

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

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

Mars 2015 - RST ODE/LITTORAL/LER/BO/15.002

Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Flamanville

Année 2014
Rapport scientifique annuel



Phare de Goury, juin 2014

Numéro d'identification du rapport : ODE/LITTORAL/LER/BO/15.002		date de publication : Mars 2015 nombre de pages : 228 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 : Luc Drévès & Chantal Abernot-Le Gac		
Titre de l'article <p style="text-align: center;"><i>Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville</i> <i>Année 2014 – rapport scientifique annuel</i> <i>Ecological and fisheries monitoring of the Flamanville nuclear power plant</i> <i>2014 Annual scientific report</i></p>		
Auteurs principaux :		Organisme / Direction / Service, laboratoire
Abernot - Le Gac Chantal Antajan Elvire Courtay Gaelle Drévès Luc Lamort Laure Martin Jocelyne Pierre-Duplessix Olivier Schlaich Ivan		Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - BO Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - BL Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / ODE / LITTORAL Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / RBE / EMH Ifremer / ODE / LITTORAL / LER - N Ifremer / RBE / HMMN / RHPEB
Collaborateur(s)		
Bourriau Paul Caradec Florian Caisey Xavier Cordier Rémy Duval Audrey Françoise Sylvaine Gaffet Jean-Dominique Goascoz Nicolas Gohin Francis Hervio - Heath Dominique Le Gagneur Eric Maheux Frank Quinquis Jérôme Rabiller Emilie Rabiller Manuella Schapira Mathilde Simon Benjamin Vérin Françoise		Ifremer / RBE / EMH Ifremer / ODE / DYNECO – Pelagos Ifremer / ODE / DYNECO – Benthos Ifremer / ODE / LITTORAL / LER – BL Ifremer / ODE / LITTORAL / LER – BO 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 / ODE / LITTORAL / LER – N Ifremer / RBE / HMMN / RHPEB Ifremer / ODE / LITTORAL / LER – N Ifremer / RBE / EMH Ifremer / ODE / LITTORAL / LER – N Ifremer / ODE / LITTORAL / LER – N Ifremer / ODE / LITTORAL / LER – BL
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° 32 du centre nucléaire de production d'électricité de Flamanville (département de la Manche) concerne l'année 2014. Sont étudiés les domaines benthique, halieutique et pélagique.

L'année 2014 est la 29^{ème} année de fonctionnement du CNPE de Flamanville.

Abstract

The monitoring report (n° 32) of the nuclear power plant located in Flamanville (France) takes into account studies carried out between March and September 2014.

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 twenty nine 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 2014 - Ifremer RST. ODE/LITTORAL/LER / BO / 15.002, mars 2015, 228 p

Résumé

L'année 2014 est la vingt-neuvième année de fonctionnement de ce CNPE, la trente-deuxième année consécutive des études de surveillance du milieu marin menées par l'Ifremer. Le bilan météorologique global de l'année 2014 observé dans ce secteur central de la Manche se caractérise par

- un cumul annuel des précipitations très supérieur au cumul moyen enregistré sur la période 1949-2014 avec seul le troisième trimestre déficitaire,
- une insolation annuelle très supérieure à la moyenne enregistrée depuis 1986,
- une température moyenne annuelle de l'air record très supérieure à la moyenne enregistrée sur la période 1949-2014 résultant de moyennes mensuelles et trimestrielles toujours très supérieures aux moyennes saisonnières et faisant suite à un dernier trimestre 2013 assez exceptionnel par sa douceur.

L'année 2014 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 2014 sont les mêmes que les années précédentes. Les campagnes de 2014 se sont déroulées les 24 mars, 19 juin et 15 septembre, en période de mortes eaux à bord du *N/O DELPHY* (hydrologie, phytoplancton et zooplancton) et au moyen du *Zodiac* 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 2014 ont été supérieures 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 2014, appuyées des résultats de modélisation, indiquent que l'étendue du panache de rejet reste toujours géographiquement très limitée.

Les salinités enregistrées au printemps 2014 ont été supérieures à celles de 2013 sur les différentes stations de surveillance. Conséquence d'un printemps plus doux et moins pluvieux que l'année passée. Les mesures de la salinité sur les deux autres périodes sont toutefois inférieures à celles constatées en 2013. Les mesures de salinités 2014 sont

inférieures aux valeurs médianes pluriannuelles calculées sur la période 1987-2013 en été et en automne. C'est le contraire au printemps. 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 2014 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 supérieures aux médianes pluriannuelles établies depuis 1987 et sont restées dans les gammes de concentrations observées depuis 2007.

Depuis la mise en application de la décision ASN n°2010-DC-0189, différents changements sont intervenus au niveau du protocole de surveillance. La mesure de la turbidité est venue remplacer celle des concentrations en MES. Ce paramètre a été caractérisé par 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. Les concentrations restent très faibles, 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 2014 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, mais 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 nombre de germes revivifiables observé au printemps 2014 est dans la même gamme des valeurs observées lors des années précédentes. Pendant l'été, la valeur au point *canal* est légèrement inférieure aux points *rejet* et *référence* ; ce qui est inhabituel. A l'automne, le nombre de germes revivifiables au point *canal* a été supérieur aux points *rejet* et *référence*.

Les vibrions halophiles sont présents sur l'ensemble des points échantillonnés, sur toute la période même en très petite quantité au printemps.

L'identification des vibrions halophiles confirme la présence et la dominance de l'espèce *Vibrio alginolyticus* parmi les souches cultivables à 37°C dans les eaux proches de la centrale. La présence de cette espèce a été identifiée à chaque sortie au point *canal*.

En 2014, l'espèce *Vibrio vulnificus* a, de nouveau, été identifiée en automne mais uniquement sur le point *canal*.

Vibrio cholerae n'a pas été identifiée à proximité du site de Flamanville en 2014.

On peut noter également qu'en 2014, la température de l'air en France a été la plus importante depuis 1960.

L'étude des paramètres 'vibrions' et 'germes revivifiables' n'a pas mis en évidence de modification significative du milieu pour ces paramètres, 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*.

L'année 2014 a été caractérisée par un bloom phytoplanctonique plus tardif que ce qui est généralement observé sur la côte ouest de la Manche. En effet, les images satellites montrent des concentrations maximales en chlorophylle *a* au mois de juin sur la zone alors que le maximum est généralement détecté au mois d'avril. Cependant, les concentrations en chlorophylle *a* relevées en juin 2014 à proximité du CNPE de Flamanville sont les plus faibles concentrations relevées au cours des trois campagnes. Ces faibles concentrations de chlorophylle *a* peuvent être mises en relation avec les faibles concentrations de silicates mesurées en même temps (cf. chapitre Hydrologie). La différence entre les données obtenues sur le terrain (chlorophylle *a* faible en juin) et les données obtenues par satellite (maximum de chlorophylle *a* en juin) vient d'une part des échantillonnages trop ponctuels, et d'autre part du manque de précision des observations satellites.

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 2014, traduisant une activité photosynthétique plus intense au printemps qu'en été et qu'en automne. Concernant le paramètre photosynthétique Y_{max}, les valeurs relevées au cours des campagnes de printemps et d'automne sont supérieures à 0,5 alors que les valeurs d'été sont inférieures à 0,5 avec toujours des valeurs plus élevées au point *rejet*. Ces observations suggèrent que l'état physiologique des cellules phytoplanctoniques était bon au cours de l'année 2014 excepté en été. Par ailleurs, les abondances phytoplanctoniques élevées au printemps (à l'exception du point canal) et à l'automne diminuent au cours de la période estivale. Le

printemps 2014 se caractérise donc par des communautés phytoplanctoniques abondantes, productives et en bon état. À l'inverse, l'été 2014 est caractérisé par des valeurs de Y_{max} basses, traduisant un mauvais état physiologique du phytoplancton, et des abondances plus faibles qu'au printemps. Les caractéristiques de l'automne se situent entre celles du printemps et de l'été.

L'efficacité quantique (Y_{max}) de l'été est surtout faible au point *référence*, ce qui peut être lié à un prélèvement dans une masse d'eau plus large et donc d'une composition différente de la masse d'eau côtière incluant les points *canal* et *rejet*. De plus, les faibles abondances phytoplanctoniques et faibles teneurs en chlorophylle *a* de juin pourraient être expliquées par la transition entre deux blooms de phytoplancton et ainsi par le passage entre des communautés phytoplanctoniques différentes.

À l'instar des années précédentes, les diatomées ont largement dominé la communauté phytoplanctonique tout au long de l'année 2014 sur le site du CNPE de Flamanville. La plus faible proportion de diatomées a été observée sur le point *référence* au mois de septembre. Les dinoflagellés ont été très peu représentés sur le CNPE de Flamanville au cours de cette année 2014. Les plus fortes proportions (i.e. 5%) ont été observées sur le même point *référence* au mois de septembre.

Au cours du printemps et de l'été 2014, différents assemblages de diatomées ont été observés à la côte et au large. Au printemps, les assemblages côtiers étaient dominés par le genre *Thalassiosira sp.* et l'espèce *Brockmaniella brockmannii*, avec l'apparition du genre *Skeletonema sp.* au point *rejet*. 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 2014, c'est *Guinardia sp.* qui dominait 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.* ainsi que par *Skeletonema sp.* en plus faibles quantités, alors que la communauté phytoplanctonique du point *référence* était dominée par *Skeletonema sp.* La diversité de la communauté de diatomées en automne a été beaucoup 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 2014 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 2014 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 et l'abondance zooplanctonique totale ne montrent pas de différences significatives entre les points de prélèvement quelle que soit la saison considérée. Toutefois, la biomasse sestonique ne reflète pas toujours les observations sur les abondances zooplanctoniques. C'est le cas par exemple en mars 2014 où la biomasse était très importante (biomasse maximale pour les trois points de prélèvement depuis 1993), ce que ne reflète pas l'abondance zooplanctonique qui était l'une des plus faibles observées depuis 1993. Les rapports C/N du seston (> 6) 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 (cf, le point *canal* en mars) 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 2014, les abondances zooplanctoniques correspondaient à ce qui est habituellement observé sur le site de surveillance depuis 1993 en été et en automne, mais ont été beaucoup moins importantes au printemps. Malgré ces faibles abondances constatées (sans doute en lien avec un décalage du cycle saisonnier du fait d'un hiver 2013-2014 plus doux), la composition et la succession des espèces restent classique.

Au printemps 2014, le méroplancton domine la communauté zooplanctonique représentant plus de 75 % du zooplancton total. Cette fraction était surtout composée de larves de cirripèdes. L'holoplancton quant à lui dominait largement le zooplancton en été et à l'automne (60-90%). Comme toujours en milieu côtier tempéré, il était essentiellement caractérisé par les copépodes. La diversité spécifique de ce groupe est assez faible ($\leq 2 \text{ Bit. ind}^{-1}$) 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*, *Centropages hamatus*, *Pseudocalanus elongatus* et *Temora longicornis*. Chacune de ces espèces respecte, pour ce que peut montrer cette analyse de trois campagnes annuelles, leur répartition saisonnière habituelle. Les faibles abondances observées de *T. longicornis* et *P. elongatus* vont dans le sens de la tendance observée ailleurs en Manche est depuis quelques années.

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 en 2014 près du CNPE de Flamanville se situe dans les valeurs les plus faibles observées depuis 1983. Depuis 2001, les biomasses restent inférieures à la moyenne calculée sur la période 1984 à 2014. Les valeurs en fin d'hiver sont quasiment stables par rapport à celles des deux années antérieures. Conformément au développement de l'espèce, les biomasses algales restent plus fortes en fin d'été qu'en fin d'hiver. Toutefois, les valeurs obtenues en septembre 2014 sont voisines des minimales observées depuis 1983.

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).

Le développement de la fertilité de *Fucus serratus* évaluée en mars, juin et septembre 2014 est conforme aux cycles observés depuis 1983. Le peuplement du platier de Diélette présente des caractères de fertilité toute l'année avec une période de maturité plus importante qui s'étendrait principalement d'août à janvier, ce que confirment nos observations faites au cours de l'année 2014 avec en fin d'été, une large majorité de thalles fertiles. Toutefois, le niveau de maturité des conceptacles semble alors plus faible que ceux des années précédentes.

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 2014 sont conformes aux valeurs moyennes observées sur ces sites depuis 1997. A Guissény, les valeurs 2014 sont particulièrement faibles surtout en fin d'été.

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 *Elminius modestus*, *Chthamalus stellatus*, et *Chthamalus montagui*.

Les recrutements des cirripèdes observés en 2014 à Diélette, à Quédoy, au Sémaphore et au Rozel sont faibles. Comme en 2013, c'est au Rozel que la valeur du recrutement de ces petits crustacés est la plus basse, au Sémaphore la plus élevée.

Leur densité reste stable et très inférieure à la valeur moyenne calculée sur la période 1983 à 2014. Cette stabilité depuis 2007 fait suite à une diminution importante et constante depuis 1988. C'est au Sémaphore que les densités restent les plus fortes et à Diélette les plus faibles.

Les valeurs 2014 sont en baisse à Diélette et à Quédoy ; par contre elles augmentent au Sémaphore et au Rozel.

Semibalanus balanoides reste l'espèce majoritaire. Les valeurs moyennes observées en 2014 sont relativement stables par rapport aux années précédentes. La présence du genre *Chthamalus*, représenté par *Chthamalus montagui* et *Chthamalus stellatus*, est beaucoup moins fréquent sur ces estrans du nord Cotentin et relativement stable depuis 1983. La présence de *Elminius modestus* dans le peuplement reste faible et constante.

C'est parmi la population de cirripèdes du Rozel que les espèces accompagnatrices sont les plus variées et les plus abondantes en cette fin d'été 2014. Les densités observées sont nettement inférieures à celles de 2013 à toutes les stations échantillonnées. Nous constatons dans quelques prélèvements l'absence de certaines espèces comme le petit bivalve *Lasaea adansoni* à Quédoy et Diélette.

Concernant les Fucales de Diélette et les Cirripèdes de la région de Flamanville, les résultats des observations faites au cours de l'année 2014 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 3 juin au 16 septembre à bord du chalutier artisanal le *SALTIMBANQUE* avec des intervalles de temps compris entre treize et trente quatre 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'aménée* 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'illustrent la figure 2.2.2 de la page 38 les températures du premier semestre 2014 sont bien au-dessus de la moyenne. C'est ainsi que le début des éclosions de larves d'araignée a commencé très tôt dès le début du mois de juin.

La densité de zoés atteint la valeur maximale (7,5 par 10m³) vers la mi août, valeur au dessus de la moyenne sur l'ensemble des années en excluant cependant les années 2010 et surtout 1983 qui sont exceptionnelles. La densité maximale de mégaloopes observée mi septembre (0,76 par 10 m³) approche cette année encore les valeurs les plus élevées. 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 ; des zoés d'araignée ont été observées cette année encore dans les environs du rejet après leur absence en 2010 mais pas de mégaloopes et nous n'en avons pas trouvé dans le canal d'aménée où elles sont très rares.

Des larves de homard ont été observées de début juin à début juillet mais il est difficile de situer le pic d'abondance. La densité maximale observée en 2014 est faible (0,02 par 10 m³).

Les résultats de l'année 2014 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 sont le reflet des variations climatiques.

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 2013 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 2013, la flottille est répartie de la façon suivante : 2 bateaux à Goury, 8 à Dielette, 21 à Carteret et 4 à Portbail.

En ce qui concerne les captures réalisées par les professionnels on peut noter une grande stabilité par rapport à 2012. L'interdiction de la pêche de la raie brunette (*Raja undulata*), a provoqué une forte diminution de l'activité de pêche dirigée vers les raies dont les quantités débarquées sont stables en 2013.

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 et 14, la compétition entre les deux espèces semble s'équilibrer, ce qui n'est peut être plus le cas cette année.

Les rendements en araignées sont en diminution cette année tout en restant dans les limites des fluctuations annuelles importantes observées depuis dix ans. D'autre part la taille moyenne diminue probablement à cause des captures relativement importantes de petits individus pendant la campagne de septembre.

La taille moyenne des étrilles capturées est en légère diminution cette année mais n'a pas significativement varié depuis six ans. Elle correspond probablement au seuil de sélectivité de l'engin.

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. 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 de la réserve est composée principalement de gros individus. Leur domination territoriale a certainement pour effet de chasser les petits individus vers l'extérieur. Ceci pourrait expliquer l'augmentation des abondances en homard dans les filières situées au sud de la zone.

Les rendements en tourteaux diminuent encore cette année et les captures deviennent insignifiantes dans cette zone. Ce qui peut paraître surprenant dans la mesure où cette espèce est généralement plus abondante 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 des pêches côtières ne permet pas de conclure à l'existence d'un effet des rejets d'eau chaude et chlorée dans l'environnement par le CNPE de Flamanville sur la communauté des crustacés.

Les études réalisées par l'Ifremer dans le cadre de la surveillance du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2014 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 2014	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.....	47
3.3. Microbiologie.....	75
3.4. Phytoplancton	85
3.5. Zooplancton	105
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	197
6. Conclusion.....	207
6.1. Le domaine pélagique.....	209
6.2. Le domaine benthique.....	212
6.3. Le domaine halieutique	213
7. Bibliographie	215

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 2014, 29^{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
- **Gaelle Courtay** (ODE/LITTORAL/LER-N⁶) pour le phytoplancton
- **Luc Drévès** (ODE/LITTORAL⁷) 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 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
- **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 2014,

- L'état d'avancement a été adressé à EDF le 15 juillet 2014 (ABERNOT-LE GAC C., ANTAJAN E., DREVES L., LAMORT L., MARTIN J., PIERRE-DUPLESSIX O., SCHAPIRA M., SCHLAICH I. (2014).- Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2014 – Etat d'avancement des travaux – premier semestre. Rapp. Ifremer LER/BO/14.007, juillet 2014, 14 p)

- L'édition provisoire du rapport annuel a été transmise à EDF le 2 février 2015.

- 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 Département Océanographie et Dynamique des Ecosystèmes, Unité Littoral (ODE/LITTORAL)

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 2014**

Luc Drévès (ODE/LITTORAL)

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 2014 est la vingt-neuvième année de fonctionnement de ce CNPE, la trente-deuxième 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 début février à début avril (figure 1.1.1) ; la tranche 2 de début juin à la mi juillet. A noter un arrêt simultané des deux tranches pendant une dizaine de jours en fin juin.

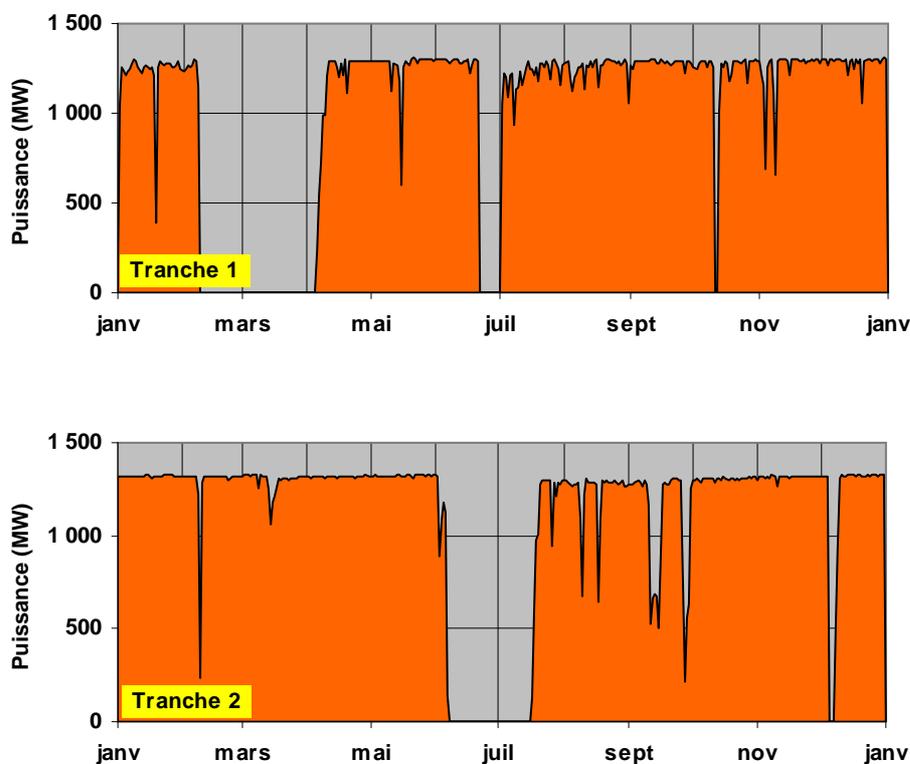


Figure 1.1.1 : Puissance nette moyenne des tranches 1 et 2 de Flamanville en 2014

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.

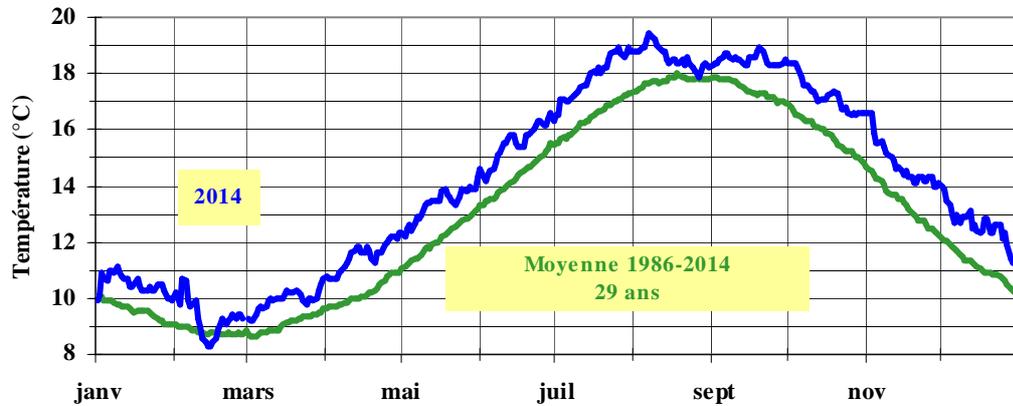


Figure 1.1.2 : Évolution de la température journalière (à 16 h) de l'eau de mer dans le canal d'amenée du C.N.P.E. de Flamanville au cours de l'année 2014, comparée à la moyenne journalière enregistrée sur la période 1986-2014 (29 années)

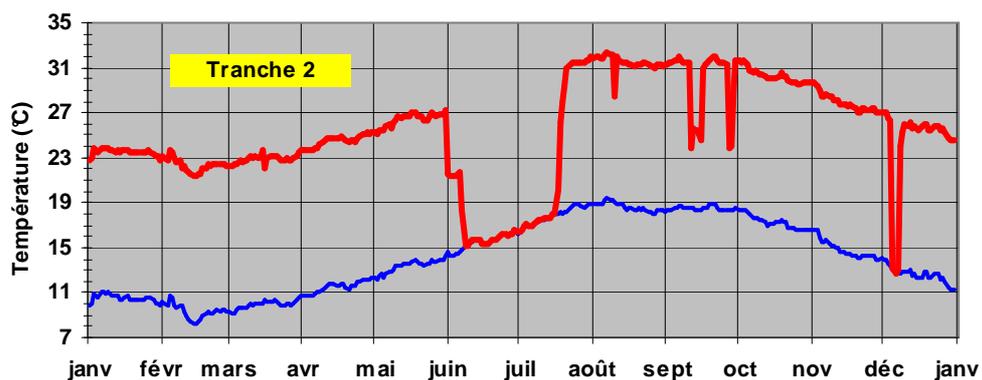
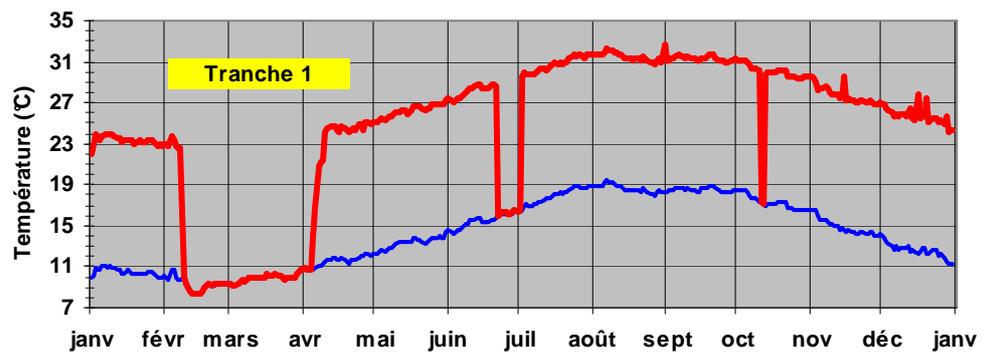


Figure 1.1.3 : Comparaison de la température de l'eau de mer entre le canal d'amenée et la sortie des condenseurs des tranches 1 et 2, au cours de l'année 2014

L'écart journalier moyen entre la sortie des condenseurs et le canal d'aménée 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).

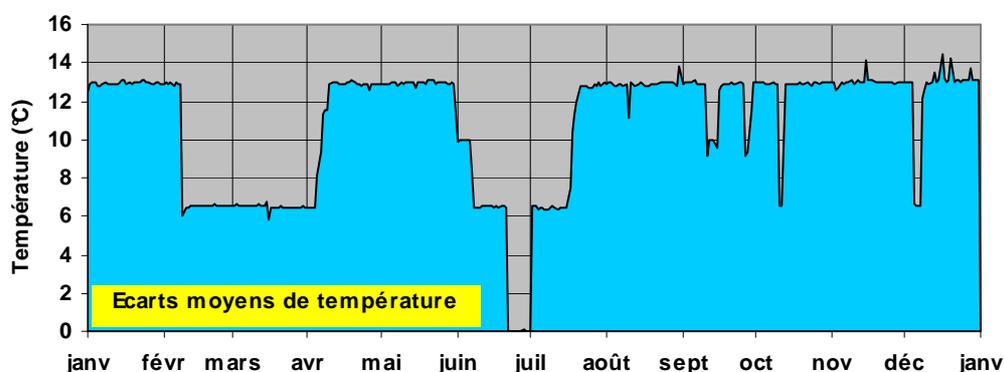


Figure 1.1.4 : Écarts journaliers moyens de la température de l'eau de mer entre la sortie des deux condenseurs et le canal d'aménée, au cours de l'année 2014

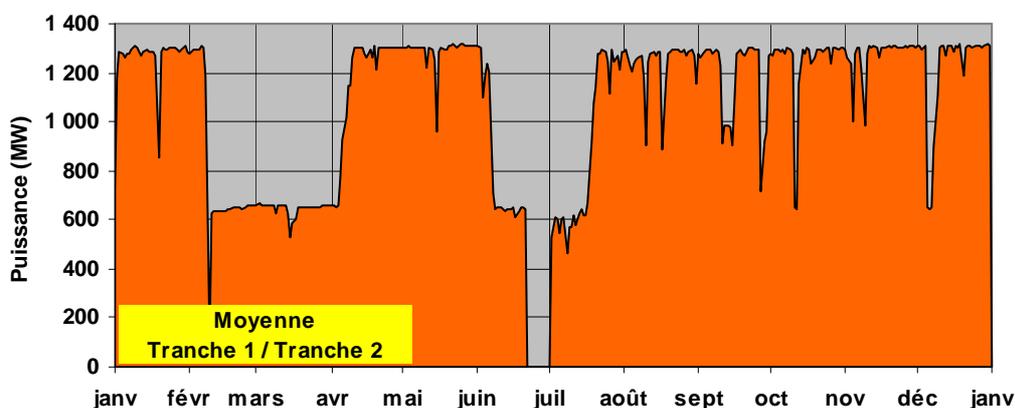


Figure 1.1.5 : Puissance nette moyenne du CNPE de Flamanville, au cours de l'année 2014

En 2014, la procédure antisalissure par électrochloration n'a fonctionné qu'à partir du mois d'avril, sans interruption mensuelle majeure pour la tranche 1, avec une interruption en novembre et décembre pour la tranche 2. Comme l'indiquent les tableaux 1.1.1 et 1.1.2 ci-dessous, 203 tonnes de chlore ont ainsi été injectées dans les circuits de refroidissement au cours de l'année 2014, dont environ 89 tonnes au cours du premier semestre 2014.

Qté de chlore (T)	Mois												Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Tranche 1	0,0	0,0	0,0	1,0	21,4	16,6	11,2	17,0	14,2	16,8	13,7	14,6	126,5
Tranche 2	9,20	0,0	0,0	10,6	25,8	4,5	8,3	15,5	2,3	0,0	0,0	0,0	76,3
Total	9,2	0,0	0,0	11,6	47,1	21,1	19,5	32,5	16,5	16,8	13,7	14,6	202,8

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 2014.

Le tonnage annuel moyen de chlore injecté sur la période 1987-2014 est de 332 tonnes, à savoir 463 tonnes sur la période 1987-1993 (7 années), puis 300 tonnes sur la période 1994-2014 (21 années). Les quantités de chlore injectées annuellement sont rappelées dans le tableau 1.1.3 ci après.

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
Moyenne 94-14		300

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

Depuis le changement de protocole en 1994 à la suite du remplacement des installations d'électrochloration, le tonnage annuel de chlore varie de 173 tonnes en 1996 à 428 tonnes en 1998. Le tonnage annuel en 2014 est inférieur à la moyenne, et ceci pour la troisième année consécutive.

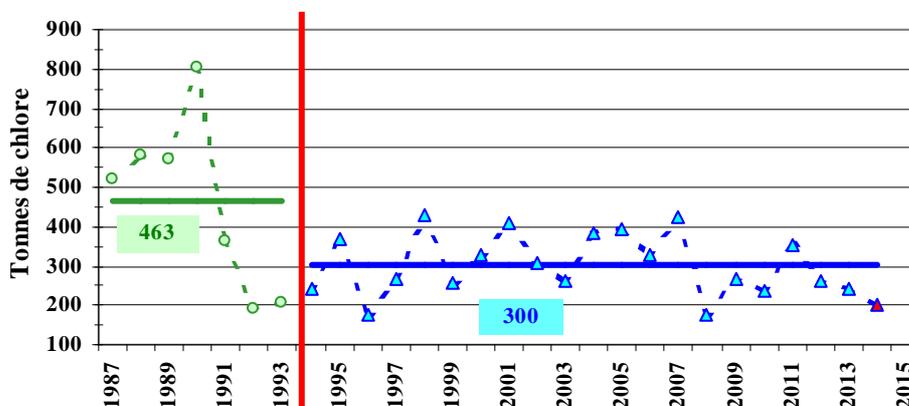


Figure 1.1.6 : Evolution du tonnage annuel de chlore injecté à Flamanville depuis 1987, comparé aux moyennes annuelles des périodes 1987-1993 et 1994-2014

1.2. Travaux réalisés par Ifremer

Les travaux réalisés au cours de l'année 2014 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.

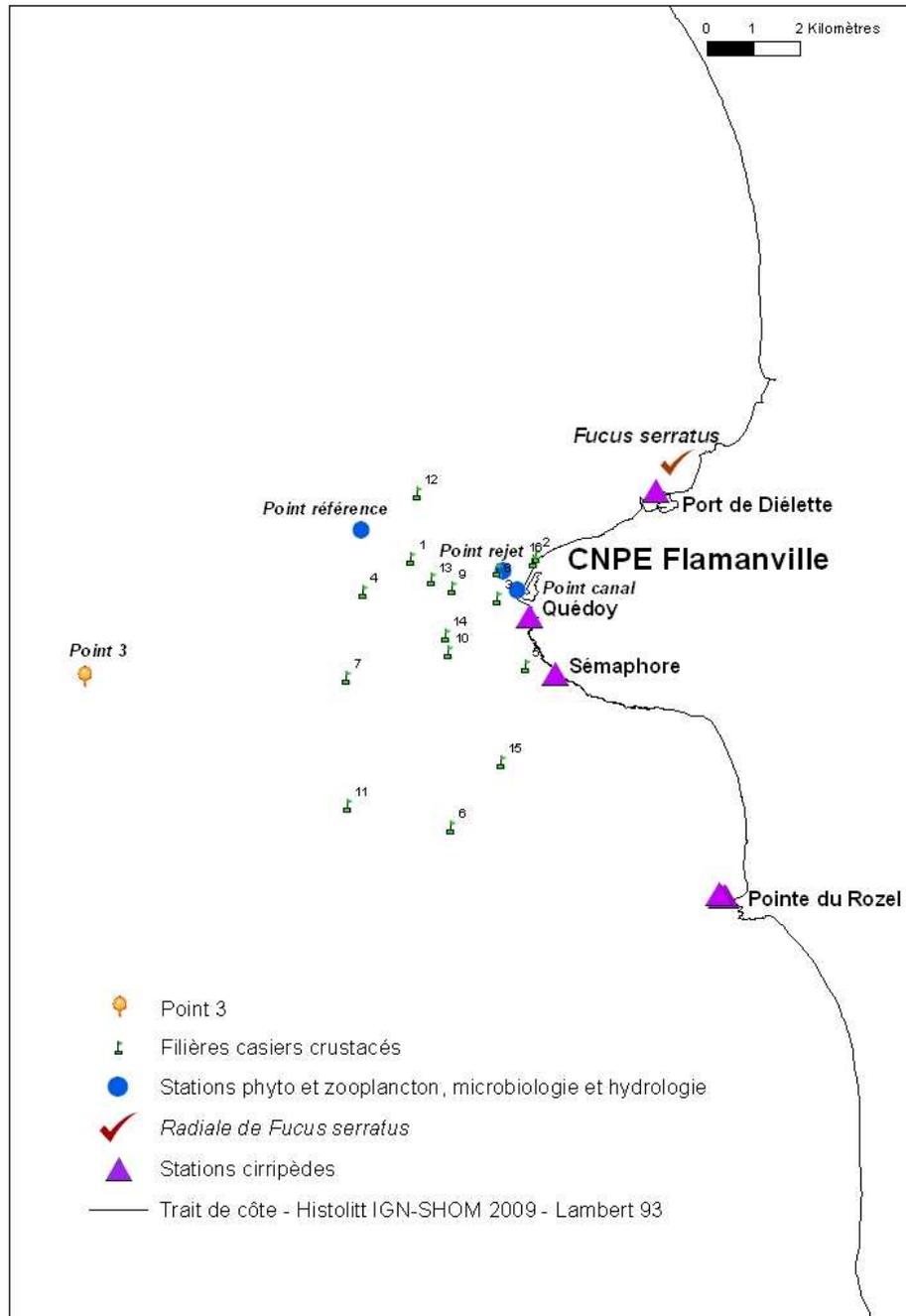


Figure 1.2.1 : Carte des abords de Flamanville, indiquant les points de prélèvements échantillonnés par l'Ifremer

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
	16	49° 32,456' N	1° 53,120' W

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

2014		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	24/03 19/06 15/09
	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	01/04 13/06 11/09
	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	30-31/03 13-14/06 9-10/09
		ROZEL (2) SEMAPHORE QUEDOY DIELETTE	-Étude de la recolonisation des cirripèdes	4 quadrats 3x25 cm ² par point	
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 03/06 au 16/09
	Suivi de l'exploitation et de la biologie des espèces commerciales	N.O. Cotentin 16 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 16 filières d'au moins 20 casiers	17 au 20/06 16 au 19/09

Tableau 1.2.2 : Récapitulatif de l'activité réalisée par l'Ifremer en 2014 devant le C.N.P.E. de Flamanville

2. Caractéristiques environnementales de l'année 2014

Luc Drévès (ODE/LITTORAL)

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 2014 est ainsi la 66^{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 2014 (figure 2.1.1) se caractérise par :

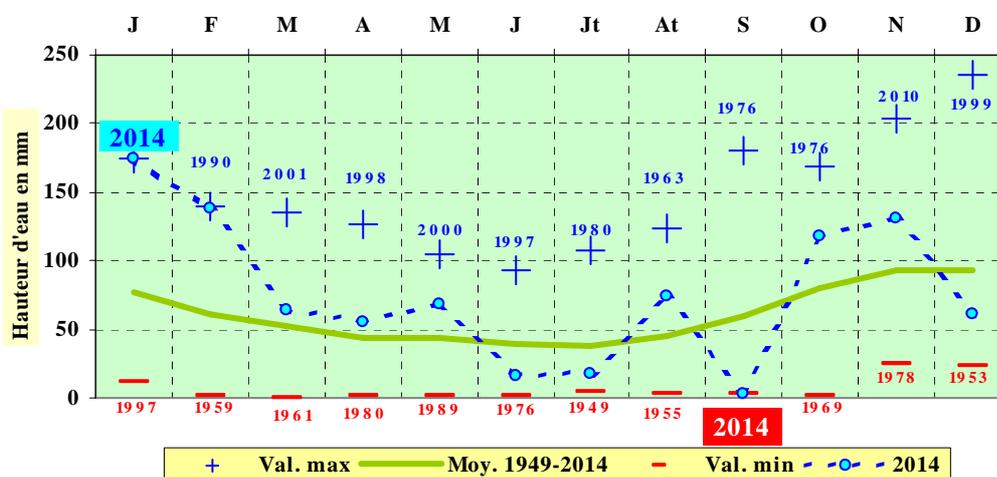


Figure 2.1.1 : Pluviométrie mensuelle au sémaphore de La Hague au cours de l'année 2014, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles obtenues sur la période 1949-2014.

- un excédent pluviométrique du premier trimestre (+ 187 mm) du fait des mois de janvier et février très humides, avec une nouvelle valeur maximale de cumul pluviométrique en janvier (175 mm),

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

¹³ Altitude : 61 m

- un troisième trimestre déficitaire (- 50 mm) s'expliquant par des mois de juillet et septembre particulièrement secs, avec une nouvelle valeur minimale de cumul pluviométrique pour septembre (2,2 mm).

Le cumul pluviométrique annuel de 2014 est de 923 mm. Il est excédentaire (+ 197 mm) au cumul annuel moyen établi sur la période 1949-2014 (725,7 mm).

Sur la période 1949-2014, la pluviométrie mensuelle moyenne est de 60,48 mm, les moyennes extrêmes étant notées en juillet pour le minimum (38,0 mm) et décembre pour le maximum (92,5 mm). Le cumul annuel moyen sur la période de 1949/2014 est de 726 mm, variant de 430 mm en 1953 (déficit pluviométrique annuel de 295,3 mm) à 1001 mm en 1994 (excédent annuel de 275,5 mm) (figure 2.1.2).

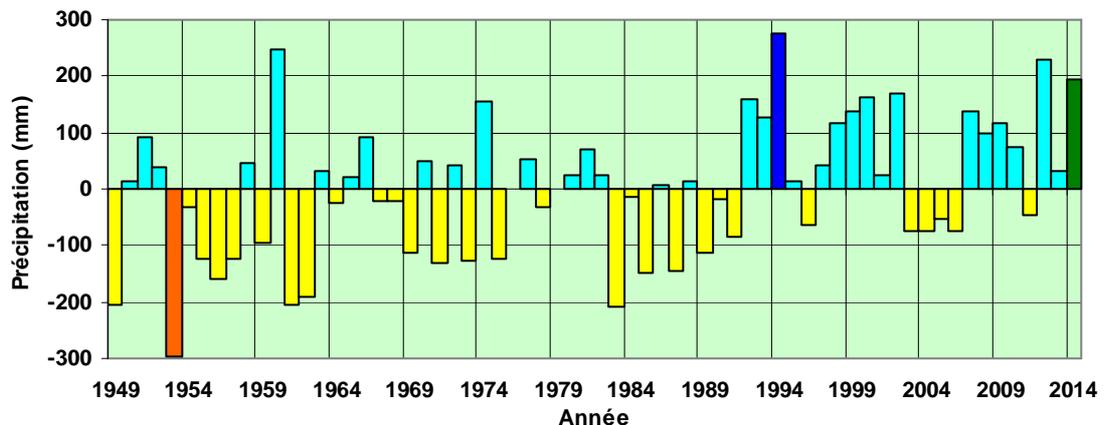


Figure 2.1.2 : Ecarts pluviométriques annuels à la moyenne 1949-2014 au sémaphore de La Hague.

Sur cette période 1949/2014, 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 interprétable (6 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).

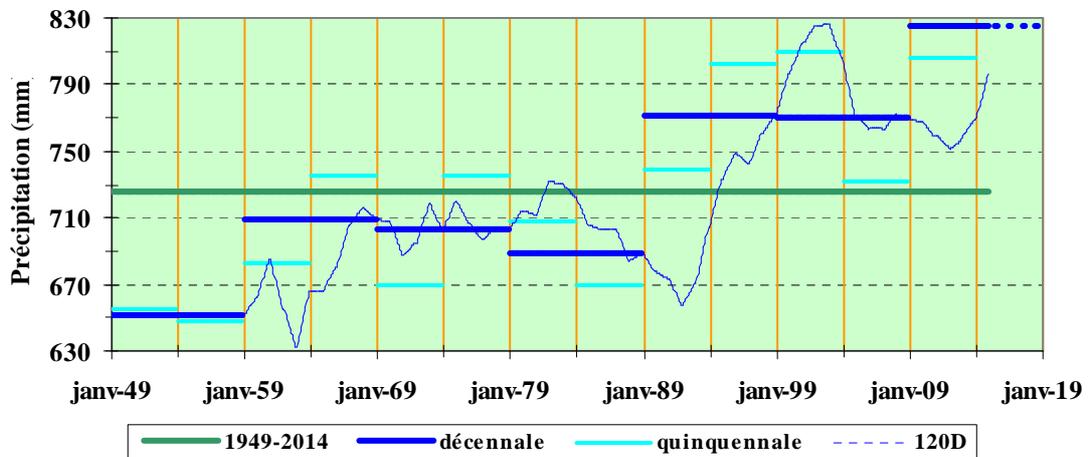


Figure 2.1.3 : Pluviométrie au sémaphore de La Hague de 1949 à 2014 - Comparaison des cumuls quinquennaux et décennaux au cumul moyen annuel observé sur la totalité de la période.

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" 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.

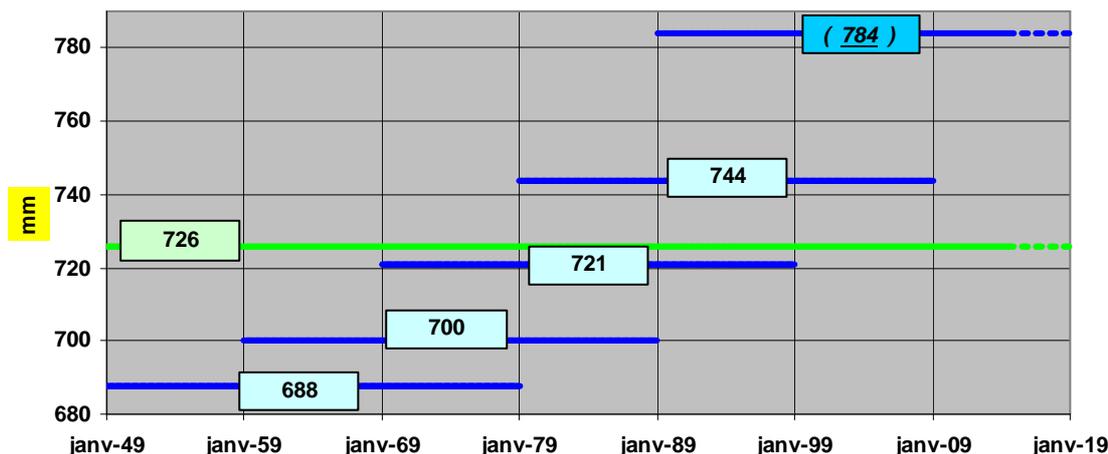


Figure 2.1.4 : Pluviométrie au sémaphore de La Hague de 1949 à 2014

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 218 heures d'insolation. Mais la couverture nuageuse peut perturber ce schéma.

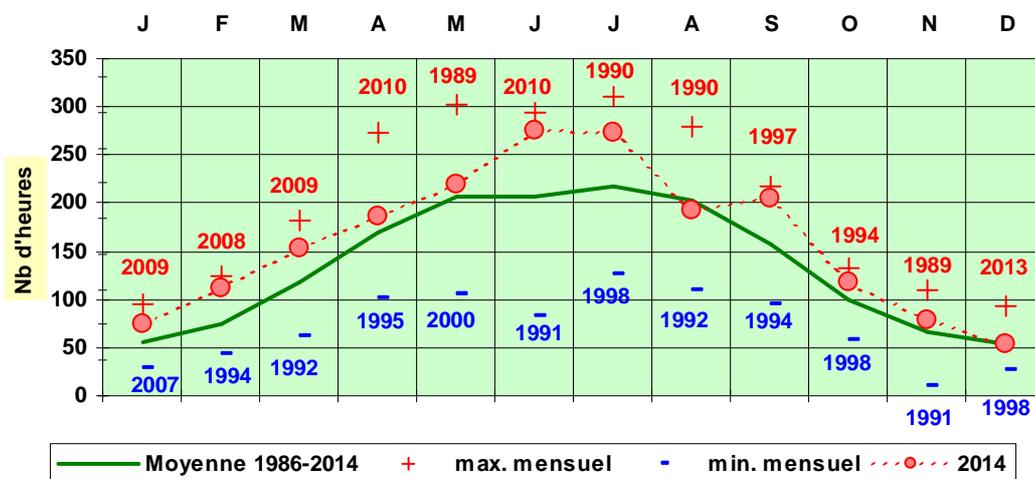


Figure 2.1.5 : Insolation mensuelle à Sainte Marie du Mont au cours de l'année 2014, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles obtenues sur la période 1986-2014

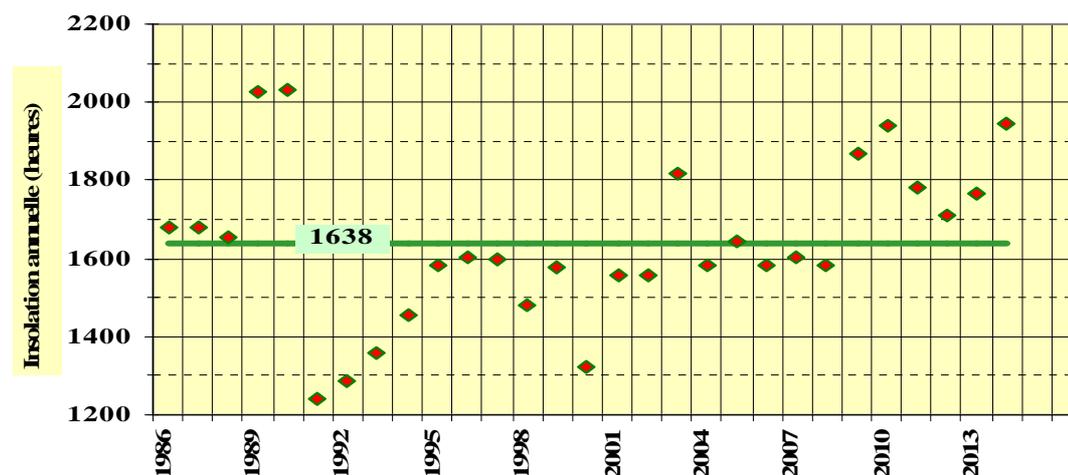


Figure 2.1.6 : Insolation annuelle dans le secteur de La Hague depuis 1986, comparée à la moyenne annuelle obtenue sur la totalité de la période.

Avec une insolation annuelle de 1942 heures, l'année 2014 est excédentaire, comparée à l'insolation annuelle moyenne de ces 29 dernières années (1638 heures). L'année 2014 se caractérise par un ensoleillement supérieur à la moyenne mensuelle chaque mois, à la seule exception des mois d'août et décembre.

