

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).

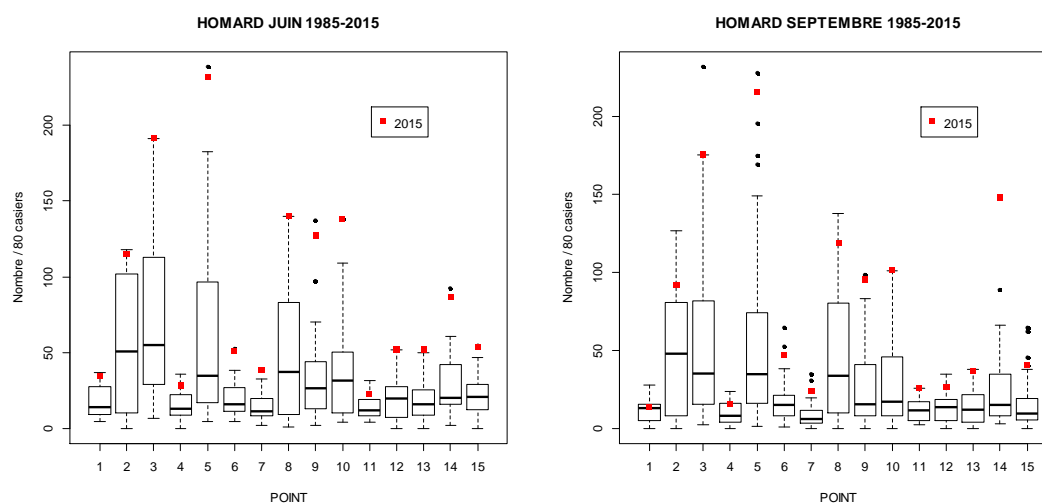


Figure 5.2.3 : Evolution de l'abondance des homards par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (●) représente la moyenne.

Toutefois comme observé en 2012 et 2013, ceux situés au sud de la zone tels que les points 3 et 5 ont respectivement des rendements maximums de 183 et 223 individus pour 80 casiers en septembre. Ces filières pourtant en dehors de la réserve, représente les plus forts rendements jamais observés 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 116 ind./80casiers. Ainsi la figure 5.2.3 présente une vue globale des rendements dont les plus forts ne sont plus uniquement à l'intérieur de la réserve mais aussi au sud de celle-ci (points 9, 10, 14) et principalement dans la partie rocheuse (points 3 et 5). En 2015 l'indice de captures pour 80 casiers de la réserve ne représente plus que le cinquième du rendement total. Si l'on regroupe les cinq filières placées au sud de la réserve ont comptabilisé ainsi plus de 60% des captures totales réalisées en dehors de cette dernière. Les indices d'abondance les plus faibles sont observés au niveau des points 1, 4, 11 situés au large avec moins de 30 ind./80casiers.

➤ Répartition des tailles

Les profils de taille sont très proches entre les deux campagnes. La taille moyenne des homards capturés en 2015 est de 83 mm (Fig.5.2.4).

La proportion d'individus de taille commerciale en dehors des points 2 et 8 est de 22,6%, alors que la même proportion est de 73% 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. Ils représentent 90% des captures dans les filières 3 et 5 lors des deux campagnes. Dans une moindre mesure les observations réalisées au niveau des filières 10, 11 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 de 6 mm sur l'ensemble de la zone prospectée (Fig. 5.2.4).

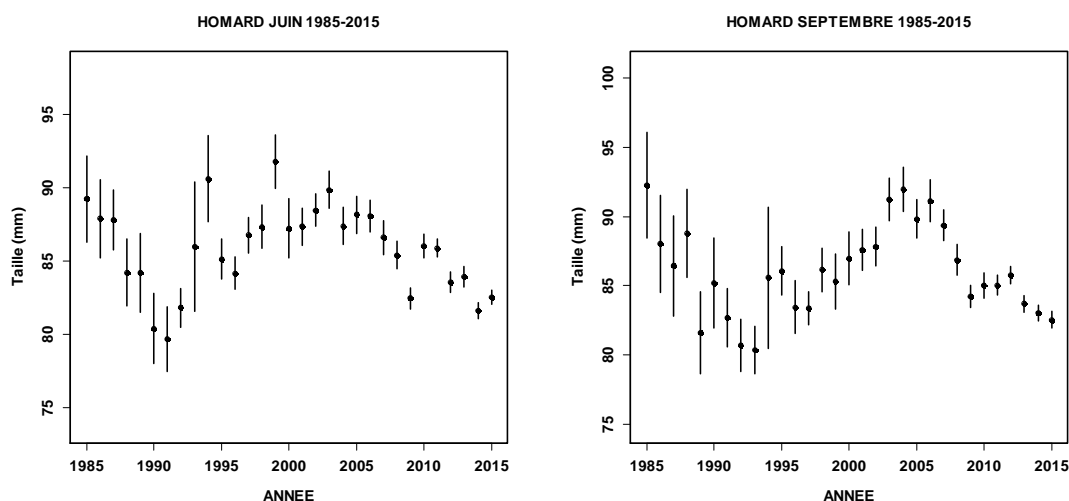


Figure 5.2.4 : Evolution de la taille moyenne des homards depuis 1985

➤ 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 2014 est de 378 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 faudra encore un à deux ans pour que ces individus atteignent la taille commerciale ce qui correspond à un poids d'environ 480 g.

Il n'existe pas d'évolution temporelle significative de ce paramètre 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. L'absence de plus petits individus pourrait aussi venir du fait que la zone d'étude ne dispose pas d'un habitat susceptible de convenir à cette phase juvénile.

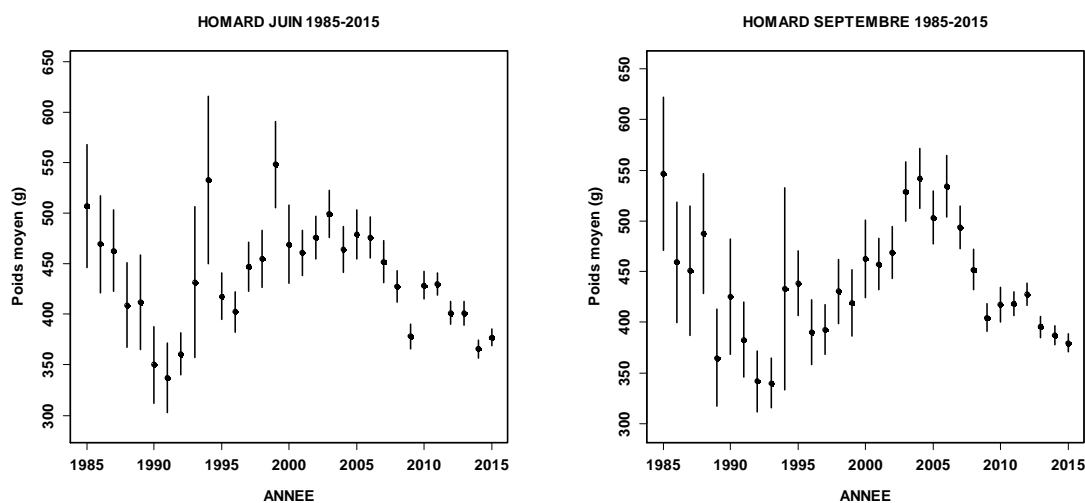


Figure 5.2.5 : Evolution du poids moyen des homards capturés depuis 1985

➤ 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 : 51 % des individus sont de sexe mâle en 2015.

5.2.2.2.1 Le tourteau (*Cancer pagurus*)

➤ Evolution temporelle des rendements

L'année 2015 montre des rendements similaires entre juin et septembre (Fig. 5.2.6 courbe rouge) avec des indices respectifs de 49 et 50 ind./80 casiers. La contribution des points 2 et 8 est particulièrement faible cette année. Les rendements y sont en moyenne inférieurs à 6 ind./80 casiers et diminuent lors de la campagne du mois de juin depuis 2007. Les filières situées au sud du cantonnement sont toujours parmi les plus forts rendements (Fig. 5.2.7). Ceci pourrait confirmer un phénomène d'échappement des individus de la réserve vers la périphérie de celle-ci, provoqué par l'effet de compétition territoriale en faveur du homard qui colonise la zone interdite à la pêche. Les filières 9, 10, 13 et 14 ont ainsi des rendements respectifs de 50, 76, 104 et 74 individus pour 80 casiers. 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.

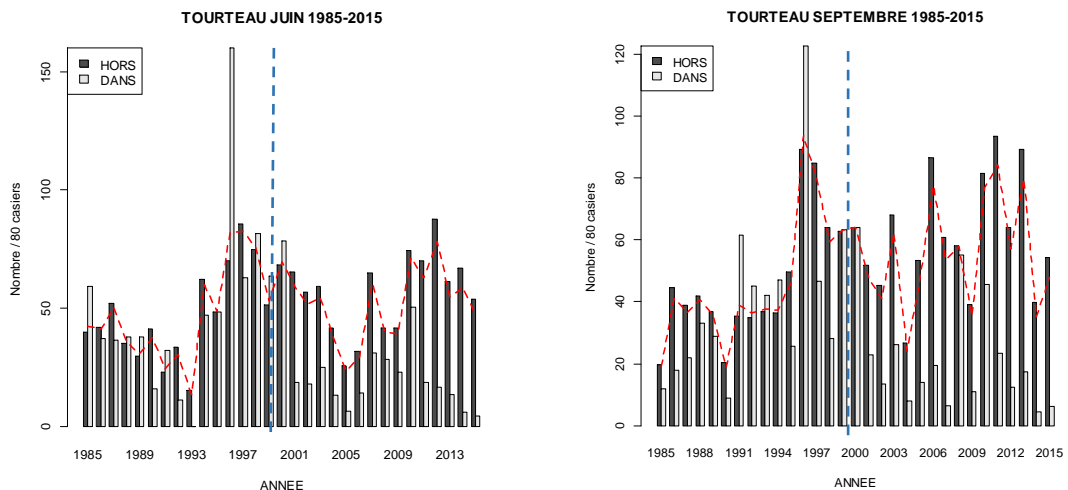


Figure 5.2.6 : Evolution de l'abondance du tourteau "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (- - globale)

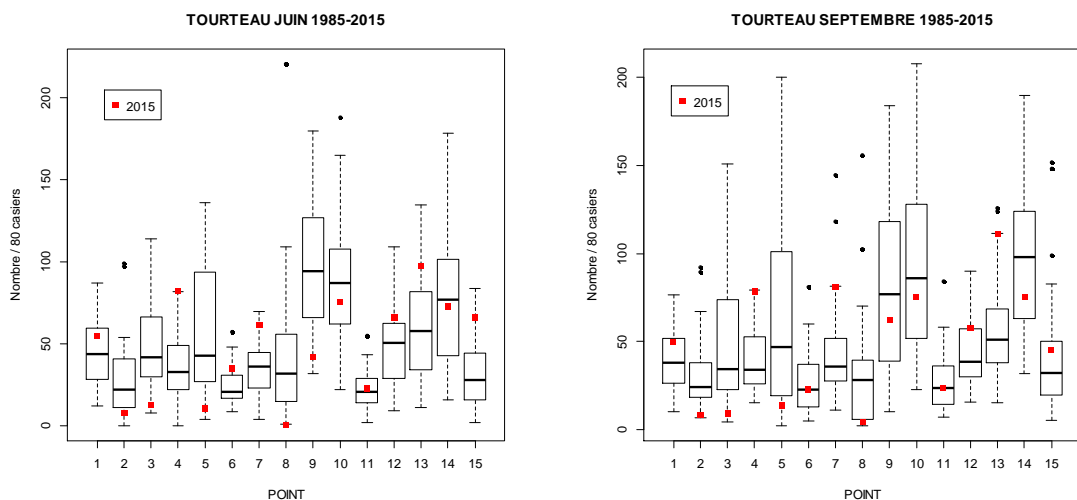


Figure 5.2.7 : Evolution de l'abondance des tourteaux par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge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

➤ Répartition des tailles

La taille moyenne des individus capturés (largeur) lors des campagnes 2015, est en légère diminution par rapport à 2014, elle n'a toutefois 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 122 mm en juin et 126 mm en septembre.

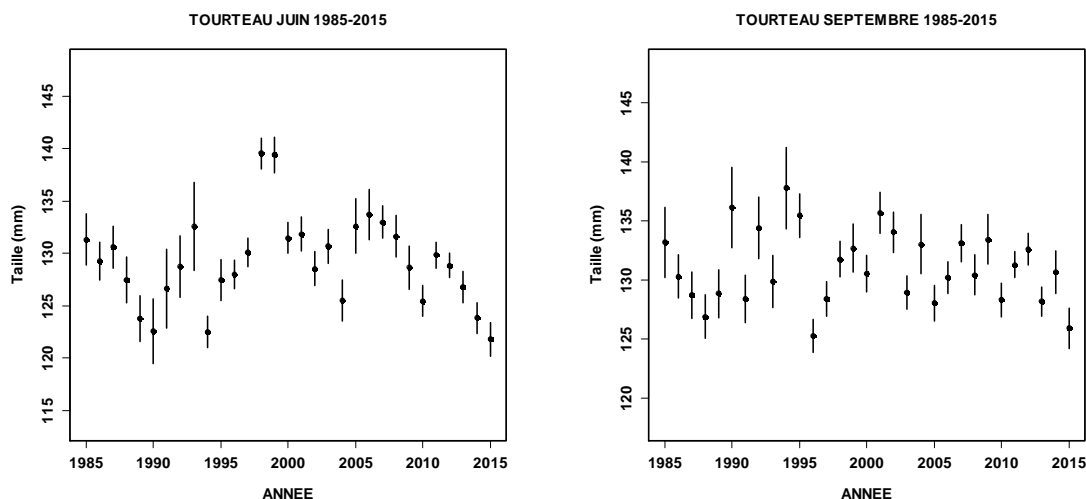


Figure 5.2.8 : Evolution de la taille moyenne du tourteau depuis 1985

Seuls 30% des individus capturés sont de taille marchande en 2015 (annexe 5.2.2). 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 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 $b=2,848$

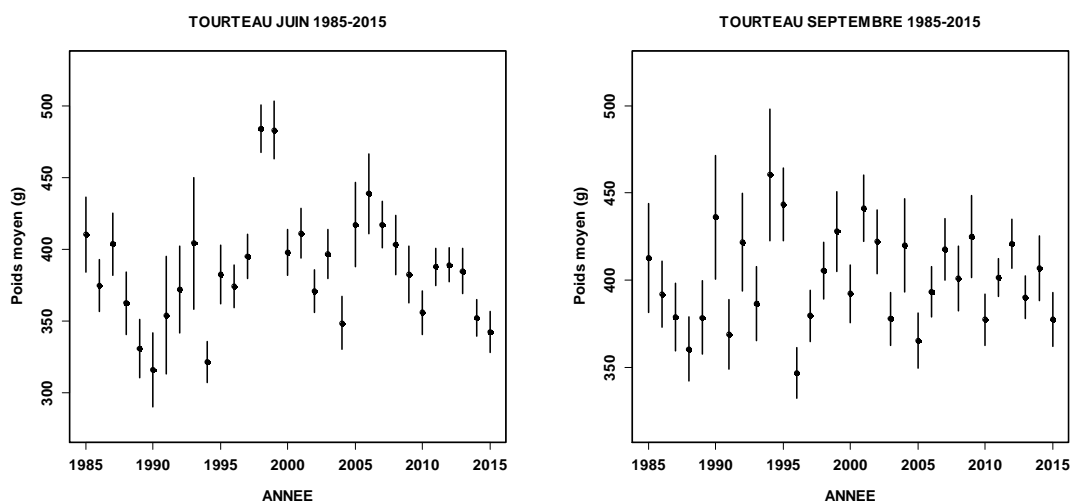


Figure 5.2.9 : Evolution du poids moyen des tourteaux capturés depuis 1985

Il est de 373 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 56% de mâles (annexe 5.2.2). La campagne de septembre confirme qu'il y a moins de femelles capturées qu'en juin.

5.2.2.2 L'araignée (*Maja brachydactyla*)

➤ Evolution temporelle des rendements

Les rendements sont de 31 individus pour 80 casiers. Ils sont supérieurs à ceux de 2014 aussi bien en juin qu'en septembre (Fig. 5.2.10). La campagne de juin met en évidence une augmentation des captures depuis le début du suivi en 1985.

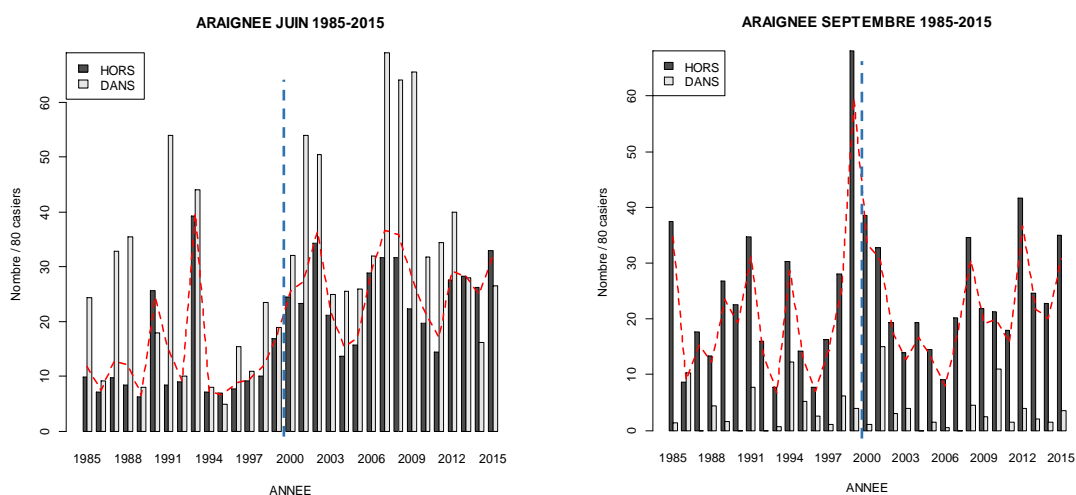


Figure 5.2.10 : Evolution de l'abondance de l'araignée "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (--- globale)

La campagne de septembre montre que les meilleurs rendements sont réalisés dans la zone exploitée par les professionnels alors que ceux des points placés dans la réserve ou proches de celle-ci sont très faibles (Fig. 5.2.11). 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.

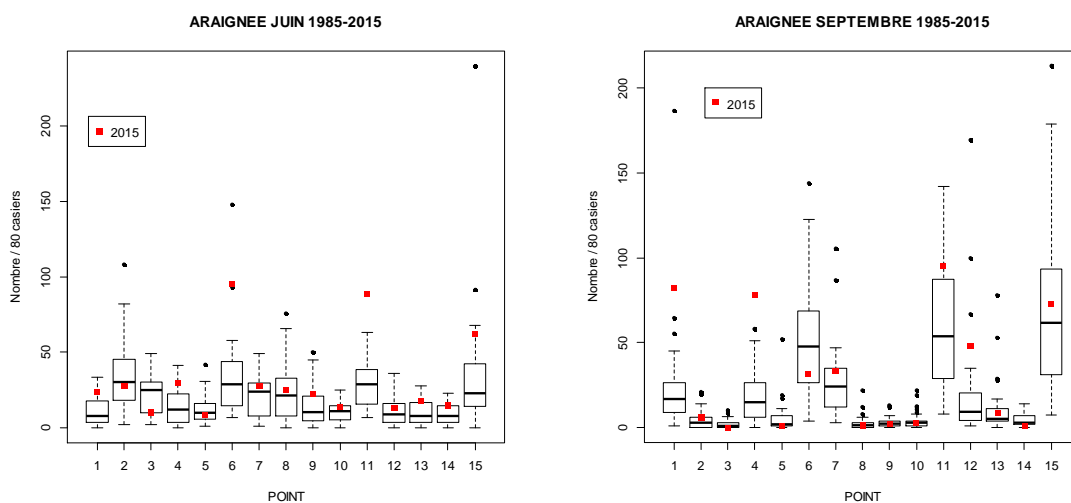


Figure 5.2.11 : Evolution de l'abondance des araignées par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge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

Les captures les plus importantes sont observées lors de la campagne de juin dans les filières 6, 11, 15 sur les fonds sableux situés à l'ouest de l'anse de Sciotot. Cela s'explique par le fait que les araignées, arrivées en fin de printemps, privilégient les zones sableuses situées à l'ouest ou au sud de la zone. Elles représentent respectivement 95, 88 et 63 individus pour 80 casiers en 2015.

➤ Répartition des tailles

La longueur céphalothoracique moyenne des araignées capturées en 2015 est de 103 mm (Fig. 5.2.12). La taille moyenne des captures est très proche de ce qui a été observé en 2014. Le pourcentage d'individus de taille commerciale est de 39% (annexe 5.2.3). 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.

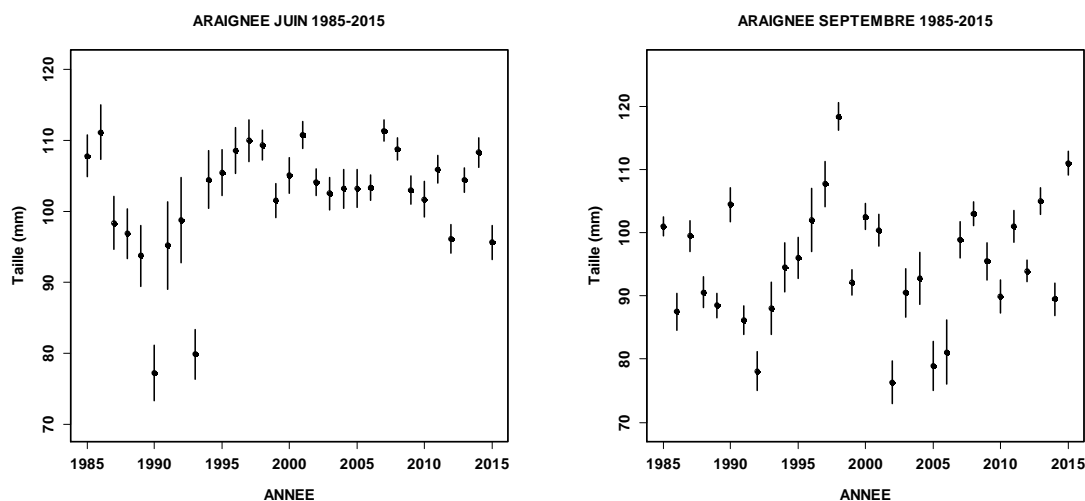


Figure 5.2.12 : Evolution de la taille moyenne des araignées depuis 1985

➤ 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 2015 montre que le poids moyen (368 g) diminue pour se situer à un niveau observé en 1985. 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 ou a regagné les eaux plus profondes au nord-ouest des îles anglo-normandes. Ce qui explique entre autre, la grande variabilité des données à cette période de l'année.

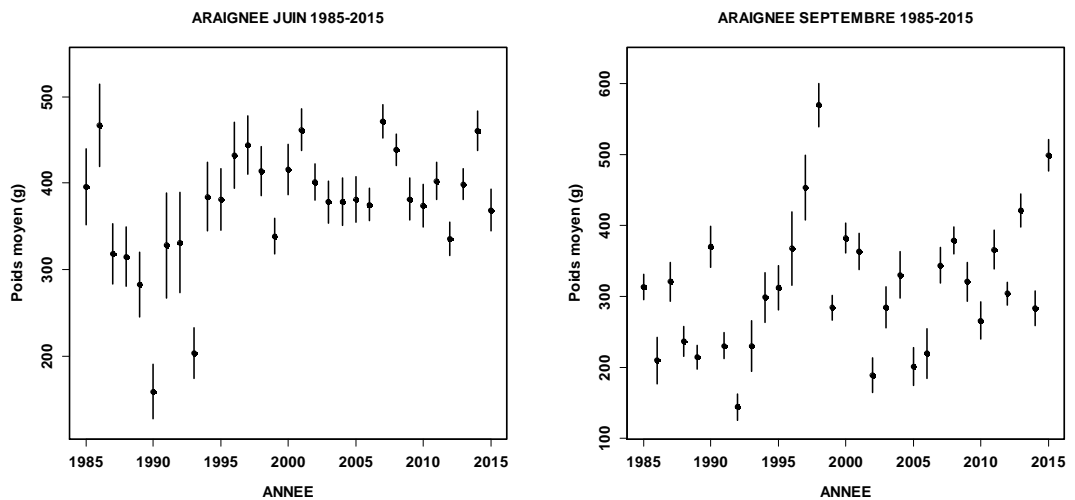


Figure 5.2.13 : Evolution du poids moyen des araignées capturées depuis 1985

➤ Proportion des sexes

La proportion de mâles est de 75% en juin et 71% en septembre (annexe 5.2.3).