2.1.3. Température de l'air

Au cours des 66 dernières années (1949/2014), la température moyenne mensuelle de l'air (figure 2.1.7) varie de 6,79 °C en février à 17,02 °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 1949/2014, la température moyenne annuelle est de 11,62 °C. Depuis la période 1949/1988, la hausse est continue.

Période	1958	1968	1978	1988	1998	2008	2014
1949 / 1958	11,32 °C						
1949 / 1968	11,36 °C						
1949 / 1978	11,32 °C						
1949 / 1988	11,28 °C						
1949 / 1998	11,41 °C						
1949 / 2008	11,58 °C						
1949 / 2014	11,62 °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 2014 se caractérise par des températures mensuelles toujours supérieures aux moyennes. L'écart le plus faible est observé en août (+ 0,23 °C), le plus élevé en janvier (+ 1,92 °C). A noter qu'à l'exception des mois de mai, juin et août, l'écart thermique des neuf autres mois est toujours supérieur à 1 °C à la moyenne mensuelle.

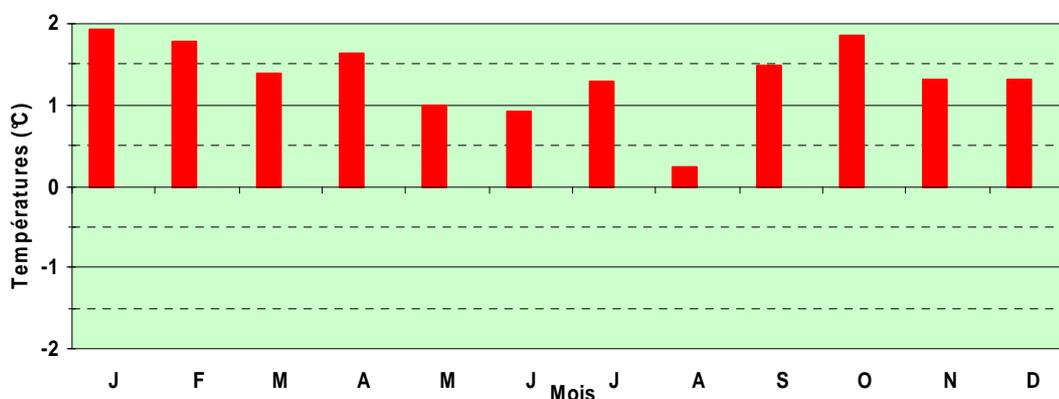
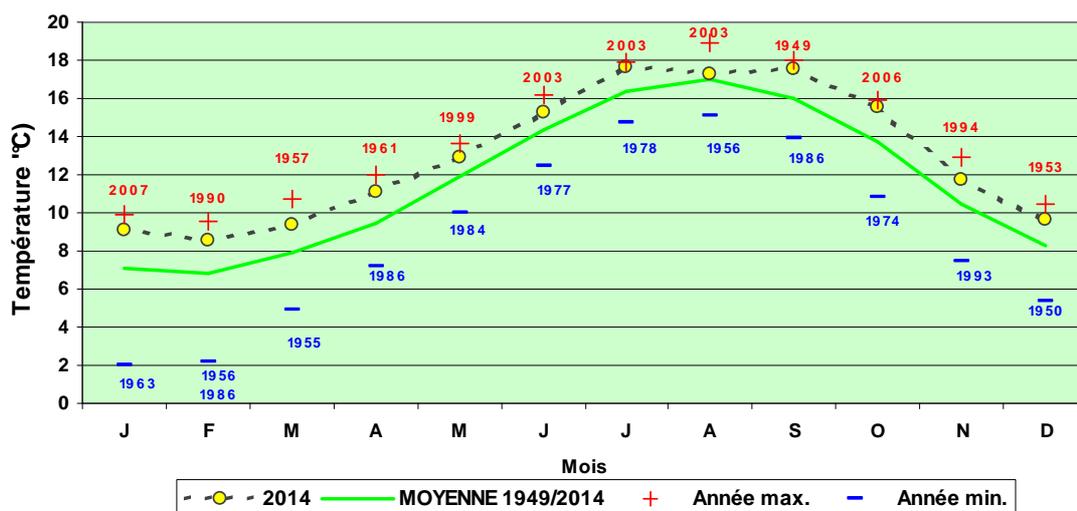


Figure 2.1.7 : Température mensuelle moyenne de l'air à La Hague au cours de l'année 2014, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées sur la période 1949-2014, et visualisation des écarts mensuels 2014.

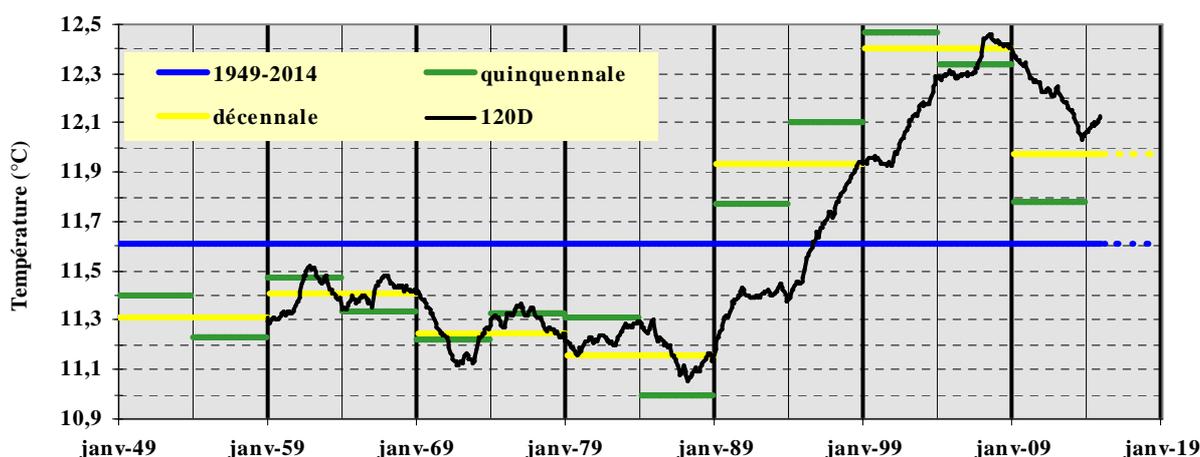


Figure 2.1.8 : Température de l'air au sémaphore de La Hague de 1949 à 2014. Comparaison des moyennes quinquennales et décennales à la moyenne observée sur la totalité de la période

Sur la période 1949/2014, l'observation de la température mensuelle moyenne de l'air par période décennale (figure 2.1.8) permet d'apprécier l'échauffement moyen de 1,2 °C entre les décennies 1979/1988 (température moyenne de 11,2 °C) et 1999/2008 (12,4 °C). L'observation

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

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

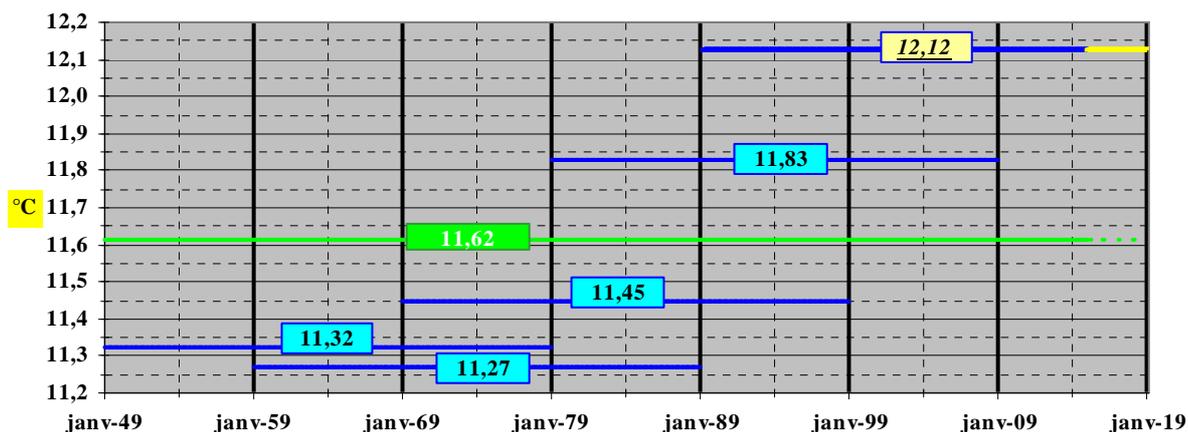


Figure 2.1.9 : Température de l'air au sémaaphore de La Hague de 1949 à 2014
Visualisation de l'évolution des moyennes trentenaires depuis le 1er janvier 1949
NB : la moyenne de la période 1989-2018 n'est représentée ici qu'à titre indicatif

2.1.4. Caractéristiques de l'année 2014

L'année 2014 se caractérise par :

- Un cumul annuel des précipitations (923 mm), très supérieur au cumul moyen enregistré sur la période 1949-2014 (726 mm) ; seul le troisième trimestre est déficitaire.

	Minimum	Année	Moyenne	2014	Rang/66	Maximum	Année
Trim. 1	48,60	1953	190,8	377,8	66	377,8	2014
Trim. 2	26,20	1976	127,6	139,9	42	243,7	1964
Trim. 3	52,40	1964	142,3	92,6	13	307,5	1974
Trim. 4	101,80	1953	265,1	312,5	50	422,6	2012
Cumul	430,4	1953	725,7	922,8	63	1001,2	1994

Tableau 2.1.2 : Bilan des cumuls pluviométriques trimestriels (en mm) sur la période 1949-2014
(rang/66 ans : 1 sec – 66 très humide)

- Une insolation annuelle (1942 heures) très supérieure à la moyenne enregistrée depuis 1986 (1638 heures).
- (i) Une température moyenne annuelle de l'air record (12,96 °C) très supérieure à la moyenne enregistrée sur la période 1949-2014 (11,6 °C) ; (ii) résultant de moyennes mensuelles et trimestrielles toujours très supérieures aux moyennes saisonnières ; (iii) faisant suite à un dernier trimestre 2013 assez exceptionnel par sa douceur (11,90 °C).

	Minimum	Année	Moyenne	2014	Rang/66	Maximum	Année
Trim. 1	3,77	1963	7,29	8,98	4	9,46	2007
Trim. 2	10,59	1977	11,90	13,08	5	13,30	1961
Trim. 3	14,97	1986	16,46	17,46	9	17,95	2003
Trim. 4	9,17	1952	10,81	12,30	3	12,60	2011
Année	9,99	1963	11,62	12,96	1	12,96	2014

Tableau 2.1.3 : Bilan des températures moyennes trimestrielles (°C) sur la période 1949-2014
(Rang/66 ans : 1 chaud- 66 froid)

2.2. Température de l'eau de mer

Depuis 1986 (soit 29 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 2014 est présenté sur la figure 1.1.2 (page 22).

Sur l'ensemble de ces 29 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 (8,81 °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, les extrêmes étant 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 2014 (fig. 2.2.1) montre des températures toujours supérieures aux moyennes saisonnières, avec l'établissement de nouvelles moyennes records pour 7 mois.

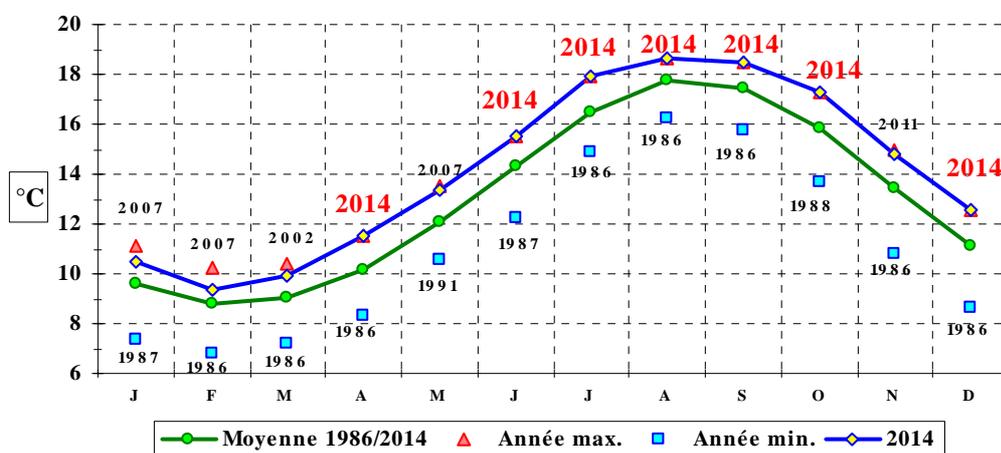


Figure 2.2.1 : Évolution de la température moyenne mensuelle de l'eau de mer dans le canal d'aménée du CNPE de Flamanville en 2014, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées sur la période 1986-2014 (29 années)

Les observations faites sur la température de l'air au cours de l'année 2014 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 2014 se caractérise ainsi par des températures moyennes mensuelles, tant pour l'air que pour l'eau de mer, quasiment toujours supérieures aux normales saisonnières.

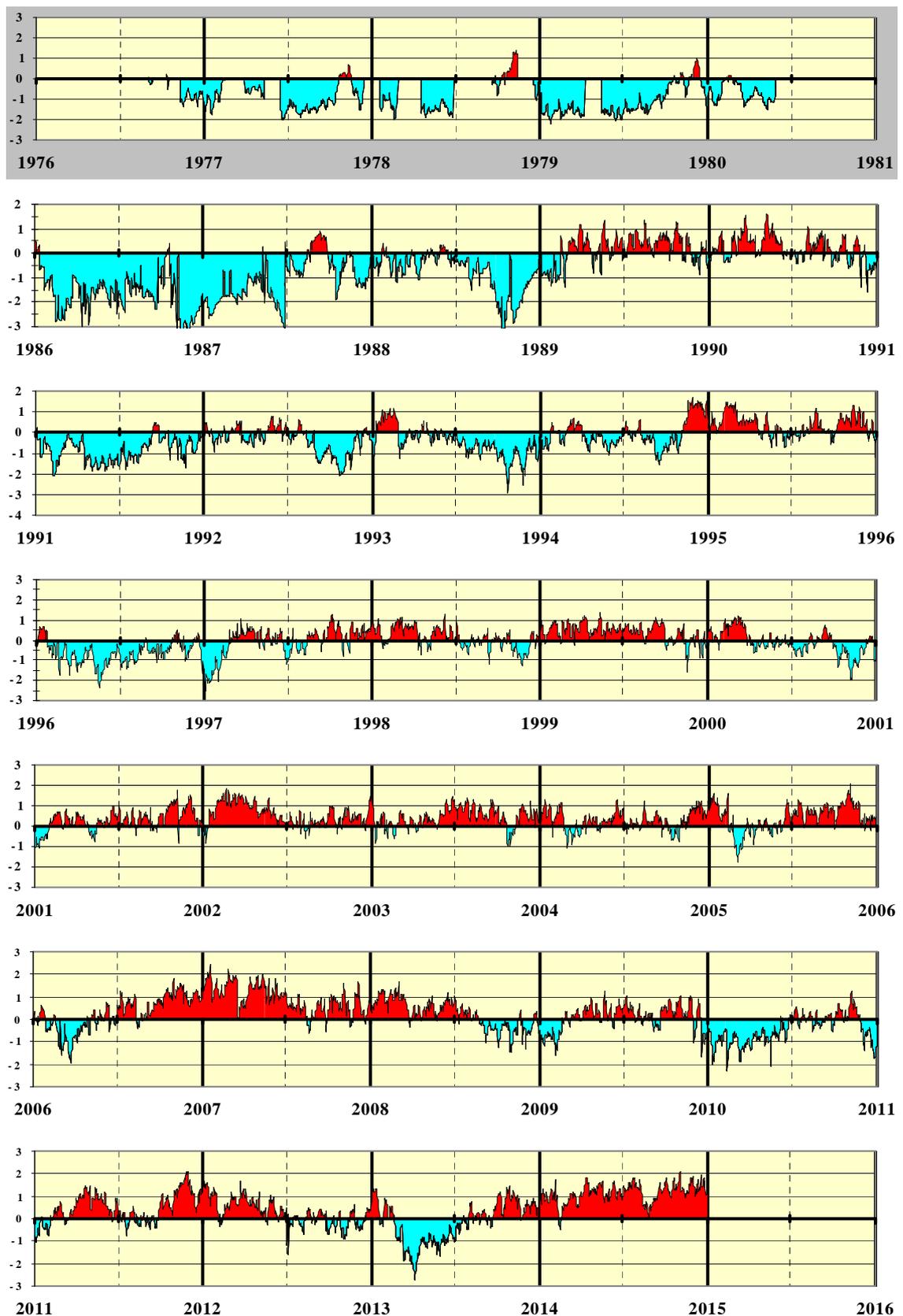


Figure 2.2.2 : Anomalies de la température de l'eau de mer à Flamanville – Ecart thermique journalier (en °C) à la moyenne quotidienne (moyenne estimée sur la période janvier 1986 - décembre 2014)

En 2014, l'écart mensuel le plus faible à la moyenne du mois est noté en février (+ 0,52 °C). L'écart mensuel maximal est observé en juillet (+ 1,43 °C). Huit mois 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 29 années est calculé. Les écarts oscillent entre - 3,52 °C (le 14/11/1986) et + 2,43 °C (le 18/01/2007). 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 (1,15 °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).

Ecart (C,j ⁻¹)	2014	2007	2002	2011	2005	2003	1999	1995	2001	2012	2004	2006	2008	1990	1989
	1,15	0,94	0,58	0,48	0,42	0,40	0,40	0,36	0,31	0,29	0,26	0,26	0,23	0,19	0,17
Ecart (C,j ⁻¹)	1998	2009	1997	1994	2000	2013	1992	1993	2010	1996	1988	1991	1987	1986	
	0,10	0,10	-0,06	-0,08	-0,11	-0,17	-0,35	-0,46	-0,46	-0,63	-0,76	-0,85	-1,04	-1,66	

Tableau 2.2.1 : Bilan thermique moyen journalier de 1986 à 2014 (les 29 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					
1986/2014	29	13,03 °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 1986/2014, 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 29 dernières années, la température moyenne annuelle est de 13,03 °C pour l'eau de mer, 12,01 °C pour l'air.

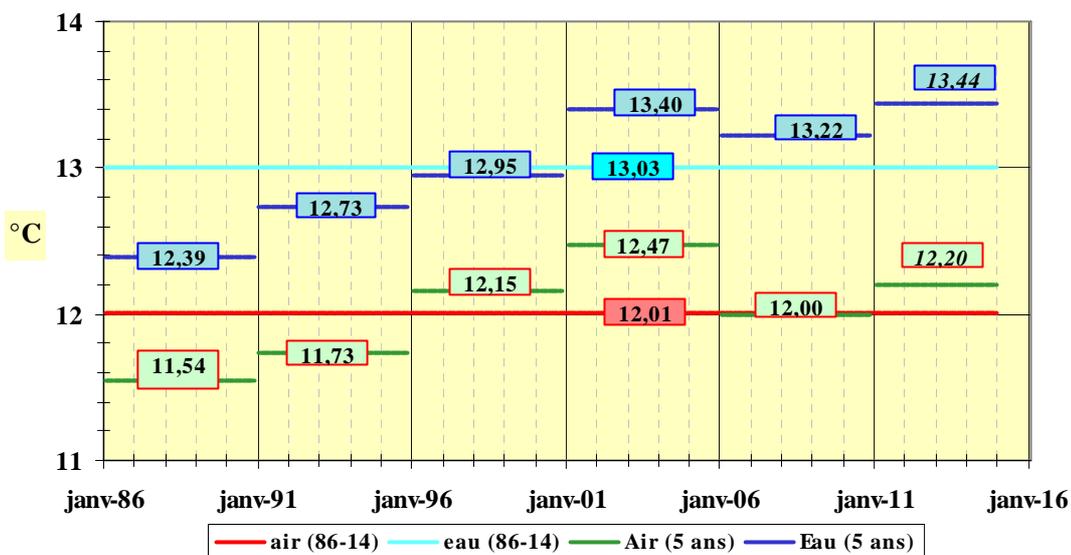
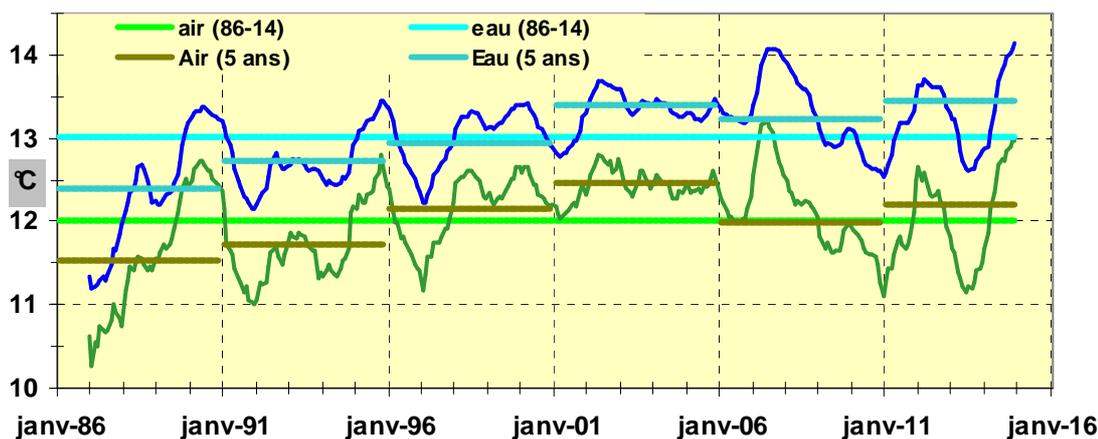


Figure 2.2.3 : Comparaison des « anomalies » mensuelles des températures de l'air (Cap de La Hague) et de l'eau de mer (Flamanville) au cours des 29 dernières années (1986-2014)

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).

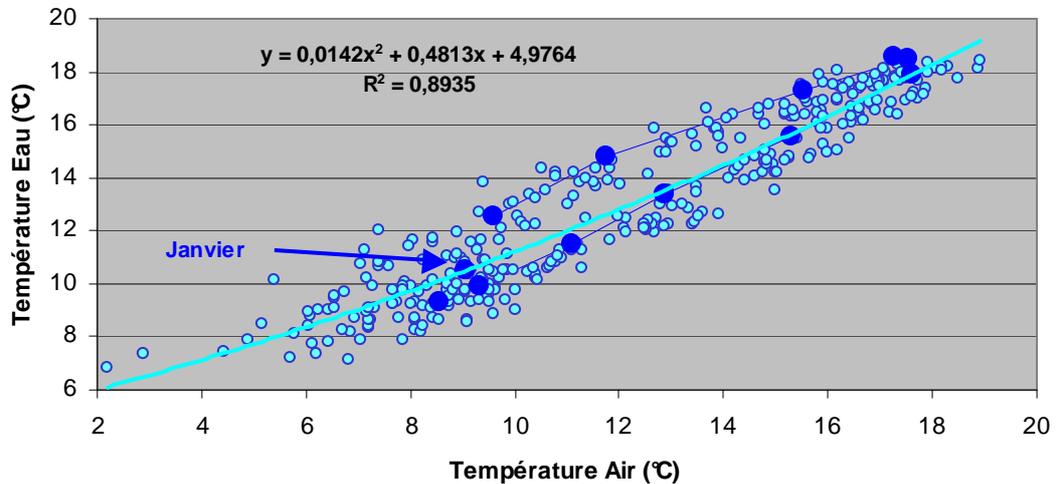


Figure 2.2.4 : Variation de la température moyenne mensuelle de l'eau de mer (données EDF) en fonction de celle de l'air (données Météo-France). Les données 2014 sont repérées en bleu foncé.

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 (LNH¹⁴), 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''. De 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 10 592 données acquises pendant ces 29 années ; figures 2.2.5 et 2.2.6). L'échauffement mensuel moyen des 29 dernières années est constaté chaque mois, moindre en janvier et décembre (respectivement + 0,13 °C et + 0,18 °C), supérieure à 1,5 °C de mai à septembre, l'écart maximal étant observé en juillet (+ 1,99 °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.

¹⁴ aujourd'hui dénommé Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement (LNHE)

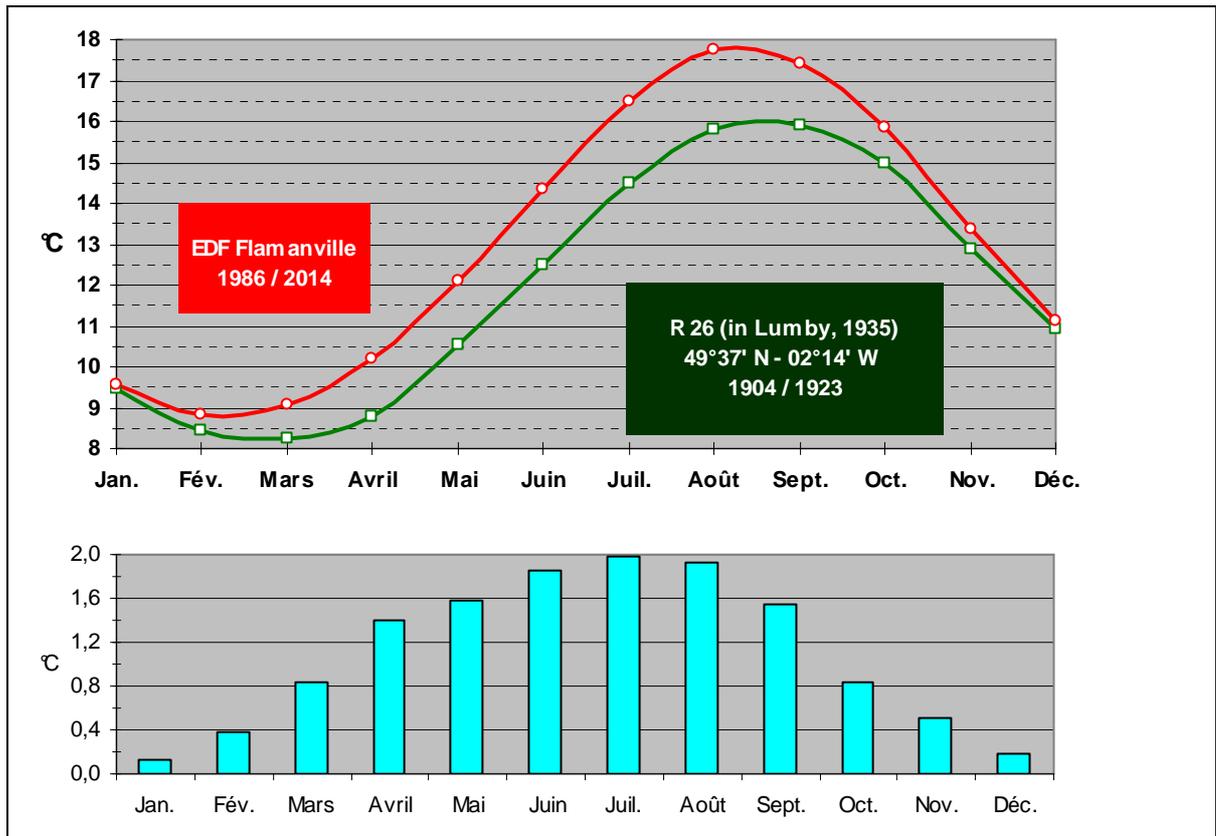


Figure 2.2.5 : Comparaison des températures mensuelles moyennes de l'eau de mer au droit du Cap de Flamanville, entre 1904 et 2014. Représentation graphique des écarts mensuels

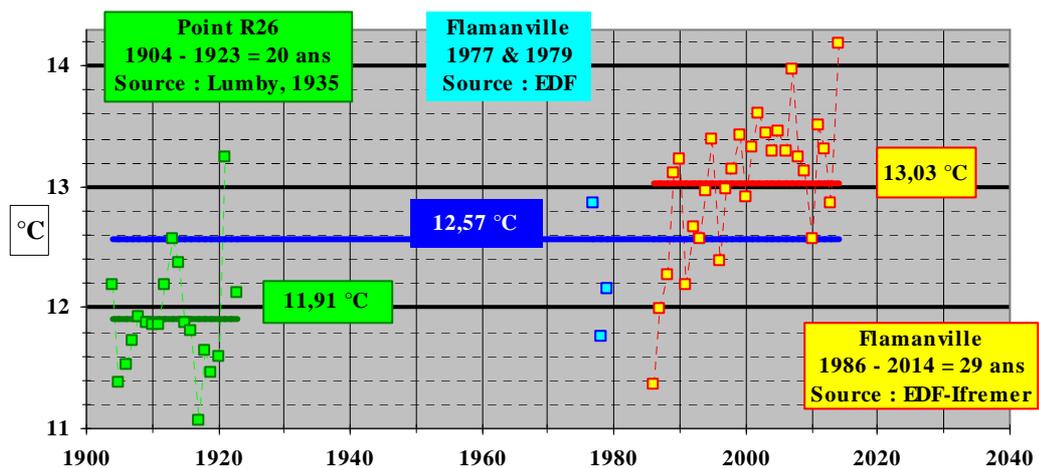


Figure 2.2.6 : Comparaison des températures annuelles moyennes de l'eau de mer au droit du Cap de Flamanville, entre 1904 et 2014

Source = acquisition mesures EDF - CNPE de Flamanville ; traitement Ifremer Drévès (2014)

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 9,78	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													0	0			
Nb années	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29					
Nb Valeurs	899	819	899	870	899	870	899	899	870	899	870	899		10 592	13,01	13,03	
Moy. M	9,58	8,80	9,07	10,19	12,10	14,33	16,47	17,75	17,44	15,84	13,37	11,13					
Moy. J	9,58	8,81	9,07	10,19	12,10	14,33	16,47	17,75	17,44	15,84	13,37	11,13					
Max mois	11,13	10,20	10,41	11,51	13,54	15,52	17,90	18,60	18,50	17,27	14,95	12,57			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 2014 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

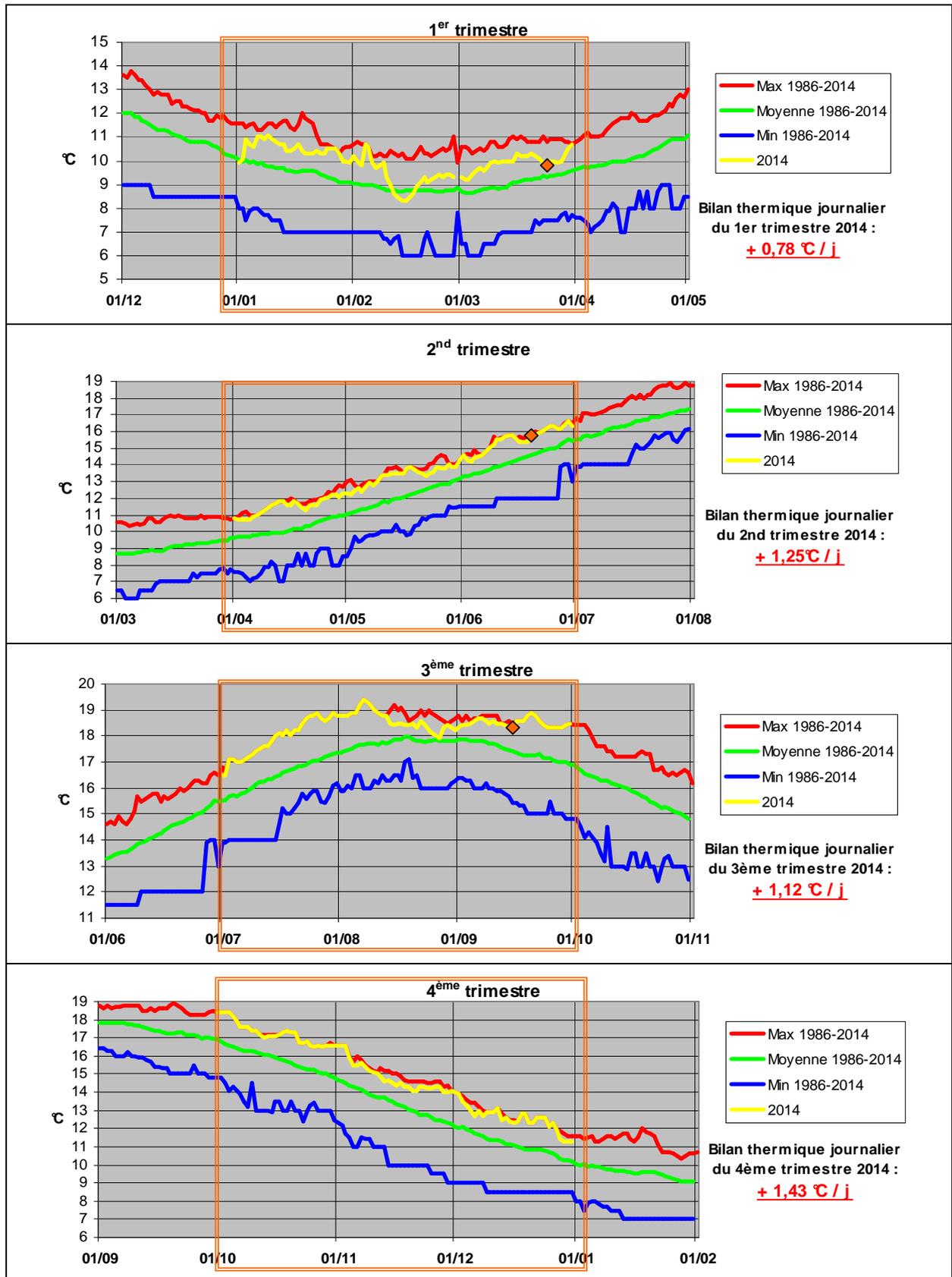


Figure 2.2.7 : Evolution de la température journalière de l'eau de mer en 2014, trimestre par trimestre, comparée à la moyenne et aux extrêmes journaliers sur la période 1986-2014 (29 années), avec pour chaque trimestre mention de son bilan thermique moyen journalier; les prélèvements 2014 pour le compartiment 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>

Avec la collaboration pour les prélèvements et les analyses de

<i>Florian</i>	<i>Caradec</i>	<i>(DYNECO / pelagos)</i>
<i>Rémy</i>	<i>Cordier</i>	<i>(LER / BL)</i>
<i>Sylvaine</i>	<i>Françoise</i>	<i>(LER / N)</i>
<i>Frank</i>	<i>Maheux</i>	<i>(LER / N)</i>
<i>Emilie</i>	<i>Rabiller</i>	<i>(LER / N)</i>
<i>Benjamin</i>	<i>Simon</i>	<i>(LER / N)</i>
<i>Françoise</i>	<i>Vérin</i>	<i>(LER / BL)</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 et régional de Biologie et d'Hygiène Franck Duncombe de Caen (Microbiologie)

Laboratoire Eurofins de Bordeaux (Hydrazine, Ethalonamine)

3.1. Méthodologie

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 2014 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 3.2.2. Les campagnes de 2014 se sont déroulées les 24 mars, 19 juin et 15 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).

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 :

		Température. (°C)	Salinité	Turbidité (FNU)
<i>PRECISION</i>		± 0,01	± 0,01	± 2 %
<i>LIMITE DETECTION</i>	<i>DE</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%	4,8%	10,1%	6,4%	0,7%	30%	30%
<i>Limite de quantification</i>	0,10	0,02	0,10	0,05	0,2	0,10	0,10

Tableau 3.2.2 : Incertitude et limite de quantification des mesures

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 2014, 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 2014 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 1987-2014. 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 2014

Les résultats acquis au cours des différentes campagnes de mesure pour l'année 2014 sur le site de Flamanville sont présentés dans le tableau 3.2.3

		Canal d'amenée	Rejet	Référence Surface
24-mars	Température (°C)	9,81	12,08	9,78
	Salinité	34,9	35,1	34,9
	Nitrate (µM)	9,41	9,44	9,17
	Nitrite (µM)	0,17	0,19	0,18
	Ammonium (µM)	0,31	0,10	0,15
	Phosphate (µM)	0,49	0,49	0,48
	Silicate (µM)	2,42	2,50	2,67
	Turbidité (FNU)	6,83	8,37	6,57
	Hydrazine (mg/L)	<0,10	<0,10	<0,10
	Ethanolamine (mg/L)	<0,10	<0,10	<0,10
19-juin	Température (°C)	15,18	17,29	14,93
	Salinité	34,8	34,7	34,6
	Nitrate (µM)	1,20	1,45	2,66
	Nitrite (µM)	0,10	0,11	0,15
	Ammonium (µM)	0,15	<0,10	0,24
	Phosphate (µM)	0,06	0,07	0,11
	Silicate (µM)	0,78	0,80	0,78
	Turbidité (FNU)	0,28	0,66	0,38
	Hydrazine (mg/L)	<0,10	<0,10	<0,10
	Ethanolamine (mg/L)	<0,10	<0,10	<0,10
15-sept	Température (°C)	18,04	20,04	17,94
	Salinité	34,9	34,8	34,8
	Nitrate (µM)	1,75	2,25	2,68
	Nitrite (µM)	0,23	0,25	0,30
	Ammonium (µM)	0,34	0,36	0,68
	Phosphate (µM)	0,18	0,19	0,22
	Silicate (µM)	2,44	2,70	2,86
	Turbidité (FNU)	0,58	1,29	1,31
	Hydrazine (mg/L)	<0,10	<0,10	<0,10
	Ethanolamine (mg/L)	<0,10	<0,10	<0,10

Tableau 3.2.3 : Récapitulatif des résultats de surveillance pour l'année 2014

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 2014, la température de l'eau de mer a varié de 9.81 à 18.04 °C au point *canal*, de 12.08 à 20.04 °C au point *rejet* et de 9.78 à 17,94 °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.

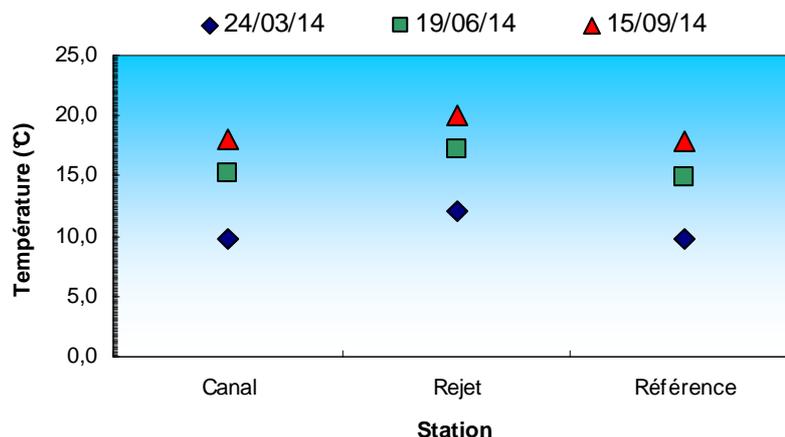


Figure 3.2.1 : Température de l'eau de mer en surface lors des trois campagnes de 2014

L'amplitude thermique entre les fins d'hiver et d'été a été en moyenne de 8.2 °C sur les points *canal* et *référence*. Cet écart est moins important que celui de l'an passé (9.4 °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.

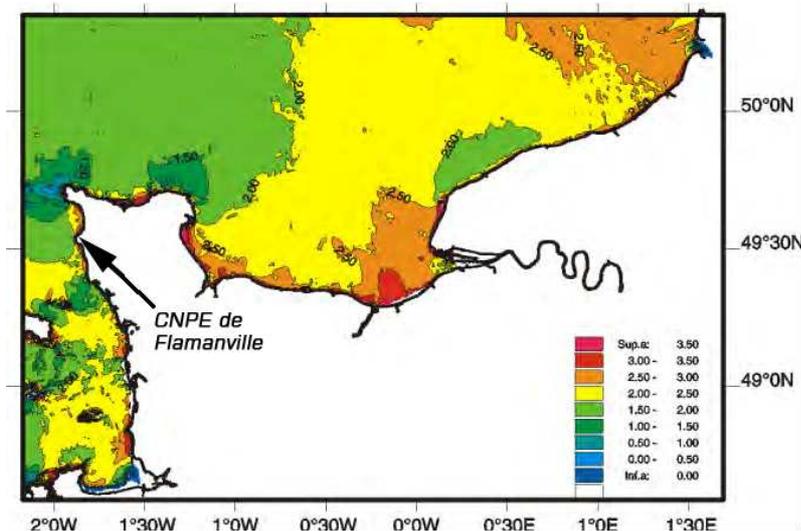


Figure 3.2.2 : Évolution spatiale du paramètre de stratification (H/u^3) en Manche réalisée à l'aide d'un modèle hydrodynamique 2D (IFREMER DEL/AO-LERN)

3.2.2.1.2 Variations inter-annuelles

Les températures mesurées en début de printemps et en début d'été 2014, indépendamment de la précocité des prélèvements, sont semblable de celles observées il y a 2 ans en 2012 et toujours plus élevées que l'an dernier sur tous les points et à toutes saisons.

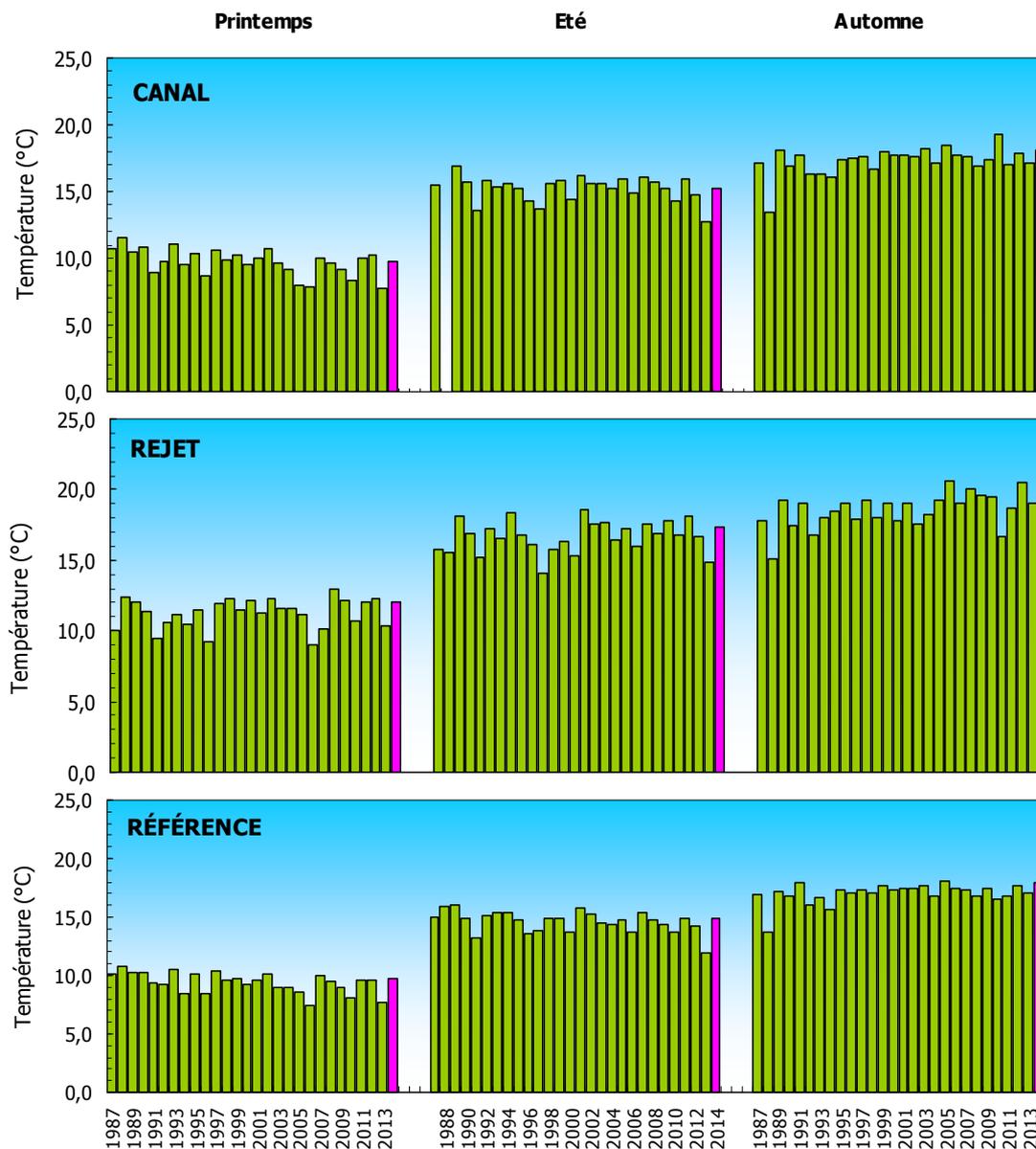


Figure 3.2.3 : Température de l'eau en surface sur la période 1987-2014 (2014 est en rose).

La comparaison des distributions de températures observées depuis plus de 25 ans, par saison et par point est présentée sur la figure 3.2.4. Au printemps et en été, les températures 2014 sur les différents points de suivi sont très proches aux médianes pluriannuelles. Les températures observées en automne 2014 se montrent systématiquement supérieures aux médianes pluriannuelles sur tous les points de surveillance. D'ailleurs, les températures observées à cette période sont très proches des valeurs maximales.

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 2014 suivent ces tendances.

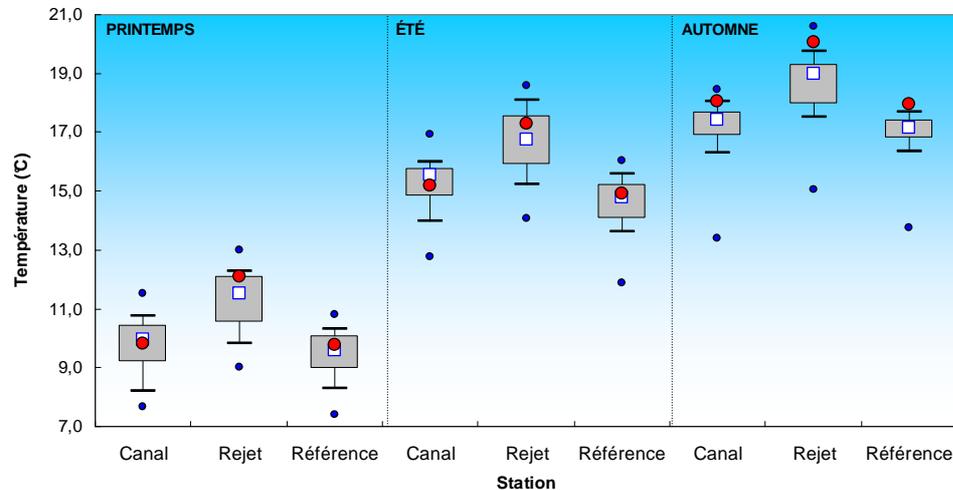


Figure 3.2.4 : Comparaison des distributions de la température par campagne et par point sur la période 1987-2013. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50% des valeurs (▭) ; les moustaches, 80% des valeurs (┌). Les points extrêmes présentent les valeurs maximales et minimales (•). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2014 (●)

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 (1986-2014). Les mesures réalisées en 2014 sont en accord avec cette observation.

3.2.2.1..3 Température au *rejet* et taux de dilution

Les différences de température enregistrées en 2014, entre les points *rejet* et *référence*, ont été respectivement de 2,30, 2,36 et 2,10 °C en mars, juin et septembre. Entre les points *rejet* et *canal*, ces écarts ont été respectivement de 2,27, 2,11 et 2,00 °C. La distribution de ces écarts de température mesurés depuis 1987, est présentée sur la figure 3.2.5.

En 2014, les écarts observés sont généralement élevés, car tous au dessus des médianes pluriannuelles. Ils suivent la tendance décrite par les médianes. Cependant, ils restent inférieurs à ceux de l'année 2008.