5.2.2.2..3 L'étrille (*Necora puber*)

➤ Evolution temporelle des rendements

Lors de la campagne du mois de juin, les rendements sont en légère baisse par rapport à 2014 alors qu'ils sont stables en septembre (Fig. 5.2.14). Ils sont respectivement de 15 et 11 individus pour 80 casiers.

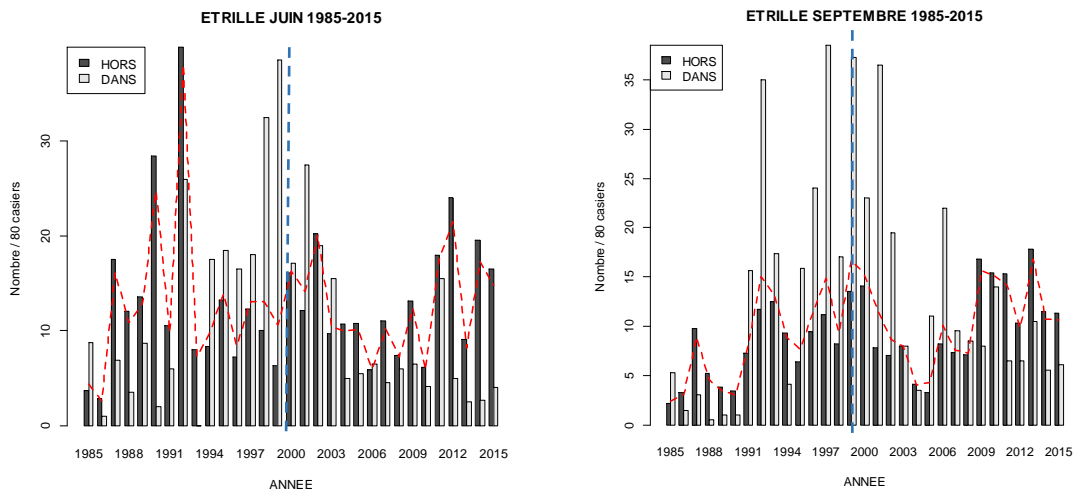


Figure 5.2.14 : Evolution de l'abondance de l'étrille "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (- - globale)

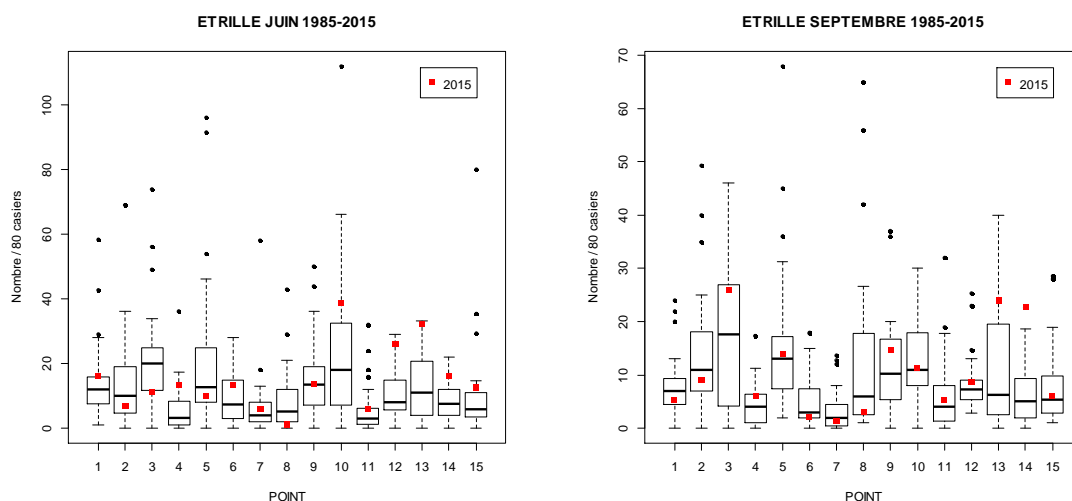


Figure 5.2.15 : Evolution de l'abondance des étrilles par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge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

Le rendement moyen le plus important est enregistré lors de la campagne de juin au point 10 avec 38 individus pour 80 casiers (Fig. 5.2.15).

➤ Répartition des tailles

Cette année, la taille moyenne est de 50 mm. En dehors de quelques fluctuations inter annuelles, l'étude des longueurs moyennes met en évidence une certaine stabilité de la taille depuis une dizaine d'années (Fig. 5.2.16). Par contre, sur une période plus longue on observe une diminution significative de la taille moyenne. C'est ainsi la seule espèce de la communauté étudiée à présenter une telle configuration.

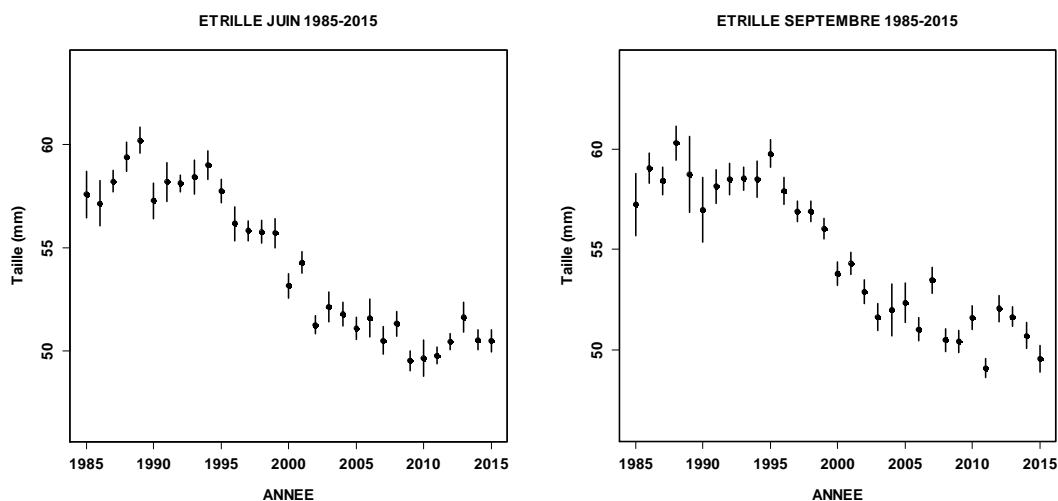


Figure 5.2.16 : Evolution de la taille moyenne des étrilles depuis 1985

La proportion d'individus dont la taille est supérieure à la taille commerciale est de 58%. Les plus grands individus ont été capturés dans les points 2 et 8 mais leur nombre est très inférieur au reste de la zone prospectée.

➤ 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 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 dizaine d'année.

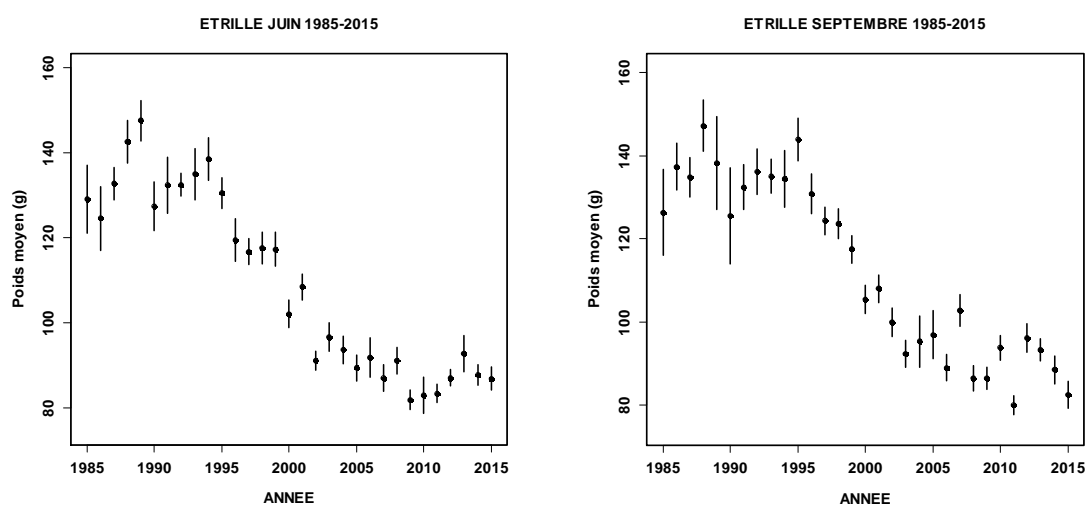


Figure 5.2.17 : Evolution du poids moyen des étrilles capturées depuis 1985

➤ Proportion des sexes

Comme chaque année, le sex-ratio des individus capturés (annexe 5.2.4) est déséquilibré en faveur des mâles (72%).

➤ Proportion d'individus mous

Le pourcentage d'individus en période de mue est de 23 % sur l'ensemble des deux campagnes.

5.2.2.2..4 Buccin et paguridés

Les filières 6, 7, 11 et 15 situées au sud du cap de Flamanville, représentent 95% des captures de buccins (annexe 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 0,5 individus pour 10 casiers alors que ceux concernant les paguridés sont de 0,4 ind./10 casiers. Ils sont en forte diminution cette année (Fig. 5.2.18) pour revenir à un indice semblable au plus bas de la série historique.

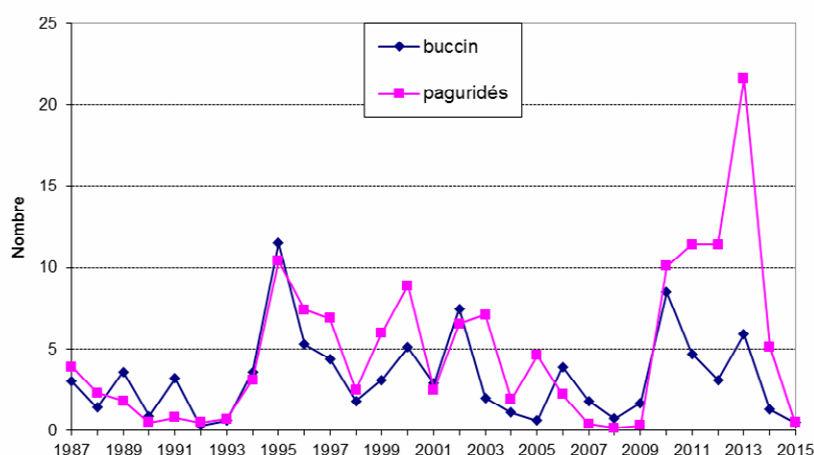


Figure 5.2.18 : Rendements en nombre d'individus pour 10 casiers

5.2.2.3. Zone du Cantonnement

5.2.2.3.1 Le homard

Les filières 2 et 8 ont des rendements respectifs de 115, 117 homards pour 80 casiers lors de la campagne de juin et 92, 119 pour celle de septembre (Fig. 5.2.19). 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 et significative du nombre de homards dans la zone protégée. Cette tendance est beaucoup moins évidente ces dernières années et semble représenter un pallier situé autour des 130 individus pour 80 casier qu'il est difficile de franchir.

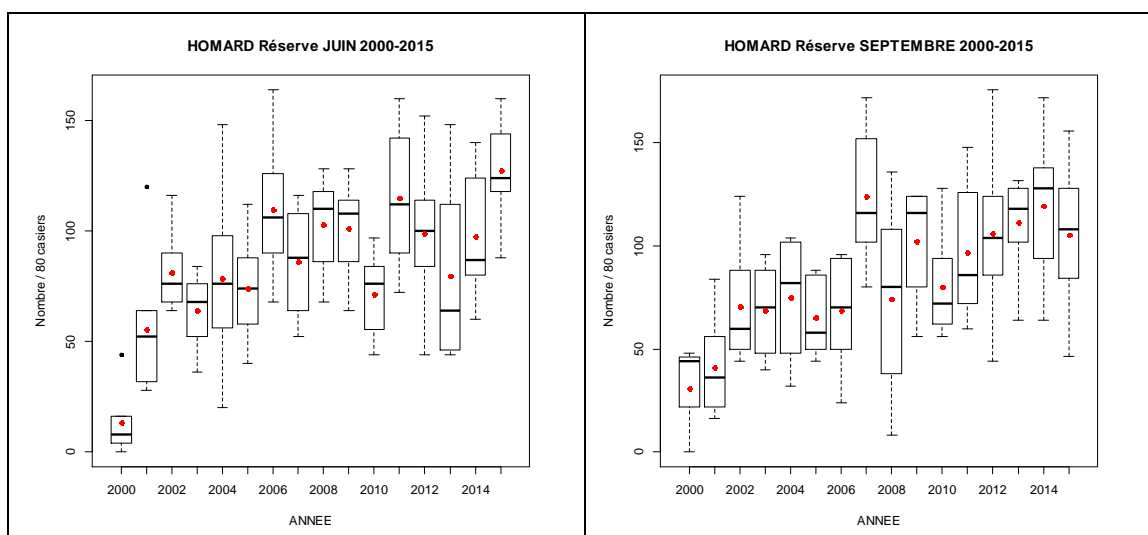


Figure 5.2.19 : Evolution de l'abondance du homard par année de prélèvement depuis 2000. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (●)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

Le nombre de femelles œuvées capturées dans la réserve est de 64 ind./80 casiers lors de la campagne juin et de 40 ind./80 casiers en septembre. La taille moyenne y est de 94 mm

(Fig.5.2.20) alors qu'à l'extérieur la majorité des individus ne dépasse pas les 85 mm (Fig. 5.2.4) et sont pour la plupart immatures. La proportion d'individus supérieurs à la taille commerciale est de 73% alors qu'il n'est que de 22% dans la zone exploitée par les professionnels.

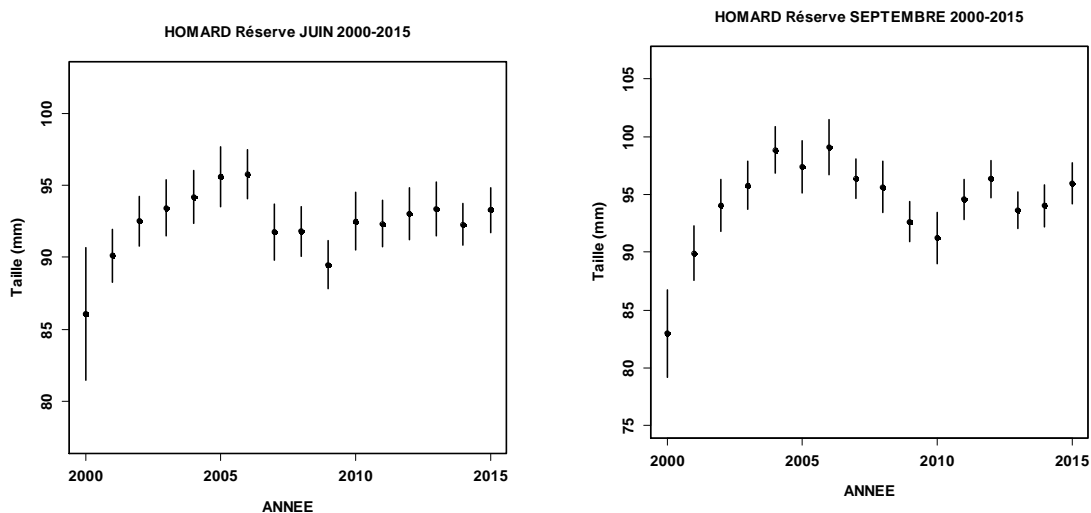


Figure 5.2.20 : Evolution temporelle de la taille moyenne des homards dans le cantonnement depuis 2000

5.2.2.3.2 Le Tourteau

Les rendements diminuent encore cette année (Fig. 5.2.21). Ils sont de 5,4 individus pour 80 casiers sur l'ensemble de la réserve ce qui correspond à l'un des indices d'abondance parmi les plus bas enregistrés depuis que la zone a été créée.

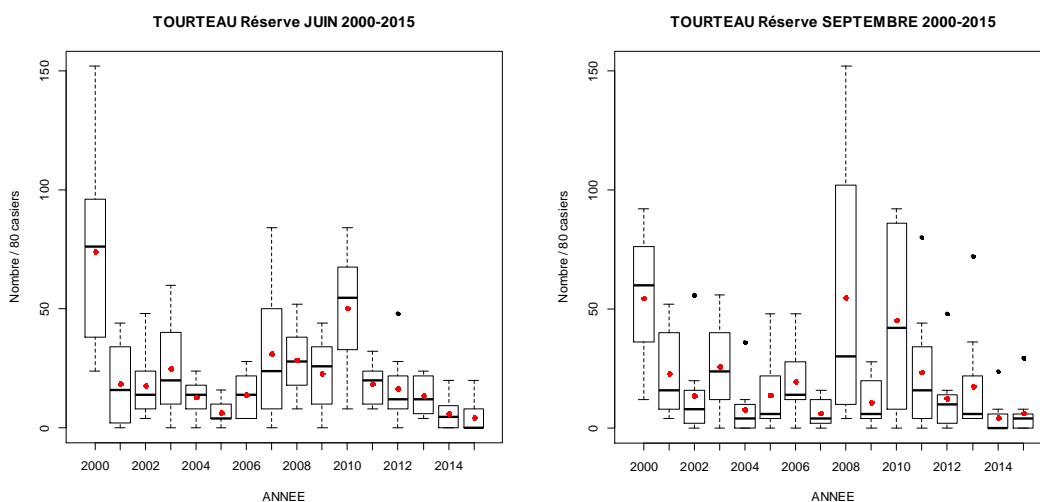


Figure 5.2.21 : Evolution de l'abondance du tourteau par année de prélèvement depuis 2000. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (\square) ; les moustaches, 80 % des valeurs (\top). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (\bullet). Le point rouge (\bullet) représente la moyenne.

Le graphe du mois de juin montre une diminution de la taille moyenne depuis 4 ans sans que cela soit significatif (Fig. 5.2.22) étant donnée la grande variabilité et le faible nombre de captures.

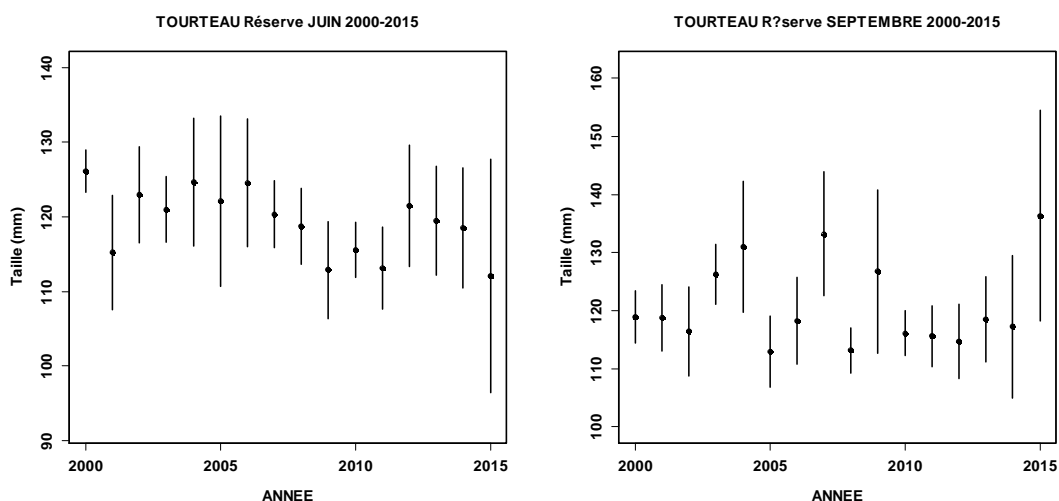


Figure 5.2.22 : Evolution temporelle de la taille moyenne des tourteaux dans le cantonnement depuis 2000

5.2.3. Conclusion

* En ce qui concerne les captures réalisées par les professionnels on peut noter une diminution par rapport à 2013. 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 retourne de façon régulière leurs déclarations de captures. Dans la zone fréquentée par les navires de Goury à Barneville-Carteret, la production de pêche en 2014 a été d'environ 2200 T. Elle est en baisse par rapport à 2013 principalement à cause de la diminution des débarquements de buccin.

Les captures de homards augmentent encore cette année passant ainsi de 82 T en 2013 à presque 90 T. Il est aujourd'hui le premier crustacé débarqué par les navires du secteur. Les productions ont été multipliées par trois en dix ans.

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 d'eau chaude et chlorée du CNPE de Flamanville sur cette activité.

* Depuis le début de la série temporelle, les campagnes montrent que sur l'ensemble des points de prélèvement, 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 10 ans. De plus la tendance significative est haussière 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 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 juvéniles dont les densités sont

supérieures aux plus hauts historiques. Ils sont observés au sud du cantonnement et du CNPE de Flamanville. Cette population importante de petits individus devrait avoir pour effet de maintenir la taille moyenne à un niveau artificiellement bas puisqu'elle représente presque la moitié des captures par unité d'effort dans la zone exploitée par les caseyeurs. Le renouvellement régulier des individus, dans ce type d'habitat rocheux très favorable au développement des juvéniles, pourrait provenir de la réserve ou de méta-populations du Golfe normand breton par dispersion larvaire.

* Le tourteau n'est plus la principale espèce capturée cette année et ceci peut être à cause de la forte abondance du homard dans les filières placées au sud de la réserve. Cette zone étant pourtant principalement constituée par un habitat favorable au tourteau. 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 dans les filières 9, 10, 14 et que la taille des homards est relativement faible, la compétition entre les deux espèces semble s'équilibrer, ce qui n'est peut être plus le cas cette année. En effet l'équilibre semble tourner au profit du homard dont les abondances au niveau de la filière 9, placée en bordure sud du cantonnement, dépassent cette année ceux du tourteau.

* Les rendements en araignées sont en augmentation cette année tout en restant dans les limites des fluctuations annuelles importantes observées depuis dix ans. A la différence de l'année dernière, la taille augmente en septembre probablement à cause de l'augmentation du nombre de gros individus capturés.

* La taille moyenne des étrilles capturées est en légère diminution cette année mais n'a pas significativement varié depuis sept ans. Elle correspond probablement au seuil de sélectivité de l'engin qui permet aux petits individus de s'échapper du casier.

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 important qu'à l'extérieur. De plus leur nombre représente la plus grande quantité de femelles ovigères capturées dans le cantonnement depuis sa création. Ce qui devrait permettre une plus importante production de larves, favorisant selon les courants, la population de la réserve et 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 jeunes individus vers l'extérieur. Ceci pourrait expliquer l'augmentation des abondances en homard dans les filières situées au sud de la zone. La filière 9 en serait un exemple dans lequel on observe une augmentation de l'abondance associée à une diminution de la taille moyenne par rapport à la série temporelle.

* Les rendements en tourteaux diminuent encore cette année et les captures deviennent insignifiantes dans cette zone. Ce qui peut paraître surprenant dans la mesure où cette espèce est généralement abondante dans les habitats prospectés à l'extérieur de la réserve. Cela 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. La population de tourteaux, qui est encore dans la réserve, ne rentre plus dans les casiers alors que le nombre de homard capturé est sensiblement identique d'une année sur l'autre.

L'étude du compartiment de la macrofaune halieutique réalisée dans le cadre de la surveillance du CNPE de Flamanville, ne permet pas de conclure à l'existence d'un effet des rejets d'eau, sur la communauté des crustacés capturés pendant les campagnes expérimentales.