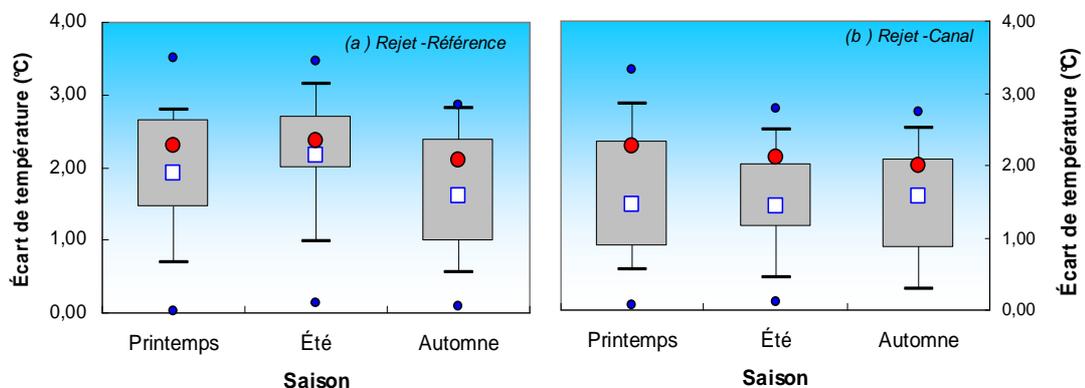


Figure 3.2.5 : Distribution par campagne des différences de température entre les points *rejet* et *référence* point sur la période 1987-2013. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50% des valeurs (▭) ; les moustaches, 80% des valeurs (┌). Les points extrêmes présentent les valeurs maximales et minimales (•). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2014 (●)

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.

2014	t° Canal		t° Sortie Condenseur		t° Rejet	t°Rejet-t°Canal	t°SC-t°Canal	π	% Taux Dilution
	Ifremer	EDF	T1	T2	Ifremer				
21 mars	9.81	9.8	9.8	22.7	12.08	2.27	12.89	0.18	82.4
14 juin	15.18	15.8	28.7	15.6	17.29	2.11	13.52	0.18	84.4
11 Septembre	18.04	18.3	31.2	24.6	20.04	2.00	13.16	0.15	84.8

Tableau 3.2.3 : Echauffements de l'eau de mer et taux de dilution calculés à Flamanville en 2014

Les taux de dilution pour l'année 2014 varient entre 82 et 85 %. 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 2014. 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*.

Comparaison	Printemps		Été		Automne	
	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée
Canal/Rejet	Test T	0,000	Test T	0,000	Test W	0,000
Référence/Rejet	Test T	0,000	Test W	0,000	Test T	0,000
Canal/Référence	Test W	0,000	Test T	0,000	Test W	0,003

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 = 27 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'aménée. 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'aménée. Les travaux de modélisation du panache thermique réalisés par Violeau et Dribault (1997) montrent une élévation potentielle de température sur le canal d'aménée par le panache du rejet, à la pleine mer aussi bien en morte-eau qu'en une vive-eau moyenne. Selon le flot ou le jusant, le panache thermique s'affine et s'allonge davantage vers le sud que vers le nord. Toutefois, quelle que soit la marée, les résultats issus de la modélisation montrent que l'impact thermique lié au rejet d'eau échauffée de la centrale reste géographiquement très localisé. Les 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 2014 (figure 3.2.6) sont comprises entre 34,8 et 35,1 au point *canal* et *rejet* et entre 34,6 et 34,9 au point *référence* en surface. Elles présentent peu de variations au cours de l'année.

Les variations spatiales sont aussi très limitées avec un gradient côte-large habituellement croissant peu marqué cette année.

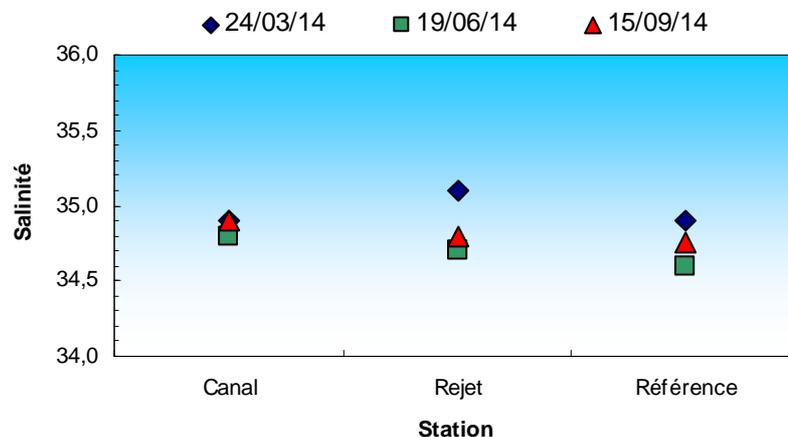


Figure 3.2.6 : Salinité de l'eau de surface lors les campagnes 2014

3.2.2.2.2 Variations inter-annuelles

La figure 3.2.7 présente l'ensemble des valeurs de salinité sur la période 1987-2014. Les salinités mesurées au printemps 2014 sont supérieures à celle de 2013 sur toutes les stations. En été et en automne, les salinités sur l'ensemble des points sont inférieures à l'année dernière.

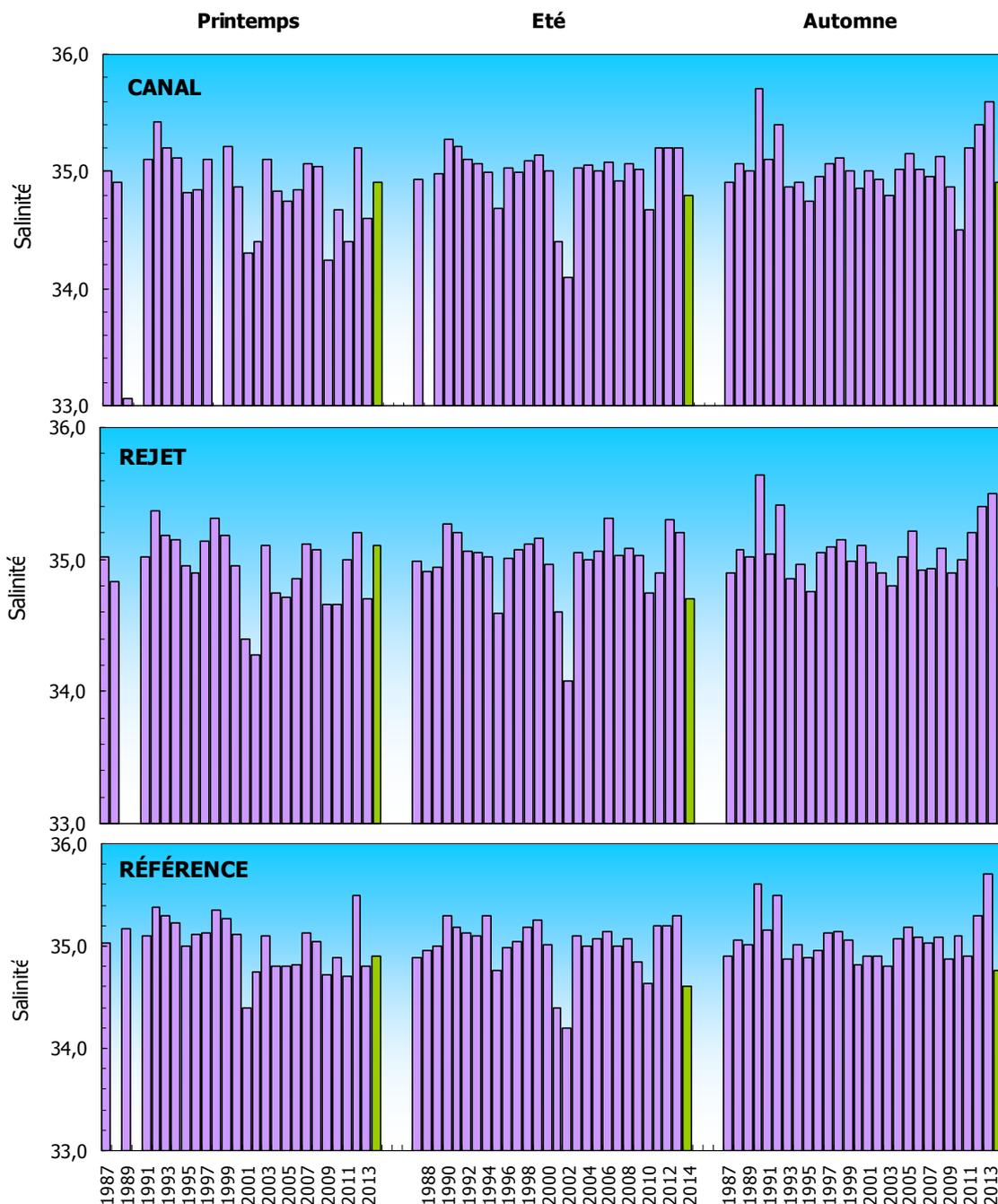


Figure 3.2.7 : Salinité de l'eau de surface pour les campagnes 1987 à 2014 (2014 en vert)

La figure 3.2.8 présente la distribution des valeurs de salinité enregistrées entre 1987 et 2014. Au printemps, les salinités mesurées sont très proches des valeurs des médianes pluriannuelles. Les salinités mesurées au cours de campagnes de surveillance 2014 ont généralement été inférieures aux valeurs médianes calculées sur la période 1987-2013 au cours de l'été et de l'automne sur tous les points. La salinité observée au point rejet en automne est parmi la plus faible observée depuis 27 ans (34.8).

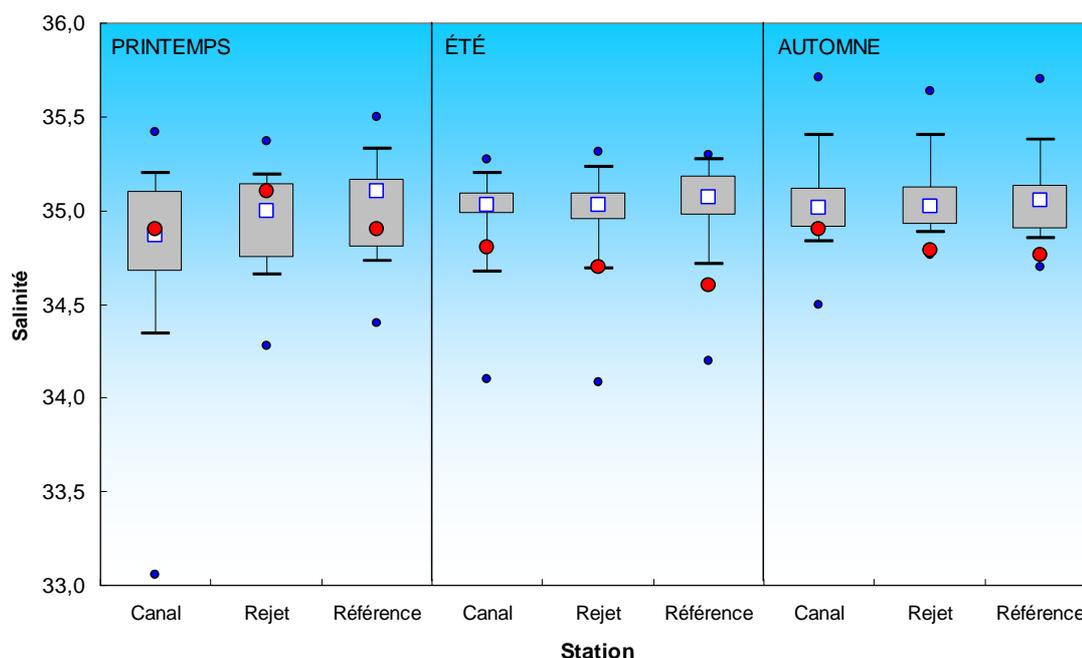


Figure 3.2.8 : Distributions de la salinité par campagne et par point depuis 1987. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50% des valeurs (▭) ; les moustaches, 80% des valeurs (┌). Les points extrêmes présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2014 (●)

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	Printemps		Été		Automne	
	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée
Canal/Rejet	Test W	0,171	Test W	0,443	Test W	0,943
Référence/Rejet	Test T	0,047	Test T	0,505	Test W	0,398
Canal/Référence	Test W	0,000	Test W	0,078	Test W	0,352

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 2014 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.

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 2014, les concentrations en ammonium ont varié de $0,15$ à $0,34 \mu\text{M}$ au point *canal*, de $<0,10$ à $0,36 \mu\text{M}$ au point *rejet* et de $0,15$ à $0,68 \mu\text{M}$ au point *référence* (figure 3.2.9).

Au printemps et en été, les concentrations sont très faibles sur l'ensemble des points de surveillance. Elles augmentent légèrement en automne et en particulier sur le point référence.

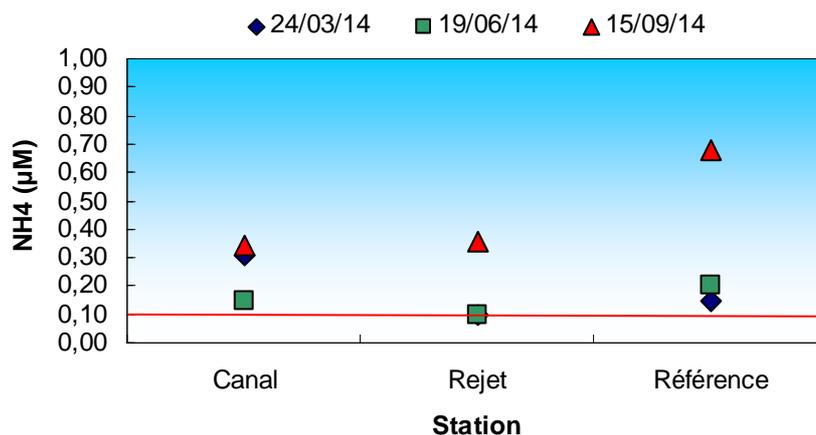


Figure 3.2.9 : Concentrations en ammonium (μM) dans les eaux de surface lors des campagnes 2014 (-Limite de quantification= $0,10 \mu\text{mol/L}$)

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 est de nouveau observé cette année.

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.

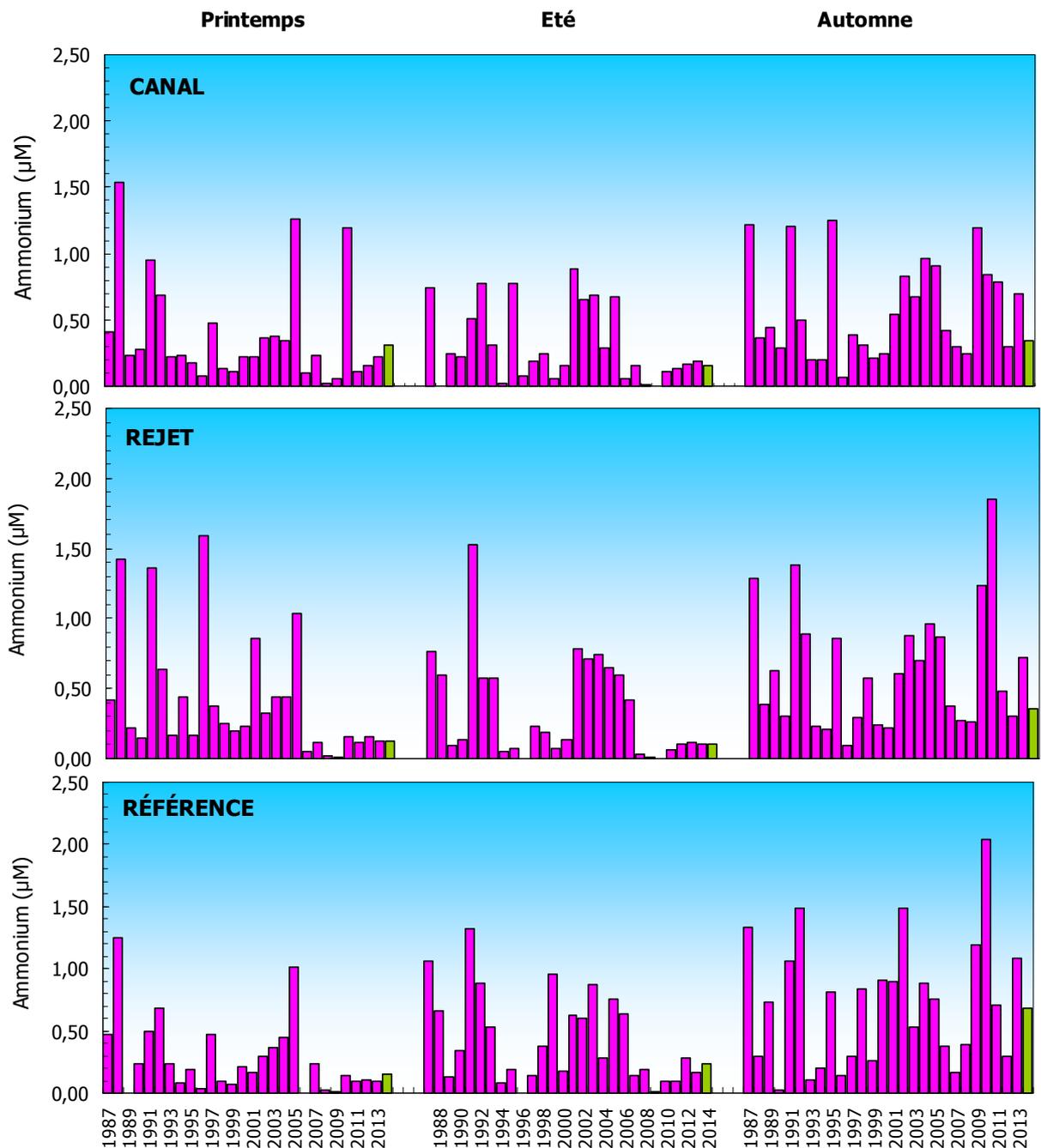


Figure 3.2.10 : Concentrations en ammonium dans l'eau de surface lors des campagnes de 1987 à 2014 (2014 en vert)

Les valeurs observées en 2014 sont comparables à celles de 2013 sur l'ensemble des points au printemps et en été. A l'inverse en automne, les teneurs en ammonium sont inférieures à celles de 2013 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 2014 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 2014. Les concentrations mesurées en 2014 sont très proches des médianes pluriannuelles au printemps et en été. En automne, les concentrations en ammonium sont inférieures aux valeurs médianes calculées sur la période 1987-2013.

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

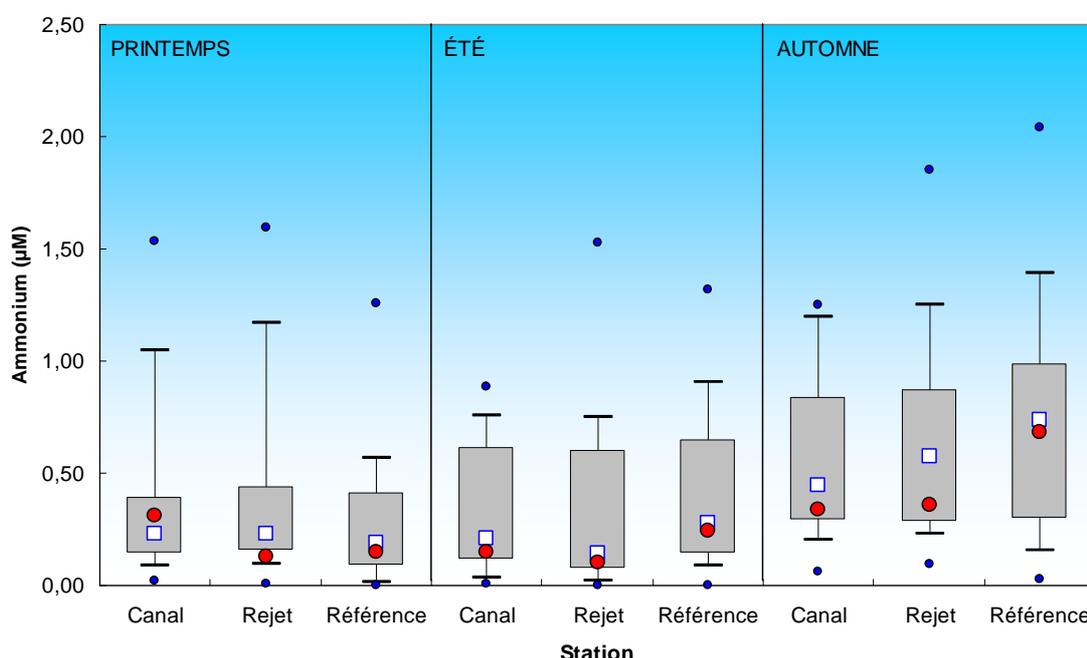


Figure 3.2.11 : Distributions des concentrations en ammonium par campagne et par point depuis 1987. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (▭) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌). Les points extrêmes présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2014 (●)

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	Printemps		Eté		Automne	
	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée
Canal/Rejet	Test W	0,692	Test W	0,360	Test W	0,082
Référence/Rejet	Test W	0,060	Test W	0,031	Test T	0,069
Canal/Référence	Test W	0,001	Test W	0,066	Test W	0,162

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 ($n = 27$ pour chaque point et chaque saison)

Cette année encore, l'intégration des résultats des campagnes de surveillance 2014 modifie sensiblement les résultats de l'étude statistique. Des différences significatives apparaissent entre les points *référence* et *rejet* en été. Ces différences significatives s'ajoutent à celle entre les points *canal* et *référence* au printemps. Il n'existe sinon pas d'autre différence significative entre les trois points de surveillance pour ce sel nutritif.

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 2014 est présentée sur la figure 3.2.12. Les teneurs en nitrate ont été comprises entre 1.20 et 9.41 μM au point *canal*, entre 1.45 et 9.44 μM au point *rejet* et entre 2.66 et 9.17 μM au point *référence*. Les teneurs en nitrite ont varié de 0,10 à 0,23 μM au point *canal*, de 0,11 à 0,25 μM au point *rejet* et enfin de 0,15 à 0,30 μM au point *référence*.

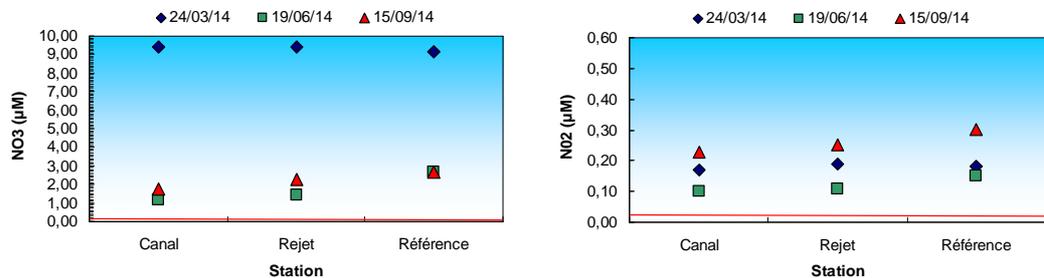


Figure 3.2.12 : Concentrations en nitrate (μM) et nitrite (μM) dans les eaux de surface en 2014
(-Limite de quantification=0.10 $\mu\text{mol/L}$ pour le nitrate, 0.02 $\mu\text{mol/L}$ pour le nitrite)

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 1987-2014 sont respectivement présentées sur les figures 3.2.13 et 3.2.14.

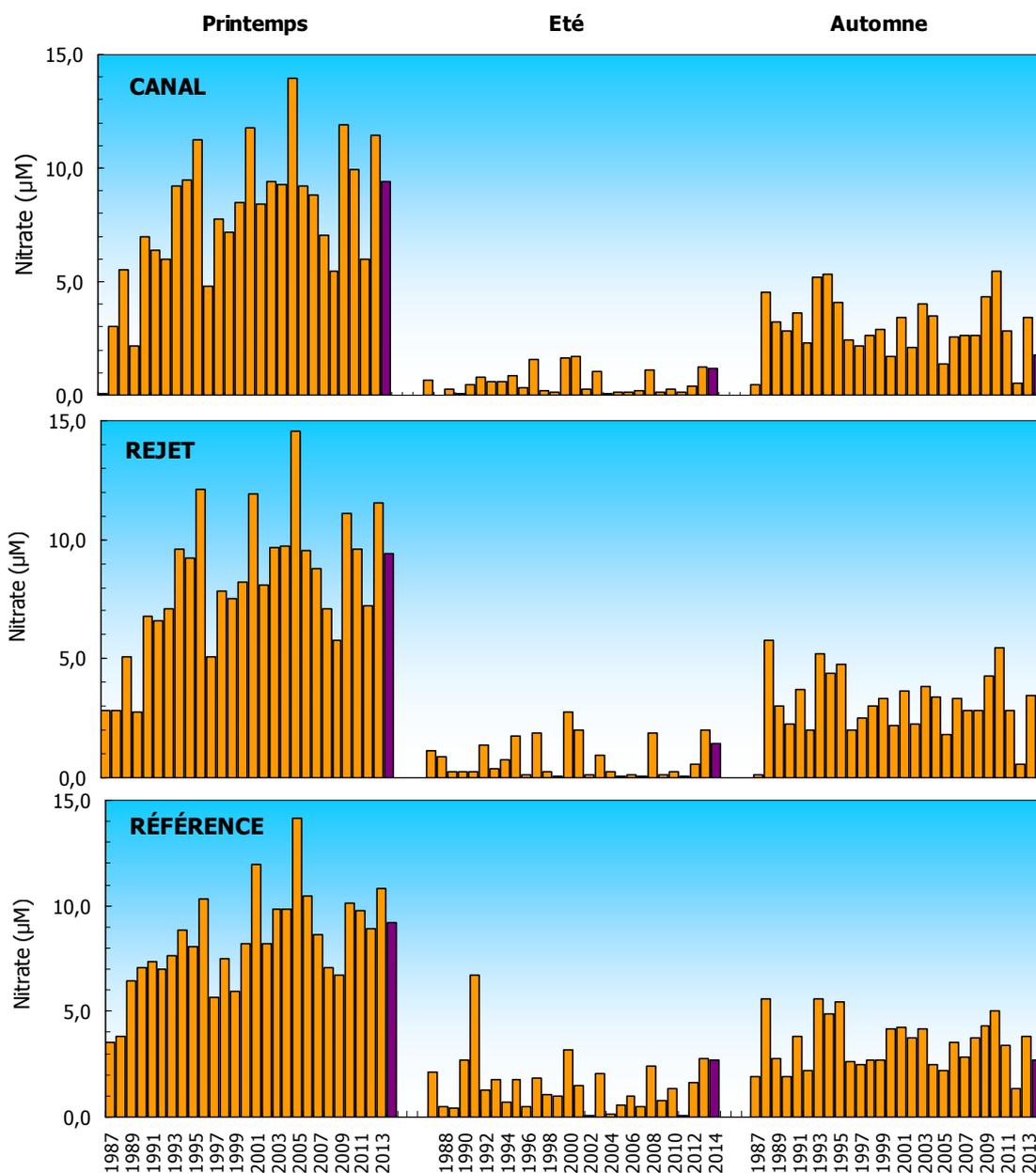


Figure 3.2.13 : Concentrations en nitrate dans l'eau de surface pour les campagnes de 1987 à 2014 (2014 en mauve foncé)

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 2014 sont très légèrement supérieures à celles de 2013 au printemps et en été sur l'ensemble des points de surveillance. En automne, elles sont très légèrement inférieures à celles de 2013 sur les points excepté au point référence.

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 (0,01-0,6 μM pour les nitrites pour des salinités ~35, Laane, 1992).

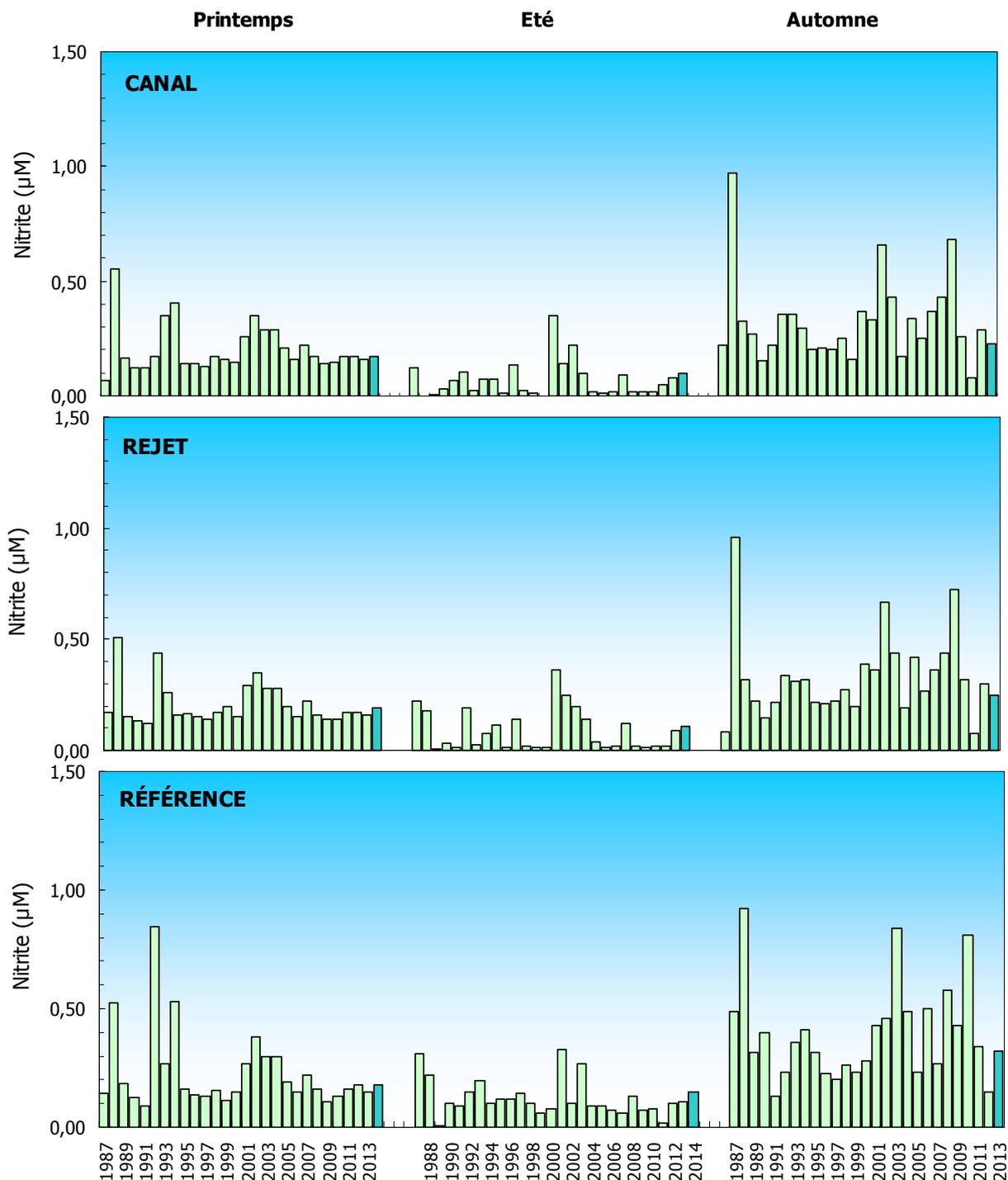


Figure 3.2.14 : Concentrations en nitrite dans l'eau de surface pour les campagnes 1987 à 2014 (2014 en turquoise)

La figure 3.2.15 présente la distribution des teneurs en nitrate et nitrite mesurées entre 1987 et 2014. Au printemps et en été, les teneurs en nitrates sont supérieures aux médianes pluriannuelles. Durant ces saisons, les teneurs en nitrites sont quant à elles assez similaires aux médianes. En automne, les teneurs de nitrates et nitrites sont faiblement inférieures aux médianes sur tous les points de surveillance, très proches des médianes.

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.

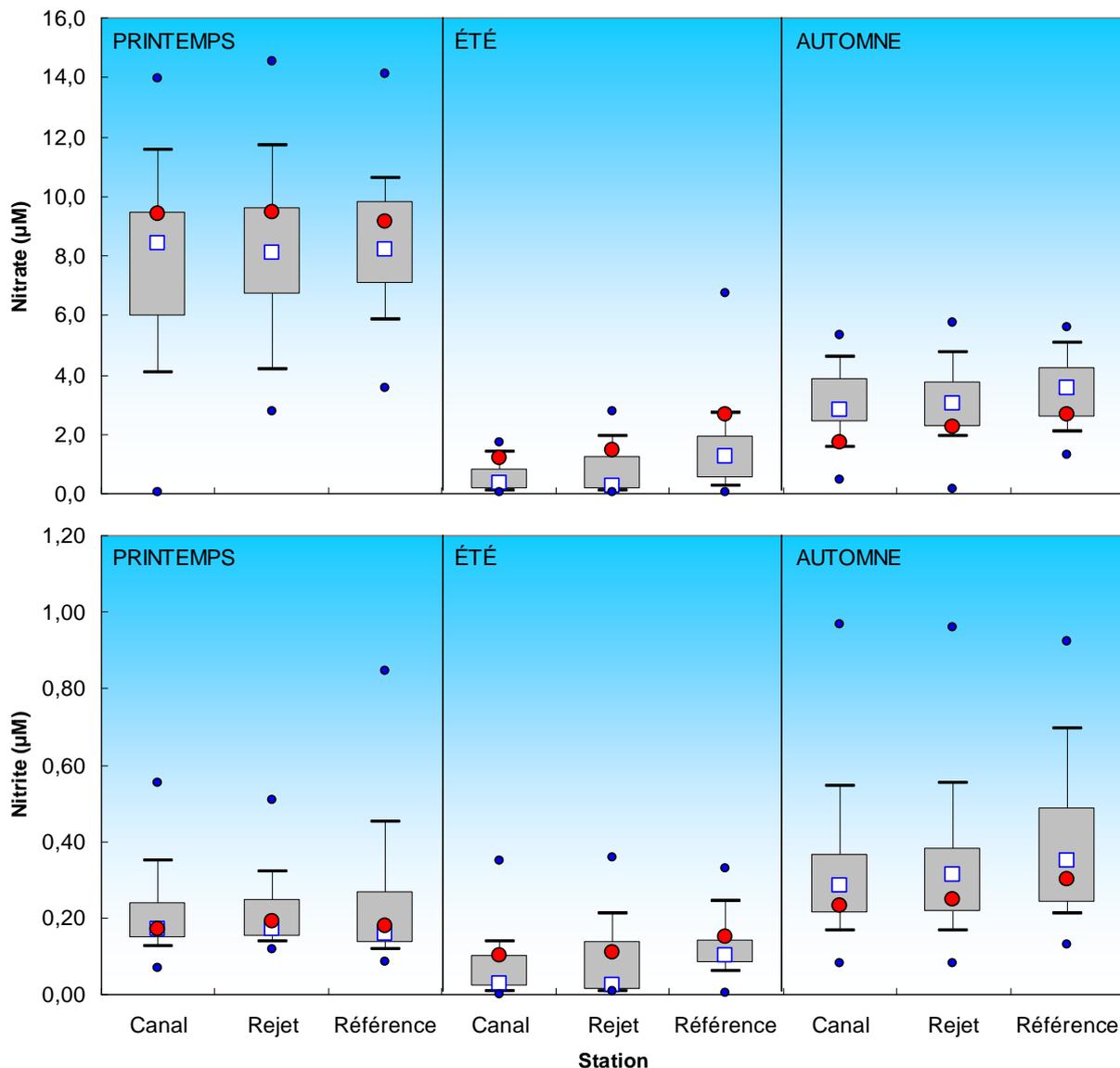


Figure 3.2.15 : Comparaison des distributions des concentrations en nitrate par campagne et par point depuis 1987. Le point central représente la médiane (\square) ; la boîte englobe 50% des valeurs (\square) ; les moustaches, 80% des valeurs (\top). Les points extrêmes présentent les valeurs maximales et minimales (\bullet). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2014 (\bullet)

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	Test W	0,059	Test W	0,031	Test T	0,225
	Référence/Rejet	Test W	0,438	Test W	0,000	Test T	0,014
	Canal/Référence	Test W	0,210	Test W	0,000	Test T	0,007

		Printemps		Été		Automne	
		type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée
Nitrite	Canal/Rejet	Test W	0,848	Test W	0,191	Test W	0,068
	Référence/Rejet	Test W	0,854	Test T	0,005	Test W	0,000
	Canal/Référence	Test W	0,807	Test W	0,000	Test 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 = 27 pour chaque point et chaque saison)

L'intégration des concentrations mesurées en 2014 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 2014 est présentée sur la figure 3.2.16. Les teneurs en phosphate ont été comprises entre 0,06 et 0,49 μM au point *canal*, entre 0,07 et 0,49 μM au point *rejet* et entre 0,11 et 0,48 μM au point *référence* (figure 3.2.16). Les concentrations en silicate ont variées de 0,78 à 2,44 μM au point *canal*, de 0,80 à 2,70 μM au point *rejet*, et de 0,78 à 2,86 μM au point *référence* (figure 3.2.16).

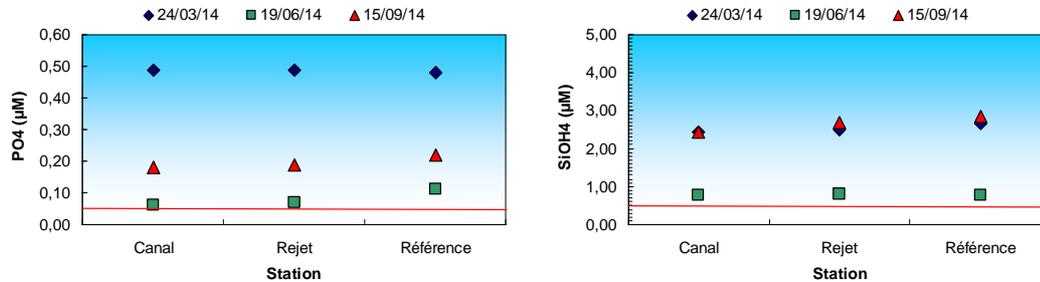


Figure 3.2.16 : Concentrations en phosphate et silicate (μM) dans les eaux de surface en 2014 (-Limite de quantification= $0,05 \mu\text{mol/L}$ pour le phosphate, $0,20 \mu\text{mol/L}$ pour le silicate)

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 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).

3.2.2.5.2 Variations inter-annuelles

Les variations des concentrations en phosphate et silicate sur la période 1987-2014 sont respectivement présentées sur les figures 3.2.17 et 3.2.18.

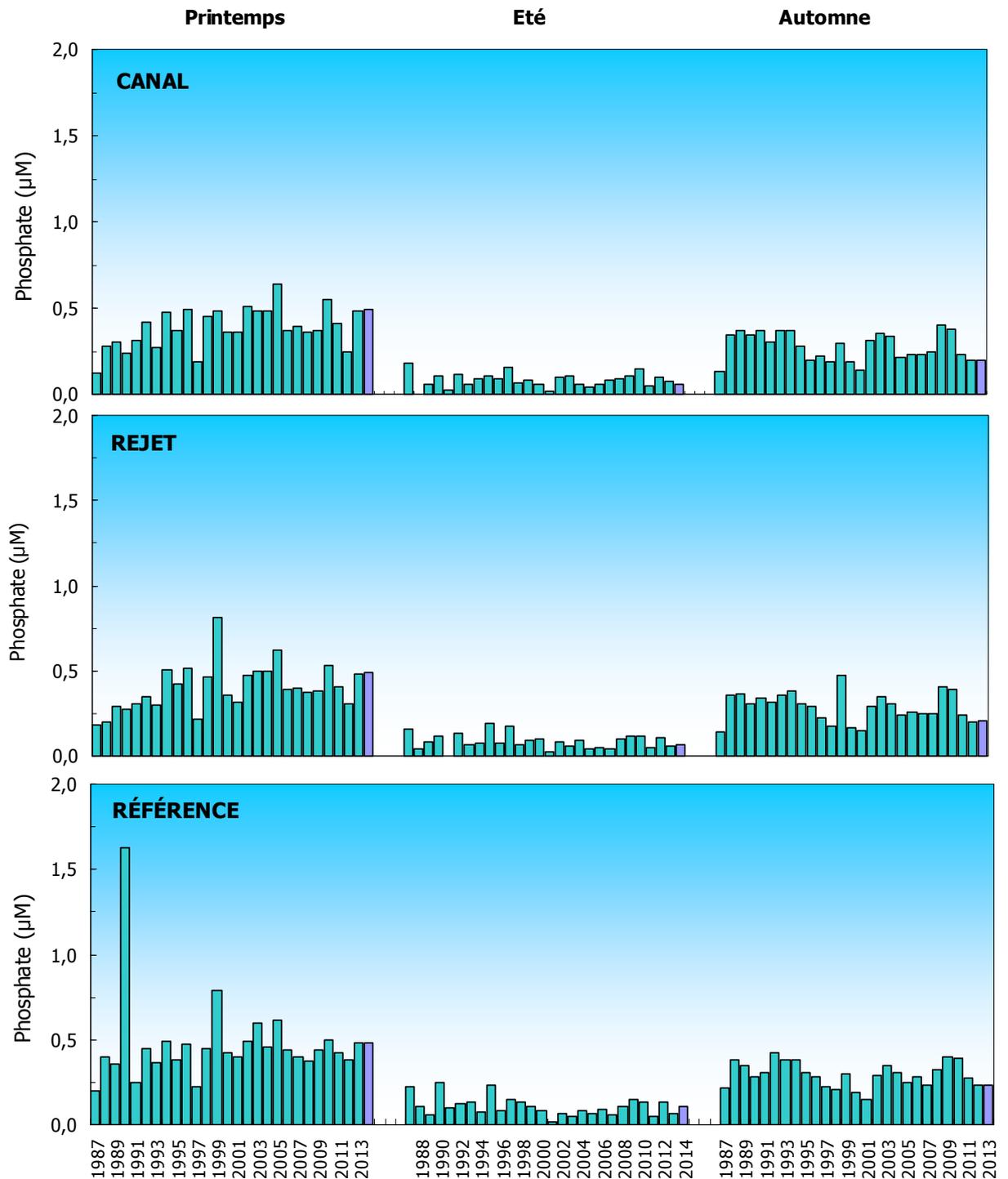


Figure 3.2.17 : Concentrations en phosphate dans l'eau de surface lors des campagnes 1987 à 2014 (2014 en violet)

Les teneurs en phosphate mesurées en 2014 sont sensiblement identiques à celles de 2013 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.

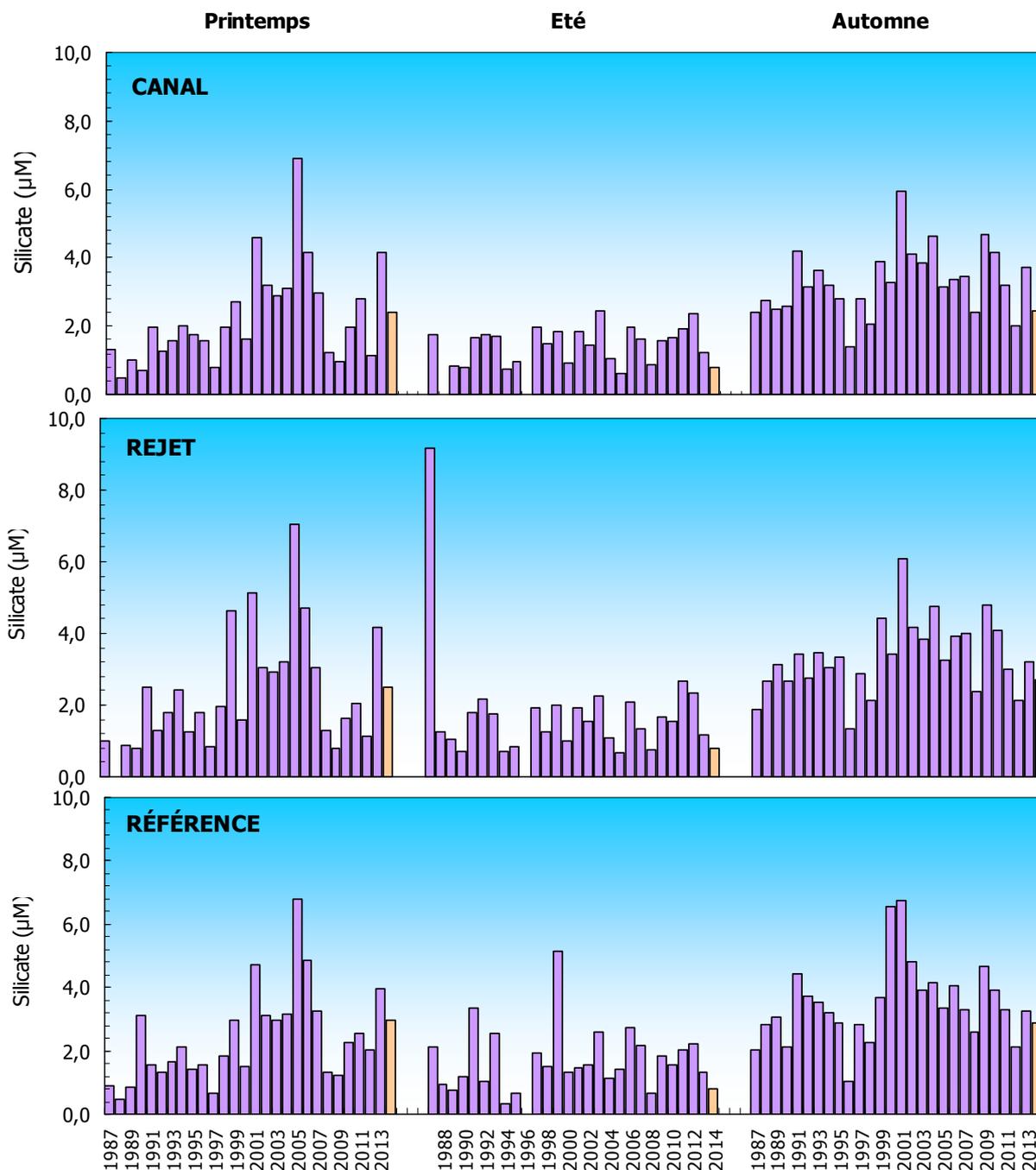


Figure 3.2.18 : Concentrations en silicate dans l'eau de surface lors des campagnes 1987 à 2014 (2014 en orange)

Les teneurs en silicate mesurées en 2014 sont inférieures à celles de 2013 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 2014. Pour le phosphate, les concentrations en 2014 se situent proches des médianes pluriannuelles en été, très légèrement supérieures à ces médianes au printemps et inférieures en automne. Pour le silicate, les concentrations en 2014 se situent aussi très proches de la médiane pluriannuelle au printemps. Elles sont par contre légèrement inférieures aux médianes en été et en automne sur tous les points de surveillance. Les concentrations en phosphate en 2014 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. Par contre, les teneurs en silicates en 2014 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.