5.3. Annexes

Mission	Date	Coeff. Marée	Point	Nuages	Sonde	Engin	Heure début (T.U.+2)	Durée	Temps après P.M. (B.M.)	Volume (m ³)
234	11 juin	61	Référence	4	20	Bongo 1	17h10	3mn30	2h02	184
						Bongo 2	17h18	3mn30	2h10	155
						Neuston S	17h25	18mn	2h17	3231
			Point 3	3	26	Bongo 1	16h19	3mn30	1h11	235
						Bongo 2	16h25	3mn30	1h17	191
						Neuston S	16h30	16mn	1h22	2640
235	25 juin	41	C. Amenée		5	Bongo 1	17h25	2mn40	3h33	88
						Bongo 2	17h35	2mn30	3h43	83
						Neuston S	17h43	7mn26	3h51	715
			Rejet		17	Bongo 1	16,49	2mn40	2h57	130
						Bongo 2	16h58		3h06	155
						Neuston S	17h06	10mn50	3h14	1500
			Référence		22	Bongo 1	16,04	4mn17	2h12	214
						Bongo 2	16h14	3mn31	2h22	157
						Neuston S	16h20	15mn	2h28	2194
			Point 3	0	27	Bongo 1	15h07	3mn08	1h15	85
						Bongo 2	15h20	3mn40	1h28	87
						Neuston S	15h29	15mn13	1h37	2189
236	9 juillet	66	C. Amenée	1	7	Bongo 1	16h10	1mn40	2h44	85
						Bongo 2	16h16	1mn50	2h50	120
						Neuston S	16h25	8mn	2h59	1179
			Rejet	1	15	Bongo 1	15h34	2mn15	2h08	150
						Bongo 2	15h41	2mn40	2h15	185
						Neuston S	15h48	10mn	2h22	1209
			Référence	1	21	Bongo 1	14h46	4mn17	1h20	245
						Bongo 2	14h55	4mn	1h29	252
						Neuston S	15h02	15mn	1h36	2347
			Point 3	1	27	Bongo 1	13h55	3mn30	0h29	194
						Bongo 2	14h05	4min30	0h39	224
						Neuston S	14h12	18mn	0h46	2901
237	30 juillet	78	C. Amenée	2	6	Bongo 1	10h48	2mn30	3h54	35
						Bongo 2	11h00	2mn50	4h06	76
						Neuston S	11h10	7mn26	4h16	644
			Rejet	2	17	Bongo 1	11h34	2mn30	4h40	125
						Bongo 2	11h40	2mn40	4h46	147
						Neuston S	11h10	11mn	4h16	2095
			Référence	2	23	Bongo 1	12h23	3mn	5h29	205
						Bongo 2	12h31	3mn	5h37	254
						Neuston S	12h40	16mn	5h46	2735
			Point 3		27	Bongo 1	13h19	4mn	6h25	309
						Bongo 2	13h30	3mn30	6h36	194
						Neuston S	13h36	16mn	6h42	2487
238	27 août	71	Référence		20	Bongo 1	19h25	3mn39	1h18	309
						Bongo 2	19h32	3mn39	1h25	259
						Neuston S	19h43	15mn	1h36	2641

			Point 3		24	Bongo 1	18h07	5mn42	0h00	443
						Bongo 2	18h30	3mn55	0h23	294
						Neuston S	18h48	15mn	0h41	1890
239	8 septembre	44	C. Amenée	6	7	Bongo 1	15h13	2mn30	4h41	91
						Bongo 2	15h22	2mn30	4h50	112
						Neuston S	15h31	7mn26	4h59	858
			Rejet	5	17	Bongo 1	14h37	2mn50	4h05	194
						Bongo 2	14h46	4mn30	4h14	333
						Neuston S	15h00	8mn30	4h28	1546
			Référence	4	25	Bongo 1	16h50	3mn	6h18	191
						Bongo 2	16h58	3mn20	6h26	148
						Neuston S	17h05	14mn30	6h33	3173
			Point 3	7	27	Bongo 1	16h01	3mn	5h29	202
						Bongo 2	16h10	3mn50	5h38	172
						Neuston S	16h18	15mn	5h46	2249

Annexe 5.1. Caractéristiques des prélèvements effectués en 2015

Date	Point	Température (°C)		DT maximum (°C)		Salinité		Densité	
		Surf.	Fond	Surf.	Fond	Surf.	Fond	Surf.	Fond
11 juin	Référence	13,37	13,36			35,13	35,14	26,40	26,43
	Point 3	13,28	13,25			35,12	35,12	26,42	26,43
25 juin	C. Amenée	15,45	15,44	-0,2		35,35	35,49	26,14	26,25
	Rejet	15,28							
	Référence	14,65	14,59			35,05	35,06	26,08	26,15
	Point 3	14,28	14,23						
9 juillet	C. Amenée	16,40	16,34	-0,2		34,99	34,97	25,64	25,64
	Rejet	16,20							
	Référence	15,57	15,55			35,05	35,06	25,88	25,90
	Point 3	15,41	15,33						
30 juillet	C. Amenée	17,13	17,11	0,2		35,02	35,07	25,50	25,54
	Rejet	17,37							
	Référence	17,04	16,96			35,08	35,07	25,57	25,58
	Point 3	17,15	17,13						
27 août	Référence	17,97	17,97			35,00	35,00	25,28	25,28
	Point 3	17,23	17,20			35,12	35,13	25,55	25,57
8 septembre	C. Amenée	17,51	17,52	2,7		35,02	35,02	25,41	25,41
	Rejet	20,19							
	Référence	17,20	17,20			35,02	35,02	25,48	25,48
	Point 3	17,16	17,13						

Annexe 5.2. Résultats des mesures hydrologiques effectuées en 2015

Mission	Date	Point	Nuages	Engin	Total larves	Zoés stade 1	Zoés stade 2	Zoés stade 3	Mégalopes
234	11 juin	Référence		Bongo 1 Bongo 2 moy. Bongo Neuston S	0,109 0,054 0,019	0,109 0,054 0,019			
		Point 3		Bongo 1 Bongo 2 moy. Bongo Neuston S	0,043 0,052 0,047 0,011	0,043 0,052 0,047 0,011			
235	25 juin	C. Amenée		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S	 0,014	 0,014			
		Rejet		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S	 0,047	 0,047			
		Référence		Bongo 1 Bongo 2 moy. Bongo Neuston S	0,047 0,064 0,055 0,014	0,047 0,023 0,014	0,064 0,032		
		Point 3		Bongo 1 Bongo 2 moy. Bongo Neuston S	0,118 0,059 0,101	0,118 0,059 0,087	 0,014		
236	9 juillet	C. Amenée		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S	 0,008	 0,008			
		Rejet		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S	 0,008	 0,008			
		Référence		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
		Point 3		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S	 0,003	 0,003			
237	30 juillet	C. Amenée		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
		Rejet		Bongo 1 Bongo 2					
		Référence		Neuston S Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
		Point 3		Bongo 1 Bongo 2					

				Neuston S				
238	27 août	Référence		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S				
		Point 3		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S				
239	8 septembre	C. Amenée		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S				
		Rejet		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S				
		Référence		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S				
		Point 3		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S				

Annexe 5.3. Densités des larves de homard en 2015 (en nombre par 10 m³)

Mission	Date	Point	Engin	Mégalopes	Total Zoés	Zoés stade 1	Zoés stade 2
234	11 juin	Référence	Bongo 1 Bongo 2				
		Point 3	Bongo 1 Bongo 2				
235	25 juin	C. Amenée	Bongo 1 Bongo 2				
		Rejet	Bongo 1 Bongo 2		0,31 0,39	0,23 0,39	0,08
			Moyenne		0,35	0,31	0,04
			Référence	Bongo 1 Bongo 2 Moyenne	0,05	0,19 0,26	0,19 0,26
		Point 3	Bongo 1 Bongo 2 Moyenne		0,12		0,12
				0,06		0,06	

236	9 juillet	C. Amenée	Bongo 1			0,08	0,08		
			Bongo 2						
			Moyenne			0,04	0,04		
		Rejet	Bongo 1						
			Bongo 2						
		Référence	Bongo 1			0,25	0,25		
			Bongo 2			0,44	0,36	0,08	
			Moyenne			0,34	0,30	0,04	
		Point 3	Bongo 1			1,60	1,19	0,41	
			Bongo 2	0,13		0,89	0,71	0,18	
			Moyenne	0,07		1,25	0,95	0,30	
		237	30 juillet	C. Amenée	Bongo 1			0,28	
Bongo 2									
Moyenne						0,14		0,14	
Rejet	Bongo 1					0,24	0,08	0,16	
	Bongo 2			0,07		0,07		0,07	
	Moyenne			0,03		0,15	0,04	0,11	
Référence	Bongo 1			0,10		1,80	0,19	1,61	
	Bongo 2			0,12		1,73	0,16	1,58	
	Moyenne			0,11		1,77	0,18	1,59	
Point 3	Bongo 1			0,03		1,65	0,74	0,91	
	Bongo 2			0,05		3,05	0,88	2,17	
	Moyenne			0,04		2,35	0,81	1,54	
238	27 août	Référence	Bongo 1	0,13		5,19	3,24	1,94	
			Bongo 2	0,08		5,51	3,01	2,51	
			Moyenne	0,10		5,35	3,12	2,23	
		Point 3	Bongo 1	0,09		7,16	4,27	2,89	
			Bongo 2	0,07		10,40	7,68	2,72	
			Moyenne	0,08		8,78			
239	8 septembre	C. Amenée	Bongo 1			0,36	0,18	0,18	
			Bongo 2						
			Moyenne			0,18	0,09	0,09	
		Rejet	Bongo 1			0,05		0,05	
			Bongo 2			0,09	0,06	0,03	
			Moyenne			0,07	0,03	0,04	
		Référence	Bongo 1			0,84	0,63	0,21	
			Bongo 2	0,20		0,74	0,47	0,27	
			Moyenne	0,10		0,79	0,55	0,24	
		Point 3	Bongo 1	0,25		1,24	0,89	0,35	
			Bongo 2			0,12		0,12	
			Moyenne	0,12		0,68	0,45	0,23	

Annexe 5.4. Densités des larves d'araignée en 2015 (en nombre par 10 m³)

JUN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne (cm)	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	52	32	19	1	9.0	491	62
Filière 2	115	57	53	5	9.1	515	50
Filière 3	287	146	134	7	7.9	317	51
Filière 4	43	22	19	2	8.4	386	51
Filière 5	347	172	171	4	7.7	297	50
Filière 6	77	43	33	1	8.2	376	56
Filière 7	58	42	13	3	8.3	406	72
Filière 8	140	77	42	21	9.5	601	55
Filière 9	175	91	80	4	8.1	355	52
Filière 10	207	106	98	3	8.0	332	51
Filière 11	35	28	7		8.5	432	80
Filière 12	78	47	28	3	9.0	483	60
Filière 13	78	42	32	4	8.4	402	54
Filière 14	130	86	39	5	8.0	333	66
Filière 15	81	40	40	1	8.0	341	49
Sous total	1903	1031	808	64	8.3	377	54

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne (cm)	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	21	9	11	1	9.3	545	43
Filière 2	91	32	56	3	9.2	534	35
Filière 3	263	122	130	11	7.9	316	46
Filière 4	24	9	15		9.2	521	38
Filière 5	323	149	172	2	7.7	290	46
Filière 6	71	39	32		8.5	422	55
Filière 7	36	23	11	2	8.7	472	64
Filière 8	116	49	55	12	9.9	656	42
Filière 9	142	83	55	4	7.8	320	58
Filière 10	152	72	80		8.0	335	47
Filière 11	39	20	19		9.4	577	51
Filière 12	40	19	20	1	8.9	477	48
Filière 13	55	25	30		8.4	399	45
Filière 14	222	116	104	2	8.0	337	52
Filière 15	61	32	27	2	8.1	359	52
Sous total	1656	799	817	40	8.3	380	48

Total	3559	1830	1625	104	8.3	378	51%
--------------	-------------	-------------	-------------	------------	------------	------------	------------

Annexe 5.2.1 Résultats des pêches expérimentales de homard en 2015

JUN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Largeur céphalothoracique moyenne (cm)	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	82	36	46	13.0	391	44
Filière 2	8	5	3	11.0	237	63
Filière 3	19	13	6	12.1	318	68
Filière 4	123	60	63	12.8	368	49
Filière 5	16	10	6	11.5	300	63
Filière 6	52	35	17	14.6	567	67
Filière 7	92	51	41	13.8	454	55
Filière 8	1	1		13.3	377	100
Filière 9	57	33	24	10.1	163	58
Filière 10	114	67	47	10.0	175	59
Filière 11	34	14	20	14.4	513	41
Filière 12	99	37	62	12.3	328	37
Filière 13	146	66	80	11.3	252	45
Filière 14	109	59	50	11.2	247	54
Filière 15	99	47	52	13.4	414	47
Sous total	1051	534	517	12.2	329	51

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Largeur céphalothoracique moyenne	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	75	45	30	13.4	508	60
Filière 2	8	6	2	12.3	258	75
Filière 3	14	11	3	10.3	384	79
Filière 4	118	76	42	13.7	520	64
Filière 5	20	15	5	12.3	468	75
Filière 6	34	17	17	15.6	531	50
Filière 7	122	72	50	14.2	546	59
Filière 8	4	2	2	16.4	306	50
Filière 9	92	56	36	10.5	247	61
Filière 10	113	79	34	11.3	305	70
Filière 11	36	22	14	15.4	599	61
Filière 12	86	43	43	13.5	489	50
Filière 13	167	93	74	11.7	359	56
Filière 14	113	69	44	10.2	279	61
Filière 15	68	48	20	14.4	447	71
Sous total	1070	654	416	12.6	416	61

Total	2121	1188	933	12.4	373	56%
--------------	-------------	-------------	------------	-------------	------------	------------

Annexe 5.2.2 Résultats des pêches expérimentales de tourteau en 2015

JUN	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	36	32	3	1	10.6	33	89
Filière 2	28	25	2	1	12.0	46	89
Filière 3	15	15			11.1	27	100
Filière 4	45	39	3	3	10.8	29	87
Filière 5	12	8	4		10.4	33	67
Filière 6	143	82	61		7.5	10	57
Filière 7	42	34	7	1	10.3	31	81
Filière 8	25	23		2	12.7	80	92
Filière 9	31	31			12.4	65	100
Filière 10	21	20		1	12.3	57	95
Filière 11	133	86	43	4	8.0	19	65
Filière 12	19	17		2	11.6	47	89
Filière 13	27	22	3	2	12.2	70	81
Filière 14	22	19	3		11.8	68	86
Filière 15	94	66	27	1	8.5	24	70
Sous total	693	519	156	18	9.6	31	75

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	123	100	23		11.9	67	81
Filière 2	6	6			8.2	0	100
Filière 3	0					0	0
Filière 4	125	98	27		12.1	60	78
Filière 5	1	1			7.1	0	100
Filière 6	45	27	18		10.3	40	60
Filière 7	67	33	34		11.2	34	49
Filière 8	1		1		7.3		0
Filière 9	3	2	1		8.0	0	67
Filière 10	8	3	5		8.1	0	38
Filière 11	114	77	35	2	10.7	33	68
Filière 12	66	55	11		11.8	73	83
Filière 13	14	11	3		12.5	57	79
Filière 14	3	1	2		7.9	0	33
Filière 15	68	45	23		9.6	22	66
Sous total	644	459	183	2	11.2	48	71

Total	1337	978	339	20	10.3	39%	73%
--------------	-------------	------------	------------	-----------	-------------	------------	------------

Annexe 5.2.3 Résultats des pêches expérimentales d'araignée en 2015

JUN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	24	13	10	1	5.2	29	54
Filière 2	7	6		1	5.4	29	86
Filière 3	17	16	1		5.1	47	94
Filière 4	20	11	7	2	5.1	30	55
Filière 5	15	14	1		5.1	53	93
Filière 6	20	14	2	4	5.0	55	70
Filière 7	9	7	1	1	4.9	11	78
Filière 8	1	1			4.9	100	100
Filière 9	19	13	6		5.0	42	68
Filière 10	58	44	11	3	4.9	24	76
Filière 11	9	5	4		5.2	56	56
Filière 12	39	21	11	7	5.2	18	54
Filière 13	48	35	8	5	5.1	23	73
Filière 14	24	16	6	2	5.0	17	67
Filière 15	19	18	1		4.9	58	95
Sous total	329	234	69	26	5.1	32	71

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
Filière 1	8	5	3		4.7	13	63
Filière 2	9	8	1		5.4	0	89
Filière 3	39	31	8		4.9	8	79
Filière 4	9	7	1	1	5.2	22	78
Filière 5	21	15	6		4.9	5	71
Filière 6	3	3			5.5	0	100
Filière 7	2	2			4.8	0	100
Filière 8	3	2	1		5.6	33	67
Filière 9	22	18	4		5.1	5	82
Filière 10	17	11	6		4.9	24	65
Filière 11	8	7	1		4.5	0	88
Filière 12	13	9	4		5.1	15	69
Filière 13	36	20	16		4.9	8	56
Filière 14	34	21	13		5.0	9	62
Filière 15	9	9			4.9	22	100
Sous total	233	168	64	1	5.0	11	72

Total	562	402	133	27	5.0	23%	72%
--------------	------------	------------	------------	-----------	------------	------------	------------

Annexe 5.2.4 Résultats des pêches expérimentales d'étrille en 2015

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	13	4	17	1	4	5
2	80	79	159		0	0		0	0
3	120	120	240		0	0		0	0
4	120	120	240	0	0	0	2	0	2
5	120	120	240		6	6		0	0
6	120	120	240	18	8	26		2	2
7	120	120	240	6	6	12		0	0
8	80	78	158		0	0		0	0
9	120	119	239		0	0		2	2
10	120	120	240	0	0	0	2	0	2
11	120	120	240	12	16	28	11	4	15
12	120	120	240	0	2	2	14	0	14
13	120	120	240	0	0	0	2	8	10
14	120	120	240	2	0	2		0	0
15	120	120	240	42	40	82	1	6	7
Total	1720	1716	3436	93	82	175	33	26	59

Annexe 5.2.5 Résultats des pêches autres espèces en 2015

6. Conclusion

L'année 2015 est la trentième année de fonctionnement du CNPE de Flamanville, la trente-troisième année consécutive des études de surveillance du milieu marin menées par l'Ifremer. Le bilan météorologique global de l'année 2015 observé dans ce secteur central de la Manche se caractérise par :

- Un cumul annuel des précipitations déficitaire au cumul moyen enregistré sur la période 1949-2015
- Une insolation annuelle supérieure à la moyenne enregistrée depuis 1986
- Une température moyenne annuelle de l'air élevée et supérieure à la moyenne enregistrée sur la période 1949-2015 résultant (i) de moyennes mensuelles et trimestrielles généralement supérieures aux moyennes saisonnières, à l'exception d'août et septembre, et (ii) d'un dernier trimestre très exceptionnel par sa douceur (13,00 °C)

Les observations faites sur la température de l'air au cours de l'année 2015 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 2015 se caractérise ainsi par des températures moyennes mensuelles, tant pour l'air que pour l'eau de mer, quasiment toujours supérieures aux normales saisonnières.

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

Les températures d'eau de mer mesurées en 2015 ont été inférieures à celles de l'année précédente sur l'ensemble des points de surveillance à toutes les saisons. Les écarts de température entre les points *rejet-référence* et *rejet-canal* ont été généralement élevés en particulier au printemps. Les différences de températures au niveau du point *rejet* sont significatives tout au long de l'année avec les autres points de surveillance (*canal* et *référence*). Néanmoins, les mesures de températures des campagnes 2015, appuyées des résultats de modélisation, indiquent que l'étendue du panache de rejet reste toujours géographiquement très limitée.

Les salinités enregistrées au printemps 2015 ont été supérieures à celles de 2014 sur les différentes stations de surveillance, conséquence d'une pluviométrie faible et d'une insolation forte pour la saison.

Les salinités 2015 sont toujours supérieures aux valeurs médianes pluriannuelles calculées sur la période 1987-2014. Les plus fortes salinités depuis le début de la période de surveillance a été mesurée cette année aux points *canal* et *rejet* en été. Habituellement, il existe un gradient côte-large croissant entre les points côtiers (*canal* et *rejet*) et celui du large (*référence*). Cette année cela n'a jamais été observé. Le gradient côte-large qui est lié aux apports d'eau douce d'origine continentale n'a donc pas été marqué. Un impact de la centrale via ses rejets d'eau douce industrielle est donc improbable compte tenu du volume total de rejet et de la limite du débit journalier de ces rejets.

L'ensemble des *nutriments* mesurés lors des campagnes de surveillance 2015 présente une évolution saisonnière classique. Suite à l'augmentation de l'ensoleillement, les sels nutritifs sont assimilés et consommés par le phytoplancton qui se développe entre le printemps et l'été. Cette année, la campagne réalisée au printemps montre que le bloom printanier n'avait pas débuté. En automne, principalement sous l'effet de l'activité bactérienne, la dégradation de la matière organique produite au printemps et en été conduit à la régénération des nutriments dans

la colonne d'eau. Dans l'ensemble, les concentrations en nutriments ont généralement été proches ou inférieures aux médianes pluriannuelles établies depuis 1987.

Tout au long de l'année, les concentrations en nutriments ont été faibles et souvent proches des limites de quantification mais sont restées dans les gammes de concentrations observées depuis 2007.

La mesure de *la turbidité* montre encore cette année une distribution spatiale très limitée. Sur le plan temporel, les turbidités se sont avérées plus importantes au printemps qu'aux autres saisons.

Des mesures de concentrations des composés chimiques *hydrazine et éthanolamine* ont été effectuées aux différentes saisons sur les différents points de surveillance.

En 2015, l'ensemble des concentrations d'hydrazine obtenues est inférieur à la limite de quantification qui est de 0,1mg/L pour les échantillons de printemps et d'été et de 0,01 mg/L (analyses sous-traités) pour ceux d'automne. Il en est de même pour l'éthanolamine, la limite de quantification étant de 0,1mg/L au printemps et en été et de 0,05mg/L (analyses sous-traités) en automne.

Les concentrations étant inférieures à la limite de quantification, les rejets d'hydrazine et d'éthanolamine par la centrale ne sont pas perceptibles dans le milieu récepteur.

En conclusion, les données acquises au cours des trois campagnes de surveillance en 2015 ne permettent pas de déceler d'anomalie dans la distribution et la variation des paramètres hydrologiques et physico-chimiques au niveau de la centrale électronucléaire de Flamanville. L'activité de la centrale à travers ses rejets chimiques et thermiques ne semble donc pas modifier de manière sensible et significative les caractéristiques hydrologiques intrinsèques du milieu.

Microbiologie

En 2015, les abondances maximales en germes revivifiables ont été observées en début d'automne. Au printemps et en été, les abondances en germes revivifiables étaient supérieures aux médianes pluriannuelles sur l'ensemble de la zone. Ceci est également vrai à l'automne pour les points rejet et référence. Toutefois, les valeurs restent dans la « moustache » de la boîte (80% des valeurs pluriannuelles).

Par contre, la tendance à une augmentation d'abondance de germes revivifiables sur le point canal à l'automne se confirme (2014 et 2015).

L'intégration des données de surveillance des germes revivifiables 2015 confirme une différence significative, déjà constatée les années précédentes, entre toutes les stations quelle que soit la période considérée sans toutefois qu'il y ait un impact négatif du fonctionnement du CNPE.

Concernant les abondances de vibrions halophiles, le cycle saisonnier observé en 2015 est conforme à ce qui est généralement observé sur ce site. Au printemps aucun vibron n'a été mis en évidence sur l'ensemble de la zone. Cette situation n'est pas exceptionnelle et a déjà été observée au printemps 2009, 2010, 2011, et 2012.

Le genre *Vibrio* a été observé une seule fois pendant la campagne estivale (sur le point rejet) alors que depuis 2011, il était plus fréquemment rencontré à cette période.

Les abondances maximales de vibrions halophiles ont été observées au cours de l'automne 2015 sur les points côtiers (canal et rejet). Uniquement deux espèces de vibrions halophiles ont été identifiées en 2015 à proximité du site de Flamanville : *V. alginolyticus* et *V. vulnificus*.

En 2015, *Vibrio vulnificus* a été identifié en automne au point référence alors qu'en 2014 il était présent sur le point canal.

Vibrio cholerae n'a pas été identifié à proximité du site de Flamanville en 2015.

En conclusion, en 2015, l'étude de l'ensemble des paramètres du compartiment microbiologique (germes revivifiables et *Vibrio* spp.) n'a pas mis en évidence, pour ces paramètres, de modification significative du milieu liée à l'activité du CNPE de Flamanville.

Phytoplancton

Au cours de l'année 2015 un premier bloom phytoplanctonique a eu lieu en mai-juin, légèrement plus tardif que ce qui est généralement observé sur la côte ouest de la Manche, et avec un maximum de chlorophylle *a* observé au large. Un deuxième bloom phytoplanctonique a eu lieu au mois de septembre avec un maximum de chlorophylle *a* observé à la côte. Cependant, ce second bloom s'est étendu sur toute la côte ouest de la Manche et jusqu'aux îles anglo-normandes alors que le développement du phytoplancton est habituellement côtier.

Les paramètres photosynthétiques ainsi que les abondances phytoplanctoniques suivent une évolution saisonnière légèrement différente.

Ainsi, les valeurs de rETR sont décroissantes au cours de l'année 2015, traduisant une activité photosynthétique plus intense au printemps qu'en été et qu'en automne. Concernant le paramètre Y_{max} , seules les valeurs relevées à la côte en mars et au large en septembre sont supérieures à 0,5 ce qui suggère que l'état physiologique des cellules phytoplanctoniques était meilleur à la côte au printemps et au large en automne. Toutefois, des valeurs proches de 0,5 ont été obtenues au point rejet tout au long de l'année. Cela pourrait éventuellement montrer un effet stabilisateur des rejets d'eau chaude sur l'état physiologique des cellules phytoplanctoniques.

Par ailleurs, les abondances phytoplanctoniques en été ont été les plus fortes observées sur les trois campagnes de prélèvements, et celles d'automne les plus faibles.

Le printemps 2015 se caractérise donc par des communautés phytoplanctoniques en abondances moyennes mais productives et en bon état. À l'inverse, l'été 2015 est caractérisé par de fortes abondances phytoplanctoniques peu productives et en mauvais état. L'automne 2015 est quant à lui caractérisé par de très faibles abondances phytoplanctoniques, peu productives mais en bon état physiologique au large. Les faibles abondances phytoplanctoniques observées en automne peuvent être liées aux faibles concentrations en sels nutritifs détectées à cette saison.