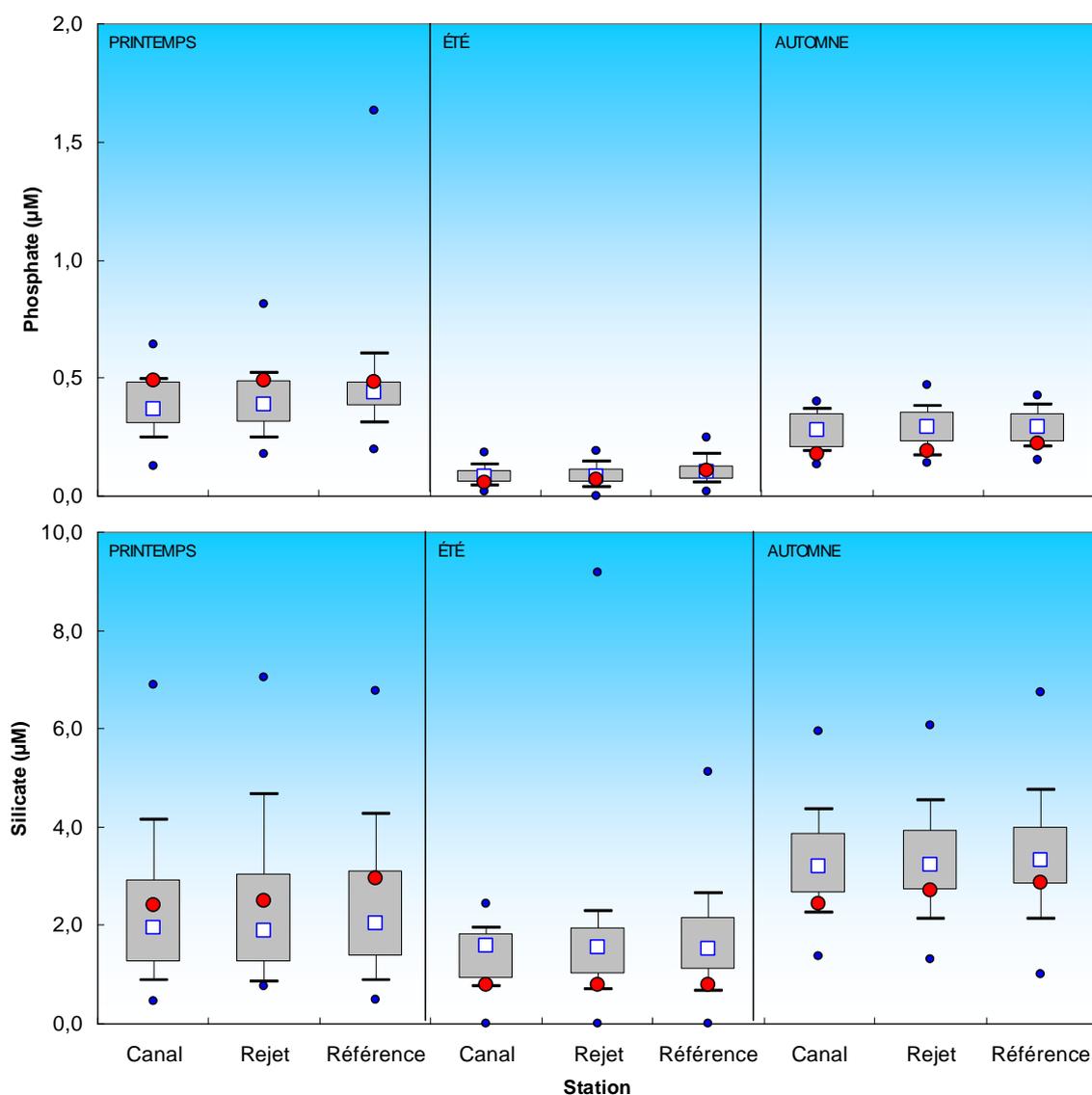


Figure 3.2.19 : Distributions des concentrations en phosphate et silicate par campagne et par point depuis 1987. Le point central représente la médiane (\square) ; la boîte englobe 50% des valeurs (\square) ; les moustaches, 80% des valeurs (\top). Les points extrêmes présentent les valeurs maximales et minimales (\bullet). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2014 (\bullet)

3.2.2.5..3 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 2014 ne modifie pas les résultats de l'étude statistique présentée l'an passé pour le phosphate.

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.

		Printemps		Eté		Automne	
		type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée
Phosphate	Canal/Rejet	Test W	0,217	Test T	0,525	Test W	0,389
	Référence/Rejet	Test W	0,041	Test T	0,004	Test W	0,065
	Canal/Référence	Test W	0,005	Test T	0,008	Test T	0,020

		Printemps		Eté		Automne	
		type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée	type de test	probabilité associée
Silicate	Canal/Rejet	Test W	0,239	Test W	0,349	Test T	0,522
	Référence/Rejet	Test W	0,848	Test W	0,424	Test W	0,260
	Canal/Référence	Test W	0,516	Test W	0,071	Test W	0,199

(*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* = 27 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 (Na₃PO₄). 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 probablement que très peu perceptibles dans le milieu marin récepteur.

3.2.2.6. Turbidité

La mesure de la turbidité par néphélométrie 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 2014 ont varié de 0,28 à 6.83 FNU au point *canal*, de 0,66 à 8.37 FNU au point *rejet* et de 0,38 à 6.57 FNU au point *référence* (figure 3.2.20). Les variations spatiales de la turbidité sont peu marquées entre les points de surveillances. Sur le plan temporel, les valeurs de turbidité sont sensiblement plus élevées au printemps qu'en été et en automne.

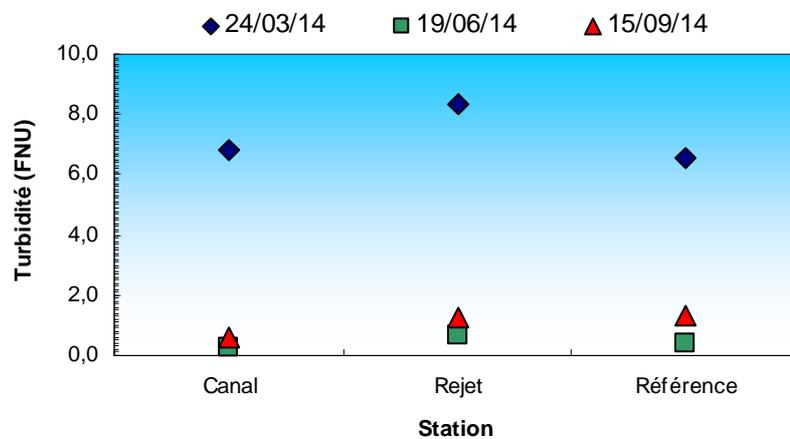


Figure 3.2.20 : Turbidité dans les eaux de surface lors des campagnes 2014

3.2.2.6.2. Variations inter-annuelles

Les variations de turbidité observées en 2014 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 supérieures à celles de 2013 au printemps sur toutes les stations de surveillance. Elles sont comparables à 2013 en été et en automne sur toutes les stations de surveillance.

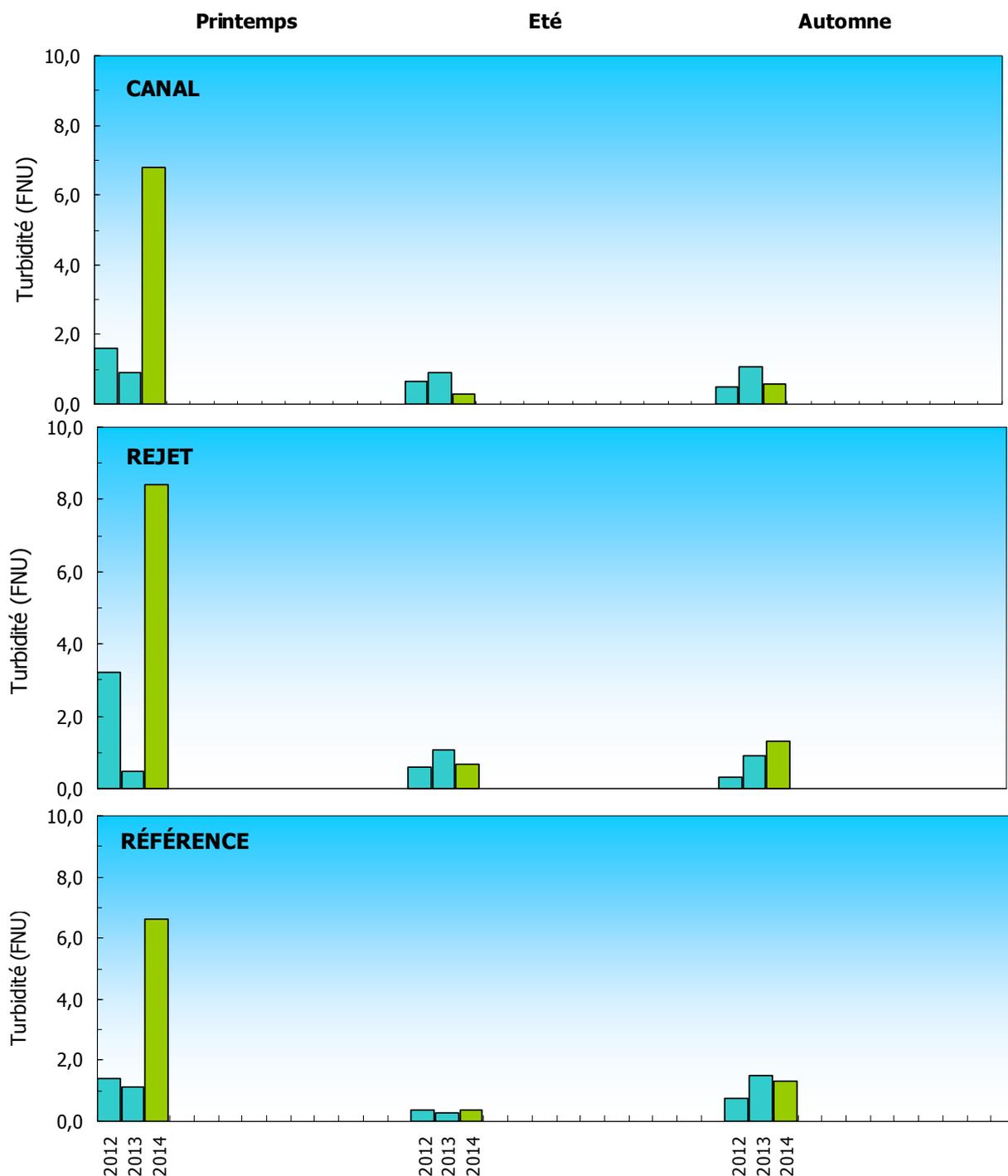


Figure 3.2.21 : Turbidité dans l'eau de surface en 2014

La figure 3.2.22 présente sous forme de *boîtes à moustaches* la distribution de turbidités mesurées en 2014. 2014 étant la troisième 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.

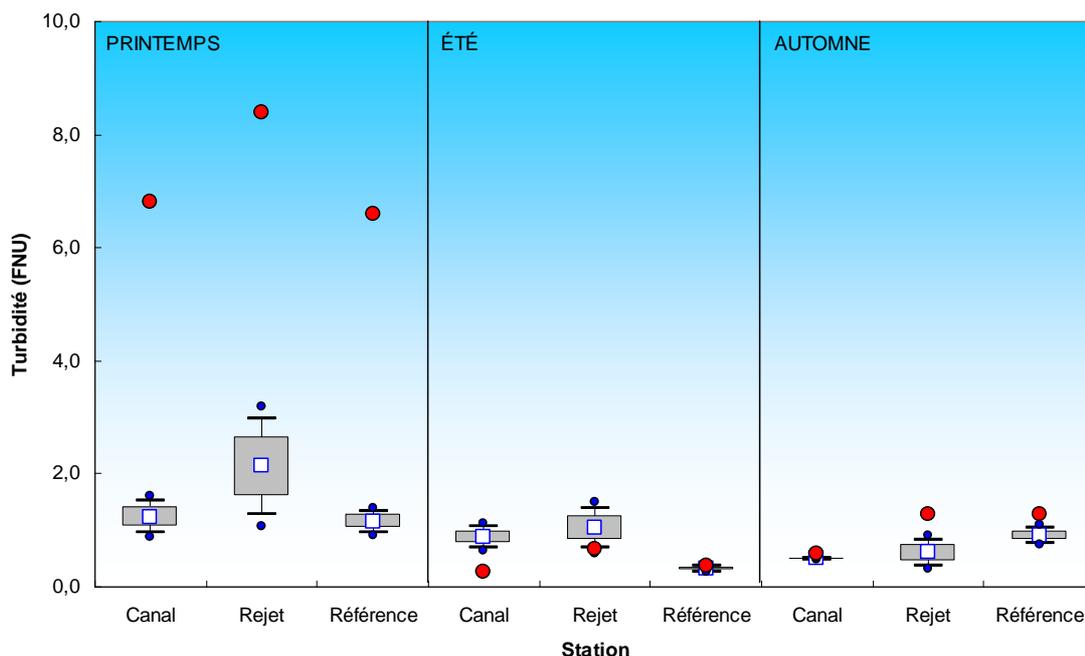


Figure 3.2.22 : Distributions de la turbidité par campagne et par point depuis 2012. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50% des valeurs (■) ; les moustaches, 80% des valeurs (┌┐). Les points extrêmes présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2014 (●)

3.2.2.5..4 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 2014, les concentrations en hydrazine et éthanolamine sont restées inférieures à la limite de quantification (0,1 mg/L), sur tous les points de prélèvements et à toutes saisons.

Les concentrations restent très faibles, les rejets d'hydrazine et d'éthanolamine par la centrale ne sont pas perceptibles dans le milieu récepteur.

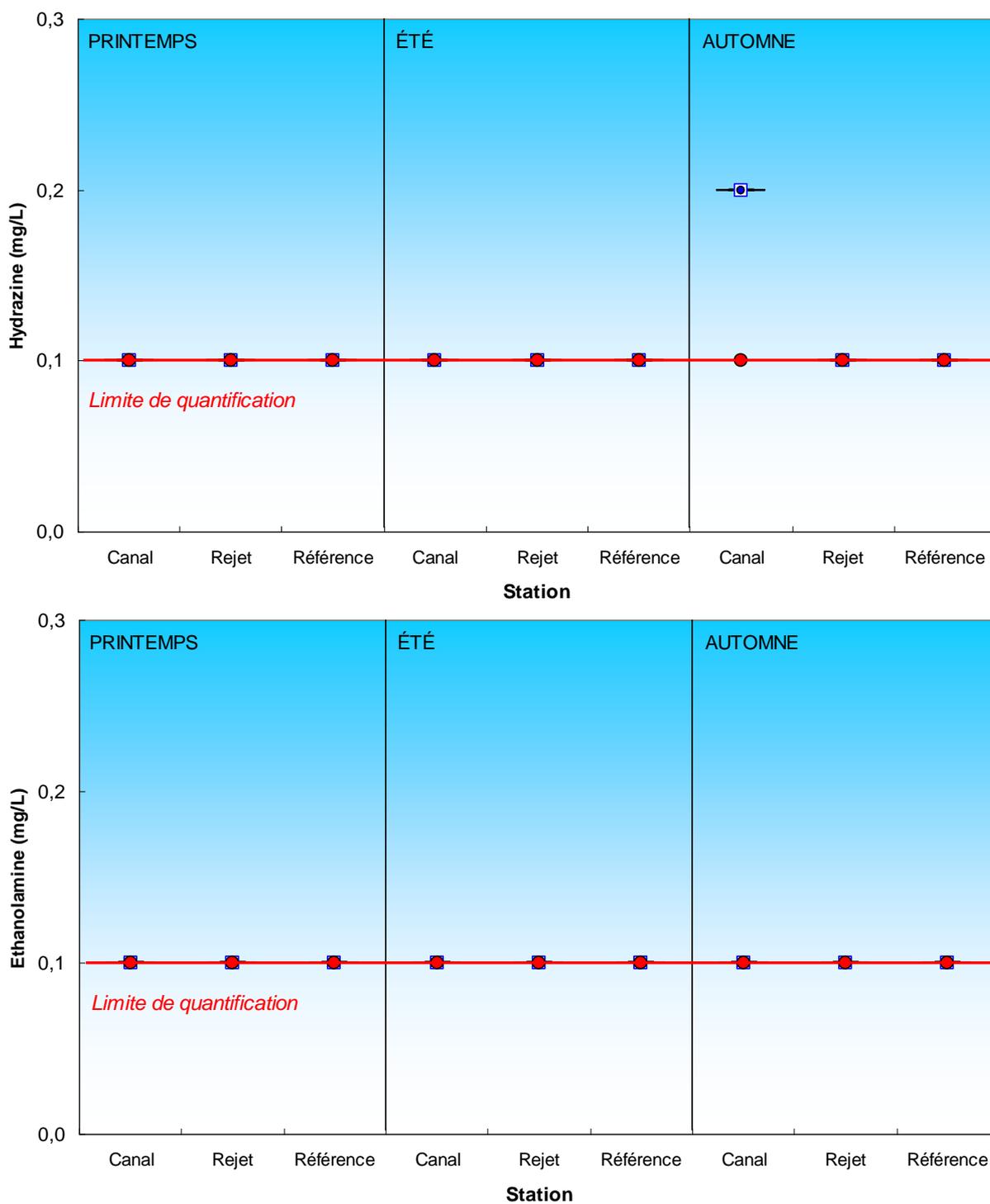


Figure 3.2.23 : Distributions des concentrations en hydrazine et éthanolamine par campagne et par point depuis 2011. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50% des valeurs (▭) ; les moustaches, 80% des valeurs (┌). Les points extrêmes présentent les valeurs maximales et minimales (•). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2014 (●)

3.2.3. Conclusion

Les températures d'eau de mer mesurées en 2014 ont été supérieures 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 2014, appuyées des résultats de modélisation, indiquent que l'étendue du panache de rejet reste toujours géographiquement très limitée.

Les salinités enregistrées au printemps 2014 ont été supérieures à celles de 2013 sur les différentes stations de surveillance. Conséquence d'un printemps plus doux et moins pluvieux que l'année passée. Les mesures de la salinité sur les deux autres périodes sont toutefois inférieures à celles constatées en 2013. Les mesures de salinités 2014 sont inférieures aux valeurs médianes pluriannuelles calculées sur la période 1987-2013 en été et en automne. C'est le contraire au printemps. 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 2014 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 supérieures aux médianes pluriannuelles établies depuis 1987 et sont restées dans les gammes de concentrations observées depuis 2007.

Depuis la mise en application de la décision ASN n°2010-DC-0189, différents changements sont intervenus au niveau du protocole de surveillance. La mesure de la turbidité est venue remplacer celle des concentrations en MES. Ce paramètre a été caractérisé par 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. Les concentrations restent très faibles, 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 2014 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*, *V. furnissii* et *V. metschnikovii*).

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

Parmi les vibrions non cholériques responsables des cas d'infections humaines identifiés en France entre 1995 et 2009, les espèces isolées étaient : *V. cholerae* (sérogroupes non-O1/non-O139 ; n=69); *V. alginolyticus* (n=25), *V. parahaemolyticus* (n=23) ; *V. vulnificus* (n=13) ; *V. fluvialis* (n=2) et *V. hollisae* (n=2). 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, des sédiments et du plancton utilisés comme support. Les vibrions cultivables à 37°C sont fortement corrélés à la température. Cette relation est largement décrite dans la littérature pour les pathogènes humains mais également pour les vibrions totaux, et ceci pour des analyses basées à la fois sur les méthodes de quantification culturales ou non culturales (Deter *et al.* 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 sur les côtes françaises (Deter *et al.* 2010a).

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 24 mars, 19 juin et 15 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 ont été 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 : es 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 répliquats ont été réalisés pour le dénombrement des germes revivifiables et 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 2014 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 par l'institut Pasteur de Lille, mais appelée "Méthode EDF" dans ce rapport, elle est utilisée sur l'ensemble des centrales du bord de mer et permet ainsi la comparaison des populations de vibrions halophiles entre elles.

- La comparaison des deux méthodes (l'ancienne et celle d'EDF - Procédure Technique DRD/P77/Vib) en 2004 et 2005, a permis de mettre en évidence quelques différences dues aux méthodologies et aux milieux de culture utilisés (détection ou non à différentes stations de la même espèce), sans pour autant altérer la tendance générale (les mêmes espèces ont été identifiées cf. tableau 3.3.5).

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 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 1^{ère} et 2^{nde} 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.

3.3.1.3. Analyses statistiques

Un traitement statistique a été réalisé pour les germes revivifiables (1992-2014 et pour les vibrions halophiles (2004-2014). 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 2014

Les résultats acquis au cours des trois campagnes pour l'année 2014 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 réplikat.

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 réplikat est calculé comme la moyenne 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 réplikat.

		<i>Canal</i>	<i>Rejet</i>	<i>Référence</i>	
24 Mars	<i>Germes revivifiables (n/mL)</i>	471	270	127	
	V.H.	<i>V.halophiles/L</i>	1 Va	1 Va	<1 UFC/l
		<i>Identif. de V. Halophiles</i>	Va	Va	< 1 UFC/l
		<i>V (ID<90%)</i>	1 UFC/l		
19 Juin	<i>Germes revivifiables (n/mL)</i>	130	376	246	
	V.H.	<i>V.halophiles/L</i>	37 Va	65 Va	75 Va
		<i>Identif. de V. Halophiles</i>	Va	Va	Va
		<i>V (ID<90%)</i>		1 UFC/l	
15 Septembre	<i>Germes revivifiables (n/mL)</i>	1533	536	293	
	V.H.	<i>V.halophiles/L</i>	245 Va + 190 Vv	77 Va	5 Va+ 1 Vp
		<i>Identif. de V. Halophiles</i>	Va et Vv	Va	Va et Vp
		<i>V (ID<90%)</i>		144 UFC/l	66 UFC/l

Va = *Vibrio alginolyticus* ; Vv = *Vibrio vulnificus* Vp = *Vibrio parahaemolyticus*

Tableau 3.3.2 : Récapitulatif des résultats de microbiologie pour 2014 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

Le nombre de germes revivifiables varie de 127 germes/mL mesurés au point *référence* au mois de mars, à 1533 germes/mL au point *canal* en septembre (figure 3.3.1). Le nombre de germes revivifiables augmente généralement entre le printemps et l'automne. Néanmoins, à la station *référence*, les variations temporelles ont été très faibles. Les variations spatiales sont faibles au printemps et en été. En revanche, les abondances diminuent de la côte vers le large au cours de l'automne.

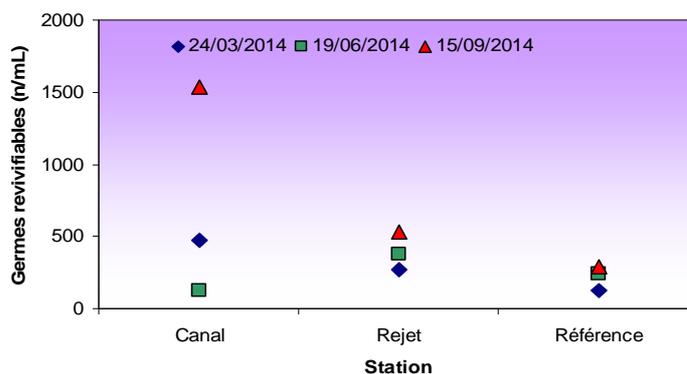


Figure 3.3.1 : Évolution des quantités de germes revivifiables par mL dénombrés sur milieu de Zobell en 2014

3.3.2.2.2 Variations inter-annuelles des germes revivifiables

La figure 3.3.2 présente les variations de germes revivifiables depuis 1987.

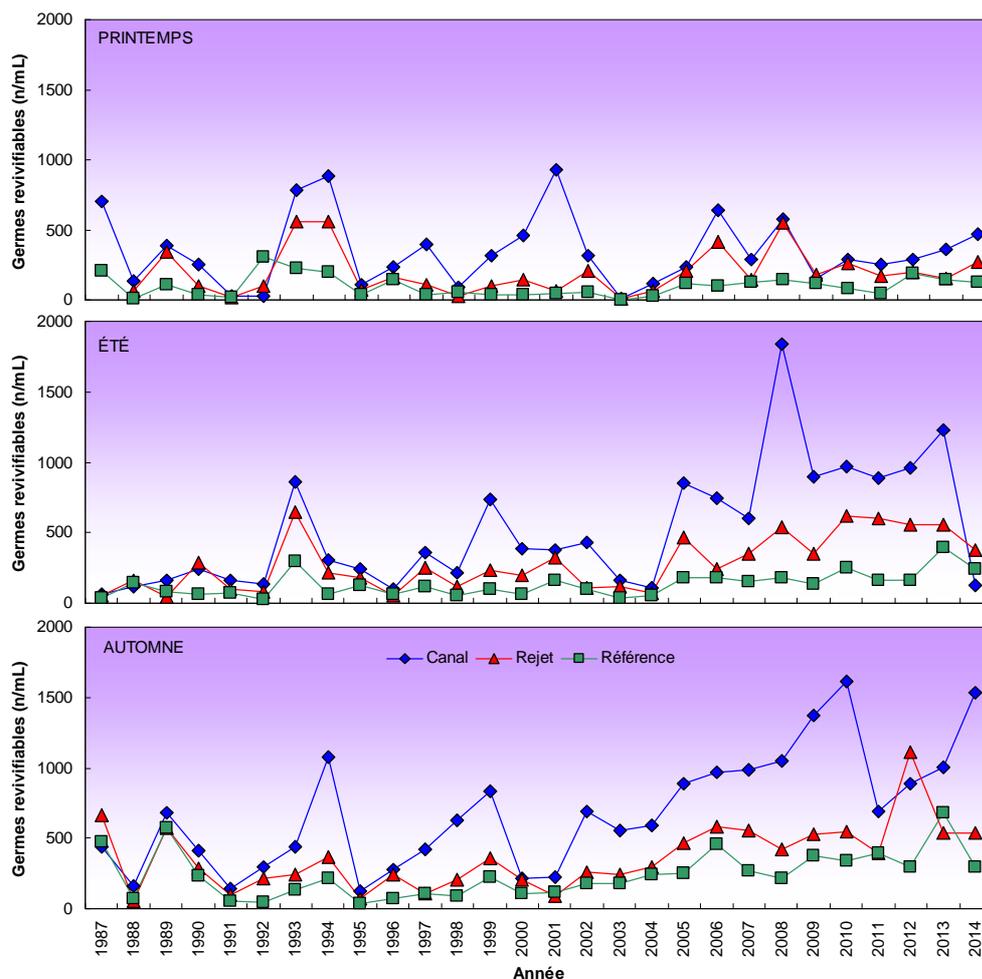


Figure 3.3.2 : Évolution des quantités de germes revivifiables par mL depuis 1987

Les abondances observées en 2014 sont relativement stables comparées à celles de 2013 sur les points *référence* et *rejet*. En revanche, sur le point *canal* on note un pic d'abondance en automne. Cette valeur reste toutefois inférieure au maximum observé en 2010.

L'intégration des résultats 2014 confirme la tendance observée depuis plusieurs années selon laquelle les plus fortes quantités de germes 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 2014. En 2014, au printemps et à l'automne, les valeurs de germes revivifiables sont supérieures aux valeurs médianes. Pour le point *canal*, en été la valeur est inférieure à la médiane ; et à l'automne, cette valeur s'approche du 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. La majorité des valeurs déterminées en 2014 s'inscrivent dans cette tendance.

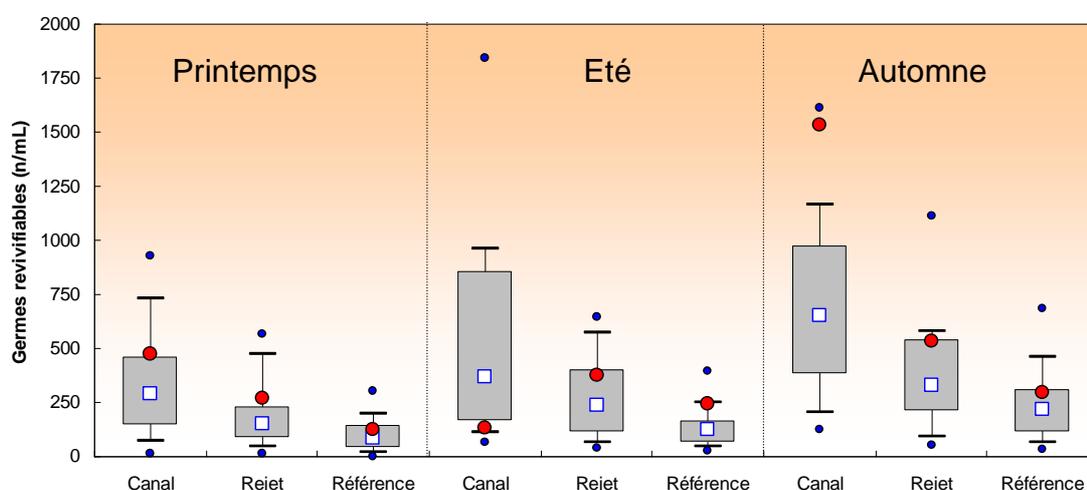


Figure 3.3.3 : Germes revivifiables (nombre par mL) dénombrés depuis 1987. Le point central représente la médiane (□); la boîte englobe 50 % des valeurs (▭); les moustaches, 80 % des valeurs (└─┘). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2014 (n = 26 pour chaque point et chaque saison)

3.3.2.2..3 Approche statistique

Le tableau 3.3.3 présente les résultats des tests statistiques réalisés sur l'abondance des germes revivifiables depuis 1987. Cette étude statistique met en évidence une différence significative entre toutes les stations et à toutes les saisons.

La concentration est plus élevée au *canal*, puis un peu moins au *rejet* et encore moins élevée au point *référence*. Le gradient décroissant côte-large entre les stations de surveillance et à toutes les saisons est visible ici.

Comparaison	Printemps	Été	Automne
Canal / Rejet	0.00014	1.863*10 ⁻⁷	8.5662*10 ⁻⁵
Référence / Rejet	4.831 *10 ⁻⁵	7.421*10 ⁻⁵	1.335 *10 ⁻⁵
Canal / Référence	7.68*10 ⁻⁶	3.204*10 ⁻⁷	4.462*10 ⁻⁶

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

Tableau 3.3.3 : 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

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 suspensions qui servent de support aux bactéries.

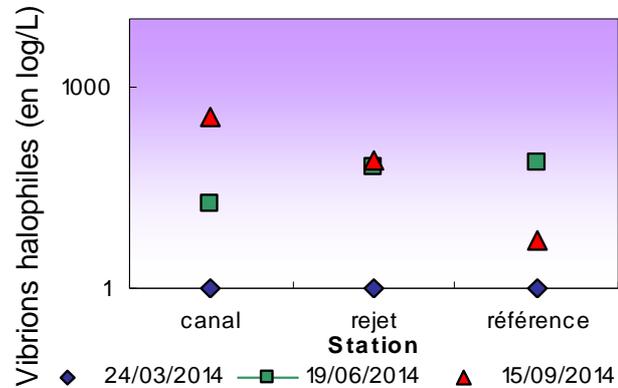


Figure 3.3.4: Dénombrement des vibrions halophiles totaux en 2014
Abondance relative pour les isolats identifiés

L'abondance relative de l'espèce i (AR_i) est calculée de la manière suivante :

$$AR_i (\%) = (A_i / A_{total}) \times 100$$

A_i : abondance de l'espèce i
 A_{total} : abondance totale

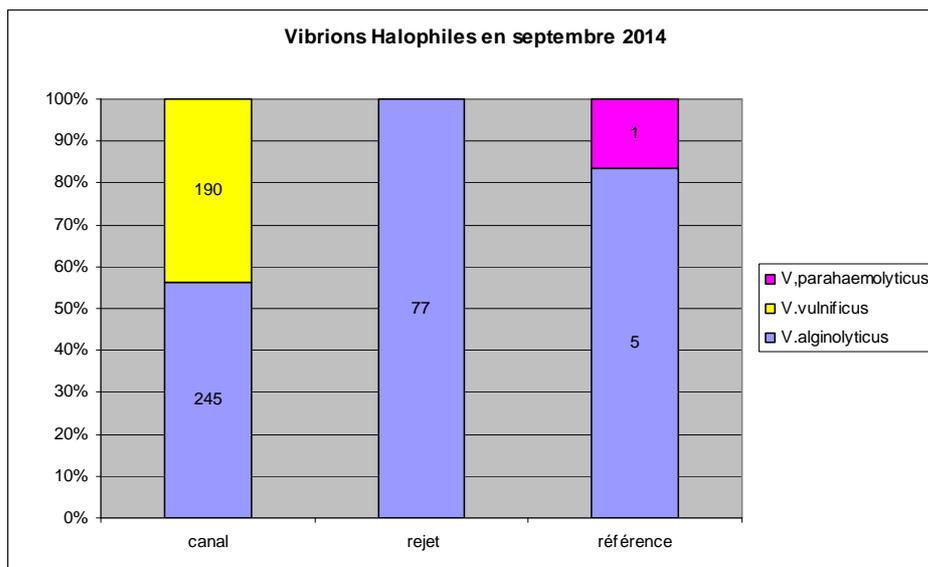


Figure 3.3.5 : Pourcentage des *Vibrions alginolyticus* et *V. vulnificus* et *V. parahaemolyticus* au mois de septembre 2014

V. alginolyticus, *V. vulnificus* et *V. parahaemolyticus* ont été identifiées en 2014. *Vibrio vulnificus* a été identifié uniquement sur le point *canal* en automne, cela confirme ce qui avait été constaté en 2013. *Vibrio parahaemolyticus* a été identifié sur le point *référence* en automne également. L'espèce *Vibrio alginolyticus* domine largement la communauté de vibrions sur l'ensemble de la zone au cours de l'automne 2014.

3.3.2.3.3 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. En 2014, le test est significatif pour le couple *canal/référence* au printemps et à l'automne. Le nombre de vibrions est supérieur au point *canal* par rapport au point *référence*, qui montre encore un gradient décroissant côte-large.

Comparaison	Printemps	Été	Automne
<i>Référence / Rejet</i>	0.08245	0.1471	0.0523
<i>Canal / Référence</i>	0.04681	0.2645	0.04793
<i>Canal / Rejet</i>	0.1125	0.2721	0.05903

Les différences sont significatives si $p\text{-value} > 0,05$

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

3.3.3. Conclusion

Le nombre de germes revivifiables observé au printemps 2014 est dans la même gamme des valeurs observées lors des années précédentes. Pendant l'été, la valeur au point *canal* est légèrement inférieure aux points *rejet* et *référence* ; ce qui est inhabituel. A l'automne, le nombre de germes revivifiables au point *canal* a été supérieur aux points *rejet* et *référence*.

Les vibrions halophiles sont présents sur l'ensemble des points échantillonnés, sur toute la période même si c'est en très petite quantité au printemps.

L'identification des vibrions halophiles confirme la présence et la dominance de l'espèce *Vibrio alginolyticus* parmi les souches cultivables à 37°C dans les eaux proches de la centrale. La présence de cette espèce a été identifiée à chaque sortie au point *canal*.

En 2014, l'espèce *Vibrio vulnificus* a, de nouveau, été identifiée en automne mais uniquement sur le point *canal*.

Vibrio cholerae n'a pas été identifiée à proximité du site de Flamanville en 2014.

On peut noter également qu'en 2014, la température de l'air en France a été la plus importante depuis 1960.

L'étude des paramètres 'vibrions' et 'germes revivifiables' n'a pas mis en évidence de modification significative du milieu pour ces paramètres, 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 2014.

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 2014 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 abondance totales pour les périodes 1987-2014 et pour les paramètres photosynthétiques (i.e. rETR et Y_{max}) entre 2007 et 2014. 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 2014 sont donnés par le tableau 3.4.1.

Paramètres par saison	Station	Canal	Rejet	Référence
Printemps – 24 mars				
Chlorophylle a (µg/L)		2,28	2,24	1,45
Phéopigments (µg/L)		0,38	0,41	0,4
rETR (unités relatives)		214	228	196
Microphytoplancton (cellules/L)		109600	238400	165700
Ymax (unités relatives)		0,62	0,61	0,55
Été – 19 juin				
Chlorophylle a (µg/L)		1,62	1,93	0,98
Phéopigments (µg/L)		0,23	0,43	0,11
rETR (unités relatives)		151	173	185
Microphytoplancton (cellules/L)		109300	60500	51200
Ymax (unités relatives)		0,39	0,45	0,25
Automne – 15 septembre				
Chlorophylle a (µg/L)		1,81	2,13	1,08
Phéopigments (µg/L)		0,43	0,85	0,35
rETR (unités relatives)		170	147	141
Microphytoplancton (cellules/L)		281500	217800	90800
Ymax (unités relatives)		0,5	0,55	0,52

Tableau 3.4.1 : Valeurs des paramètres phytoplanctoniques au droit du CNPE de Flamanville en 2014

3.4.2.1. Biomasse chlorophyllienne

3.4.2.1.1 Variations spatiales et saisonnières de la chlorophylle

Au cours de l'année 2014, les valeurs de la chlorophylle *a* varient entre 0,98 µg/L au point *référence* en juin et 2,28 µg/L au point *canal* en mars (Tableau 3.4.1). Au mois de mars les concentrations en chlorophylle *a* sont plus élevées et quasiment identiques aux points *canal* et *rejet* (2,28 et 2,24 µg/L respectivement) par rapport au point *référence* (1,45 µg/L). Au mois de

juin une augmentation de la concentration en chlorophylle *a* est observée entre les points *canal* et *rejet* (1,62 et 1,93 µg/L respectivement) et une diminution entre les points *rejets* et *référence* (1,93 et 0,98 µg/L respectivement) avec une concentration au point *référence* inférieure à la concentration au point *canal*. Un schéma identique est observé en septembre avec un maximum de chlorophylle *a* au point *rejet* (2,13 µg/L) et des valeurs diminuant du point *canal* (1,81 µg/L) au point *référence* (1,08 µg/L).

Les valeurs de chlorophylle *a*, toujours plus faibles au point référence, montrent un développement phytoplanctonique plutôt côtier pour l'année 2014.

De plus, les concentrations en chlorophylle *a* du printemps sur chaque point sont plus élevées que les concentrations en chlorophylle *a* de l'automne, elles même plus élevées que les concentrations en chlorophylle *a* de l'été (Figure 3.4.1). Cette observation tend à montrer un premier bloom au printemps suivi d'un deuxième bloom à l'automne.

Il peut être intéressant de noter que les valeurs de chlorophylle *a* mesurées lors des trois campagnes de prélèvement sur le point *rejet* sont proches. Cette observation montrerait un effet localisé du *rejet* sur la biomasse chlorophyllienne produite en 2014.

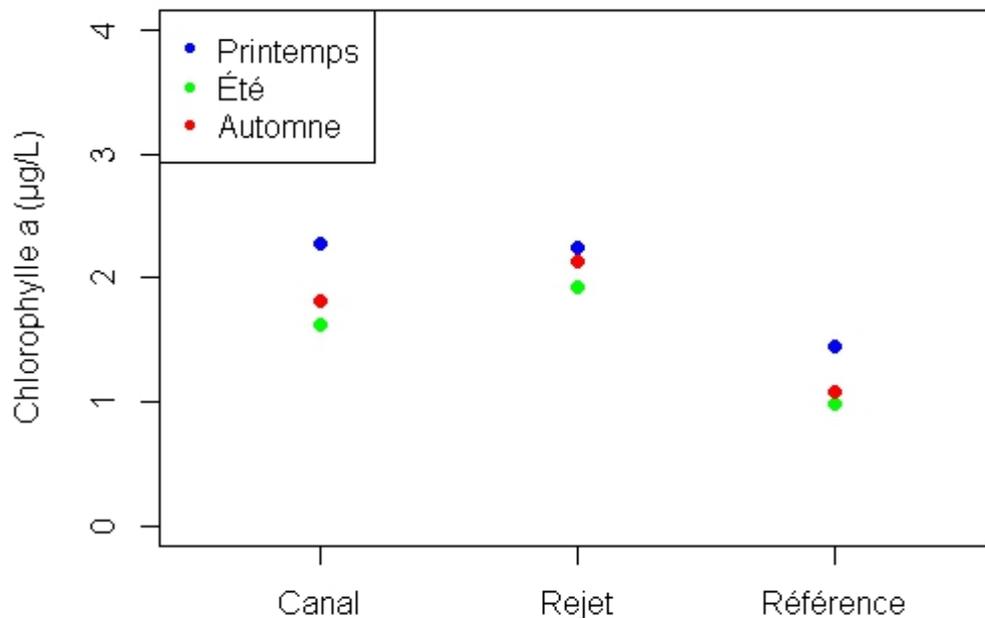


Figure 3.4.1 : Concentrations en chlorophylle *a* mesurées sur les trois stations en surface lors des trois campagnes de surveillance 2014

3.4.2.1..2 Variations inter-annuelles

Les données obtenues en 2014 sont classées parmi les valeurs supérieures à la médiane fréquemment observées depuis le début de la surveillance en 1987, excepté pour le point *référence* du mois de juin (Figure 3.4.2).

Au printemps 2014 les concentrations en chlorophylle *a* aux points *canal* et *rejet* sont parmi les plus fortes valeurs observées depuis 1987, sans pour autant être caractérisées d'exceptionnelles. Au point *référence*, la valeur de la chlorophylle *a* est assez proche de la médiane pluriannuelle et comprise dans les 50% des valeurs régulièrement observées depuis 1987.

En été 2014, les concentrations en chlorophylle *a* aux trois points *canal*, *rejet* et *référence* 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 référence.

En automne 2014, le schéma du printemps se répète, avec les concentrations en chlorophylle *a* aux points *canal* et *rejet* parmi les plus fortes valeurs observées depuis 1987 et une valeur proche de la médiane pluriannuelle et comprise dans les 50% des valeurs régulièrement observées depuis 1987 au point *référence*.

Les valeurs de chlorophylle *a* du point *référence* restent donc proches des médianes pluriannuelles au cours des trois campagnes de prélèvements, alors que pour les points *canal* et *rejet* les résultats se situent dans les fortes valeurs observées depuis 1987.

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. Une exception peut être remarquée pour les station *rejet* et *référence* 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 augmenter au cours de l'année (printemps : 1,03 ; été : 1,06 ; automne : 1,21). À l'inverse, les médianes du point *référence* ont tendance à diminuer (printemps : 1,22 ; été : 1,13 ; automne : 0,99). Les médianes du point *rejet* sont quant à elles stationnaires au cours de l'année (printemps : 1,17 ; été : 1,16 ; automne : 1,18). Cette régularité saisonnière au point *rejet* conforterait l'hypothèse d'un effet du *rejet* sur la biomasse chlorophyllienne.

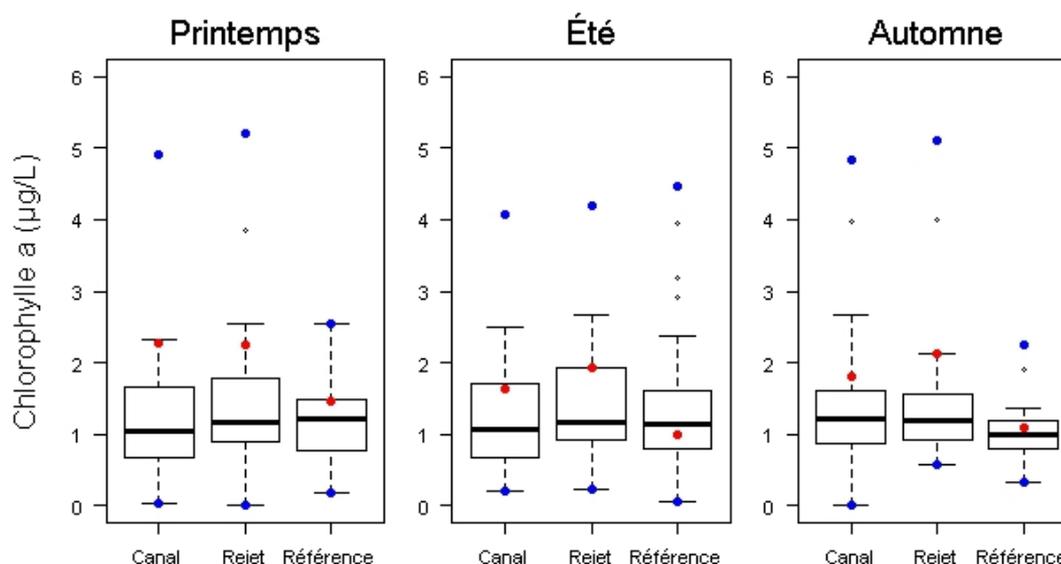


Figure 3.4.2 : Évolution de la concentration en chlorophylle *a* (µg/L) et dispersion des valeurs au cours de la période 1987 à 2014 (2014 en rouge, maximums et minimums observés depuis 1987 en bleu)

3.4.2.1.3 Approche statistique

Une différence significative existe entre les points *rejet* et *canal* au printemps et en été (Tableau 3.4.2). Cette différence montre que la biomasse chlorophyllienne depuis 2007 est plus importante au point *rejet* qu'au point *canal*. Cette différence disparaît à l'automne, où les points *rejet* et *canal* possèdent des biomasses chlorophylliennes proches. 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. Cette différence peut être expliquée par l'existence d'un gradient côte-large plus marqué à cette saison avec une biomasse chlorophyllienne plus élevée à la côte (points *rejet* et *canal*) qu'au large (point *référence*) en automne.

	Printemps		Été		Automne	
	test	p-value	test	p-value	test	p-value
Référence/Rejet	W	0,1101	W	0,7934	W	0,0018
Référence/Canal	W	0,9191	t	0,3514	W	0,0051
Rejet/Canal	W	0,0020	W	0,0017	t	0,8360

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* obtenue 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. 3.4.2). Les observations de 2014 (Fig. 3.4.3) peuvent ainsi être replacées dans ces données « moyennes » de distribution de la Chlorophylle *a* en Manche (données 1998 - 2007).

Les mois de janvier et de février 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 en baie de Seine et en baie des Veys. En avril, le développement de chlorophylle *a* s'étend de la côte du Calvados jusqu'à la côte ouest de la Manche. Cette distribution spatiale se maintient au cours du mois de mai, avec une augmentation de la concentration en chlorophylle qui dépasse les 10µg/L en baie des Veys. 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. L'intérieur de la baie de Seine possède une concentration en chlorophylle *a* au moins égale à 2µg/L, avec un maximum d'environ 15µg/L en baie de Cabourg. La baie des Veys présente peut être elle aussi de fortes concentrations en chlorophylle *a*, mais les nuages présents au dessus de la baie ont gêné la télédétection satellite et nous empêchent de vérifier cette hypothèse. En juillet, les concentrations en chlorophylle *a* diminuent sur la côte ouest de la Manche et au centre de la baie de Seine. Malgré cette diminution au large, de fortes concentrations sont encore observées sur la côte du Calvados, provenant majoritairement de la baie des Veys et de la baie de Seine. Le mois d'août est marqué à la fois par une forte diminution de la concentration en chlorophylle *a* sur la côte du Calvados et par une augmentation sur la côte ouest de la Manche, s'étalant jusqu'aux îles Anglo-Normandes. Cette tâche de chlorophylle *a* s'intensifie en septembre et occupe toute la baie du Mont-Saint-Michel pour ensuite disparaître en octobre jusqu'en décembre. En ce qui concerne la côte est de la manche et la côte du calvados, la concentration en chlorophylle *a* décroît lentement en octobre et en novembre pour disparaître en décembre.

La comparaison des images obtenues en 2014 par rapport aux moyennes mensuelles calculées sur la période 1998-2007, confirme la présence d'un bloom phytoplanctonique tardif sur la côte ouest de la Manche et en baie du Mont-Saint-Michel plus globalement (Figure 3.4.3). En effet les valeurs maximales de chlorophylle *a* ont seulement été observées au mois de juin 2014, 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 septembre alors qu'elle est plus généralement observée au mois de mai.