À l'instar des années précédentes, les diatomées ont largement dominé la communauté phytoplanctonique tout au long de l'année 2015 sur le site du CNPE de Flamanville. La plus faible proportion de diatomées a été observée sur le point *canal* au mois de septembre. Les dinoflagellés ont été très peu représentés sur le CNPE de Flamanville au cours de cette année 2015. Les plus fortes proportions (i.e. 6%) ont été observées sur le même point *canal* au mois de septembre.

Au cours de l'année 2015, différents assemblages de diatomées ont été observés à la côte et au large. Au printemps, les assemblages côtiers étaient dominés par les genres *Skeletonema* sp., *Chaetoceros* sp. et *Thalassiosira* sp. avec au point *rejet* la diminution de l'abondance des *Chaetoceros* et l'augmentation de l'abondance des *Thalassiosira*. Le point *référence* se caractérisait à cette même période par une proportion plus élevée de *Thalassiosira* sp. et encore la présence de *Skeletonema* sp.

Au cours de l'été 2015, ce sont le genre *Guinardia* sp. et l'espèce *Dactyliosolen fragilissimus* qui dominaient la communauté sur les trois points, accompagné par *Thalassiosira* sp. et *Rhizosolenia* sp.

Au cours de la période automnale, les communautés côtières étaient dominées par *Guinardia* sp., *Skeletonema* sp., *Chaetoceros* sp. et *Thalassiosira* sp., alors que la communauté phytoplanctonique du point *référence* était dominée par *Guinardia* sp. et *Skeletonema* sp. uniquement. La diversité de la communauté de diatomées en automne a été plus élevée qu'au cours des deux périodes précédentes ; les espèces accompagnatrices étant plus nombreuses qu'au cours du printemps et de l'été.

La succession des communautés phytoplanctoniques observées à proximité du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2015 est conforme à ce qui est généralement observé sur cette zone. 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 2015 ne présentent pas de caractéristiques pouvant mettre en cause l'activité du CNPE de Flamanville. Leur évolution dans le temps est en concordance avec celle observée sur la zone ouest Cotentin.

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 estivales paraissent significativement plus faible au point canal. Toutefois, la biomasse sestonique ne reflète pas les observations sur les abondances zooplanctoniques. Les rapports C/N du seston (> 5) 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 au point canal) 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 2015, les abondances zooplanctoniques correspondaient à ce qui est habituellement observé sur le site de surveillance depuis 1993 en mars et juin, mais ont été beaucoup plus importantes en septembre. Toutefois ces 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 inter-annuelles. 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 en mars, représentant cette année plus de 80 % du zooplancton total du fait de la prolifération des larves pélagiques de cirripèdes (balanes). L'holoplancton dominant largement le zooplancton en été et à l'automne (73-97% en 2015). Comme toujours en milieu côtier tempéré, il était essentiellement caractérisé par les copépodes. La diversité spécifique de ce groupe est assez faible ($\leq 2.5 \text{ Bit. ind}^{-1}$) et composé en général de moins d'une dizaine d'espèces dont une seule peut représenter entre 50 et 70 % du peuplement. Les espèces dominantes étaient, dans l'ordre, *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus*, *Euterpina acutifrons*, *Temora longicornis*, *Centropages hamatus* et *Pseudocalanus elongatus*. Chacune de ces espèces respecte, pour ce que peut montrer cette analyse de trois campagnes annuelles, leur répartition saisonnière habituelle.

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 sur le platier de Diélette depuis 1983 atteint en 2015 son minimum. En chute continue, les valeurs restent inférieures à la moyenne calculée sur la période 1984 à 2015 depuis 2001. Lors de la mission du mois de mars, la biomasse observée avoisine la valeur minimale de 2011 ; en septembre, elle est au plus bas. Néanmoins, conformément au développement de l'espèce, la biomasse algale reste plus forte en fin d'été qu'en fin d'hiver.

Même constat à Paluel en Seine-Maritime et à Guissény en Bretagne Nord, les biomasses de *Fucus serratus* évaluées en 2015 sont en baisse. Plusieurs hypothèses sont proposées afin d'expliquer ces réductions des populations algales qui ne se limitent 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..

Le développement de la fertilité de *Fucus serratus*, évaluée en mars, juin et septembre 2015 sur les individus bagués de la radiale de Diélette, reste conforme aux cycles observés depuis 1983. Comme en 2014, les pourcentages de thalles plus ou moins fertiles évalués en 2015 sont élevés. Le peuplement du platier de Diélette présente donc 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 2015 avec en fin d'été un large pourcentage de thalles fertiles.

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'été, le nombre de fucales fertiles est nettement supérieur à Flamanville que sur les autres sites. Les pourcentages de *Fucus serratus* fertiles observés à Flamanville et à Paluel au cours des missions de mars, juin et septembre 2015 sont conformes aux valeurs moyennes observées sur ces sites depuis 1997.

Cirripèdes

Le recrutement des cirripèdes évalué près du CNPE de Flamanville en 2015 est supérieur à celui de 2014 mais reste inférieur à la moyenne calculée sur la période 1983 à 2015.

Le nombre de juvéniles comptabilisés en 2015 est en hausse au Rozel, au Sémaphore et à Quédoy, quasi stable à Diélette. Il est plus faible au Rozel et plus important au Sémaphore et ce depuis 2011.

Les densités de cirripèdes diminuent de façon importante et constante depuis le début des études avec néanmoins une certaine stabilité des valeurs ces dernières années.

En 2015, les densités moyennes annuelles sont supérieures à celles de 2014 au Sémaphore et à Quédoy, stables au Rozel et sensiblement inférieures à Diélette.

Au Sémaphore, le recouvrement de la population de cirripèdes reste important, les densités moyennes restent les plus fortes, la valeur 2015 se situe dans la moyenne observée depuis 1983 alors que les autres stations affichent des valeurs 2015 inférieures aux moyennes. Diélette présente des densités plus faibles, le recouvrement y est plus clairsemé en particulier au niveau inférieur de la zone colonisée. A noter un recouvrement très faible au niveau supérieur de la radiale du Rozel.

Semibalanus balanoides reste l'espèce dominante dans la région de Flamanville depuis le début des observations. En 2015, elle représente en moyenne 85 % de la population des cirripèdes présents sur ces estrans. Nous constatons une diminution de ses densités depuis 1983. Toutefois

ces dernières années, les valeurs moyennes observées aux abords du CNPE de Flamanville sont relativement stables et affichent une croissance sensible en 2015.

Chthamalus montagui, *Chthamalus stellatus* et *Austrominius modestus* restent beaucoup moins abondantes mais leur présence est néanmoins constante depuis 1983.

Comme en 2014, c'est parmi la population de cirripèdes du Rozel, aux stations 3 et 4, que les espèces accompagnatrices sont les plus variées et les plus abondantes en cette fin d'été 2015. Les densités sont supérieures en moyenne à celles de 2014 excepté au Rozel 1 et 4.

La présence de *Patella* sp. reste stable depuis 1983. Les abondances de *Lasaea adansoni* et de *Melarhaphé neritoides* sont supérieures à celles de 2014. Les densités de *Littorina saxatilis* en chute depuis 1985, sont en septembre 2015 au plus bas. Très abondante au Sémaphore au début de la surveillance, la baisse de ses densités depuis 1985 est remarquable. L'observation de ces quelques espèces accompagnatrices des cirripèdes met en évidence des fluctuations d'abondance irrégulières d'une année sur l'autre, d'une station à une autre. La diminution des densités des populations de cirripèdes ainsi que les conditions environnementales (température de l'air, de l'eau de mer, insolation, houle, ensablement...) peuvent en partie expliquer ces évolutions.

Concernant les Fucales de Diélette et les Cirripèdes de la région de Flamanville, les résultats des observations faites au cours de l'année 2015 n'indiquent pas d'influence directe des rejets de la centrale.

6.3. Le domaine halieutique

Larves de crustacés

Comme l'illustre la figure 2.2.2 de la page 38 les températures du premier semestre 2015 sont au-dessus de la moyenne. C'est ainsi que le début des éclosions de larves d'araignée a commencé un peu avant la fin juin.

La densité de zoés atteint vers la fin août une valeur maximale (7,5 par 10 m³) identique à celle observée l'an passé, valeur au dessus de la moyenne sur l'ensemble des années en excluant cependant les années 2010 et surtout 1983 qui sont exceptionnelles. En revanche la densité maximale de mégalopes relevée mi septembre (0,12 par 10 m³) est faible. Notons que les larves d'araignées sont régulièrement assez abondantes depuis 2009.

Après avoir noté en 2010 que le point référence pouvait être un lieu important d'éclosion de larves d'araignée on retrouve cette année comme les trois années passées la prépondérance du point 3 sur le point référence ; des zoés d'araignée ont été observées cette année encore dans les environs du rejet après leur absence en 2010 ainsi que des mégalopes et nous avons trouvé aussi des zoés comme en 2014 dans le canal d'amenée où elles sont très rares.

Des larves de homard ont été observées de début juin à début juillet et atteignent cette année une densité maximale proche des plus fortes observées depuis le début des études (0,10 par 10 m³) ce qui est en accord avec la forte abondance de femelles oeuvées. Les densités de larves augmentent depuis 2011 au point 3 alors qu'elles deviennent très faibles au point référence. La récolte de zoés fraîchement écloses dans les environs du rejet où leur présence est très sporadique est le témoin de la présence dans la réserve de femelles en train d'émettre leurs œufs.

Les résultats de l'année 2015 ne révèlent pas de déséquilibre du milieu qui pourrait être imputé au CNPE de Flamanville. Les fluctuations temporelles de la date des pics d'éclosion d'araignée de mer sont le reflet des variations climatiques. Concernant les larves de homard, la prépondérance du point 3 sur le point référence reste à confirmer dans les années à venir.

Surveillance de la pêche côtière des crustacés

* En ce qui concerne les captures réalisées par les professionnels on peut noter une diminution par rapport à 2013. 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 retourne de façon régulière leurs déclarations de captures. Dans la zone fréquentée par les navires de Goury à Barneville-Carteret, la production de pêche en 2014 a été d'environ 2200 T. Elle est en baisse par rapport à 2013 principalement à cause de la diminution des débarquements de buccin.

Les captures de homards augmentent encore cette année passant ainsi de 82 T en 2013 à presque 90 T. Il est aujourd'hui le premier crustacé débarqué par les navires du secteur. Les productions ont été multipliées par trois en dix ans.

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 d'eau chaude et chlorée du CNPE de Flamanville sur cette activité.

* Depuis le début de la série temporelle, les campagnes montrent que sur l'ensemble des points de prélèvement, 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 10 ans. De plus la tendance significative est haussière 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 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 juvéniles dont les densités sont supérieures aux plus hauts historiques. Ils sont observés au sud du cantonnement et du CNPE de Flamanville. Cette population importante de petits individus devrait avoir pour effet de maintenir la taille moyenne à un niveau artificiellement bas puisqu'elle représente presque la moitié des captures par unité d'effort dans la zone exploitée par les caseyeurs. Le renouvellement régulier des individus, dans ce type d'habitat rocheux très favorable au développement des juvéniles, pourrait provenir de la réserve ou de méta-populations du Golfe normand breton par dispersion larvaire.

* Le tourteau n'est plus la principale espèce capturée cette année et ceci peut être à cause de la forte abondance du homard dans les filières placées au sud de la réserve. Cette zone étant pourtant principalement constituée par un habitat favorable au tourteau. 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 dans les filières 9, 10, 14 et que la taille des homards est relativement faible, la compétition entre les deux espèces semble s'équilibrer, ce qui n'est peut être plus le cas cette année. En effet l'équilibre semble tourner au profit du homard dont les abondances au niveau de la filière 9, placée en bordure sud du cantonnement, dépassent cette année ceux du tourteau.

* Les rendements en araignées sont en augmentation cette année tout en restant dans les limites des fluctuations annuelles importantes observées depuis dix ans. A la différence de l'année

dernière, la taille augmente en septembre probablement à cause de l'augmentation du nombre de gros individus capturés.

* La taille moyenne des étrilles capturées est en légère diminution cette année mais n'a pas significativement varié depuis sept ans. Elle correspond probablement au seuil de sélectivité de l'engin qui permet aux petits individus de s'échapper du casier.

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 oeuvées y est plus important qu'à l'extérieur. De plus leur nombre représente la plus grande quantité de femelles ovigères capturées dans le cantonnement depuis sa création. Ce qui devrait permettre une plus importante production de larves, favorisant selon les courants, la population de la réserve et 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 jeunes individus vers l'extérieur. Ceci pourrait expliquer l'augmentation des abondances en homard dans les filières situées au sud de la zone. La filière 9 en serait un exemple dans lequel on observe une augmentation de l'abondance associée à une diminution de la taille moyenne par rapport à la série temporelle.