Il peut être intéressant de noter que plus au nord, au niveau des côtes belges et hollandaises, un bloom a eu lieu entre le mois de mars et le mois de juillet, avec un maximum de chlorophylle *a* au mois d'avril. Ce maximum était plutôt précoce, car il intervient plus généralement au mois de mai. Ce bloom phytoplanctonique n'est cependant pas descendu jusqu'aux côtes bas-normandes, ce qui peut laisser penser qu'il s'agissait de communautés phytoplanctoniques distinctes.

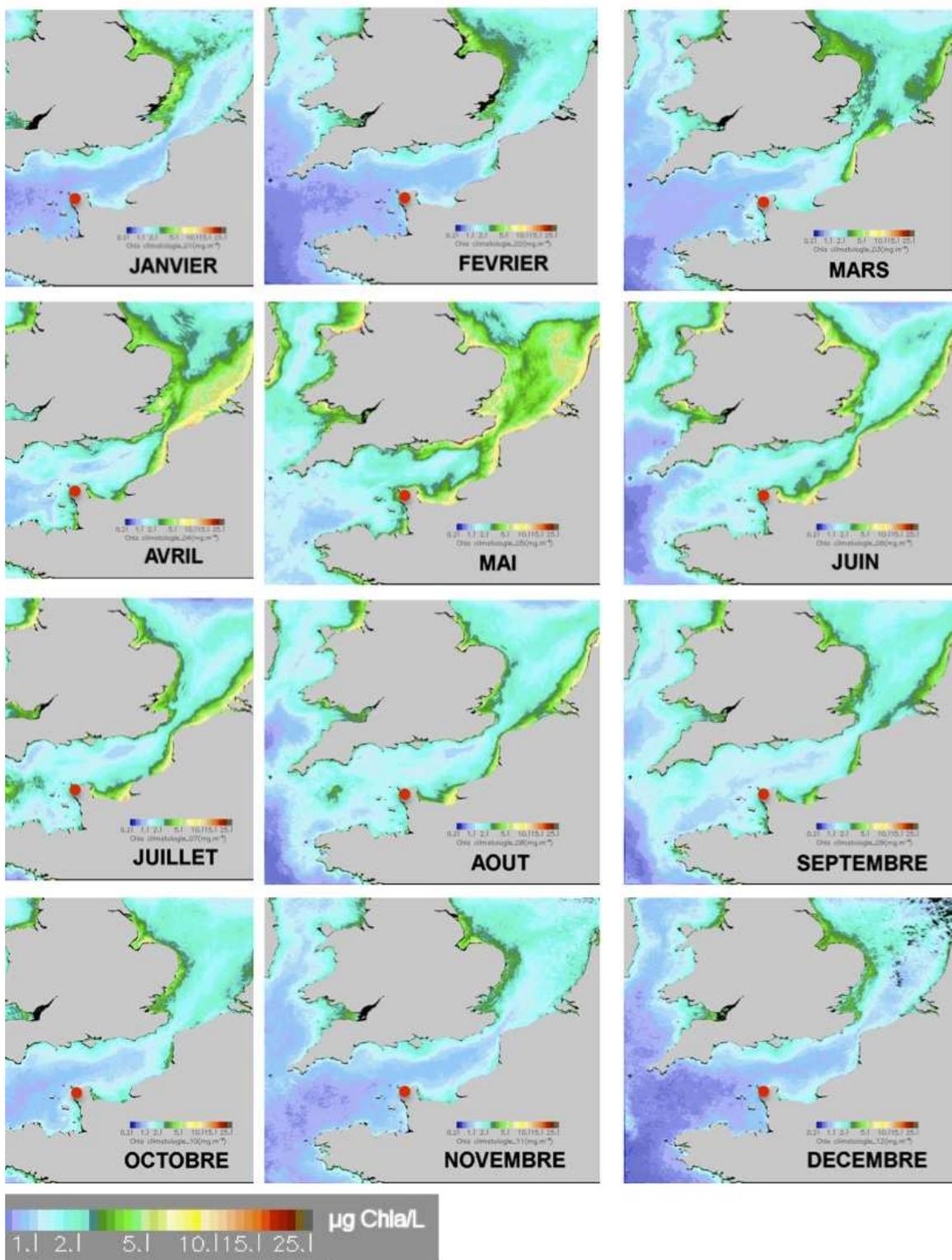


Figure 3.4.3 : Distribution mensuelle de la chlorophylle a en Manche obtenue après traitement des images des cameras SeaWiFS et MODIS entre 1998 et 2007 avec l’algorithme Ifremer. Le point rouge indique le CNPE de Flamanville.

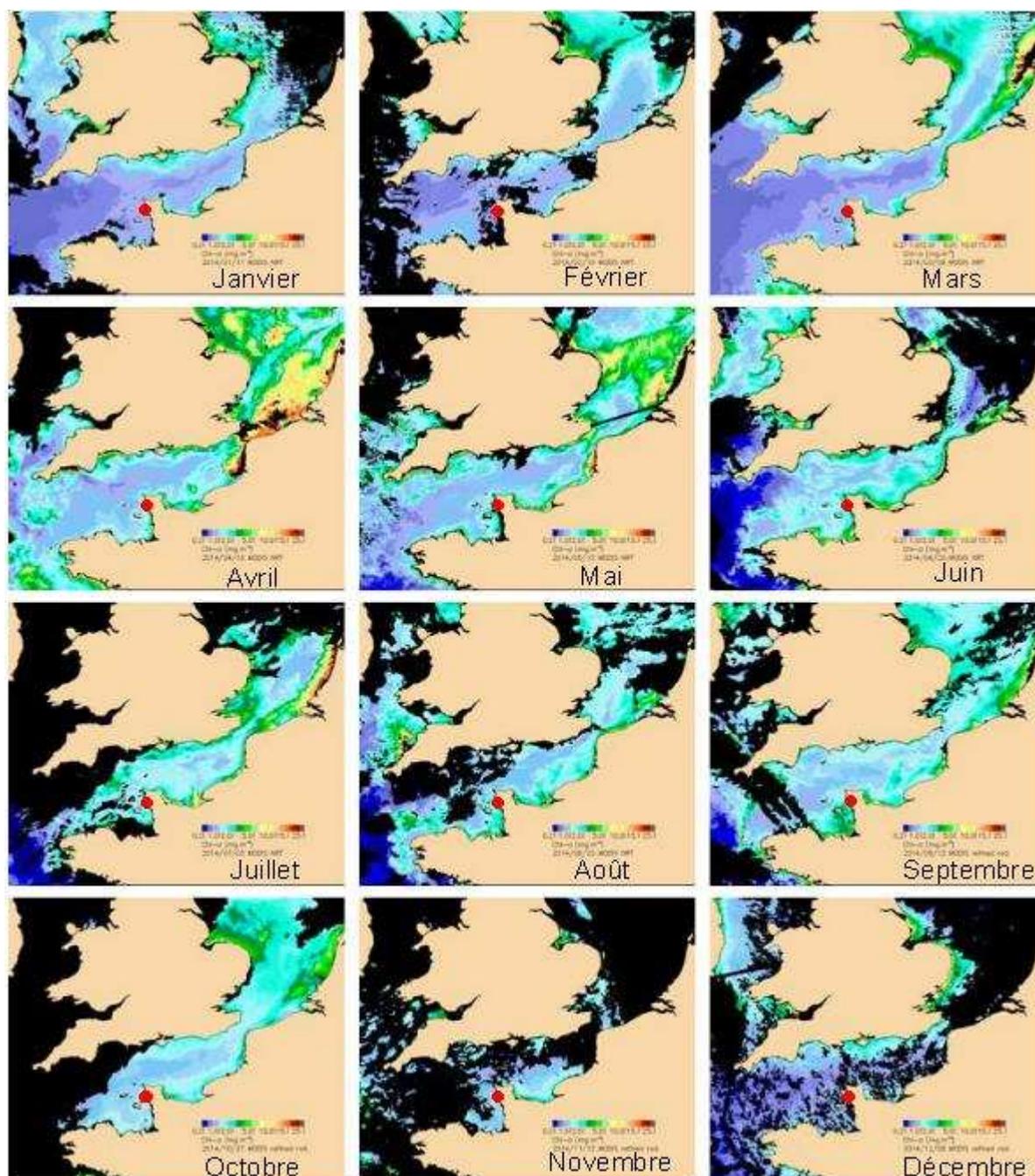


Figure 3.4.4 : Série d'images 2014 obtenues par la caméra MODIS et traitées avec l'algorithme Ifremer pour obtenir les concentrations en chlorophylle a (Ifremer).

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 2014 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)

Les valeurs de production primaire potentielle (rETR) mesurées en 2014 sont comprises entre 141 au point *référence* en automne et 228 au point *rejet* au printemps (Figure 3.4.5).

En mars les valeurs de rETR sont les plus élevées sur les trois points, avec des valeurs de 214, 228 et 196 sur les points *canal*, *rejet* et *référence* respectivement. Ces valeurs montrent une faible variation spatiale de la production primaire potentielle au printemps. En juin les valeurs de rETR sont plus faibles qu'en mars, avec un gradient croissant vers le large. La production primaire potentielle croît du point *canal* avec 151 au point *rejet* avec 173 et jusqu'à à 185 au point *référence*. Ce gradient témoigne de l'existence d'une variation spatiale de la production primaire en été. Au mois de septembre, à l'inverse du mois de juin, les valeurs de rETR montrent un gradient décroissant vers le large avec 170 au point *canal* et 147 et 141 aux points *rejet* et *référence* respectivement. Les valeurs de rETR d'automne sont plus faibles que celles d'été à l'exception du point *canal* où la valeurs de rETR d'été est plus faible avec 151 au lieu de 170 en automne.

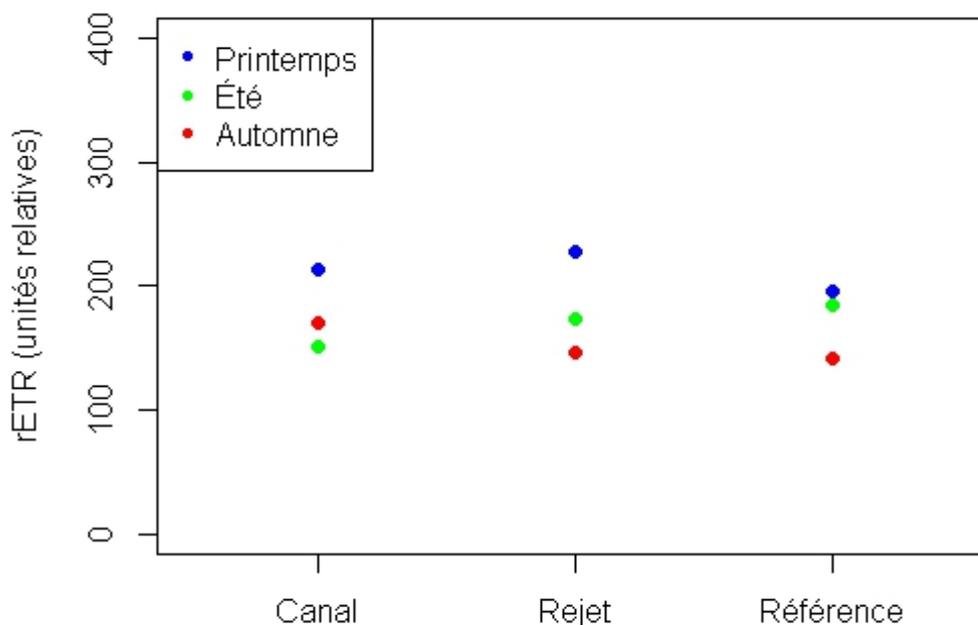


Figure 3.4.5 : Évolution de la production primaire potentielle (rETR) maximale lors des trois campagnes de surveillance de Flamanville en 2014

De manière générale, les valeurs de production primaire potentielle du printemps sont plus élevées que les valeurs d'été, elles mêmes plus élevées que les valeurs d'automne. Cette

observation montre la diminution de la production primaire potentielle des cellules phytoplanctoniques au cours de l'année. De plus, l'écart des valeurs de rETR au point rejet entre le printemps et l'automne est plus fort que l'écart des valeurs de rETR aux points référence et canal. Cette observation pourrait montrer l'influence du point rejet sur la diminution de la production primaire potentielle au cours de l'année 2014.

3.4.2.2.2 Approche statistique

Les tests statistiques réalisés sur les données de rETR acquises depuis 2007 sont présentés dans le tableau 3.4.3. Ils montrent une différence significative de rETR entre les stations *rejet* et *canal* au printemps.

	Printemps		Été		Automne	
	test	p-value	test	p-value	test	p-value
Référence/Rejet	t	0,2403	W	0,5541	W	1,0000
Référence/Canal	t	0,3382	t	0,5098	t	0,6308
Rejet/Canal	t	0,0085	t	0,8091	t	0,5026

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 2014 sont comprises entre 0,25 au point *référence* d'été et 0,62 au point *canal* de mars (Figure 3.4.6).

Aux mois de mars 2014, les valeurs de l'efficacité quantique sont supérieures à 0,5 ce qui témoigne d'un bon état physiologique des communautés phytoplanctoniques, avec même aux points *canal* et *rejet* des valeurs supérieures à 0,6 (Figure 3.4.6). Au mois de juin, les valeurs d'efficacité quantique maximale sont inférieures à 0,5, avec 0,39 au point *canal*, 0,45 au point *rejet* et 0,25 au point *référence*. Pour les points *canal* et *rejet*, l'état physiologique des communautés phytoplanctoniques peut être qualifié de moyen, alors que pour le point *référence*, l'état physiologique de ces communautés est mauvais. Au mois de septembre, les valeurs de Y_{max} repassent au dessus de 0,5, ce qui témoigne d'un retour des communauté phytoplanctoniques à un bon état écologique.

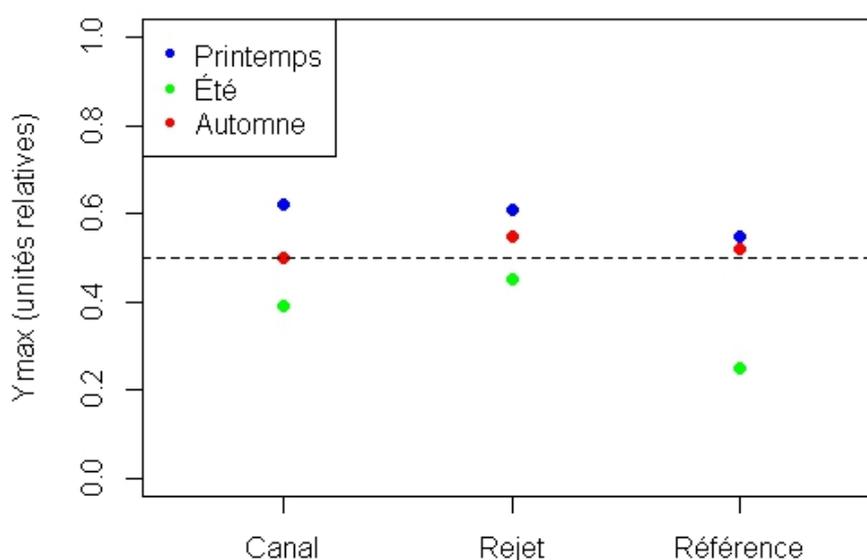


Figure 3.4.6 : Évolution des valeurs d'efficacité quantique (Y_{max}) lors des trois campagnes de surveillance de Flamanville en 2014

Il est important de noter que le point *rejet* regroupe les plus fortes valeurs de Y_{max} observées aux cours des trois campagnes de prélèvements (à l'exception du mois de mars où le Y_{max} du point *canal* est de 0,62 alors que le Y_{max} du point *rejet* est de 0,61). 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 une véritable estimation de l'état physiologique des peuplements. Il est donc intéressant de remarquer que les valeurs de Y_{max} au point *rejet* sont les plus fortes valeurs observées à chaque saison et ainsi que les communautés phytoplanctoniques sont dans le meilleur état physiologique à ce point (Figure 3.4.6).

Ceci était très difficile à vérifier expérimentalement avec seulement des mesures de biomasse chlorophyllienne, principalement en raison d'une variabilité spatiale très importante. 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.

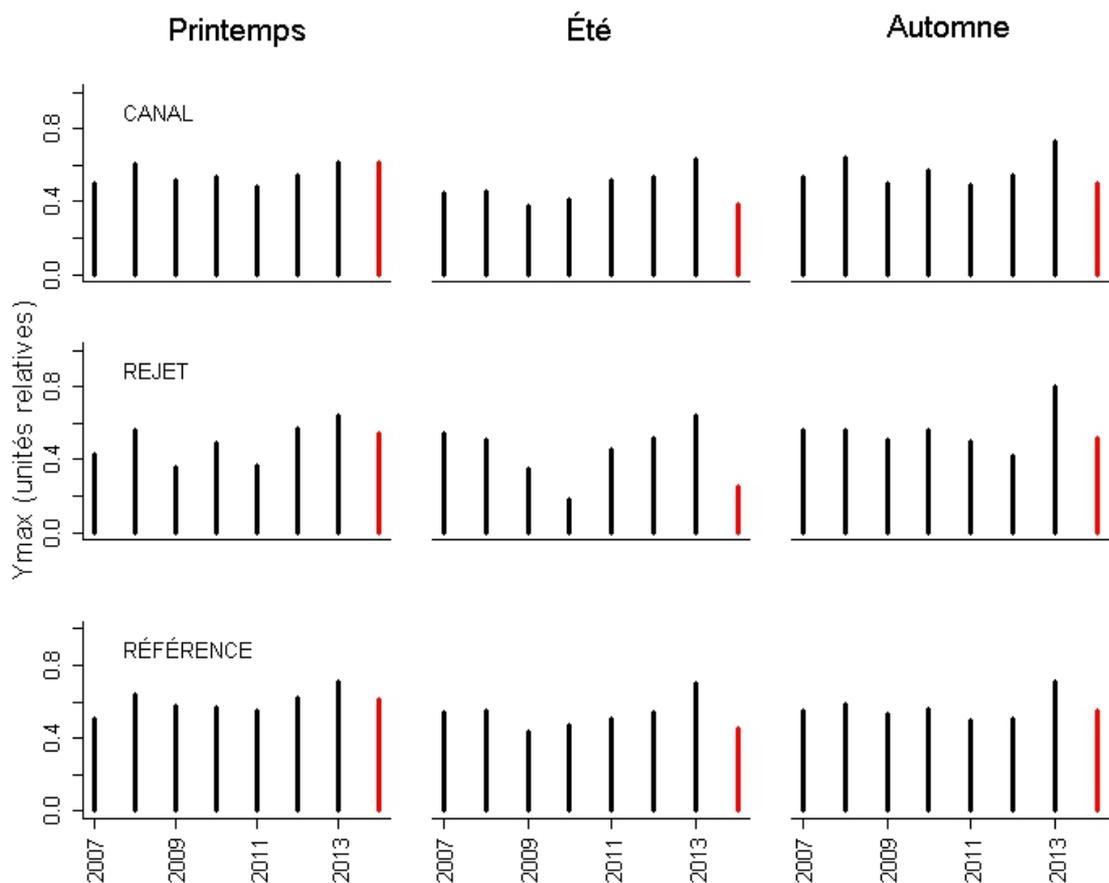


Figure 3.4.7 : Évolution des valeurs de Y_{max} de 2007 à 2014 (2014 en rouge)

Les valeurs mesurées en 2014 sur l'ensemble de la zone sont dans la gamme des valeurs observées les années précédentes pour tous les points d'échantillonnage et à toutes les périodes d'étude, et sont assez proches des valeurs observées en 2010. Il serait intéressant de comparer les années 2014 et 2010 sur les aspects chlorophylle a, nutriments et climatologiques.

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 moins bon 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	0,0142	t	0,0364	t	0,6394
Référence / Canal	t	0,0288	t	0,3171	t	0,6320
Rejet / Canal	t	0,0085	t	0,0056	t	0,8417

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 2014 sont présentés en Figure 3.4.8. Ils sont exprimés en nombre de cellules par litre d'eau de mer.

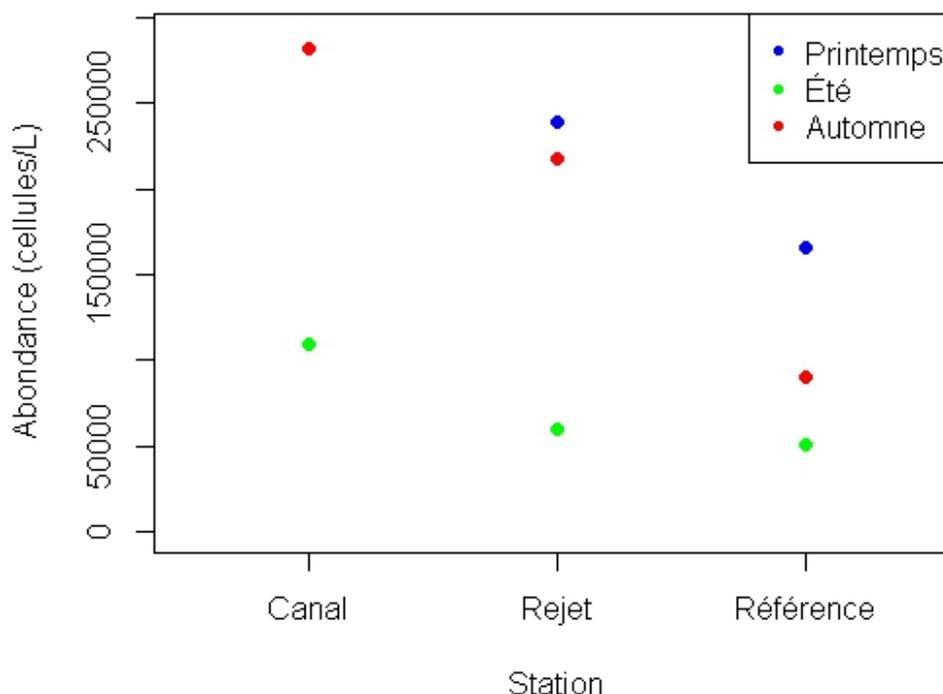


Figure 3.4.8 : Abondances microphytoplanctoniques pour l'année 2014 en nombre de cellules/L au cours des trois périodes d'échantillonnage et sur les trois stations. Le point canal du printemps et celui de l'été sont superposés.

Les valeurs d'abondance phytoplanctonique de 2014 varient entre 51200 cellules/L au point *référence* de juin et 281500 cellules/L au point *canal* de septembre. Au printemps le maximum d'abondance phytoplanctonique a été observé au point *rejet*, avec une abondance plus élevée au point *référence* qu'au point *canal*. En été un gradient décroissant de la côte vers le large est observé, avec une valeur de 109300 cellules/L au point canal. En automne, un gradient côte-large est observé de manière plus marquée qu'en été, avec un maximum de 281500 cellules/L au point canal et un minimum de 90800 au point référence. Ces données pourraient montrer la mise en place d'un fort gradient côte-large au cours de l'année 2014.

3.4.2.3.2 Variations inter-annuelles

Les abondances observées en 2014 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 font partie des fortes valeurs observées depuis 1987, avec aux points *rejet* et *référence* des valeurs proches des maximums déjà observés. Bien que la valeur obtenue en 2014 au point *canal* soit très éloignée du maximum et soit inférieure aux valeurs des points *rejet* et *référence*, elle reste supérieure à la médiane. En été, les abondances obtenues sont proches des 50% des valeurs obtenues depuis 1987, avec des valeurs plus basses que la médiane pour les points *rejet* et *référence*, et une valeur supérieure à la médiane pour le point *canal*. À l'automne, les abondances phytoplanctoniques sont supérieures aux médianes sur les trois points, avec au point *canal* une valeur supérieure aux 90% des valeurs obtenues depuis 1987.

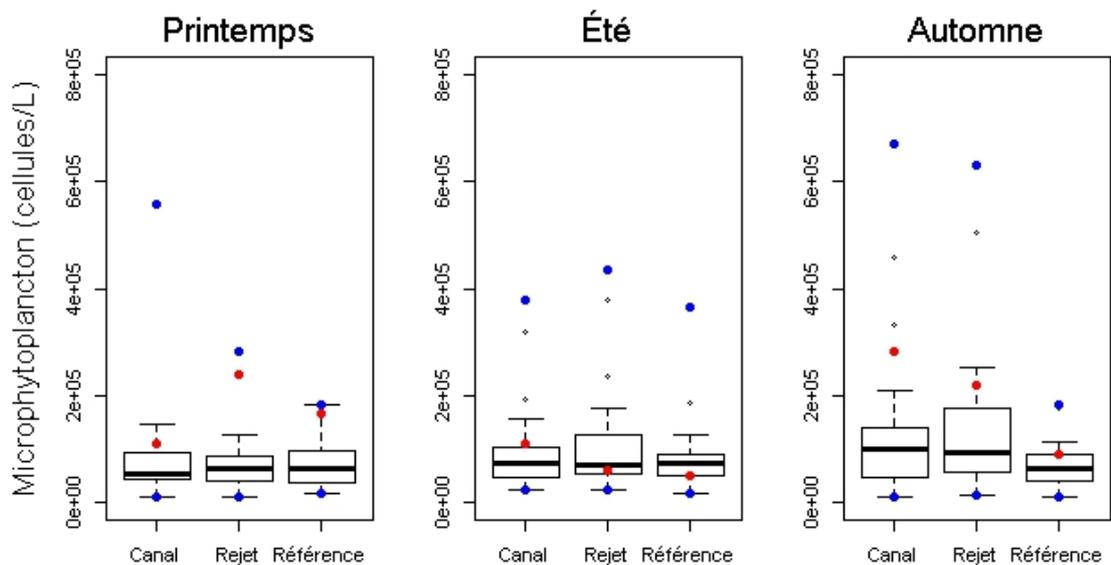


Figure 3.4.9 : Évolution de l'abondance phytoplanctonique et dispersion des valeurs au cours de la période 1987 à 2014 (2014 en rouge, maximums et minimums observés depuis 1987 en bleu)

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 %).

Les diatomées représentent plus de 93% de l'abondance phytoplanctonique totale au cours de l'année 2014 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 2014, les valeurs de dominance des diatomées sont proches voire égales aux médianes inter-annuelles. Au printemps sur les points canal et rejet, la dominance des diatomées atteint une valeur de 100% et de 99% au point référence. Ces valeurs peuvent être mises en relation avec des dominances de dinoflagellés nulles sur les trois stations à la même saison.

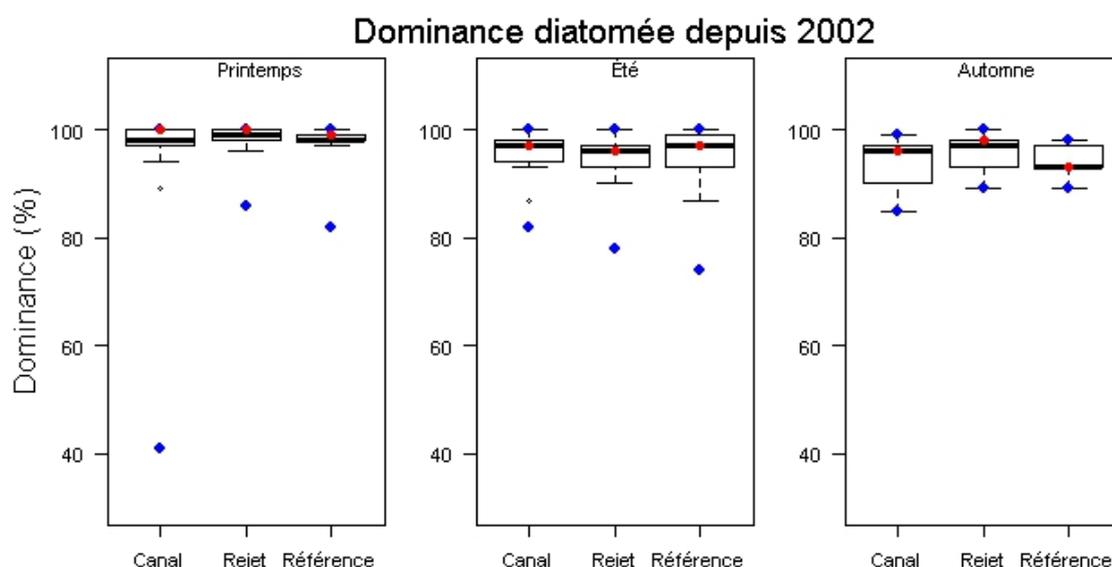


Figure 3.4.10 : Evolution de la dominance des diatomées et dispersion des valeurs au cours de la période 2002 à 2014 (2014 en rouge, maximums et minimums observés depuis 2002 en bleu)

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.

Au printemps 2014, 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, et sont dans la partie inférieure aux médianes pluriannuelles.

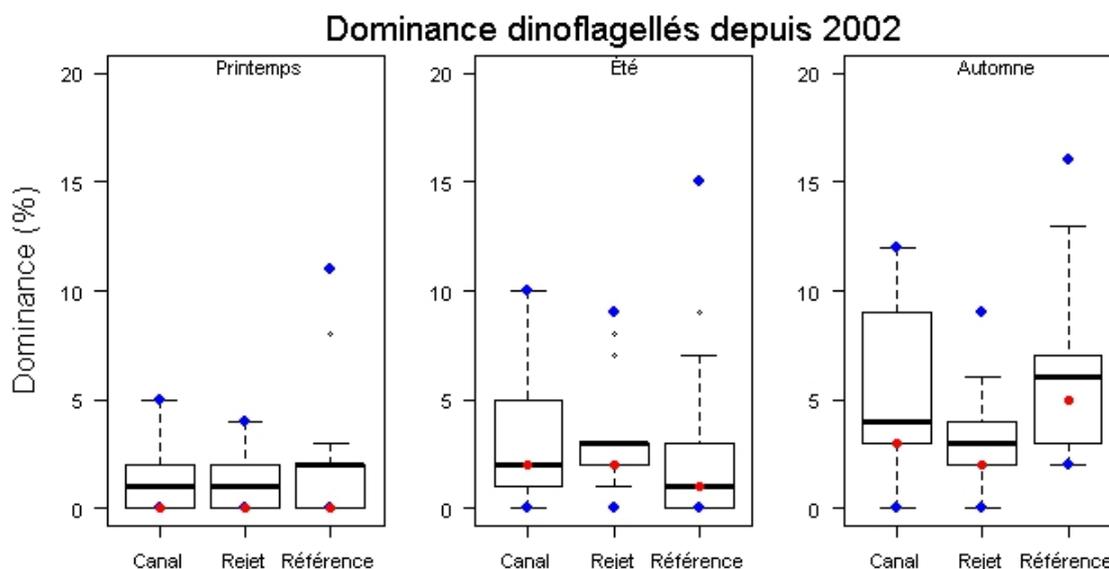


Figure 3.4.11 : Evolution de la dominance des dinoflagellés et dispersion des valeurs au cours de la période 2002 à 2014 (2014 en rouge, maximums et minimums observés depuis 2002 en bleu)

3.4.2.3.3 Approche statistique

Les tests statistiques réalisés sur les abondances phytoplanctoniques de 2014 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	0,7561	W	0,1266	W	0,0000
Référence / Canal	W	0,3596	t	0,1564	W	0,0016
Rejet / Canal	W	1,0000	W	0,7533	t	0,7628

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 2014

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 4 grandes classes : Diatomées, Dinoflagellés, Euglénophycées, Silicoflagellés et Prymnésiophycées.

Les diatomées constituent la classe dominante en 2014 représentant plus de 93% de la communauté microphytoplanctonique totale (Tableau 3.4.6).

Campagne	Station	MICROPHYTOPLANCTON					TOTAL	Dinoflagellés %	Diatomées %
		diatomées	dinoflagellés	euglènes	silicoflagellés/mnésiohycées				
IGA 2014-mars	canal	109100	200	300	0	0	109600	0	100
	rejet	238000	200	100	100	0	238400	0	100
	référence	164800	500	100	300	0	165700	0	99
IGA 2014-juin	canal	106100	2500	300	400	0	109300	2	97
	rejet	58100	1400	400	600	0	60500	2	96
	référence	49800	600	300	500	0	51200	1	97
IGA 2014-sept	canal	269400	9100	2500	500	0	281500	3	96
	rejet	212600	4200	400	600	0	217800	2	98
	référence	84300	4700	1500	300	0	90800	5	93

Tableau 3.4.6 : Abondances des principales classes algales (cellules/L) pour l'année 2014

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 330400 cellules/L a été observée sur le point *canal* au mois de juin 2014. 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 2014 ont été les suivantes (cf. tableau 3.4.6, 3.4.7 et figure 3.4.11) :

Campagne	Station	DIATOMÉES																Cumul %		
		Baci	Broc	Chae	Cylin	Dact	Dyti	Guin	Lepto	Navi	Nitz	Para	Pleu	Psnz	Raph	Rhiz	Skel		Thal.N	Thal
IGA 2014-mars	canal	0	14	0	0	0	0	0	0	1	2	3	1	0	0	0	0	0	50	71
	rejet	1	27	3	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	19	0	45	100
	référence	1	20	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	14	0	61	100
IGA 2014-juin	canal	0	0	3	0	1	0	61	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	28	98
	rejet	0	0	1	1	0	0	59	1	1	0	0	1	0	9	2	0	24	99	
	référence	0	0	10	0	0	0	48	3	0	0	2	0	2	0	14	0	21	100	
IGA 2014-sept	canal	0	0	14	0	4	0	36	2	1	0	1	0	1	3	0	28	1	8	99
	rejet	0	0	4	0	0	1	43	4	1	0	1	0	7	0	1	31	2	4	99
	référence	0	0	9	0	3	0	12	8	1	0	2	0	0	3	0	56	2	2	98

Clefs : **Baci** : *Bacillaria paxillifera* ; **Broc** : *Brockmaniella brockmannii* ; **Chae** : *Chaetoceros sp.* ; **Cylin** : *Cylindrotheca closterium* ; **Dact** : *Dactylosolen fragilissimus* ; **Dyti** : *Ditylum sp.* ; **Guin** : *Guinardia sp.* ; **Lepto** : *Leptocylindrus sp.* ; **Navi** : *Naviculaceae* ; **Riz** : *Rhizosoleniaceae* ; **Melo** : *Melosiraceae* ; **Nitz** : *Nitzschia longissima* ; **Para** : *Paralia sulcata* ; **Pleu** : *Pleurosigma sp.* et *Gyrosigma sp.* ; **Psnz** : *Pseudonitzschia sp.* ; **Raph** : *Rhaphoneis sp.* et *Delphineis 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 2014

Mars 2014 :

Les diatomées dominantes dans la communauté phytoplanctonique du printemps appartiennent au genre *Thalassiosira sp.* Ce genre est plus présent au point *référence* (60%) qu'aux points *canal* (50%) et *rejet* (45%). L'espèce *Brockmaniella brockmannii* voit son abondance relative plus élevée au point *rejet* (27%) qu'aux deux autres points (<20%). Le point *canal* est caractérisé par l'absence du genre *Skeletonema sp.*, présent aux points *rejet* et *référence* à des abondances relatives inférieures à 20%. Les espèces accompagnatrices sur les trois points d'échantillonnage (i.e. présentant une abondance relative inférieure à 10%) au mois de mars sont *Nitzschia longissima* et *Paralia sulcata*. Deux gradient côte-large sont présents pour les

espèces accompagnatrices. Le genre *Chaetoceros sp.* n'est présent qu'aux points rejet et référence, et les genres *Pleurosigma sp.* et *Gyrosigma sp.* sont présents aux points canal et rejet seulement. Le point *rejet* marque donc la séparation entre les communautés phytoplanctoniques accompagnatrices de la côte et du large.

Juin 2014 :

Les diatomées dominent largement la communauté phytoplanctonique à cette période représentant entre 98 et 100% de l'abondance totale. Comme au printemps, deux gradients côte larges sont mis en place. Le genre *Guinardia sp.*, genre le plus abondant en été sur les trois points de prélèvement confondus, est plus abondant à la côte qu'au large (61% au point *canal*, 59% au point *rejet* et 48% au point *référence*). La même observation est faite pour le genre *Thalassiosira sp.*, avec 28, 24 et 21 % aux points *canal*, *rejet* et *référence* respectivement. Un gradient décroissant de la côte vers le large est donc observé pour ces deux genres.

Pour le genre *Rhizosolenia sp.*, c'est un gradient croissant de la côte vers le large qui est observé. Ce genre, présent en faible quantité, voit son abondance croître de 4 à 14 % entre le point *canal* et le point *référence*. De même pour le genre *Chaetoceros sp.*, dont l'abondance passe de 3 à 10%.

Les espèces accompagnatrices au mois de juin sont *Skeletonema sp.*, présent aux points *canal* et *rejet* à l'inverse du mois de mars, et *Leptocylindrus sp.* et *Pseudonitzschia sp.*, présentes plus au large sur les points *rejet* et *référence*.

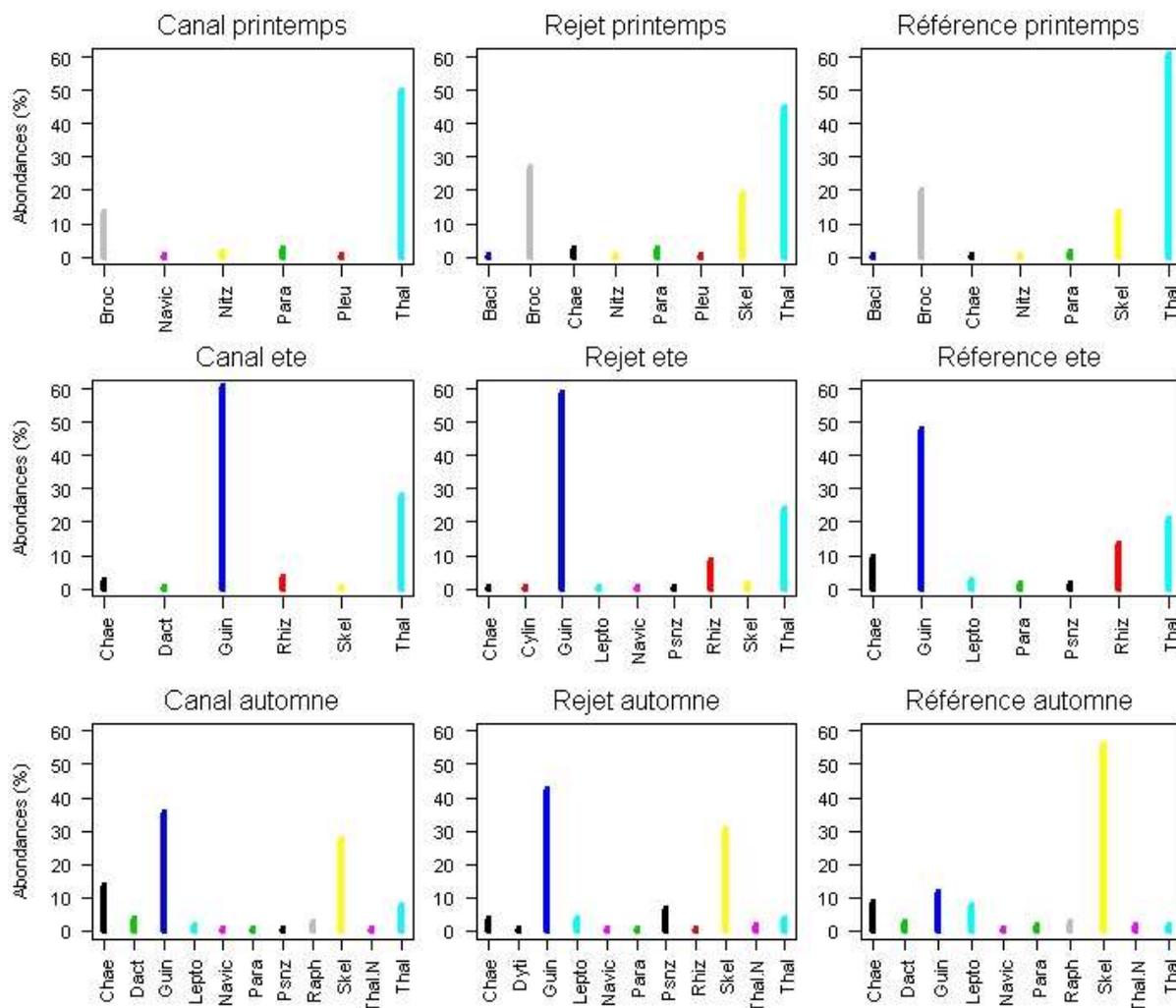
Le point *rejet* marquerait donc plutôt ici une transition entre les points *canal* et *référence*.

Septembre 2014 :

La période automnale est une fois encore largement représentée par les diatomées. L'abondance totale des diatomées est comprise entre 98 et 99 %. Aux points *canal* et *rejet*, la communauté phytoplanctonique est dominée par le genre *Guinardia sp.* à hauteur de 36 et 43% respectivement et par le genre *Skeletonema sp.*, présent en plus faible quantité (28 et 31% respectivement). Les espèces accompagnatrices sur les points *canal* et *rejet* sont *Leptocylindrus sp.*, *Naviculaceae*, *Paralia sulcata*, *Pseudonitzschia sp.*, *Thalassiosira sp.* et *Thalassionema nitzschoïdes*. Au point référence, la communauté phytoplanctonique est dominée non plus par *Guinardia sp.* (12%), mais par *Skeletonema sp.* à hauteur de 56 %. Les espèces accompagnatrices sont identiques à celles présentes aux points *canal* et *rejet*, à l'exception de *Pseudonitzschia sp.* qui n'est pas représentée au point *référence*.

Il peut être intéressant de remarquer que le genre *Chaetoceros sp.*, présent à hauteur de 14% au point *canal* et de 9% au point *référence*, est bien moins abondant (4%) au point *rejet*.

Le point *rejet* serait donc en automne comme au printemps un point de cassure entre les points *canal* et *référence*.



Clefs : **Baci** : *Bacillaria paxillifera* ; **Broc** : *Brockmaniella brockmannii* ; **Chae** : *Chaetoceros sp.* ; **Cylin** : *Cylindrotheca closterium* ; **Dact** : *Dactylosolen fragilissimus* ; **Dyti** : *Dytilum sp.* ; **Guin** : *Guinardia sp.* ; **Lepto** : *Leptocylindrus sp.* ; **Navic** : *Naviculaceae* ; **Rhiz** : *Rhizosoleniaceae* ; **Melo** : *Melosiraceae* ; **Nitz** : *Nitzschia longissima* ; **Para** : *Paralia sulcata* ; **Pleu** : *Pleurosigma sp.* et *Gyrosigma sp.* ; **Psnz** : *Pseudonitzschia sp.* ; **Raph** : *Rhaphoneis sp.* et *Delphineis sp.* ; **Rhiz** : *Rhizosolenia sp.* ; **Skel** : *Skeletonema sp.* ; **Thal.N** : *Thalassionema nitzschoides* ; **Thal** : *Thalassiosira sp.*

Figure 3.4.12 : Distribution des abondances en diatomées pour l'année 2014

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, production primaire ou abondance microphytoplanctonique) observée au *canal* d'aménée et au point *rejet*.

En utilisant les valeurs de 2014 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 a	Production primaire	Microphytoplancton
Printemps 2014	-2	7	118
Été 2014	19	14	-45
Automne 2014	18	-14	-23

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* en été et en automne. La production primaire montre un déficit au printemps et à l'été, et l'abondance microphytoplanctonique montre un déficit au printemps seulement.

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

L'année 2014 a été caractérisée par un bloom phytoplanctonique plus tardif que ce qui est généralement observé sur la côte ouest de la Manche. En effet, les images satellites montrent des concentrations maximales en chlorophylle *a* au mois de juin sur la zone alors que le maximum est généralement détecté au mois d'avril. Cependant, les concentrations en chlorophylle *a* relevées en juin 2014 à proximité du CNPE de Flamanville sont les plus faibles concentrations relevées au cours des trois campagnes. Ces faibles concentrations de chlorophylle *a* peuvent être mises en relation avec les faibles concentrations de silicates mesurées en même temps (cf. chapitre Hydrologie). La différence entre les données obtenues sur le terrain (chlorophylle *a* faible en juin) et les données obtenues par satellite (maximum de chlorophylle *a* en juin) vient d'une part des échantillonnages trop ponctuels, et d'autre part du manque de précision des observations satellites.

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 2014, traduisant une activité photosynthétique plus intense au printemps qu'en été et qu'en automne. Concernant le paramètre photosynthétique Ymax, les valeurs relevées au cours des campagnes de printemps et d'automne sont supérieures à 0,5 alors que les valeurs d'été sont inférieures à 0,5 avec toujours des valeurs plus élevées au point *rejet*. Ces observations suggèrent que l'état physiologique des cellules phytoplanctoniques était bon au cours de l'année 2014 excepté en été. Par ailleurs, les abondances phytoplanctoniques élevées au printemps (à l'exception du point canal) et à l'automne diminuent au cours de la période estivale. Le printemps 2014 se caractérise donc par des communautés phytoplanctoniques abondantes, productives et en bon état. À l'inverse, l'été 2014 est caractérisé par des valeurs de Ymax basses, traduisant un mauvais état physiologique du phytoplancton, et des abondances plus faibles qu'au printemps. Les caractéristiques de l'automne se situent entre celles du printemps et de l'été.

L'efficacité quantique (Y_{max}) de l'été est surtout faible au point *référence*, ce qui peut être lié à un prélèvement dans une masse d'eau plus large et donc d'une composition différente de la masse d'eau côtière incluant les points *canal* et *rejet*. De plus, les faibles abondances phytoplanctoniques et faibles teneurs en chlorophylle *a* de juin pourraient être expliquées par la transition entre deux blooms de phytoplancton et ainsi par le passage entre des communautés phytoplanctoniques différentes.

A l'instar des années précédentes, les diatomées ont largement dominé la communauté phytoplanctonique tout au long de l'année 2014 sur le site du CNPE de Flamanville. La plus faible proportion de diatomées a été observée sur le point *référence* au mois de septembre. Les dinoflagellés ont été très peu représentés sur le CNPE de Flamanville au cours de cette année 2014. Les plus fortes proportions (i.e. 5%) ont été observées sur le même point *référence* au mois de septembre.

Au cours du printemps et de l'été 2014, différents assemblages de diatomées ont été observés à la côte et au large. Au printemps, les assemblages côtiers étaient dominés par le genre *Thalassiosira sp.* et l'espèce *Brockmaniella brockmannii*, avec l'apparition du genre *Skeletonema sp.* au point *rejet*. 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 2014, c'est *Guinardia sp.* qui dominait 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.* ainsi que par *Skeletonema sp.* en plus faibles quantités, alors que la communauté phytoplanctonique du point *référence* était dominée par *Skeletonema sp.* La diversité de la communauté de diatomées en automne a été beaucoup 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 2014 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 2014 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 2014, les trois campagnes de prélèvements ont eu lieu les 24 mars, 19 juin et 15 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 1968¹⁵). 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).

¹⁵ 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.

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

3.5.1.2. Analyse taxinomique du plancton

Les prélèvements zooplanctoniques destinés au dénombrement des espèces animales sont rincés sur un tamis de 200 µm afin d'éliminer le formol et les particules les plus fines qui gênent le comptage du zooplancton. En fonction de la concentration de l'échantillon celui-ci est fractionné en sous-échantillons à la boîte de Motoda (Motoda 1983)¹⁶. 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)¹⁷. 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)¹⁸, et des clés de détermination pour des groupes spécifiques tels que les copépodes pélagiques (Rose, 1933)¹⁹ ou les larves de décapodes (Martin, 2001)²⁰ 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	Réplicas	Données manquantes	Remarques
1976-1978	4	Mensuelle	max. 10	1 station le 09/1976 et le 03/1978	Stations abandonnées
1983-1986	2	Mensuelle	max. 3	1 point le 04/1985	Février à Novembre dans le meilleur des cas ; stations abandonnées
1987-1991	4	Saisonnier (printemps, été, automne)	non	1988, 1990 et 1992	Stations actuelles plus une station Contrôle
1993-présent	3	Saisonnier (printemps, été, automne)	non	automne en 1999 et été en 2007	Station Contrôle abandonnée

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.

¹⁶ Motoda S (1959). Devices of simple plankton apparatus. Memoirs. Faculty of Fisheries. Hokkaido University 7, 73-94.

¹⁷ 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

¹⁸ Todd CD, Laverrack MS, Boxshall GA (1996) Coastal marine zooplankton – a practical manual for students. Cambridge University Press, pp. 106.

¹⁹ Rose M (1933). Faune de France, 26. Copépodes pélagiques. Ed. Lechevalier, Paris, pp. 374 .

²⁰ 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 2014 sur le site de Flamanville sont présentés dans le tableau 3.5.2 suivant.

	PARAMETRES	CANAL	REJET	REFERENCE
24 MARS 2014	<i>Poids sec (mg. m⁻³)</i>	47,6	32,7	24,7
	<i>Poids de carbone (mg. m⁻³)</i>	8,258	5,652	4,938
	<i>Poids d'azote (mg. m⁻³)</i>	0,821	0,845	0,762
	<i>Abondance holoplancton (ind. m⁻³)</i>	28	72	84
	<i>Abondance méroplancton (ind. m⁻³)</i>	209	312	261
	<i>Abondance zooplancton totale (ind. m⁻³)</i>	237	384	345
19 JUIN 2014	<i>Poids sec (mg. m⁻³)</i>	18,2	22,8	11,3
	<i>Poids de carbone (mg. m⁻³)</i>	2,726	4,490	2,903
	<i>Poids d'azote (mg. m⁻³)</i>	0,323	0,856	0,671
	<i>Abondance holoplancton (ind. m⁻³)</i>	109	513	318
	<i>Abondance méroplancton (ind. m⁻³)</i>	84	192	90
	<i>Abondance zooplancton totale (ind. m⁻³)</i>	193	705	408
19 SEPTEMBRE 2014	<i>Poids sec (mg. m⁻³)</i>	15,8	33,6	16,4
	<i>Poids de carbone (mg. m⁻³)</i>	2,615	5,587	3,932
	<i>Poids d'azote (mg. m⁻³)</i>	0,355	0,865	0,923
	<i>Abondance holoplancton (ind. m⁻³)</i>	463	510	542
	<i>Abondance méroplancton (ind. m⁻³)</i>	101	79	124
	<i>Abondance zooplancton totale (ind. m⁻³)</i>	564	589	667

Tableau 3.5.2 : Récapitulatif des résultats de 2014 pour l'étude 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 2013

Au cours de l'année 2014, la biomasse sestonique a varié entre 11,3 mg m⁻³ au point *référence* en juin, et 47,6 mg m⁻³ au point *canal* en mars (figure 3.5.1).

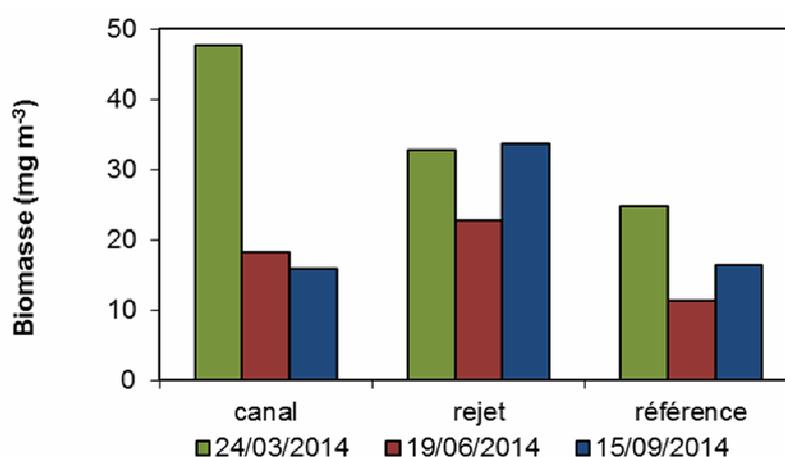


Figure 3.5.1 : Évolution de la biomasse sestonique (poids sec) au cours des trois campagnes de surveillance 2014

La biomasse sestonique était très importante en mars avec un gradient décroissant marqué de la côte vers le large. En juin et septembre, par contre, le point *rejet* présentait les plus fortes biomasses, alors que les points *canal* et *référence* présentaient des biomasses semblables.

Les échantillons du mois de mars étaient chargés en sédiment, ce que confirment les rapports C/N mesurés, très supérieurs à 6 (figure 3.5.2). Ce rapport peut habituellement caractériser un compartiment tel que le zooplancton (rapport C/N ~ 4-5 ; Mauchline, 1998)²¹ ou le phytoplancton (C/N ≥ 6 ; Biddanda & Benner, 1997)²². Néanmoins, en raison de la contamination potentielle liée à la forte turbidité du site (sable, fragments d'algues,...), notamment aux points *canal* de mars (rapport C/N : 10,06), une telle approche semble difficilement applicable pour les points de surveillance retenus dans cette étude, la relation entre la biomasse et l'abondance zooplanctonique n'étant pas toujours cohérente (cf. figure 3.5.5).

²¹ Mauchline, J (1998). The biology of calanoid copepods. *Advances in Marine Biology* 33: 1-710

²² Biddanda B. and Benner R. (1997). Carbon, Nitrogen, and Carbohydrate Fluxes During the Production of Particulate and Dissolved Organic Matter by Marine Phytoplankton. *Limnology and Oceanography*, Vol. 42, No. 3 (May, 1997), pp. 506-518

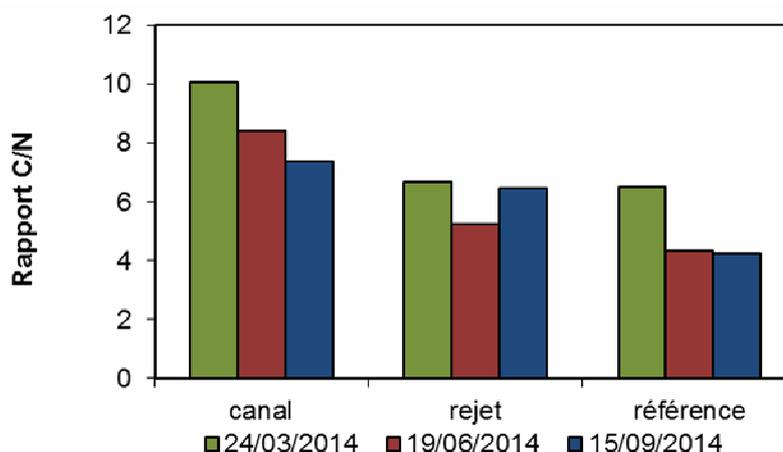


Figure 3.5.2 : Évolution du rapport C/N du seston au cours des trois campagnes de surveillance 2014

3.5.2.1..2 Variations interannuelles

Les valeurs de biomasse sestonique mesurées en mars 2014 étaient les plus élevées depuis 1993 (figures 3.5.3 et 3.5.4). En juin et septembre elles se situaient dans la moyenne des valeurs habituellement observées sur le site.

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 2014

COMPARAISON	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
n	66	63	62
p	0,93	0,31	0,25

($p < 0,05$ = 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.

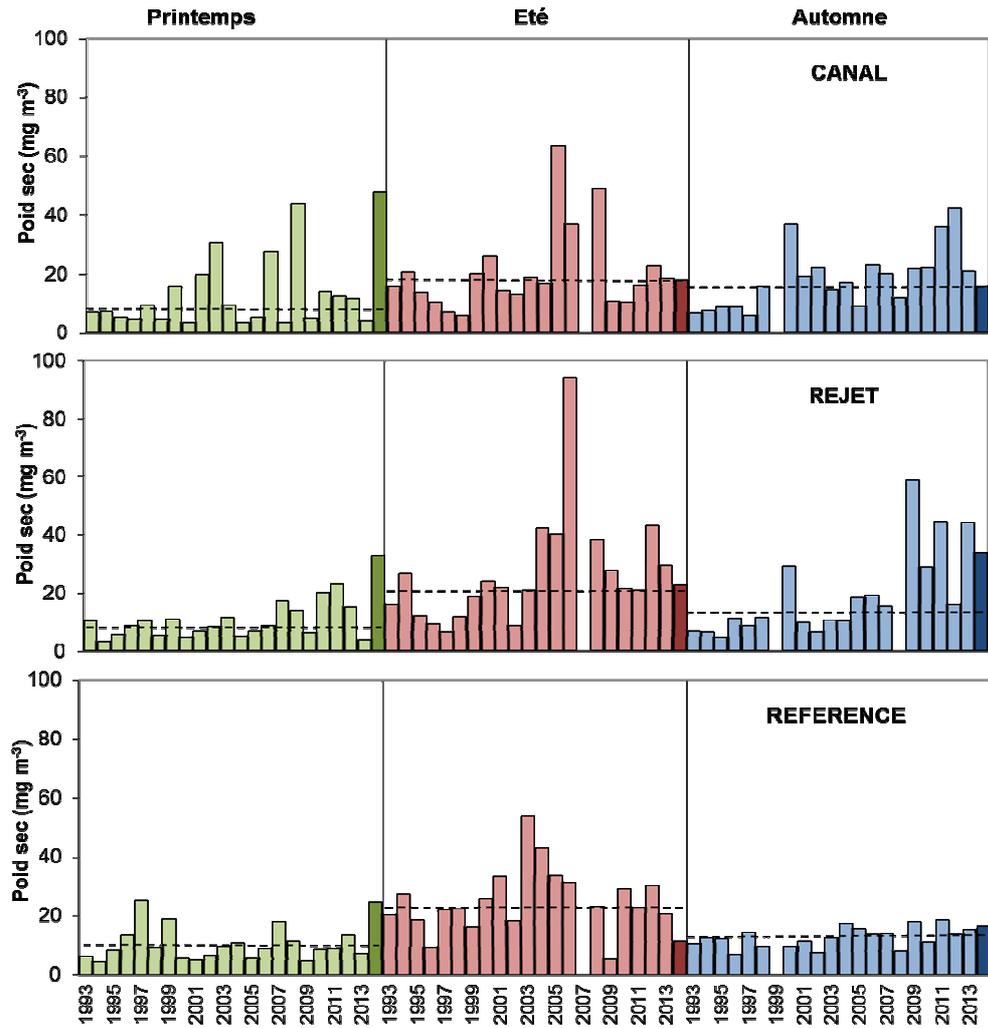


Figure 3.5.3 : Évolution de la biomasse sestonique (poids sec) de 1987 à 2014
 (La ligne hachurée représente la médiane par saison et par point)

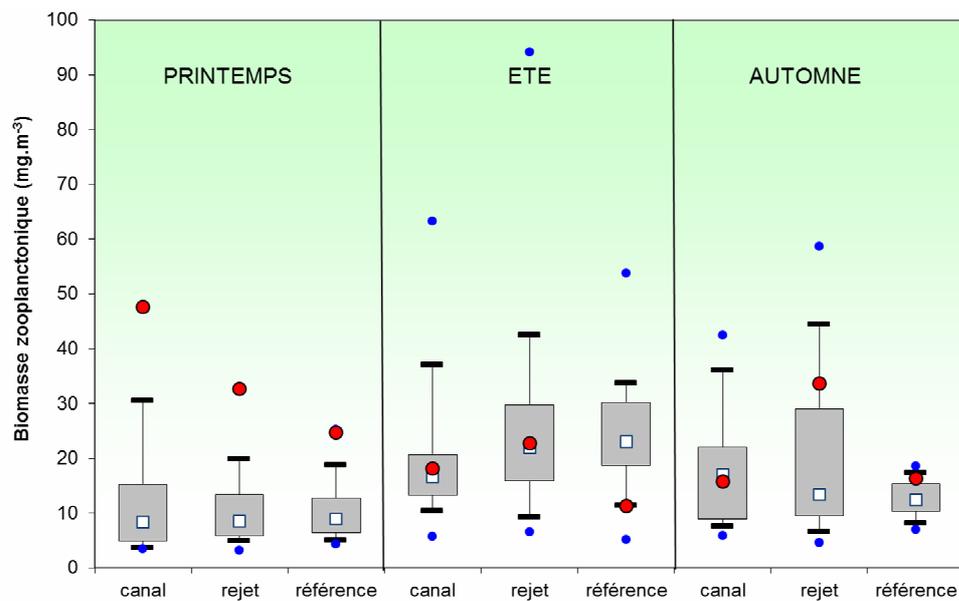


Figure 3.5.4 : Évolution de la biomasse zooplanctonique (poids sec) de 1987 à 2014. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (▭) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur obtenue en 2013 (●)

3.5.2.2. Abondances zooplanctoniques globales

3.5.2.2.1 Variations spatiales et temporelles en 2014

Les dénombrements zooplanctoniques effectués en 2014 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 juin au point *rejet* avec 705 ind. m⁻³ et la plus faible toujours en juin au point *canal* avec 193 ind. m⁻³.

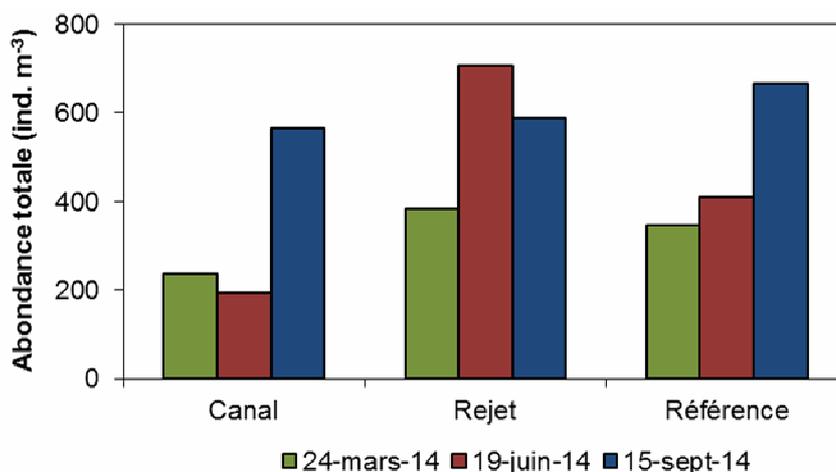


Figure 3.5.5 : Évolution de l'abondance zooplanctonique totale à Flamanville en 2014

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 2014 étaient parmi les plus faibles observées depuis 1993 en mars et juin (sauf au point *rejet* de juin), alors qu'en septembre les abondances correspondaient à la moyenne de la série.

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.

COMPARAISON	PRINTEMPS	ÉTE	AUTOMNE
<i>n</i>	66	63	63
<i>p</i>	0,085	0,056	0,66

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

Tableau 3.5.4 : Probabilité associée *p* des tests statistiques sur les abondances zooplanctoniques par saison de 1993 à 2014

Les résultats des tests indiquent que les abondances zooplanctoniques ne sont pas significativement différentes entre les trois points de prélèvement quelle que soit la saison.

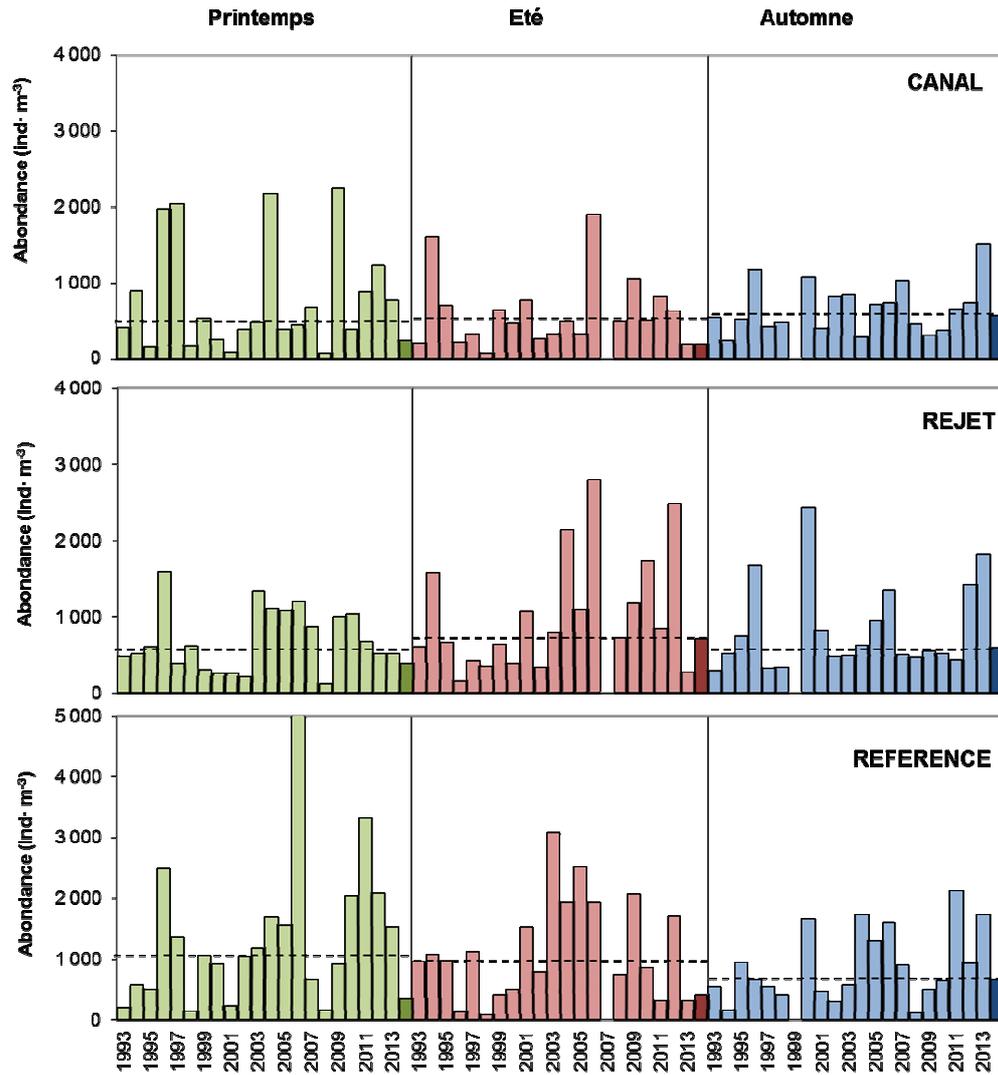


Figure 3.5.6 : Évolution de l'abondance zooplanctonique à Flamanville de 1993 à 2014. (La ligne hachurée représente la médiane par saison et par point)

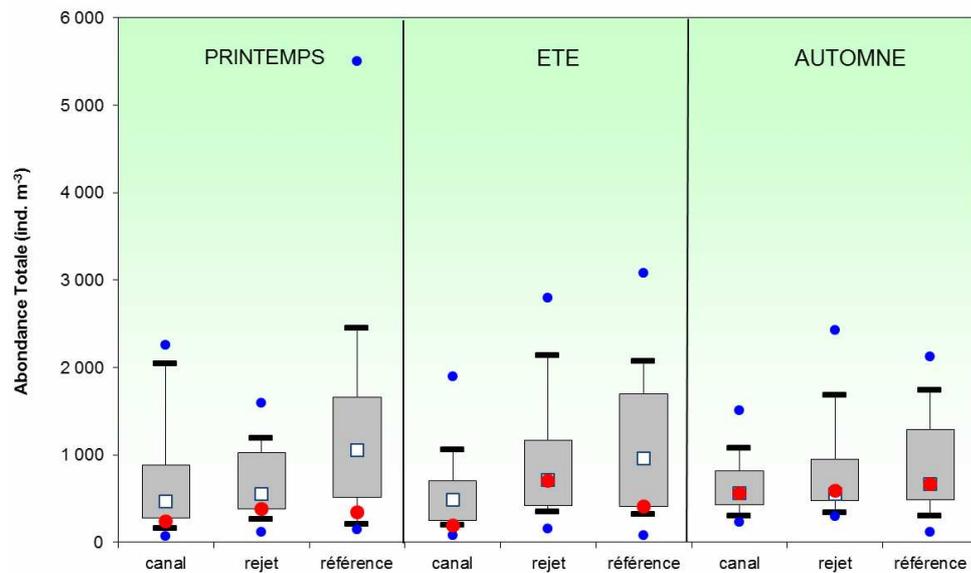


Figure 3.5.7 : Évolution de l'abondance zooplanctonique à Flamanville de 1993 à 2014. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (▭) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge représente la valeur 2014 (●)

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 cténaires ont été absents lors des trois campagnes de 2014 (tableau 3.5.5).

Abondance zooplancton (Nm ⁻³)	24 mars 2014						19 juin 2014						15 septembre 2014					
	Canal		Rejet		référence		Canal		Rejet		référence		Canal		Rejet		référence	
	Nm ⁻³	%	Nm ⁻³	%	Nm ⁻³	%	Nm ⁻³	%										
Copépodes	4	50	39	55	45	57,3	104	95	502	98	309	97	435	94	432	85	484	89
Appendiculaires	12	43	31	44	35	42	5	4	8	2	8	3	28	6	73	14	55	10
Chaetognathes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Cumacés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gammaridés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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
Euphausiacoés	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cténaires	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total holoplancton	28	12	72	19	84	24	109	56	513	73	319	78	463	82	510	67	542	81
Têtards d'aciles	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	5	7	0	0
Larves de décapodes	2	1	7	2	23	9	4	5	20	10	26	28	7	7	16	21	40	32
Isopodes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0
Larves de Climpédes	166	79	262	84	200	77	49	58	67	35	43	48	24	24	27	35	55	44
Larves de Bryozoaires	31	15	22	7	21	8	2	2	3	1	0	0	17	17	0	0	9	8
Cnidaires	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	6	6	5	6	6	5
Larves de mollusques	9	4	15	5	8	3	12	14	95	49	12	14	38	38	11	14	9	8
Larves de polychètes	1	0	0	0	6	0	4	0	3	0	4	0	7	0	11	0	6	0
Oeufs et larves de poissons	0	0	5	1	2	1	12	14	4	2	2	2	0	0	3	3	0	0
total méroplancton	209	88	312	81	261	76	85	44	192	27	90	22	100	18	78	13	125	19
total zooplancton	237		384		346		194		705		408		563		585		667	

Tableau 3.5.5 : Abondances et dominances de différents groupes du méroplancton et de l'holoplancton en 2014

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 (hormis point canal en juin). Au printemps 2014, le méroplancton représentait plus de 75 % du zooplancton total alors qu'en été et en automne il en représentait moins de 45 %. Cette fraction était essentiellement composée de larves nauplii de cirripèdes (~ 80 % en mars, 25 à 60 % en juin et septembre). Les larves de gastéropodes et de décapodes ont contribué significativement à l'abondance des holoplanctontes en juin et septembre.

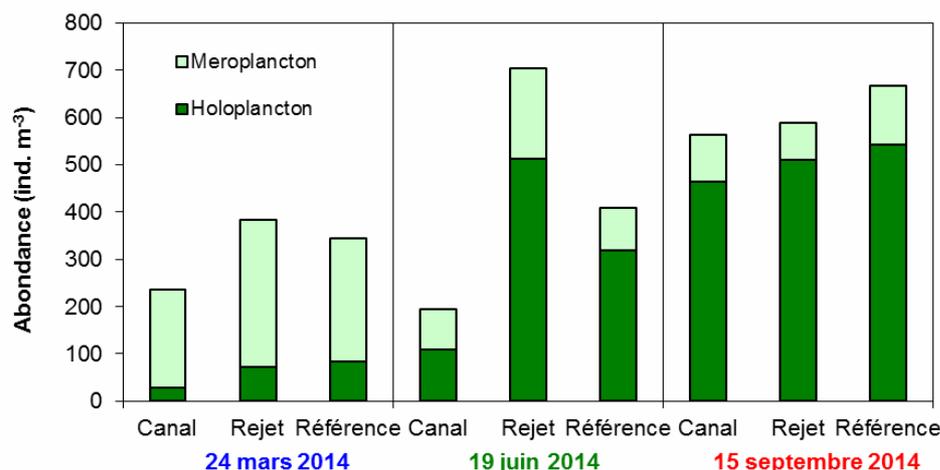


Figure 3.5.8 : Abondance de l'holoplancton et du méroplancton à Flamanville en 2014

3.5.2.3.2 Variations spatio-temporelles des principaux taxons en 2014

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 85 % des abondances holoplanctoniques. Comme depuis 2008, les plus faibles abondances ont été observées au printemps (< 50 ind. m⁻³). Le point *canal* présentait des abondances toujours plus faibles par rapport aux deux autres points de prélèvement lors des trois campagnes 2014.

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 (≤ 2 Bit. ind⁻¹) dans les eaux environnant la centrale de Flamanville pour une richesse spécifique variant entre 4 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.

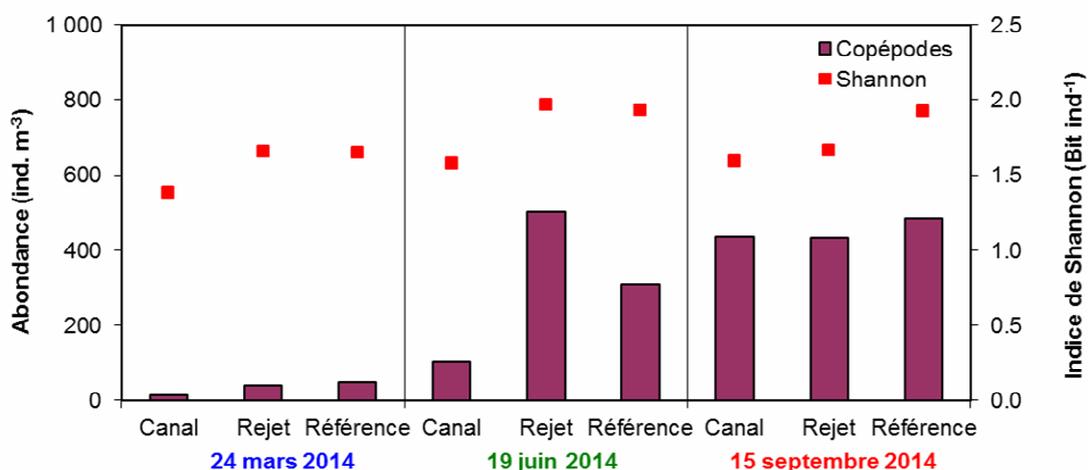


Figure 3.5.9 : Abondance des copépodes (adultes et copépodites) et diversité spécifique à Flamanville en 2014

Parmi les principales espèces de copépodes présentes sur le site de la centrale de Flamanville on a trouvé (figure 3.5.10) :

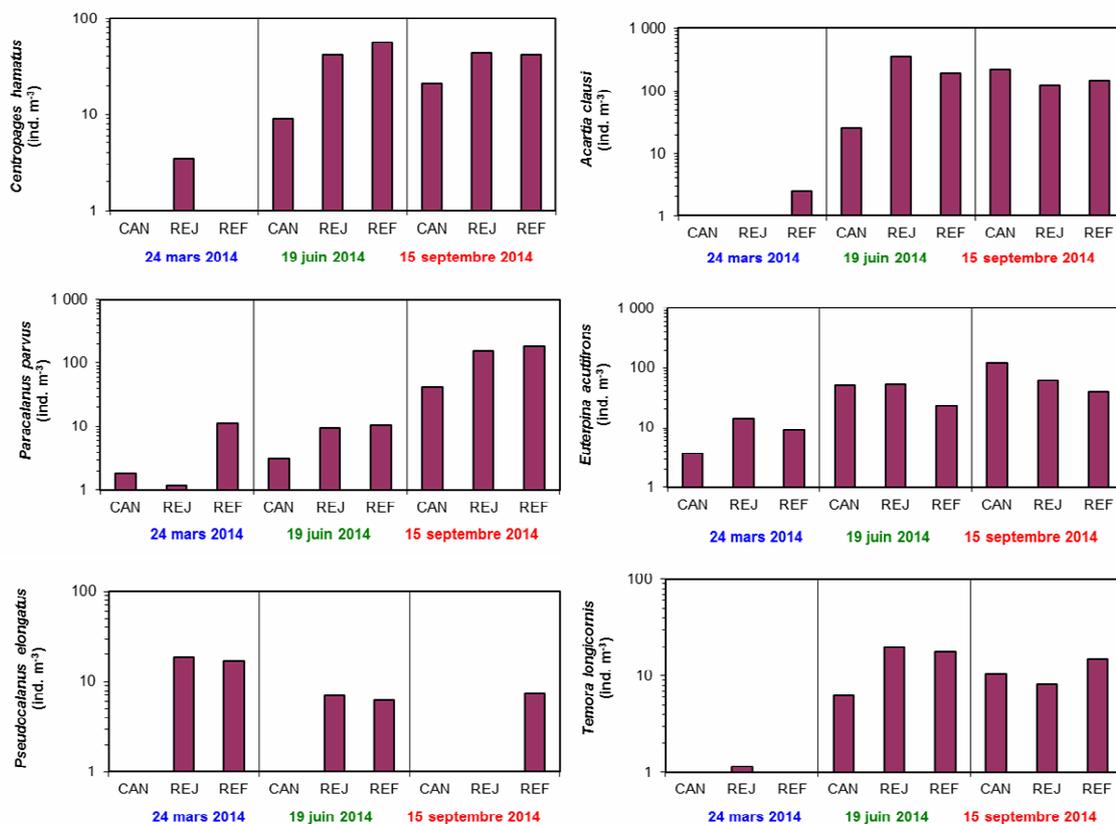


Figure 3.5.10 : Abondances des principaux copépodes à Flamanville en 2014

Acartia clausi

Espèce estivale et automnale, *Acartia clausi* apparaît généralement 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. L'abondance maximale en 2014 était de 353 ind. m⁻³ au point *rejet* en juin (70 % des copépodes).

Centropages hamatus

Egalement espèce estivale, *C. hamatus* était très rare en mars. Les abondances sont restées faibles lors des deux prélèvements suivants (< 50 ind. m⁻³).

Temora longicornis

Les abondances de *T. longicornis* ont été relativement faibles cette année encore (maximum de 20 ind. m⁻³ au point *canal* en septembre), comme pour l'espèce suivante *Pseudocalanus elongatus*. Une étude publiée en 2010 sur 20 années de suivi des communautés zooplanctoniques devant Plymouth (Angleterre) confirme que ces deux espèces, autrefois très abondantes sont en diminution en Manche (Eloire *et al.* 2010)²³.

Pseudocalanus elongatus

²³ Eloire D, Somerfield PJ, Conway DVP, Halsband-Lenk C., Harris R., Bonnet D. (2010) Temporal variability and community composition of zooplankton at station L4 in the Western Channel: 20 years of sampling. J. Plankton Res. 32: 657-679

Espèce normalement printanière et estivale, elle précède toujours l'espèce suivante, *Paracalanus parvus* dans les peuplements de copépodes. Elle est observée depuis 2009 comme étant assez peu abondante dans nos échantillons, cette année confirme la tendance, avec des abondances $< 20 \text{ ind. m}^{-3}$ lors de trois campagnes de prélèvement.

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. Gradient côte-large marqué en juin et septembre, et une abondance maximale de 185 ind. m^{-3} au point *référence* en septembre.

Euterpina acutifrons

Espèce caractérisant généralement les communautés automnales de copépodes en milieu côtier, *E. acutifrons* était néanmoins présent toute l'année. Cette espèce est de plus petite taille que les autres espèces précédemment citées et à un mode de vie étroitement lié aux sédiments. 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. Abondance maximale de 118 ind. m^{-3} au point *canal* en septembre.

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. Elle confirme également ce qui est observé pour le zooplancton total, les abondances observées pour l'année 2013 sont dans la moyenne des années précédentes au printemps, inférieures à la moyenne en été et supérieures à la moyenne en automne.

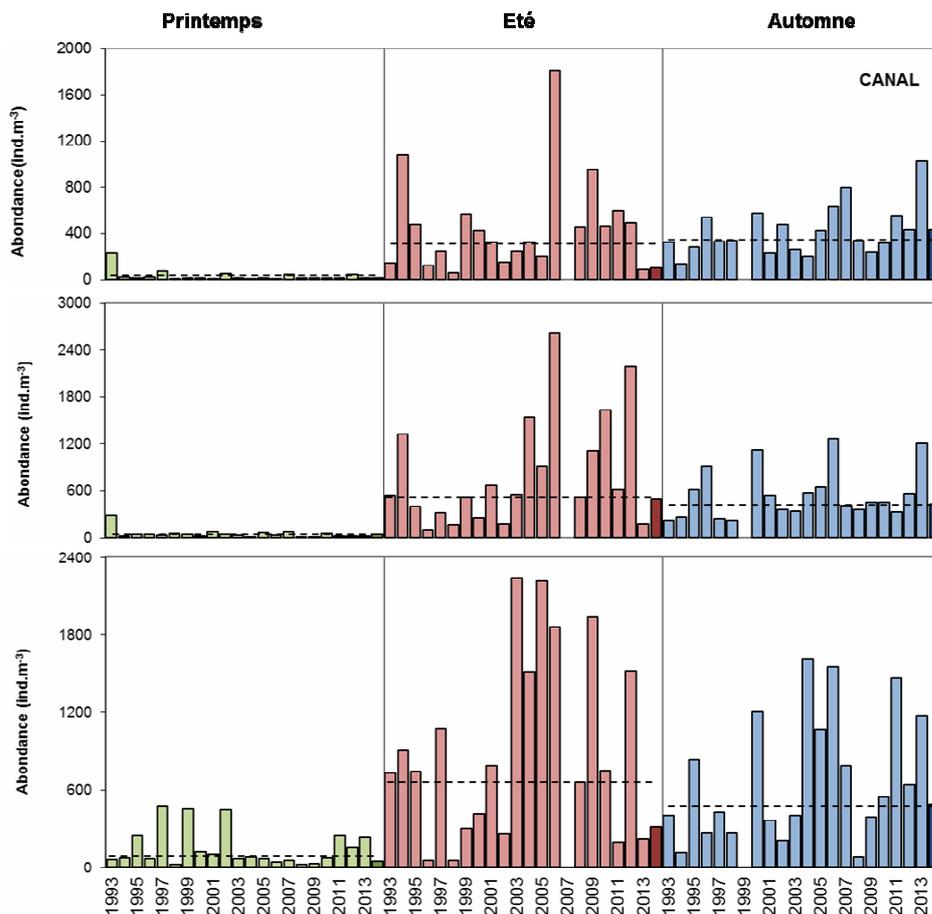


Figure 3.5.11 : Évolution de l'abondance en copépode à Flamanville de 1993 à 2014.
(La ligne hachurée représente la médiane par saison et par point)

- 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 a été maximale en septembre au point *rejet* (73 individus m^{-3}).

Les chaetognathes, représentés par l'espèce *Parasagitta setosa*, ont été très peu présents cette année encore (< 6 ind. m^{-3}).

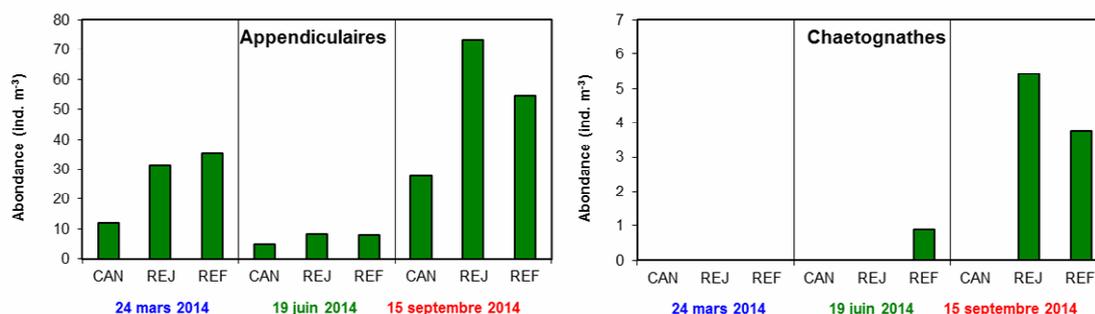


Figure 3.5.12 : Abondances des appendiculaires et des chaetognathes à Flamanville en 2014

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).

- Embranchement des bryozoaires
Les larves cyphaunotes de bryzoaire étaient toujours peu abondantes mais principalement présentes en mars (≤ 30 ind. m^{-3}).
- Embranchement des mollusques
Les larves de gastéropodes représentaient 50 % du méroplancton en juin au *rejet* (95 ind. m^{-3}), contre 14 % aux deux autres points.
- 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 alors jusqu'à 84 % du méroplancton (soit ~70 % du zooplancton total). Toutefois, en juin et septembre ces larves représentaient encore 25 à 60 % de méroplancton dans les échantillons.
- Embranchement des arthropodes, classe des crustacés, ordre des décapodes
Les décapodes étaient peu abondants, en particulier en mars où seules quelques larves de brachyours (crabes) étaient présentes. En juin et septembre ces larves représentaient jusqu'à 30 % du méroplancton et étaient plus diversifiées puisque les quatre sous-ordres étaient représentés. Les larves de décapodes étaient toujours plus abondantes au large qu'à la côte.

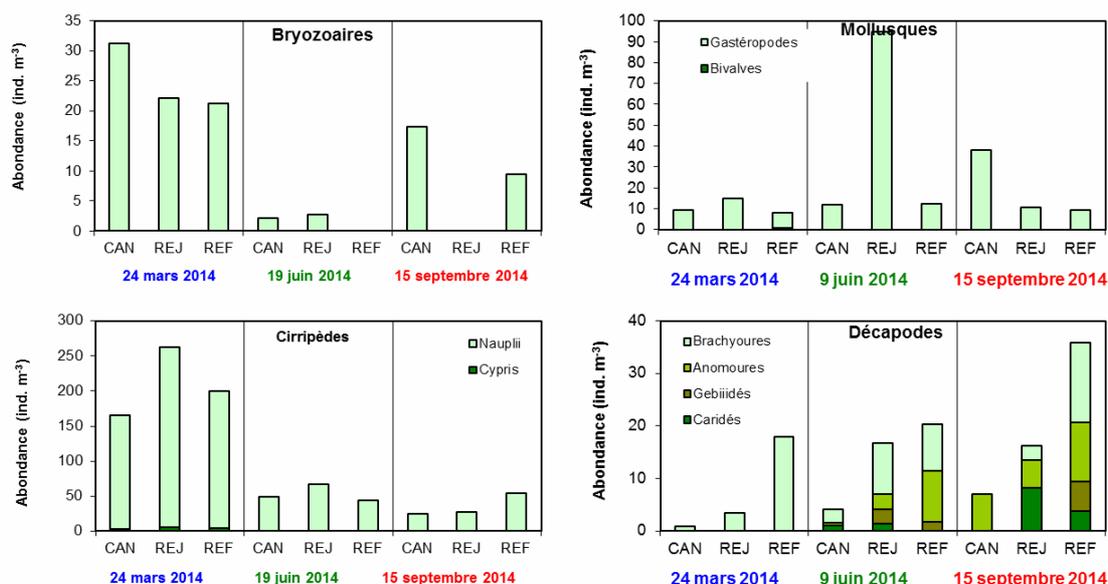


Figure 3.5.13 : Abondance des espèces méroplanctoniques à Flamanville en 2013

3.5.3. Conclusion

Les données historiques acquises depuis 1993 indiquent que la biomasse sestonique et l'abondance zooplanctonique totale ne montrent pas de différences significatives entre les points de prélèvement quelle que soit la saison considérée. Toutefois, la biomasse sestonique ne reflète pas toujours les observations sur les abondances zooplanctoniques. C'est le cas par exemple en mars 2014 où la biomasse était très importante (biomasse maximale pour les trois points de prélèvement depuis 1993), ce que ne reflète pas l'abondance zooplanctonique qui était l'une des plus faibles observées depuis 1993. Les rapports C/N du seston (> 6) 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 (cf, le point *canal* en mars) 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 2014, les abondances zooplanctoniques correspondaient à ce qui est habituellement observé sur le site de surveillance depuis 1993 en été et en automne, mais ont été beaucoup moins importantes au printemps. Malgré ces faibles abondances constatées (sans doute en lien avec un décalage du cycle saisonnier du fait d'un hiver 2013-2014 plus doux), la composition et la succession des espèces restent classique.

Au printemps 2014, le méroplancton domine la communauté zooplanctonique représentant plus de 75 % du zooplancton total. Cette fraction était surtout composée de larves de cirripèdes. L'holoplancton quant à lui dominait largement le zooplancton en été et à l'automne (60-90%). Comme toujours en milieu côtier tempéré, il était essentiellement caractérisé par les copépodes. La diversité spécifique de ce groupe est assez faible ($\leq 2 \text{ Bit. ind}^{-1}$) 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*, *Centropages hamatus*, *Pseudocalanus elongatus* et *Temora longicornis*. Chacune de ces espèces respecte, pour ce que peut montrer cette analyse de trois campagnes annuelles, leur répartition saisonnière habituelle. Les faibles abondances

observées de *T. longicornis* et *P. elongatus* vont dans le sens de la tendance observée ailleurs en Manche est depuis quelques années.

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>Xavier</i>	<i>Caisey</i>	<i>(DYNECO/Benthos)</i>
<i>Audrey</i>	<i>Duval</i>	<i>(LER/BO)</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, non contractuelle, 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, quatre 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 nombre de dichotomies (D) : les dichotomies principales sont comptées, de la première rencontrée en partant de la base jusqu'à la dernière avant l'extrémité supérieure de l'individu (figure 4.1.6)
- le diamètre (\emptyset) 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 concernent uniquement la fertilité des algues baguées.

4.1.3. Résultats

4.1.3.1. Evaluation du stock de *Fucus serratus*

La biomasse annuelle moyenne de *Fucus serratus* évaluée en 2014, 88 g de poids sec par 0,25 m², se situe dans les valeurs les plus faibles observées depuis 1983. Depuis 2001, les biomasses restent inférieures à la moyenne calculée sur la période 1984 à 2014 (186 g de poids sec par 0,25 m²) (figure 4.1.2).

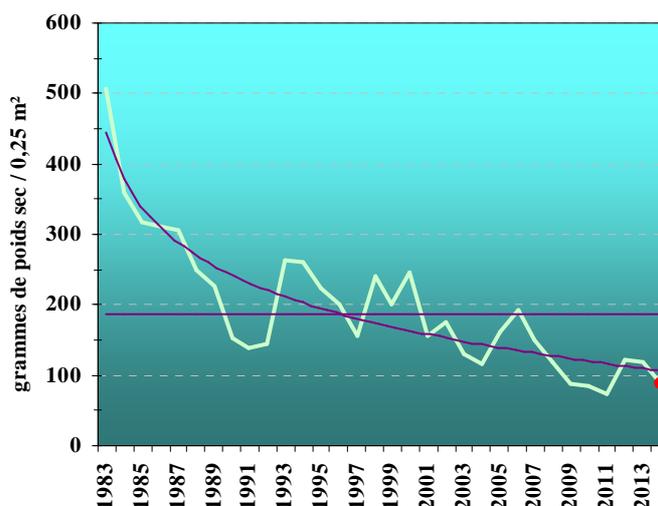


Figure 4.1.2 : En vert clair, évolution des biomasses annuelles moyennes de *Fucus serratus* depuis 1983 (en grammes de poids sec/0.25m²) ; en mauve, droite moyenne et courbe de tendance de 1983 à 2014 ; valeur 2014 en rouge

En mars, les valeurs sont quasiment stables par rapport à celles des deux années précédentes. Conformément au développement de l'espèce, la biomasse algale reste plus forte en fin d'été qu'en fin d'hiver. Toutefois, la valeur obtenue en septembre 2014 est voisine des minimales observées depuis 1983 (tableau 4.1.1 et figure 4.1.3).

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

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

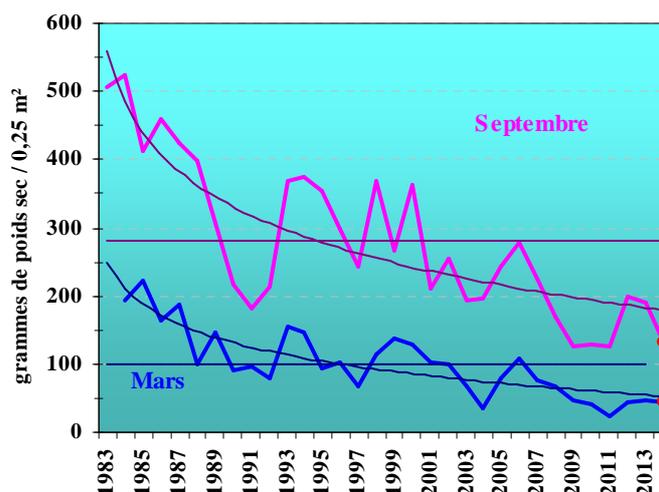
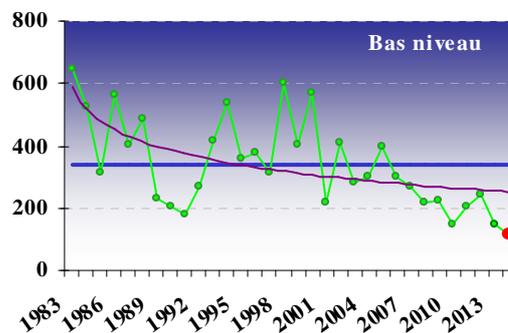
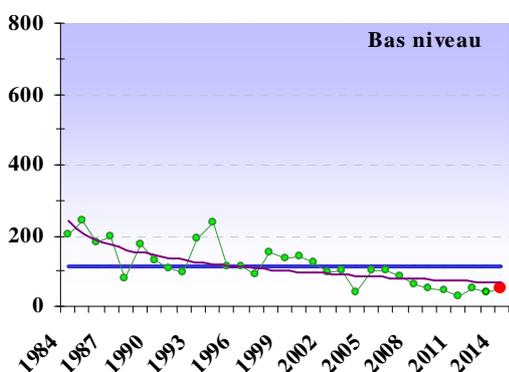
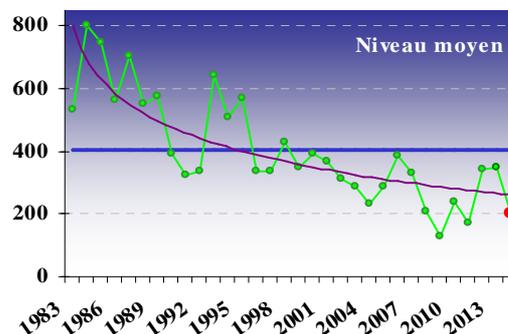
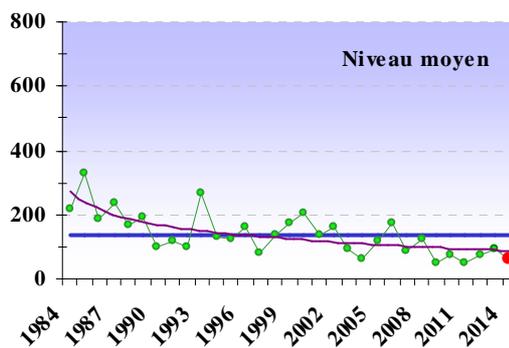
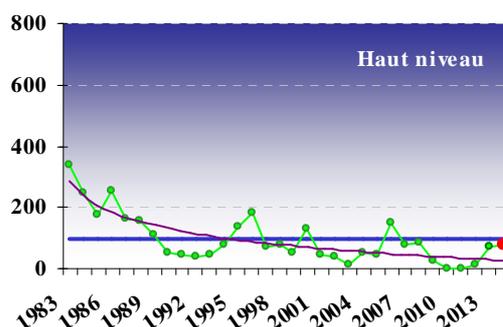
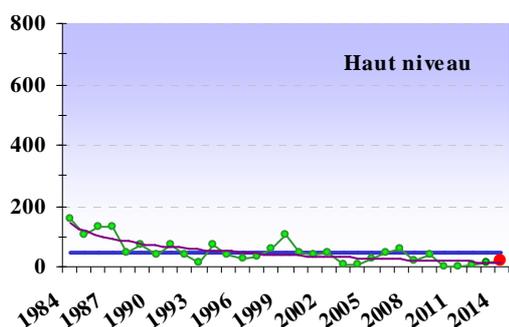


Figure 4.1.3 : Evolution des biomasses de *Fucus serratus* depuis 1983 (en grammes de poids sec/0.25m²) en mars et en septembre ; moyennes (droites) et courbes de tendance ; valeurs 2014 en rouge

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 2014	Moyenne mars 1984/2014	Septembre 2014	Moyenne septembre 1983/2014
Haut niveau	21	49	79	96
Niveau moyen	63	138	200	403
Bas niveau	50	114	117	340

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 2014 ; en bleu, la biomasse moyenne calculée sur la période d'observation ; en mauve, la courbe de tendance

Après la disparition des fucales en limite supérieure de la radiale en 2010 et 2011 (photographie 4.1.5), la présence de quelques thalles de *Fucus serratus* est constatée depuis 2012.