* Les rendements en tourteaux diminuent encore cette année et les captures deviennent insignifiantes dans cette zone. Ce qui peut paraître surprenant dans la mesure où cette espèce est généralement abondante dans les habitats prospectés à l'extérieur de la réserve. Cela 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. La population de tourteaux, qui est encore dans la réserve, ne rentre plus dans les casiers alors que le nombre de homard capturé est sensiblement identique d'une année sur l'autre.

L'étude du compartiment de la macrofaune halieutique réalisée dans le cadre de la surveillance du CNPE de Flamanville, ne permet pas de conclure à l'existence d'un effet des rejets, sur la communauté des crustacés capturés pendant les campagnes expérimentales.

Les études réalisées par Ifremer dans le cadre de la surveillance du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2015 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 (14C) for measuring organic production in the sea » *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.* 18 : 117-140.
- TAPPIN, A.D., HYDES, D.J., BURTON, J.D. & STATHAM, P.J. 1993.**- « Concentrations, distributions and seasonal variability of dissolved Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Pb and Zn in the English Channel ». *Continental Shelf Research*, **13**, (8/9) 941-969.
- TAYLOR, A.H. & STEPHENS, J.A. 1983.**- « Seasonal and year to year changes in the temperatures of the English Channel and the Southern North Sea, 1961-1976 : a budget ». *Oceanologica Acta*, **6**, (1) 63-72
- UGLEM I., 1993.** Influence of shells and as substrate in culture compartments on survival, growth and claw asymmetry in large scale culture of lobsters, *Homarus gammarus* (L.). Proceedings of the First European Crustacean Conference, Paris, August 31 - September 5, 1992, (abstracts), P. Noël coord., éditions du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1993 : 165 (livret des résumés).
- UTERMOHL, H. 1958.**- « Zur vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.* 9 : 1-38.
- VIOLEAU, D., DRIBAUT, P. 1997.**- Centrale de Flamanville, calcul 3D d'impact thermique pour la configuration actuelle (2 tranches de 1300MW) ». Note technique EDF, Département Laboratoire National d'Hydraulique. 68 pp.
- WILHELM G., 1995** - Contribution à l'étude de l'étrille *Necora puber* dans le Mor-Braz : données halieutiques, biologiques et pathologiques. 244pp.
- WOEHLING D., LEFEBVRE A., LE FEVRE-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	PERODOU J.-B., PERODOU D., DAVID M., (1976). Etude d'avant projet de site en Basse-Normandie (Etude des pêches et des cultures marines) - FLAMANVILLE. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, 1976, 87 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15630/13033.pdf
------	--

1979	<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 - Volume I - Zooplancton. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, juillet 1979, 159 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15635/13038.pdf</p>
	<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). Étude halieutique de projet de site FLAMANVILLE (Manche) - Premier cycle annuel - Volume II - ZOOPLANCTON Annexes. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, juillet 1979, 110 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15669/13072.pdf</p>
	<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 - Volume III - Biologie halieutique. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, juillet 1979, 158 p. 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. 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 - Volume I. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, janvier 1981, 113 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15631/13034.pdf</p> <p>BERTRAND J., LIORZOU B., PERONNET I. (1981). Étude halieutique de projet de site FLAMANVILLE (Manche) - Rapport sur deux cycles annuels IIème Partie BIOLOGIE HALIEUTIQUE - Volume II. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, janvier 1981, 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. 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 Volume I. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, décembre 1982, 119 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00046/15752/13154.pdf</p> <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 Volume II. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, décembre 1982, 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. 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. (COORDINATEUR), G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, J.Y. QUINTIN ET G. VERON, 1990. -Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, <u>ANNEE 1986</u> . -Rapp. IFREMER DRV-88.06-RH, DERO-88.14-EL, novembre 1990, 136 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1990/rapport-6468.pdf
	MARTIN J. (COORDINATEUR), G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU ET J.Y. QUINTIN, 1990. -Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, <u>ANNEE 1987</u> . [Edition définitive] Rapp. IFREMER DRV-89.017-RH, DERO-89.12-EL, novembre 1990, 182 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1990/rapport-6469.pdf
1991	MARTIN J. (COORDINATEUR), G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU ET J.Y. QUINTIN, 1991. -Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, <u>ANNEE 1988</u> . Rapp. IFREMER RIDRV-90.46-RH, RIDRO-90.14-EL, mai 1991, 134 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1991/rapport-6470.pdf
	MARTIN J. (COORDINATEUR), G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU ET J.Y. QUINTIN, 1991. -Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, <u>ANNEE 1989</u> . Rapp. IFREMER RIDRV-90.47-RH, RIDRO-90.15-EL, septembre 1991, 148 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1990/rapport-6798.pdf
	DREVES L. (COORDINATEUR), G. ARZUL, E. ERARD-LE DENN, J. MARTIN, D. MIOSSEC ET J.Y. QUINTIN, 1991. -Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, <u>ANNEE 1990</u> . Rapp. IFREMER DRO.EL-91.15, juillet 1991, 122 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1991/rapport-6799.pdf
1992	DREVES L. (COORDINATEUR), G. ARZUL, E. ERARD-LE DENN, J. MARTIN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU ET J.Y. QUINTIN, 1992. -Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1991</u> . Rapp. IFREMER DEL/Brest-92.23, juin 1992, 161 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1992/rapport-6823.pdf
1993	DREVES L. (COORDINATEUR), G. ARZUL, E. ERARD-LE DENN, J. MARTIN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU ET J.Y. QUINTIN, 1993. -Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1992</u> . Rapp. IFREMER DEL/Brest-93.14, juillet 1993, 146 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1993/rapport-6824.pdf
1994	DREVES L. (COORDINATEUR), E. ERARD-LE DENN, M. LUNVEN, J. MARTIN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU ET J.Y. QUINTIN, 1994. -Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1993</u> . Rapp. IFREMER DEL/Brest-94.09, juin 1994, 105 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1994/rapport-6825.pdf
1995	DREVES L. (COORDINATEUR), J.Y. QUINTIN, E. ERARD-LE DENN, M. LUNVEN, J. MARTIN ET D. MIOSSEC, 1995. -Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1994</u> . Rapp. IFREMER DEL/Brest-95.09, juin 1995, 112 p. + annexes. http://archimer.ifremer.fr/doc/1995/rapport-6826.pdf
1996	DREVES L. (COORDINATEUR), J. MARTIN, E. ERARD-LE DENN, M. LUNVEN, D. MIOSSEC ET J.Y. QUINTIN, 1996. -Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1995</u> . Rapp. IFREMER DEL/Brest-96.07, juin 1996, 114 p. + annexes. http://archimer.ifremer.fr/doc/1996/rapport-6827.pdf
1997	DREVES L. (COORDINATEUR), ERARD-LE-DENN E., LUNVEN M., MARTIN J., MIOSSEC D., QUINTIN J.Y. (1997) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1996</u> . Rapp. IFREMER DEL/CR/RST/97/09, mai 1997, 108 p. + annexes. http://archimer.ifremer.fr/doc/00005/11658/8317.pdf

1998	DREVES L. (COORDINATEUR), ERARD-LE-DENN E., LUNVEN M., MARTIN J., MIOSSEC D., QUINTIN J.Y. (1998) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1997</u> . Rapp. IFREMER DEL/CR/98/04, mars 1998, 112 p. + annexes. http://archimer.ifremer.fr/doc/1998/rapport-6875.pdf
1999	DREVES L. (COORDINATEUR), ERARD-LE-DENN E., GAFFET J.D., LUNVEN M., MARTIN J., MIOSSEC D., QUINTIN J.Y. (1999) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1998</u> . Rapp. IFREMER DEL/99.09/Brest, juin 1999, 126 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/1999/rapport-6876.pdf
2000	DREVES L. (COORDINATEUR), ERARD-LE-DENN E., LUNVEN M., MARTIN J., MIOSSEC D., QUINTIN J.Y. (2000) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 1999</u> . Rapp. IFREMER DEL/00.04/Brest, juin 2000, 122 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/2000/rapport-6877.pdf
2001	DREVES L. (COORDINATEUR), ERARD-LE-DENN E., GAFFET J.D., DE KERGARIOU G., LUNVEN M., MARTIN J., MIOSSEC D., RUMEBE M., (2001) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 2000</u> . Rapp. IFREMER RST.DEL/01.04, mars 2001, 128 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/2001/rapport-6878.pdf
2002	DREVES L. (COORDINATEUR), MARTIN J., MONBET P., RUMEBE M., SCHLAICH I., DU BOULLAY H., (2002) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, <u>ANNEE 2001</u> . Rapp. IFREMER RST.DEL/02.04, mars 2002, 154 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/2002/rapport-6882.pdf
2003	DREVES L. (COORDINATEUR), LAMPERT L., MARTIN J., RUMEBE M., SCHLAICH I. (2003) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2002</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DEL/SR/03.04, mars 2003, 166 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00002/11362/7935.pdf
2004	DREVES L. (COORDINATEUR), LAMPERT L., MARTIN J., ABERNOT-LE GAC C., GAFFET J., RUMEBE M., SCHLAICH I. (2004) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2003</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DEL/SR/04.04, mars 2004, 176 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00002/11363/7936.pdf
2005	DREVES L. (COORDINATEUR), LAMPERT L., MARTIN J., ABERNOT-LE GAC C., DAGAULT F., GAFFET J., RUMEBE M., SCHLAICH I. (2005) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2004</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/05.02, mars 2005, 194 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/2005/rapport-1028.pdf
2006	DREVES L. (COORDINATEUR), LAMPERT L., MARTIN J., ABERNOT-LE GAC C., BRYLINSKI J., VINCENT D., GAFFET J., SCHLAICH I. (2006) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2005</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/06.02, mars 2006, 202 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00005/11657/8316.pdf
2007	DREVES L., ABERNOT-LE GAC C. (COORDINATEURS), LAMPERT L., MARTIN J., BRYLINSKI J., NOGUES L., SCHLAICH I., VINCENT D., (2007) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2006</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/07.03, mars 2007, 190 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00005/11639/8297.pdf

2008	DREVES L., ABERNOT-LE GAC C. (COORDINATEURS), ANTAJAN E., LAMPERT L., MARTIN J., NOGUES L., SCHLAICH I., (2008) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2007</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/08.02, mars 2008, 204 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/2008/rapport-4046.pdf
2009	DREVES L., ABERNOT-LE GAC C. (COORDINATEURS), ANTAJAN E., LAMPERT L., MARTIN J., MONBET P., SCHLAICH I., (2009) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2008</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/09.03, mars 2009, 200 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00026/13683/10762.pdf
2010	DREVES L., ABERNOT-LE GAC C., MONBET P. (COORDINATEURS), ANTAJAN E., MARTIN J., SCHLAICH I., (2010) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2009</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/10.02, mars 2010, 208 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00026/13681/10759.pdf
2011	ABERNOT-LE GAC C., DREVES L., (COORDINATEURS), ANTAJAN E., FIANT L., MARTIN J., MONBET P., SCHLAICH I., (2011) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2010</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-ODE/UL/11.01, mars 2011, 218 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15595/12997.pdf
2012	ABERNOT-LE GAC C., DREVES L., (COORDINATEURS), ANTAJAN E., MARTIN J., MONBET P., SCHAPIRA M., SCHLAICH I., (2012) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2011</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-LER/FBN/12.05, avril 2012, 220 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00076/18677/16223.pdf
2013	ABERNOT-LE GAC C. (coordinatrice), ANTAJAN E., DEVREKER D., DREVES L., MARTIN J., MONBET P., SCHAPIRA M., SCHLAICH I., (2013) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2012</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-LER/BO/13.004, mars 2013, 214 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00139/24998/23096.pdf
2014	ABERNOT-LE GAC C, (coordinatrice), ANTAJAN E., DEVREKER D., DREVES L., LAMORT L., MARTIN J., PIERRE-DUPLESSIS O., SCHAPIRA M., SCHLAICH I., (2014) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2013</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST - ODE/LITTORAL/LER / BO / 14.003, mars 2014, 226 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00189/30033/28519.pdf
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, <u>ANNEE 2014</u> – 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., (2015). - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, <u>ANNEE 2015</u> – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST - ODE/LITTORAL/LER / BO / 16.002, mars 2016, 231 p.

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., ANDRES M., ESTEVEZ 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., GAGGET 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>

* * *