Les biomasses évaluées à ce niveau de la radiale, en mars et en septembre 2014, restent faibles.



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

Les biomasses observées en 2014 au niveau moyen de la radiale sont en baisse également. Toutefois cette zone reste la plus abondante de la population de *Fucus serratus*.



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

Au niveau inférieur de la radiale, la biomasse observée en septembre atteint sa valeur minimale enregistrée depuis 1983.

4.1.3.2. Dénombrement des algues baguées

La perte des pieds de *Fucus serratus* bagués en mars 2014 atteint 22 % en septembre, valeur relativement faible sachant que le maximum atteint 54 % (1989) et le minimum 13 % (2007). La moyenne est de 36 % de pertes 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...

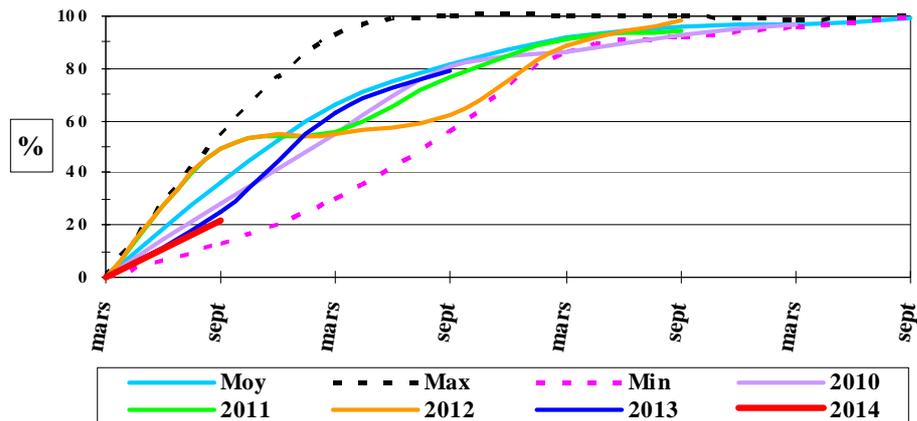


Figure 4.1.6 : Dépopulation des individus bagués (1983 à 2014)

4.1.3.3. Biométrie des algues baguées

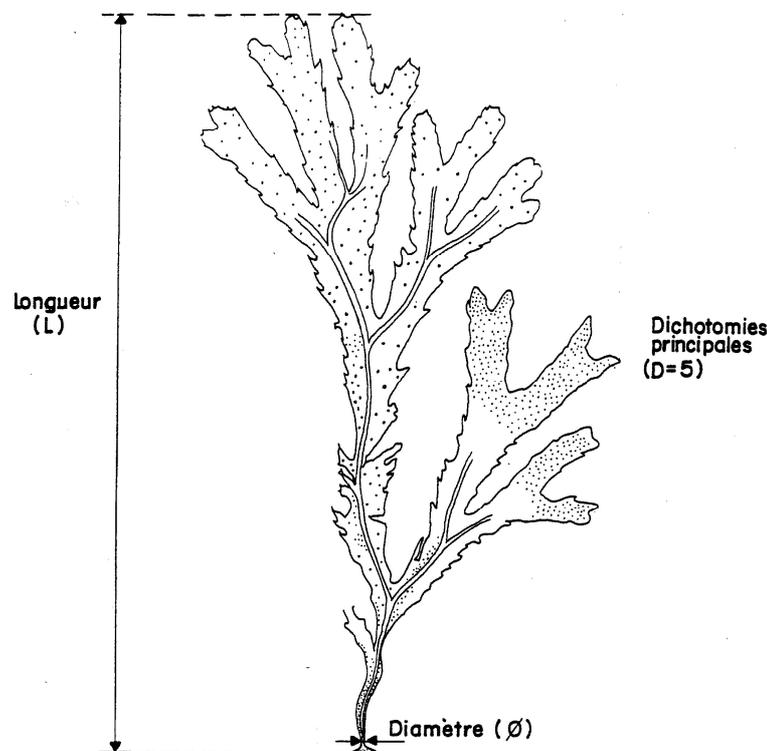


Figure 4.1.7 : *Fucus serratus*. Paramètres mesurés

4.1.3.3.1 Diamètre des stipes

Les diamètres des stipes de *Fucus serratus* bagués en 2014 atteignent en moyenne 5,8 mm en fin d'hiver et 5.4 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).

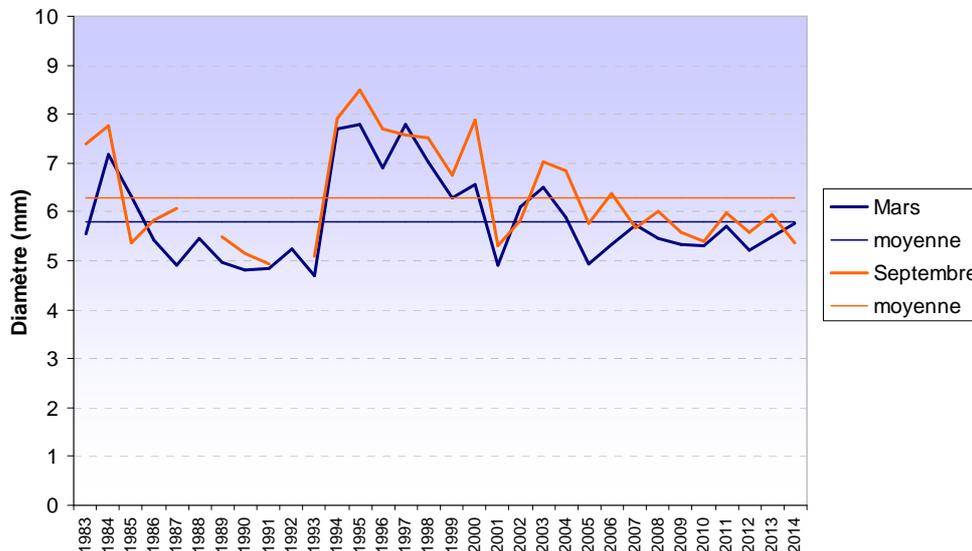


Figure 4.1.8 : Diamètre des stipes de *Fucus serratus* en mars et en septembre

4.1.3.3.2 Longueur des thalles

En mars, la longueur moyenne des individus bagués en 2014 est comparable à la valeur moyenne observée depuis 1983, respectivement 53,2 et 52,8 cm. En septembre 2014, la longueur moyenne reste relativement faible, 57,1 cm (figure 4.1.9).

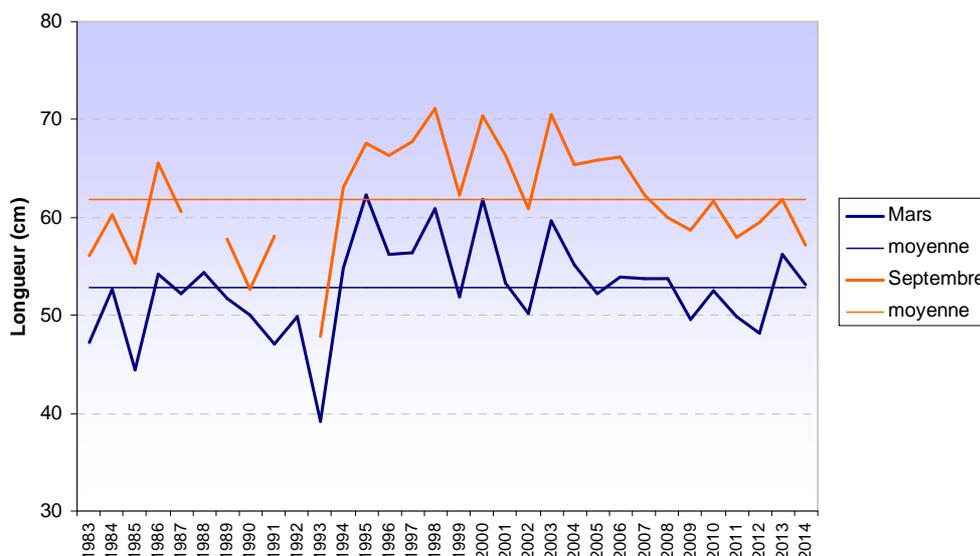


Figure 4.1.9 : Longueur moyenne des thalles de *Fucus serratus* en mars et en septembre

La croissance des thalles de *Fucus serratus* bagués en 2014 est faible : de mars à septembre 2014, la longueur s'est accrue en moyenne de 4 cm alors que la moyenne calculée sur la période

1983-2014 atteint 9,6 cm. Les valeurs s'échelonnent de 2,6 cm en 1990 à 18,4 cm en 1985 (figure 4.1.10).

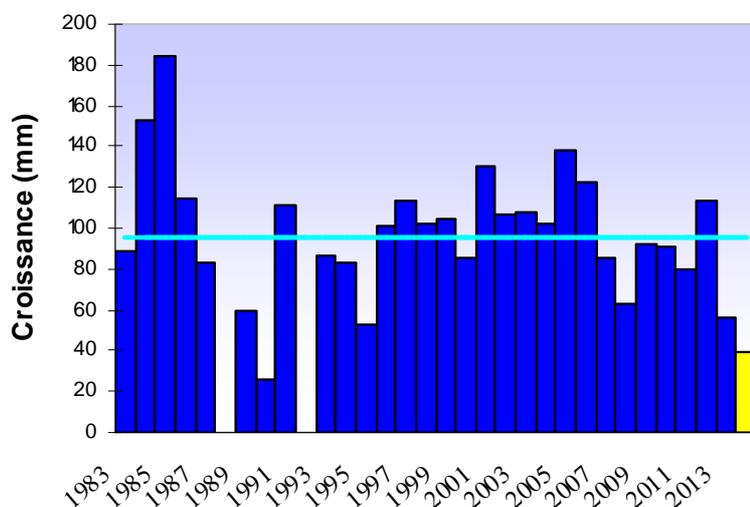


Figure 4.1.10 : Croissance moyenne des thalles de *Fucus serratus* de mars à septembre
Valeur 2014 en jaune

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 2014

Lot bagué en mars 2014 :

En mars 2013, 69 % des thalles d'individus présentent des signes de fertilité (63 % en 2013), 66 % en juin (45 % en 2013) et 96 % en septembre (95 % en 2013) (figures 4.11 et 4.12) :

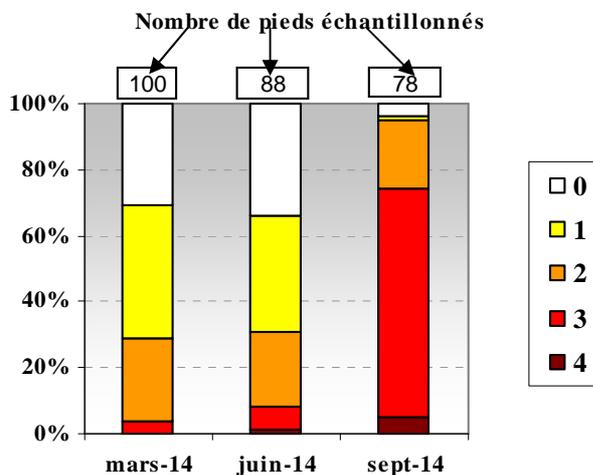


Figure 4.1.11 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus* bagués en 2014

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

4.1.3.4..2 Variations annuelles

- Le pourcentage de *Fucus serratus* fertiles évalué en mars 2014 est légèrement supérieur à la valeur moyenne observée sur la période 1983 à 2014 :

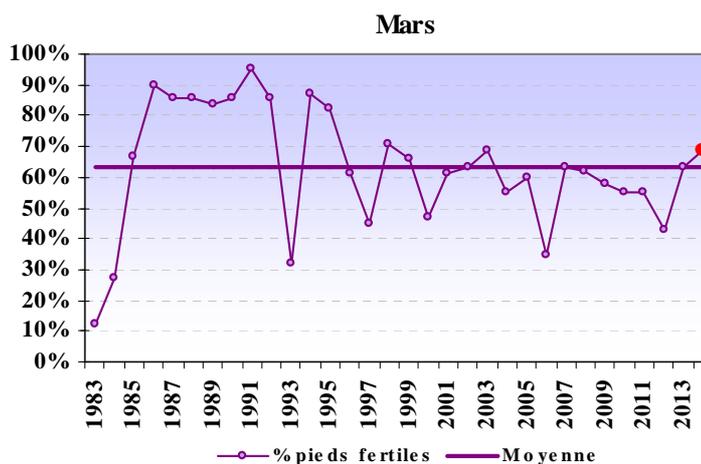


Figure 4.1.12 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus*
Valeur 2014 en rouge

- En juin 2014, le pourcentage est également supérieur à la moyenne calculée sur la période 1995/2014 :

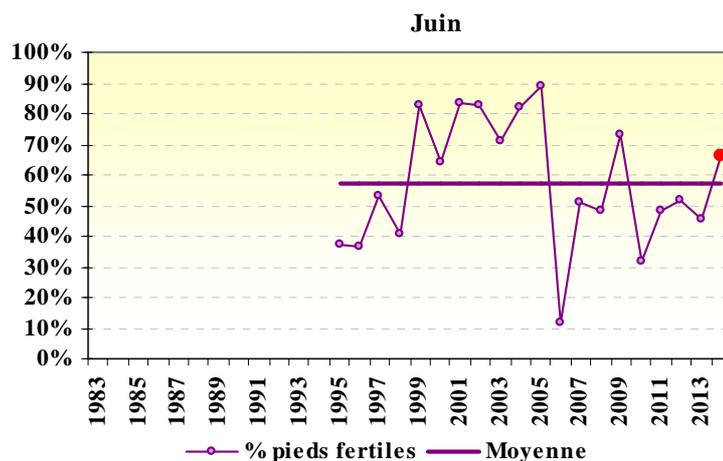


Figure 4.1.13 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus*
Valeur 2014 en rouge

- En septembre 2014, le pourcentage de thalles fertiles reste très élevé. Depuis 2003, les valeurs sont fortes et supérieures à la moyenne :

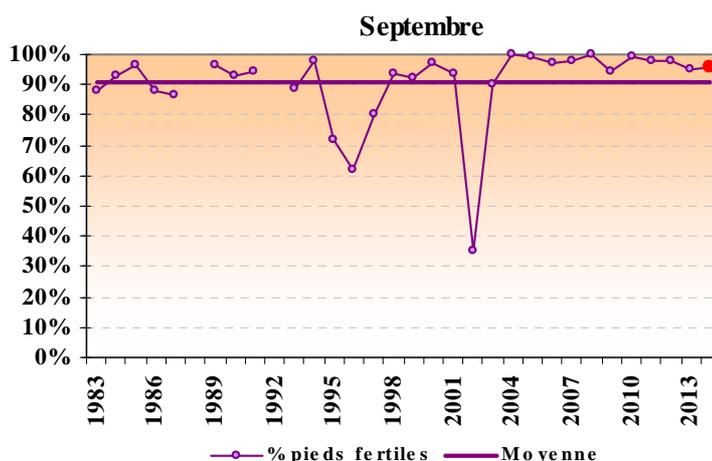


Figure 4.1.14 : Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus*
Valeur 2014 en rouge

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 données enregistrées en fin d'hiver sont relativement stables depuis 1998. En juin elles sont plus irrégulières. Ces 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.

En septembre, le développement de la fertilité est généralement important. La maturation des gamètes se poursuit alors jusqu'à leur émission dans le milieu (figure 4.1.15). 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.

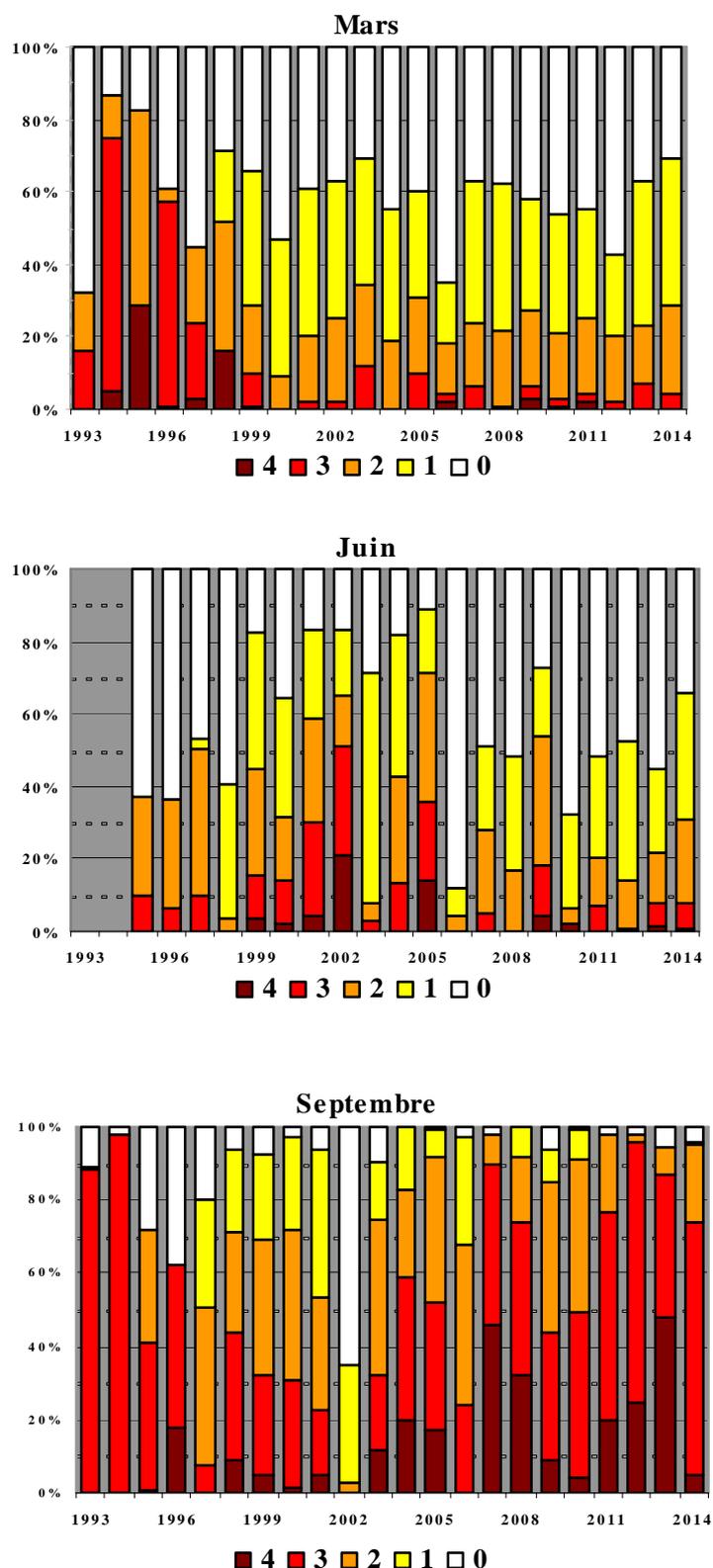


Figure 4.1.15 : Evolution des différents stades de la fertilité des pieds de *Fucus serratus*

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 2014 atteignent des valeurs comparables en mars et en juin, respectivement 27 et 26 %. En septembre, la moyenne atteint 58 %. Depuis 2003, le niveau de maturité de fin d'été reste supérieur ou égal à cette valeur (figure 4.1.16).

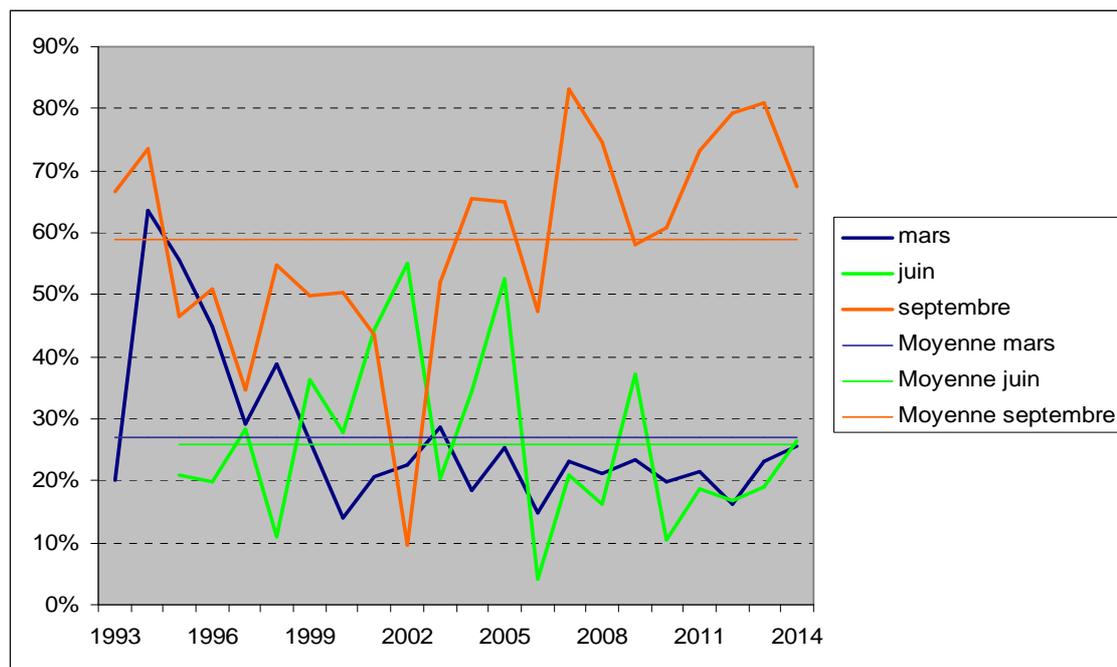


Figure 4.1.16 : Evolution du taux moyen de fertilité des pieds de *Fucus serratus* depuis 1993

En 2014, les valeurs du premier semestre sont quasi identiques aux moyennes observées depuis 1993 (26 % en mars, 27 % en juin).

En septembre, de nombreux thalles présentent une fertilité de stade 3, et peu d'entre eux ont atteints le stade 4. La maturité n'est pas atteinte, le taux moyen est de 68 %, valeur inférieure à celle de 2013 mais qui reste supérieure à la moyenne.

Le peuplement de *Fucus serratus* du platier de Diélette présente des caractères de fertilité toute l'année avec une période de maturité plus importante qui s'étendrait principalement d'août à janvier, ce que confirment nos observations faites au cours de l'année 2014.

4.1.4. Comparaison avec d'autres populations de Fuciales

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 fuciales est établi en trois points, très éloignés l'un de l'autre, représentatifs de la frontière Atlantique/Manche-Ouest (Guissény), de la Manche Centrale toujours sous régime océanique dominant (Flamanville) et de la Manche-Est sous régime plus continental (Paluel) (Drévès et al, 2009).

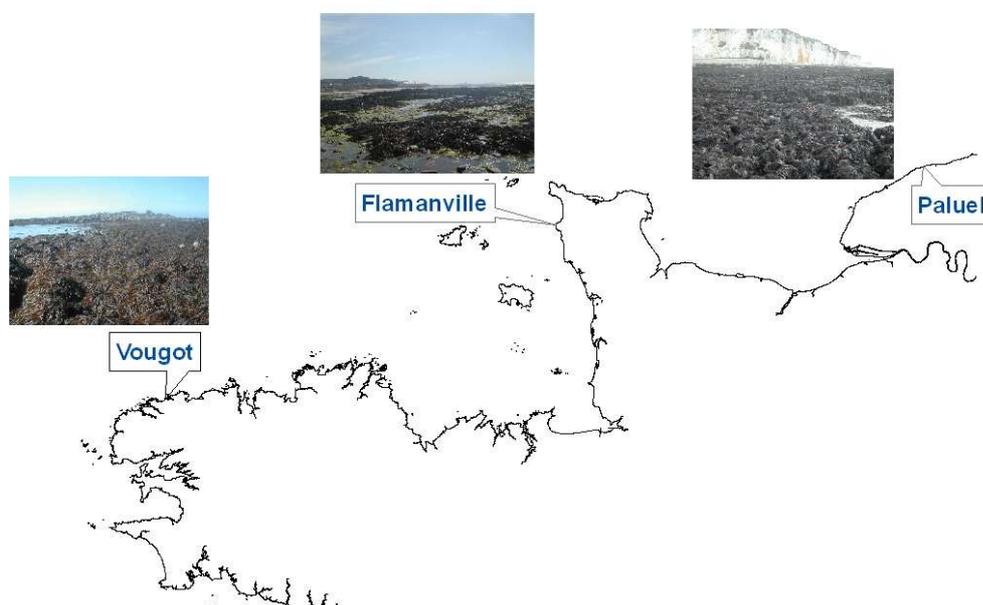


Figure 4.1.17 : Localisation des 3 sites de prélèvements de *Fucus serratus*

4.1.4.1. Biomasses

Les données acquises permettent une comparaison des valeurs annuelles enregistrées en fin d'hiver et en fin d'été afin de préciser si les tendances observées (diminution des biomasses annuelles et augmentation des biomasses entre la fin de l'hiver et la fin de l'été) sont générales ou caractéristiques d'un site.

Globalement, la tendance observée depuis 1994 pour les populations normandes et depuis 2005 pour la population bretonne est une baisse des biomasses (figure 4.1.18).

Après les valeurs minimales atteintes en 2011, les biomasses évaluées en 2012 sur les trois sites sont en hausse, tendance confirmée en 2013 à Guissény et à Paluel.

En 2014, les biomasses diminuent à nouveau à Flamanville comme à Guissény. A Paluel, la hausse se poursuit pour la 3ème année consécutive (tableau 4.1.3).

Biomasses	Guissény	Flamanville	Paluel
Mars 2014	157	45	61
Septembre 2014	194	132	96
Moyenne annuelle 2014	176	89	79
<i>Moyenne annuelle 2013</i>	<i>273</i>	<i>118</i>	<i>67</i>
<i>Moyenne annuelle 2012</i>	<i>220</i>	<i>122</i>	<i>60</i>
<i>Moyenne annuelle 2011</i>	<i>173</i>	<i>75</i>	<i>58</i>

Tableau 4.1.3 : Biomasses moyennes de *Fucus serratus* (en grammes de poids sec/0.25m²)

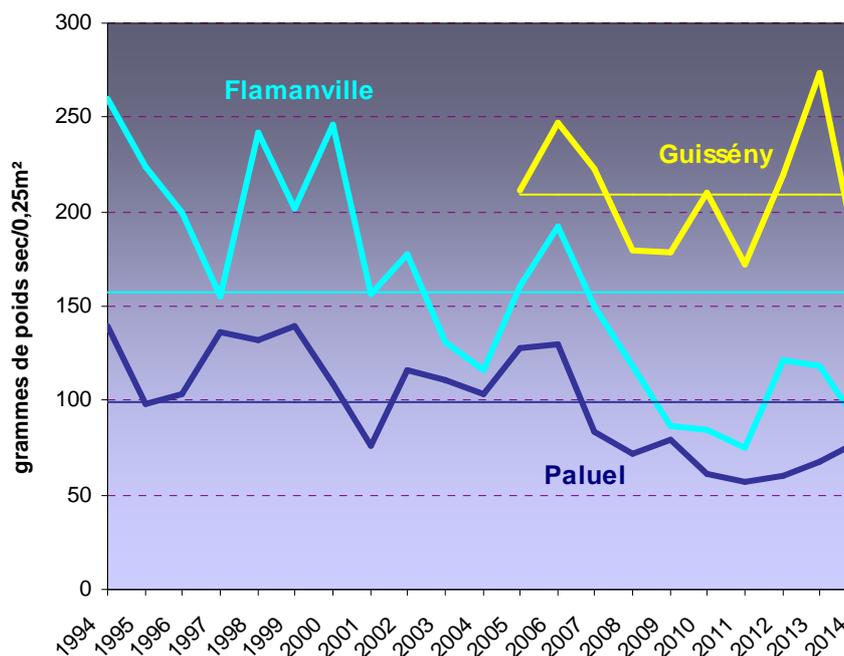


Figure 4.1.18 : Evolution des biomasses moyennes annuelles de *Fucus serratus* à Flamanville, Paluel et à Guissény (en grammes de poids sec/0,25m²) ; Valeurs annuelles, moyennes

Par rapport aux valeurs 2013, les biomasses évaluées **en mars 2014** sont quasiment stables à Flamanville et en légère hausse à Paluel. A Guissény, la valeur chute mais reste néanmoins voisine à la moyenne calculée sur la période 2005 à 2014 ; la biomasse évaluée en fin d'hiver 2013 était particulièrement forte sur ce site (figure 4.1.19).

L'évolution des biomasses de fin d'hiver des deux populations normandes est comparable en particulier depuis 2005. Les valeurs sur ces deux sites restent inférieures à celles enregistrées en Bretagne Nord (moyennes sur la période 2005 à 2014 en grammes de poids secs par 0,25 m²: 58 g à Flamanville, 67 g à Paluel, 159 g à Guissény).

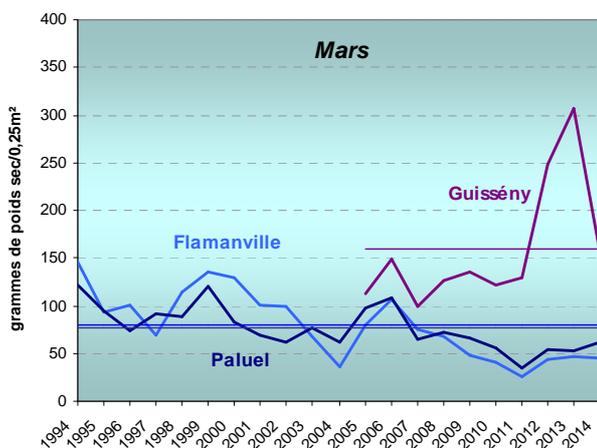


Figure 4.1.19 : Evolution des biomasses moyennes en fin d'hiver

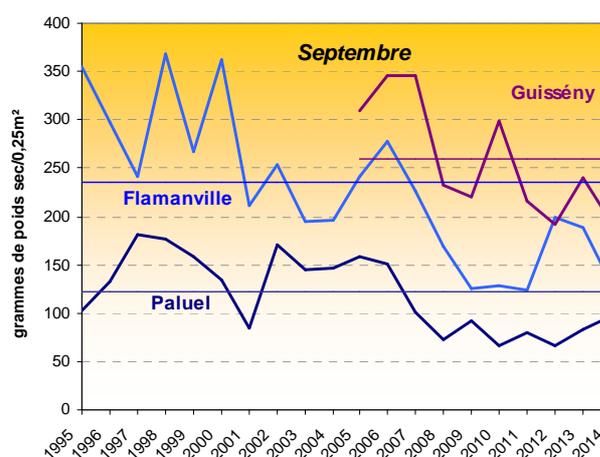


Figure 4.1.20 : Evolution des biomasses moyennes en fin d'été

Droite jaune : biomasse moyenne 1994 à 2014 à Flamanville, droite mauve : biomasse moyenne 2005 à 2014 à Guissény, droite bleue : biomasse moyenne 1994 à 2014 à Paluel

En septembre 2014, les biomasses observées à Flamanville et à Guissény sont en baisse, atteignant des valeurs proches des minimales. A Paluel, la biomasse augmente, comme en 2013. Les moyennes sur la période 2005 à 2014 atteignent alors 97 g à Paluel, 182 g à Flamanville et 259 g à Guissény (en grammes de poids secs par 0,25 m²). Sur ces valeurs de fin d'été la tendance globale à la baisse est plus marquée (figure 4.1.20).

En général, suite à la croissance des thalles, les biomasses sont plus fortes en fin d'été qu'en fin d'hiver. A Flamanville, cette nuance saisonnière a toujours été bien marquée.

A Paluel, les biomasses évaluées en septembre restent les plus basses, les croissances algales printanières et estivales sont plus faibles.

A noter sur toute la période d'observation, un gradient croissant d'Est en Ouest.

4.1.4.2. Fertilité

Les pourcentages de thalles de Fucales fertiles sont évalués 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 taux de fertilité obtenus en fin d'hiver restent plus faibles à Paluel : 22 % en moyenne sur la période 2005 à 2014 alors qu'ils atteignent 56 % à Flamanville et 65 % à Guissény.

En septembre, les valeurs à Flamanville sont particulièrement élevées : 97 % de la population échantillonnée présente des signes de fertilité (moyenne calculée sur la période 2005 à 2014). Les valeurs à Paluel sont comparables à celles de Guissény respectivement 82 % et 78 % en moyenne calculée sur cette même période.

► **Mars 2014**, 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.

Par rapport aux valeurs 2013, ces pourcentages sont en baisse à Guissény et à Paluel, en hausse à Flamanville (tableau 4.1.4 et figure 4.1.21).

Thalles fertiles 2014	Guissény	Flamanville	Paluel
Mars	57	69	18
Juin	55	66	/
Septembre	60	96	83

Tableau 4.1.4 : Pourcentages de thalles de *Fucus serratus* fertiles en 2014

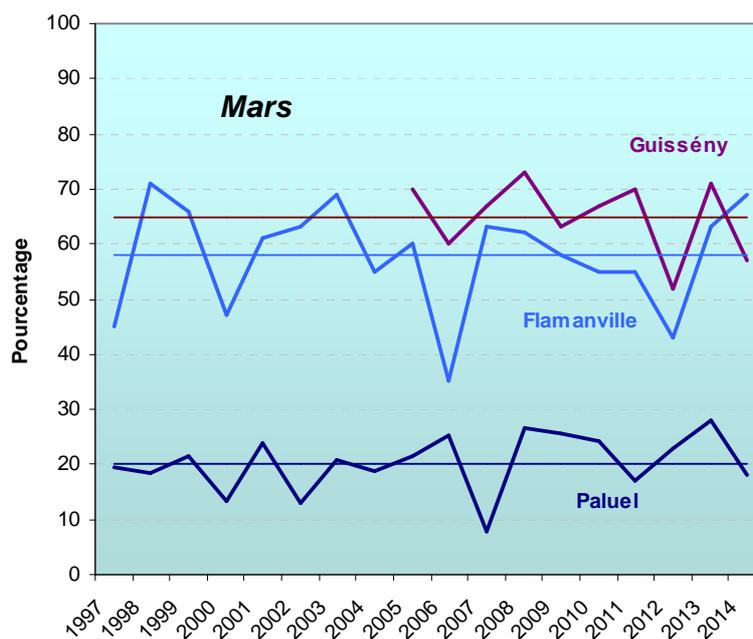


Figure 4.1.21 : Evolution des pourcentages de thalles fertiles en mars
Droite bleu : moyenne 1997 à 2014 à Flamanville, droite mauve : moyenne 2005 à 2014 à Guissény, droite bleu foncé : moyenne 1997 à 2014 à Paluel

► Juin 2014, à l'inverse des années précédentes, le pourcentage de thalles fertiles à Flamanville est supérieur à celui de Guissény (tableau 4.14 et figure 4.1.22).

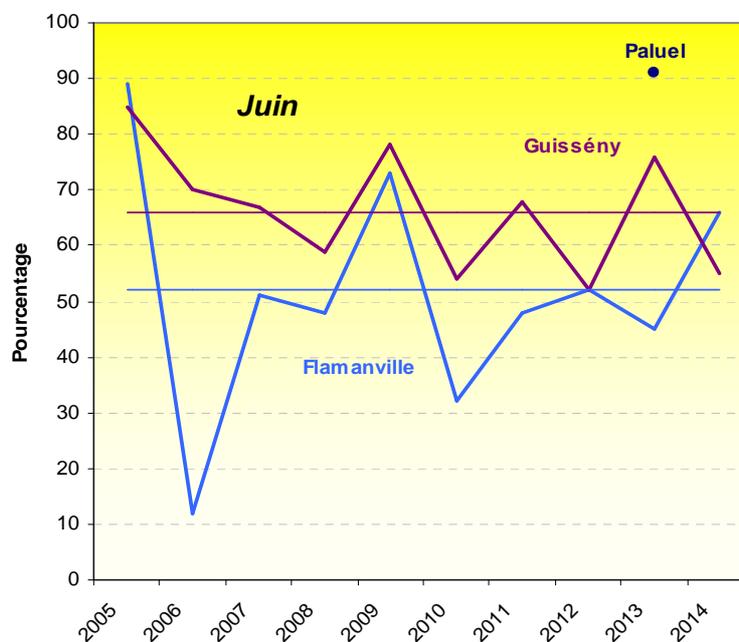


Figure 4.1.22 : Evolution des pourcentages de thalles fertiles en juin
Droite bleu : moyenne 2005 à 2014 à Flamanville, droite mauve : moyenne 2005 à 2014 à Guissény

► Septembre 2014, les pourcentages à Paluel et à Flamanville sont supérieurs aux valeurs 2013 ainsi qu'aux moyennes calculées sur la période 1997 à 2014. Par contre, à Guissény, nous enregistrons la valeur minimale depuis 2005 (tableau 4.1.4 et figure 4.1.23).

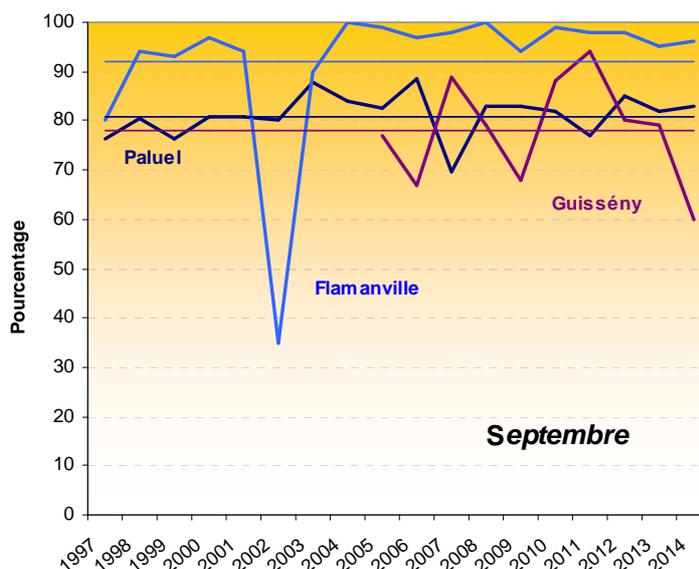


Figure 4.1.23 : Evolution des pourcentages de thalles fertiles en septembre
Droite bleu : moyenne 1997 à 2014 à Flamanville, droite mauve : moyenne 2005 à 2014 à Guissény, droite bleu foncé : moyenne 1997 à 2014 à Paluel

Quelques différences sont observées d'une population de Fucales à une autre :

- à Paluel, un développement de la fertilité plus faible en mars et beaucoup plus élevé en juin,
- à Flamanville, un fort pourcentage de Fucales plus ou moins fertiles en septembre,

Ces particularités géographiques indiquent qu'il existe des décalages de maturation des thalles de *Fucus serratus* d'un secteur à un autre.

4.1.5. Conclusion - Population de *Fucus serratus*

La biomasse annuelle moyenne de *Fucus serratus* évaluée en 2014 près du CNPE de Flamanville se situe dans les valeurs les plus faibles observées depuis 1983. Depuis 2001, les biomasses restent inférieures à la moyenne calculée sur la période 1984 à 2014.

Les valeurs en fin d'hiver sont quasiment stables par rapport à celles des deux années antérieures. Conformément au développement de l'espèce, les biomasses algales restent plus fortes en fin d'été qu'en fin d'hiver. Toutefois, les valeurs obtenues en septembre 2014 sont voisines des minimales observées depuis 1983.

Le développement de la fertilité de *Fucus serratus* évaluée en mars, juin et septembre 2014 est conforme aux cycles observés depuis 1983. Le peuplement du platier de Diélette présente des caractères de fertilité toute l'année avec une période de maturité plus importante qui s'étendrait principalement d'août à janvier, ce que confirment nos observations faites au cours de l'année 2014 avec en fin d'été une large majorité de thalles fertiles. Toutefois, le niveau de maturité des conceptacles semble alors plus faible que ceux des années précédentes.

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 2014 sont conformes aux valeurs moyennes observées sur ces sites depuis 1997. A Guissény, les valeurs 2014 sont particulièrement faibles surtout en fin d'été.

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 *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 *cypriis* 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).

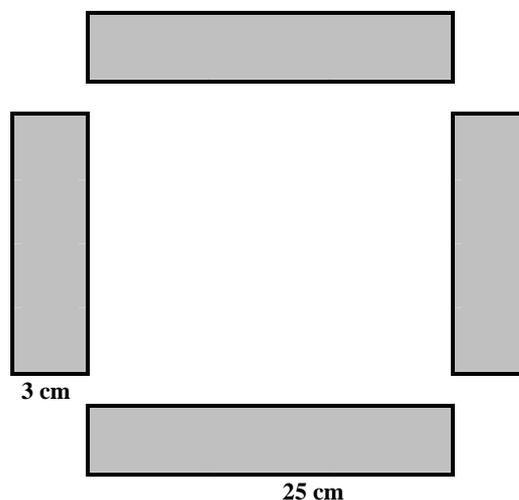


Photo 4.2.5 : Quadrats pour l'étude du recrutement des cirripèdes

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

4.2.3.1. Etude de recolonisation par les cirripèdes

4.2.3.1..1 Résultats 2014

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 2014, le recrutement des cirripèdes atteint en moyenne 96 individus par 75 cm². Cette valeur est largement inférieure à la moyenne calculée sur la période 1983 à 2014 (487 individus) et avoisine le minimum atteint en 1990 (55 individus). Le maximum atteint 2259 individus par 75 cm² en 1986 (figure 4.2.1).

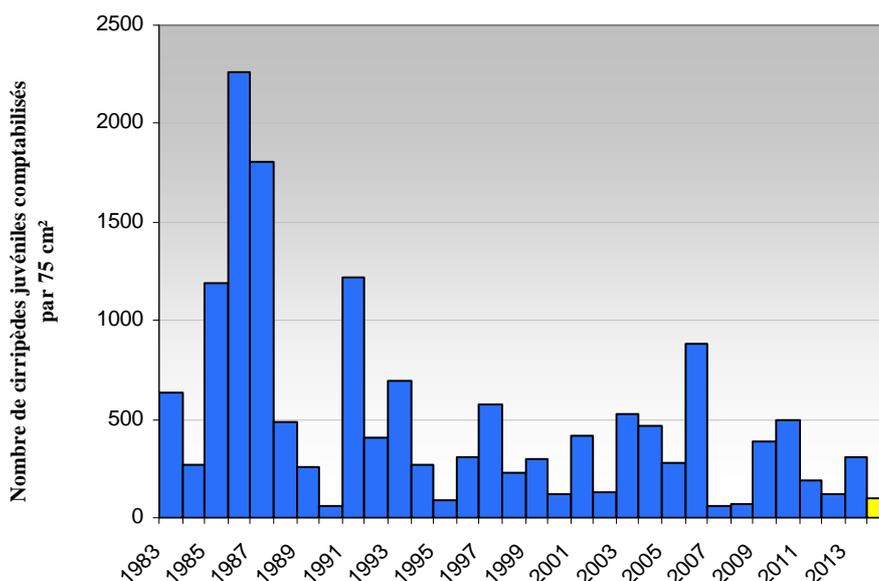


Figure 4.2.1 : Recrutement annuel (moyenne des recrutements comptabilisés en mars, juin et septembre aux 4 stations sur les quadrats de 75 cm²). Valeur 2014 en jaune.

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. Les comptages réalisés au premier semestre 2014 représentent 98 % 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*.

Les valeurs 2014 sont en baisse aux quatre stations. Comme en 2013, c'est au Rozel que le recrutement est le plus faible et au sémaphore le plus important (tableau 4.2.1).

Recrutement	Rozel	Sémaphore	Quédoy	Diélette
Comptages mars	9	34	6	20
Comptages juin	11	187	41	71
Comptages septembre	1	4	1	2
Bilan annuel	21	225	48	93

Tableau 4.2.1 : Nombre de cirripèdes métamorphosés, comptabilisés par 75 cm² en 2014

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

Tableau 4.2.2 : Température mensuelle minimale de l'air au Cap de La Hague (1983-2014), source Météo France, et de l'eau de mer à Flamanville (1986-2014), source EDF. Les années sont classées selon l'importance croissante des températures de l'air

Une relation entre la température de l'air et l'importance du recrutement printanier du mois le plus froid de l'année a été mise en évidence (Drévès, 1993 ; température moyenne de l'air et/ou de l'eau du mois le plus froid de l'année ; tableau 4.2.2 & figure 4.2.2). Plus les températures hivernales sont basses, plus le recrutement de *Semibalanus balanoides* est important. C'est à cette période de l'année que s'opère la libération des larves de *Semibalanus balanoides* dans le milieu marin. La température du milieu a donc une influence sur cette étape de la reproduction.

Les valeurs 2014 confirment cette hypothèse.

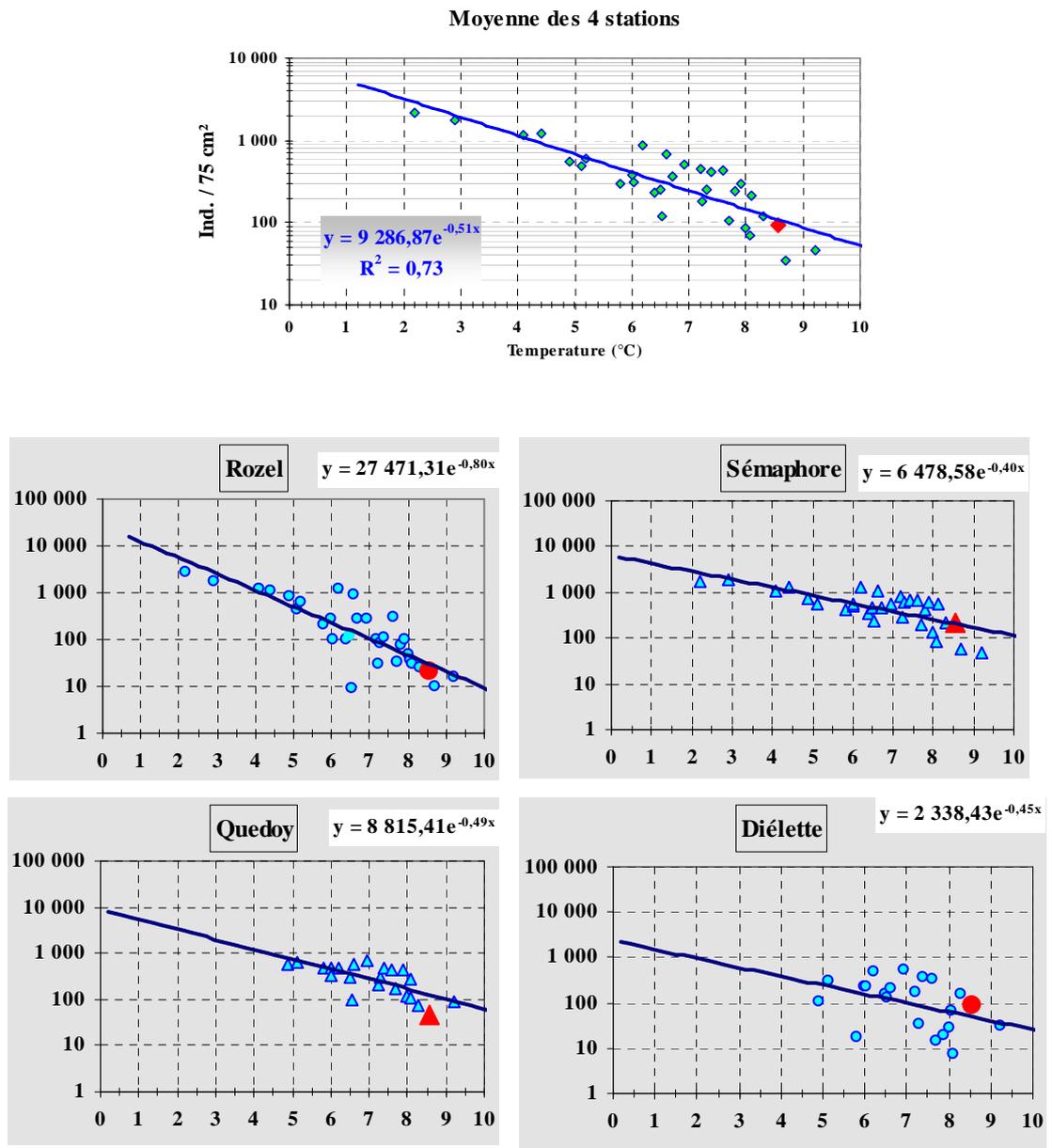


Figure 4.2.2 : Recrutement printanier des cirripèdes aux abords de Flamanville sur la période 1983/2014 (nombre d'individus par 75 cm², exprimé en fonction de la température mensuelle moyenne de l'air du mois le plus froid de l'hiver [°C])
Le recrutement 2014 est figuré en rouge

4.2.3.2. Evaluation des densités de cirripèdes

La densité moyenne de cirripèdes évaluée en 2014 atteint 25 000 individus par m². Cette valeur est comparable à celles de 2011, 2012 et 2013 (respectivement 23 600, 24 100 et 24 900). Toutefois, elle reste très inférieure à la moyenne calculée sur la période 1983 à 2014 (39 500 individus par m²).

Nous constatons une diminution importante et constante des densités de cirripèdes depuis le début des études en 1983. Depuis 2007, les valeurs restent stables (figure 4.2.3).

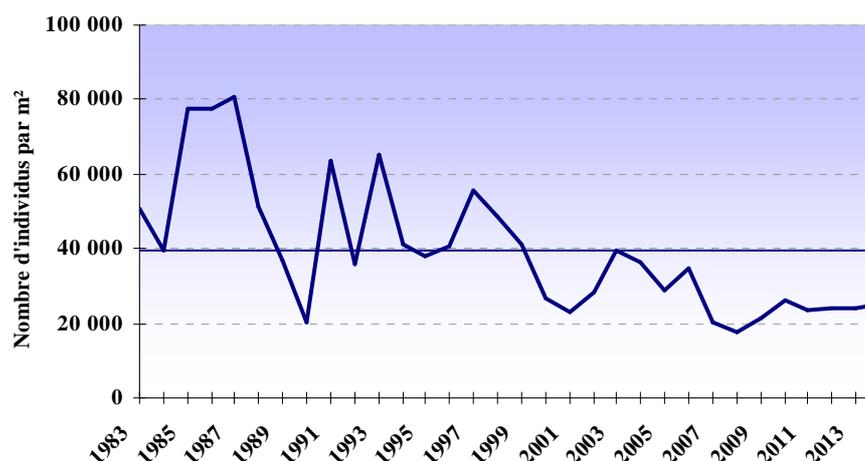


Figure 4.2.3 : Moyenne annuelle des densités de cirripèdes aux quatre stations et valeur moyenne depuis 1983

Au Sémaphore, les densités moyennes de cirripèdes au m² restent les plus fortes, le recouvrement du substrat par cette population est important. A Diélette, les densités sont plus faibles qu'aux autres stations. Généralement les populations sont plus développées en niveau inférieur de la ceinture à cirripèdes, *Semibalanus balanoides* espèce dominante à Flamanville y est plus abondante. En 2014, nous constatons une baisse de ce recouvrement à Diélette (tableau 4.2.3).

Stations	2014 Densité par m ²	Moyenne Densité par m ²	Recouvrement substrat Niveau supérieur	Recouvrement substrat Niveau inférieur
Diélette	13 800	25 100	50 %	30 %
Quédoy	20 400	34 600	50 %	70 %
Sémaphore	37 000	43 000	90 %	95 %
Rozel	28 700	41 000	13 %	95 %

Tableau 4.2.3 : Densités globales des cirripèdes en 2014 (nombre d'individus par m²)

Par rapport à 2013, les valeurs 2014 sont en baisse à Diélette et à Quédoy. Par contre au Sémaphore et au Rozel, elles augmentent (figure 4.2.4).

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.

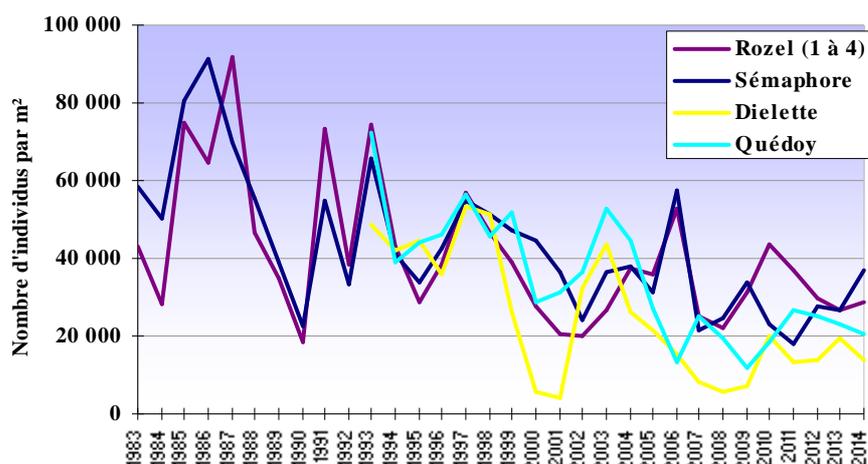
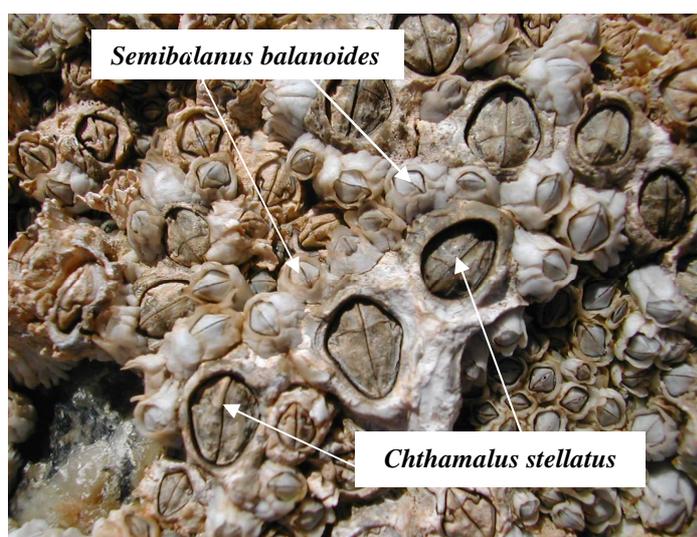


Figure 4.2.4 : Evolution des densités de cirripèdes aux différentes stations

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 *Elminius 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.

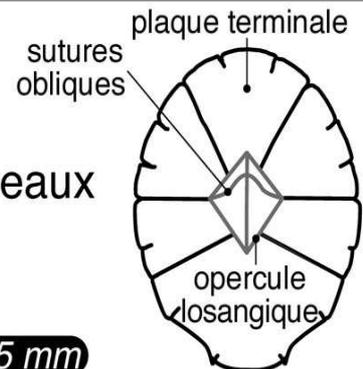


Photographie 4.2.7 : Cirripèdes à la station du Sémaphore

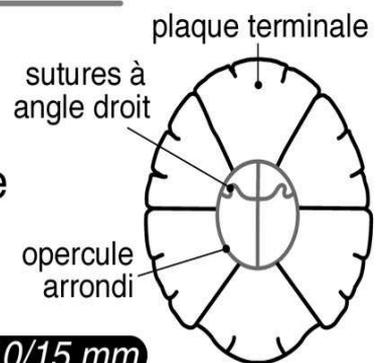
Principaux cirripèdes en zone intertidale sur Flamanville

S *semibalanus balanoides*

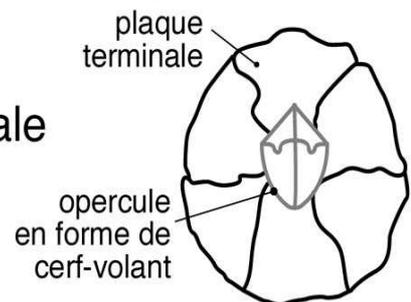
Muraille : 6 plaques
Sous les pleines mers de mortes-eaux
Atlantique, Manche ouest et est.

**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

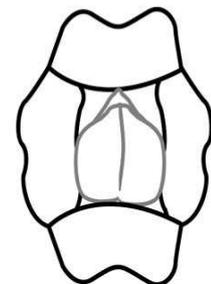
**5/10 mm**

Figure 4.2.5 : Les différentes espèces de cirripèdes rencontrées dans la région de Flamanville

4.2.3.3..1 Résultats 2014

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

En 2014, 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 en 2014 aux abords du CNPE de Flamanville sont relativement stables. Cette espèce représente en 2014 92 % du total des cirripèdes à Diélette, 83 % au Sémaphore, 77 % au Rozel et 78 % à Quédoy (figures 4.2.7 et 4.2.8).

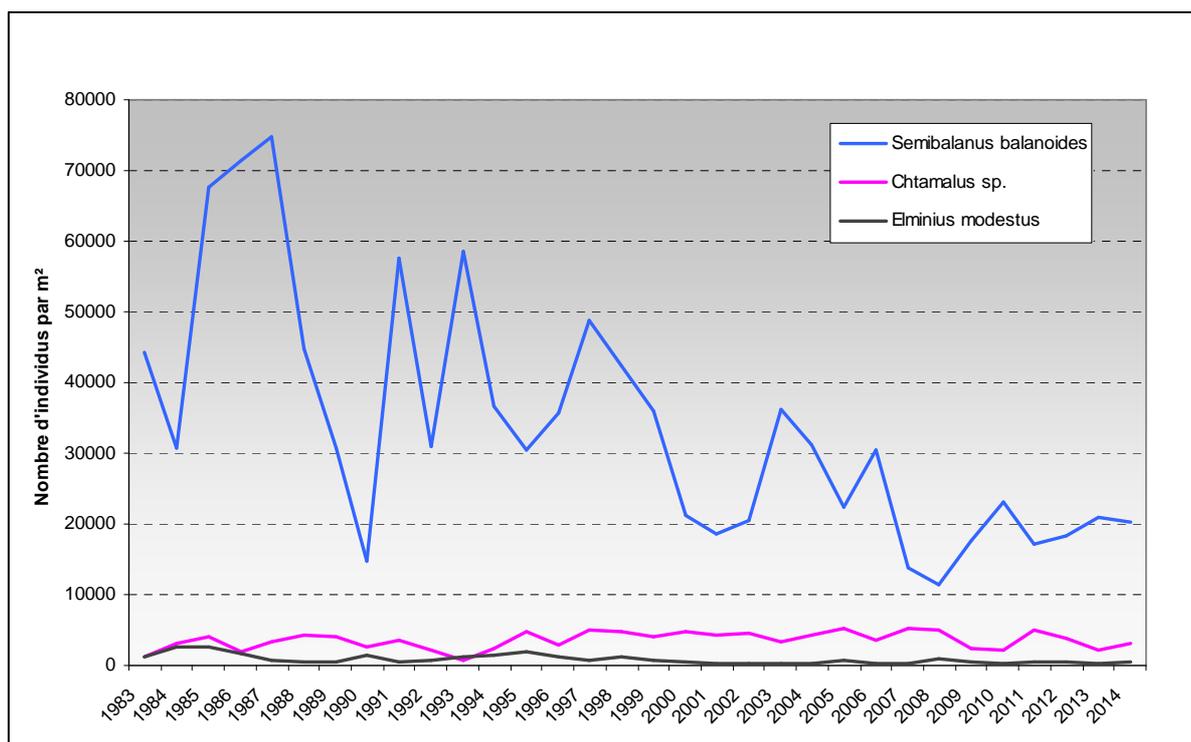


Figure 4.2.6 : Densités des quatre espèces de cirripèdes depuis 1983 aux abords de Flamanville (moyennes Rozel, Sémaphore, Quédoy et Diélette)

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

En 2014, 13 % des cirripèdes observés aux abords du CNPE de Flamanville appartiennent à ce genre.

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

Ces deux espèces comptabilisent en 2014, 21 % du total des cirripèdes à Quédoy, 13 % au Sémaphore, 9 % au Rozel et 5 % à Diélette.

Depuis le début des études, l'importance des *Chthamales* observés est minimale au Rozel (3 % en moyenne), faible à Diélette (5 %), points où le substrat est schisteux. Elle est plus élevée en bas du sémaphore (14 %) et maximale à Quédoy (29 %), points où le substrat est granitique. Ces deux points présentent également la particularité d'être les plus proches de la centrale.

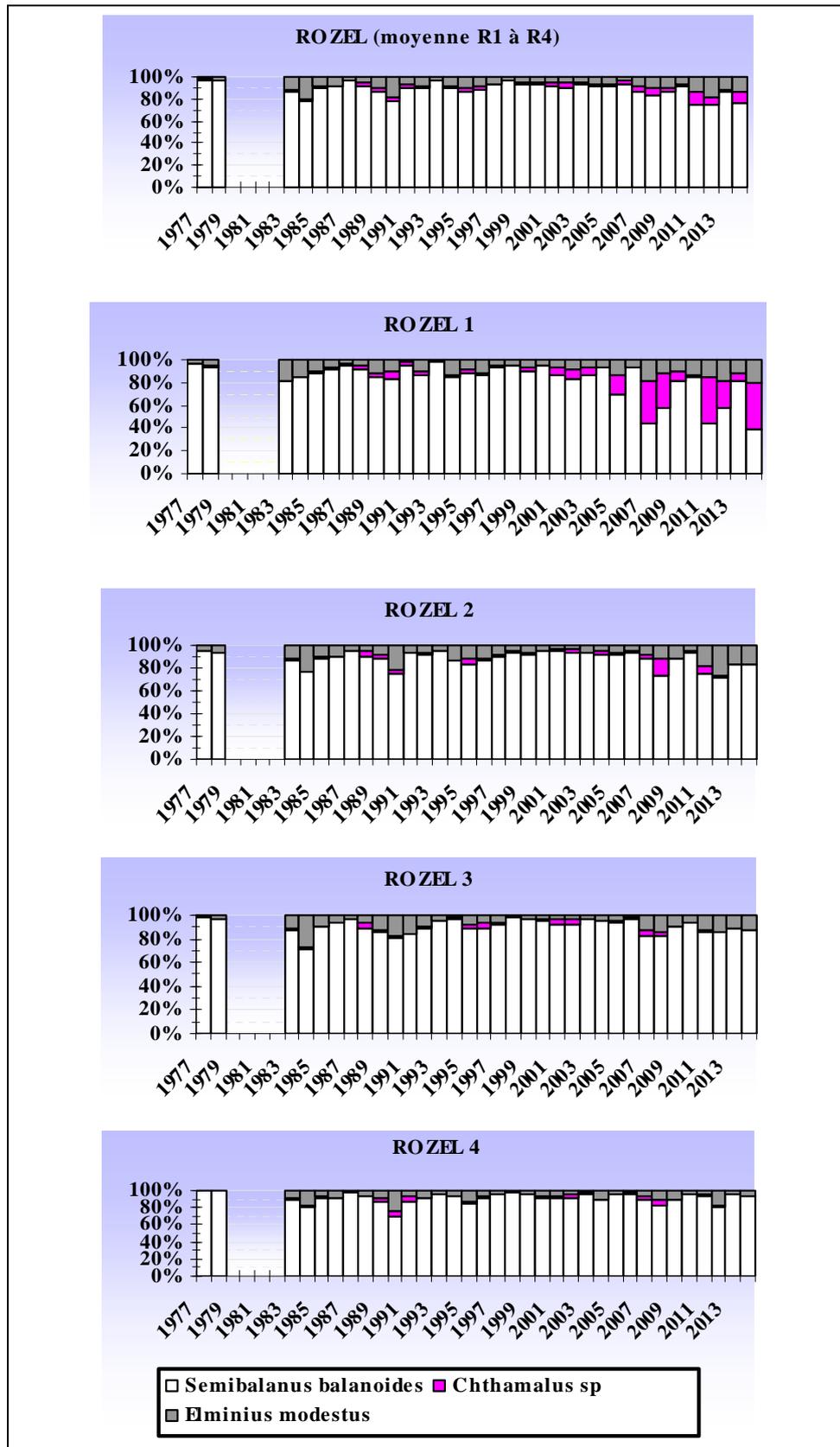


Figure 4.2.7 : Evolution en % des quatre espèces de cirripèdes à la pointe du Rozel depuis 1977
(Les deux espèces de Chthamales ont été regroupées au niveau du genre)

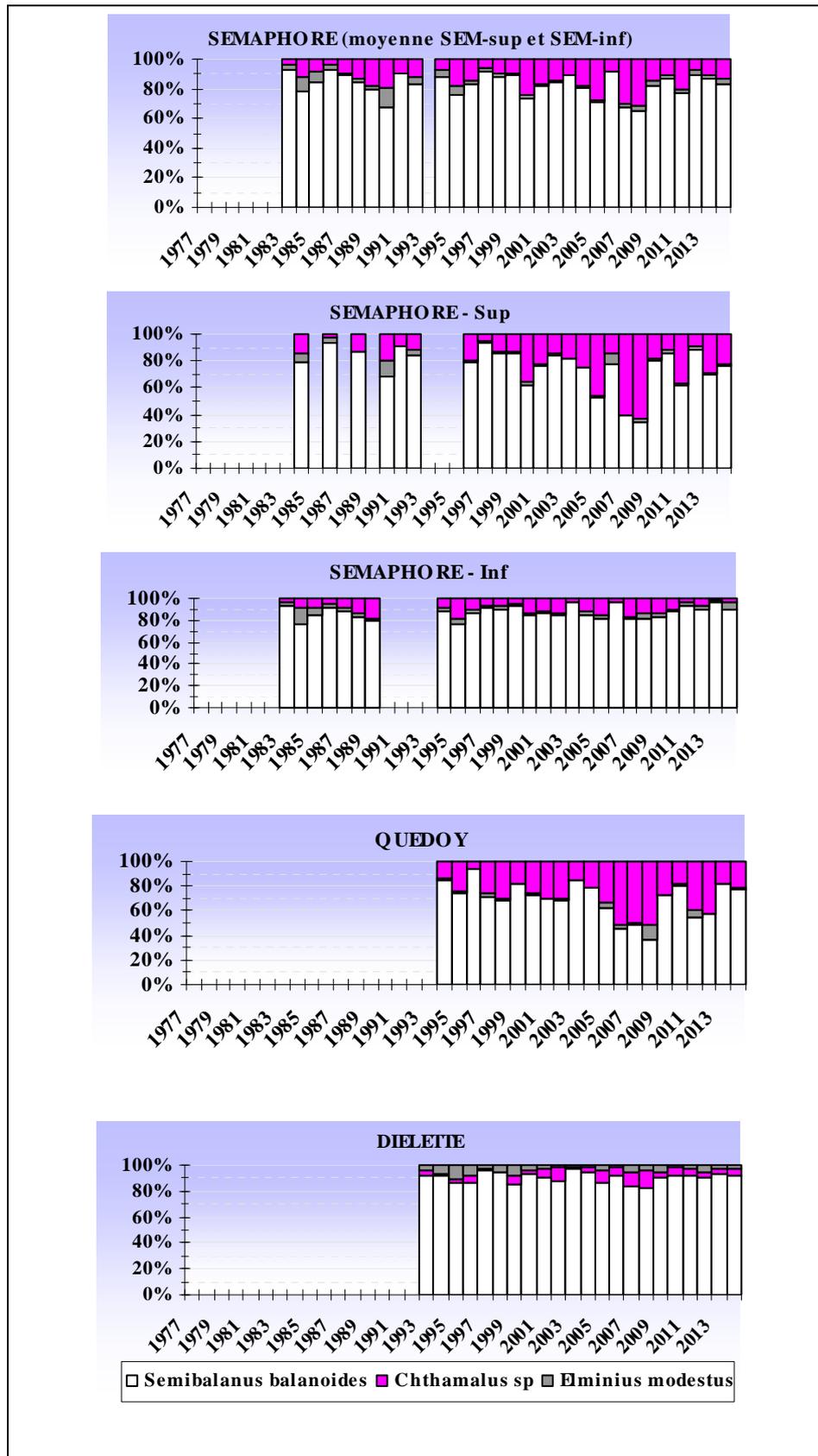


Figure 4.2.8 : Evolution en % des quatre espèces de cirripèdes au cap de Flamanville depuis 1983 (Les deux espèces de Chthamales ont été regroupées au niveau du genre)

La présence de *Elminius modestus* dans le peuplement reste faible, 2 % en 2014 (figure 4.2.6). Elle est néanmoins constante.

C'est au Rozel qu'elle est la plus abondante, 14 % en 2014 seulement 1 % à Quédoy, 3 % à Diélette, 4 % au sémaphore.

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

Les cirripèdes abritent une microfaune abondante et variée.



Campecopea hirsuta



Nereidé



Melarhaphe neritoides



Littorina saxatilis



Lasaea adansonii



Amphipodes

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.

C'est dans la population de cirripèdes du Rozel que les espèces accompagnatrices sont les plus variées et les plus abondantes en cette fin d'été 2014 (tableau 4.2.4). Les densités sont nettement inférieures à celles de 2013 à toutes les stations échantillonnées. Nous constatons l'absence de certaines espèces dans une partie des prélèvements comme le petit bivalve *Lasaea adansoni* à Quédoy et Diélette.

	Rozel 1	Rozel 2	Rozel 3	Rozel 4	Rozel moyenne	Sémaphore	Quédoy	Diélette
ANNELIDES								
Polychètes errants								
<i>Néréidés</i>				16	4			
<i>Spionidés</i>				16	4			
Polychètes sédentaires								
MOLLUSQUES								
Bivalves								
<i>Lasaeidés</i>								
<i>Lasaea adansoni (rubra)</i>		100	108	1144	333	128		
<i>Mytilidés</i>				27	7			
Gastéropodes								
<i>Patellidés</i>								
Patella		40	80	144	66	120	56	64
<i>Littorinidés</i>								
<i>Littorina saxatilis</i>		96	64	128	72	180	16	49
<i>Mélarhappe neritoides</i>	40	328	224	368	240	576	240	80
<i>Trochidés</i>								
<i>Gibbula pennanti</i>				16	4			16
<i>Gibbula umbilicalis</i>								8
CRUSTACES								
Amphipodes						24	40	
isopodes				16	4			
<i>Sphaeromatidés</i>								
<i>Campecopea hirsuta</i>		76	160	60	74	124	24	
ARTHROPODES								
Insectes								
<i>larves de Diptères</i>		156	181	1224	390	88	16	
Arachnidés								
Acarina		356	960		329			
Total individus 2014	40	1152	1777	3159	1527	1240	392	217
Total individus 2013	1424	2042	3136	6432	3250	1948	693	849
Total individus 2012	80	1235	1622	2996	1483	2072	608	540
Total individus 2011	486	2936	2144	9208	3694	1776	624	1508

Tableau 4.2.4 : Faune associée aux cirripèdes, nombre d'individus par m², septembre 2014

Les prélèvements réalisés dans la partie inférieure de la population de cirripèdes, plus dense, sont plus diversifiés et abondants que ceux des niveaux supérieurs soumis à une dessiccation plus importante. Ainsi au Rozel, 40 individus par m² ont été comptabilisés en niveau supérieur (Rozel 1), 3159 individus en niveau inférieur (Rozel 4).

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

Les abondances de *Lasaea adansoni* sont très irrégulières avec des pics importants en 1987, 1997 et 2004.

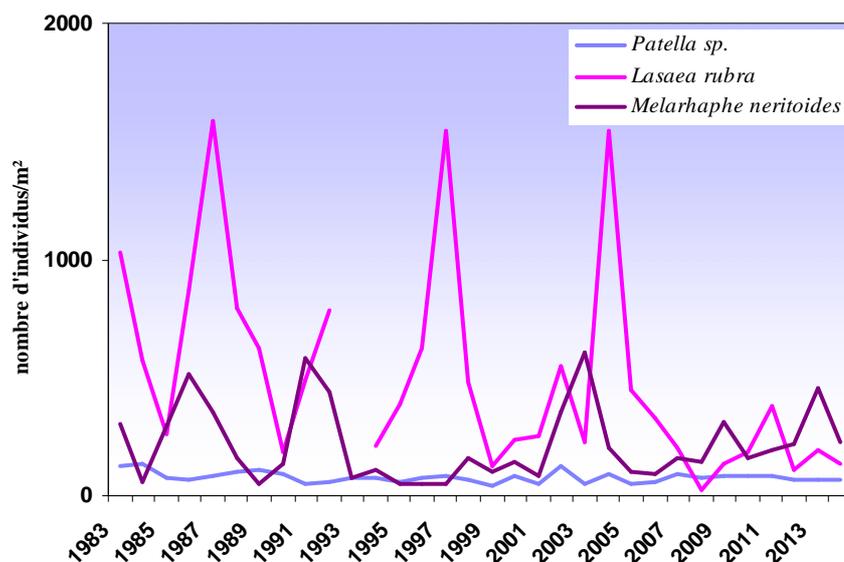


Figure 4.2.9: Evolution des densités des principaux mollusques présents dans les populations de cirripèdes (moyennes des 4 stations suivies) de 1983 à 2014

Les densités de *Littorina saxatilis* chutent régulièrement depuis 1985, atteignant des minima en 2008. C'est au sémaphore que cette espèce est très abondante et que la baisse de ses densités depuis 1985 est le plus remarquable (figures 4.2.10).

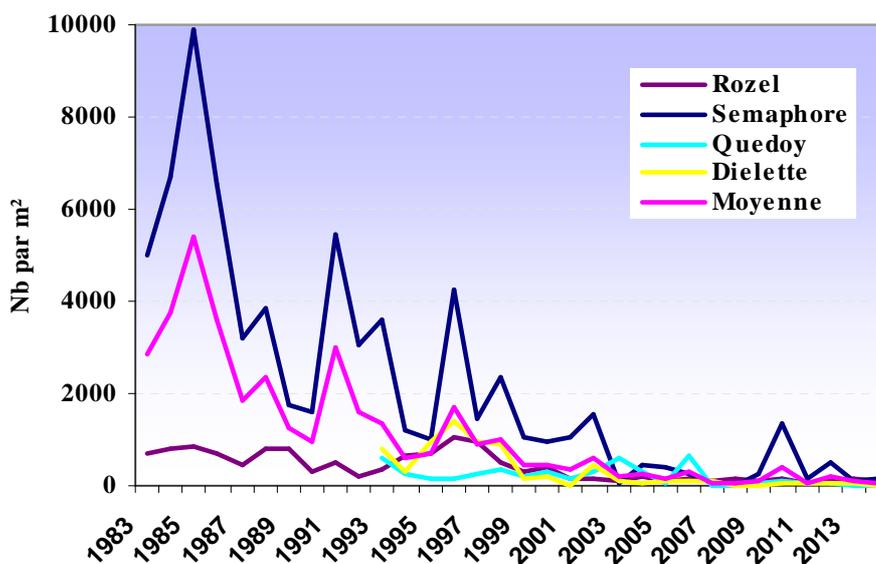


Figure 4.2.10 : Evolution des densités de *Littorina saxatilis* associées aux cirripèdes de 1983 à 2014

4.2.4. Conclusion - Population de cirripèdes

Les recrutements des cirripèdes observés en 2014 à Diélette, à Quédoy, au Sémaphore et au Rozel sont faibles. Comme en 2013, c'est au Rozel que la valeur du recrutement de ces petits crustacés est la plus basse, au Sémaphore la plus élevée.

Leur densité reste stable et très inférieure à la valeur moyenne calculée sur la période 1983 à 2014. Cette stabilité depuis 2007 fait suite à une diminution importante et constante depuis 1988. C'est au Sémaphore que les densités restent les plus fortes et à Diélette les plus faibles.

Les valeurs 2014 sont en baisse à Diélette et à Quédoy ; par contre elles augmentent au Sémaphore et au Rozel.

Semibalanus balanoides reste l'espèce majoritaire. Les valeurs moyennes observées en 2014 sont relativement stables par rapport aux années précédentes. La présence du genre *Chthamalus*, représenté par *Chthamalus montagui* et *Chthamalus stellatus*, est beaucoup moins fréquent sur ces estrans du nord Cotentin et relativement stable depuis 1983. La présence de *Elminius modestus* dans le peuplement reste faible et constante.

C'est dans la population de cirripèdes du Rozel que les espèces accompagnatrices sont les plus variées et les plus abondantes en cette fin d'été 2014. Les densités observées sont nettement inférieures à celles de 2013 à toutes les stations échantillonnées. Nous constatons dans quelques prélèvements l'absence de certaines espèces comme le petit bivalve *Lasaea adansoni* à Quédoy et Diélette.

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 2014 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
Manuella*

*Bourriau
Goascoz
Quinquis
Rabiller*

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

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 3 juin au 16 septembre à bord du chalutier artisanal le *SALTIMBANQUE* avec des intervalles de temps compris entre 13 et 34 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 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 (généralement renverse de flot qui a lieu environ trois heures après la pleine mer du port de Saint-Malo ; annexe page 197).

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.

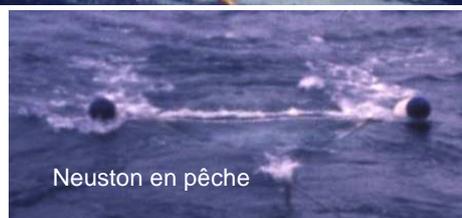
5.1.1.3..1 Description des échantillonneurs

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 cm.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 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 51 m³ et 300 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 197) 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 198.

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 2014 sont plutôt faibles et ne comprennent que les deux premiers stades (densité maximale totale de 0,02 par 10 m³) et qu'aucune mégalope n'a été observée.

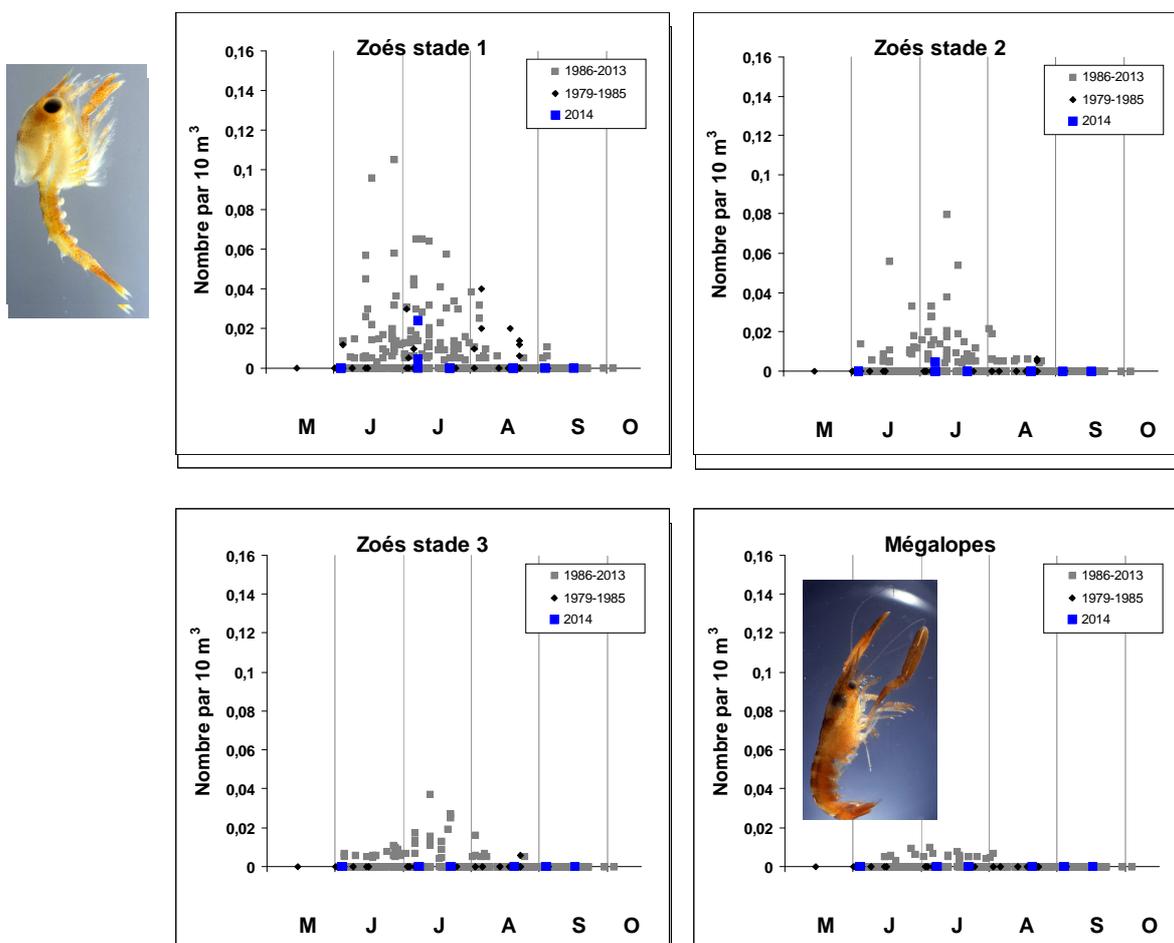


Figure 5.1.1. Densité des quatre stades larvaires du homard relevés en subsurface depuis le début des études.

Les deux zoés au stade 1 observées dans des prélèvements au Bongo donnent des densités du même ordre de grandeur.

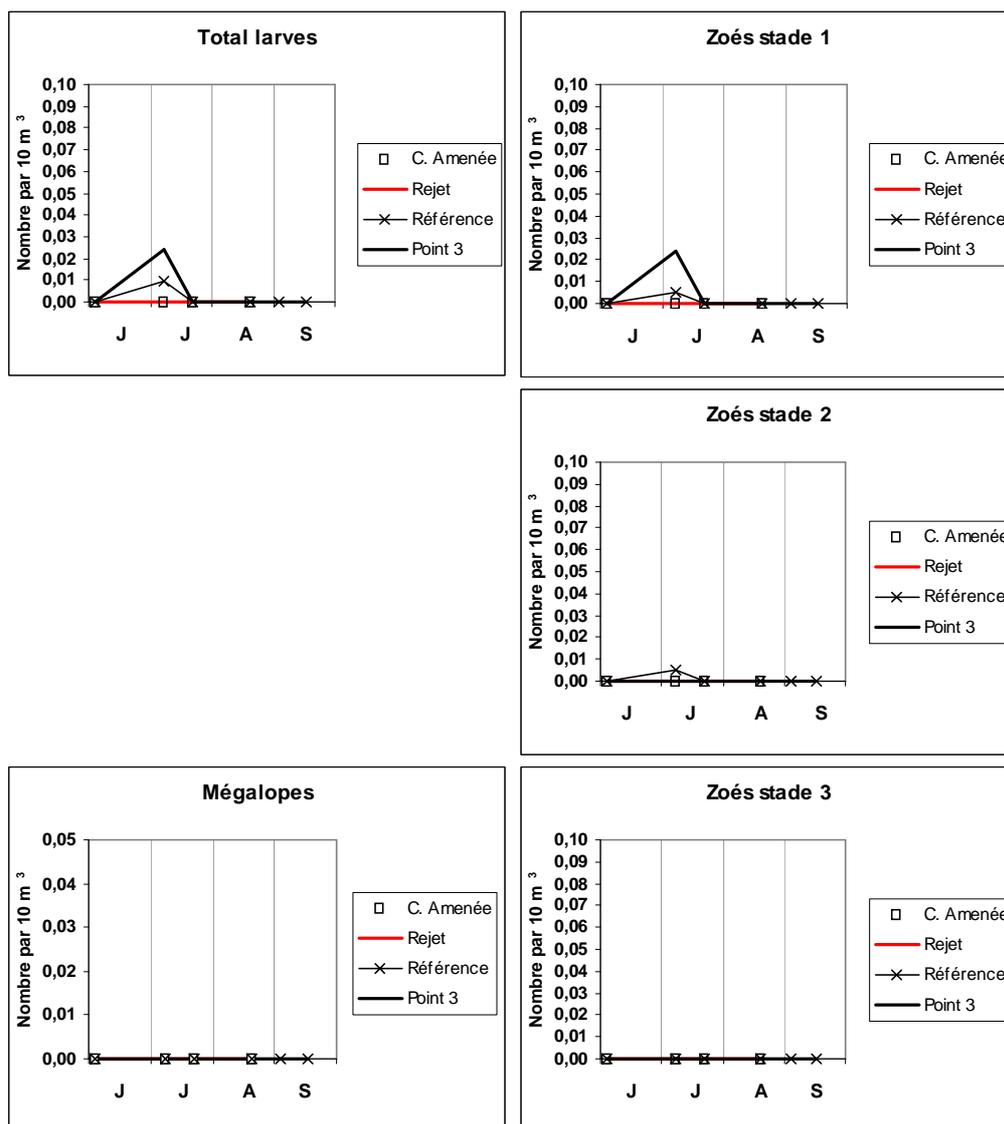


Figure 5.1.2. Densité des quatre stades larvaires du homard *Homarus gammarus* relevés en subsurface en 2014

En regroupant les récoltes obtenues avec le Bongo et le Neuston on constate que des zoés de homard au premier stade ont été observées cette année au cours des deux premières missions. S'il est vraisemblable que la période d'éclosion se soit terminée début juillet il est plus difficile d'en estimer le début qui peut s'être produit avant la première mission, soit en mai. Une zoés au stade 2 a été observée le 7 juillet mais aucune zoé stade 3 et aucune mégalope n'ont été trouvés dans les prélèvements.

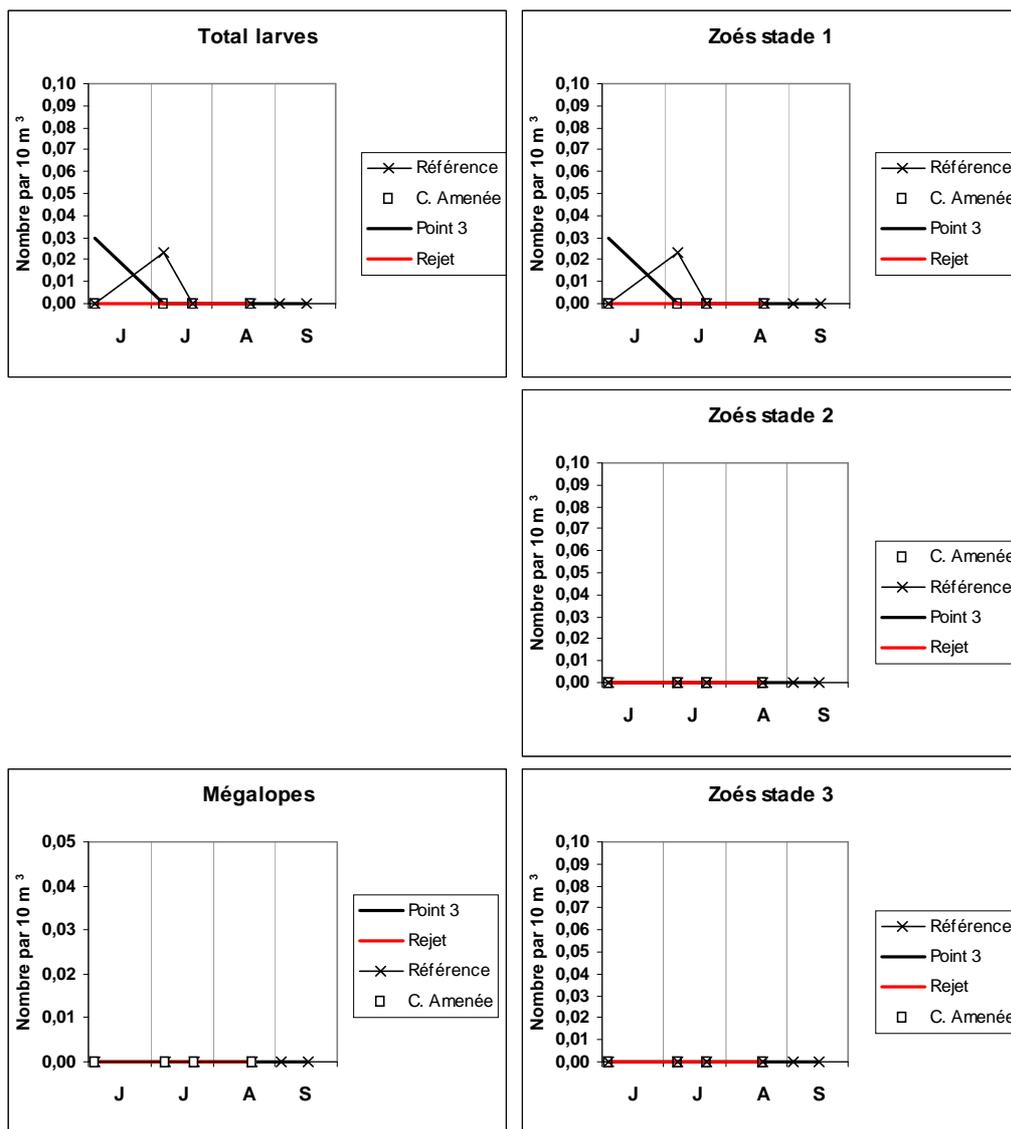


Figure 5.1.3. Densité des larves du homard *Homarus gammarus* relevées sur toute la colonne d'eau en 2014

La figure 5.1.4 qui illustre la répartition des larves aux différents points de prélèvement, montre que celles-ci se partagent essentiellement entre le point référence et le point 3 avec souvent des densités supérieures au point référence. Cette année nous n'avons pas observé de larves dans les environs du rejet où elles sont plus sporadiques. Leur absence dans les prélèvements du canal d'amenée est habituelle puisque nous n'en avons observé qu'une fois (en 2004) depuis 1988.

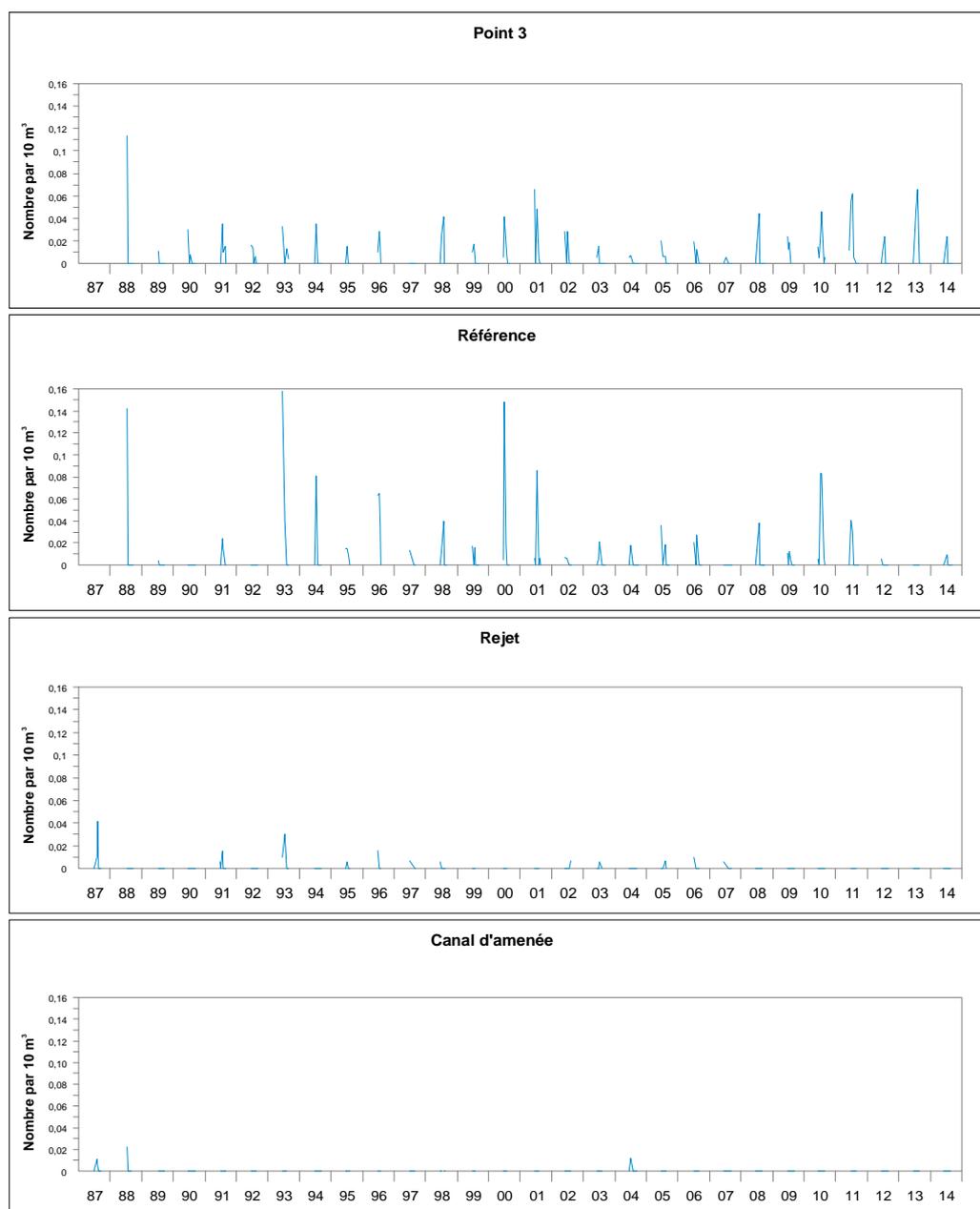


Figure 5.1.4. Densité des larves de homard relevées en subsurface aux différents points depuis le début de la surveillance 2^e phase

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.

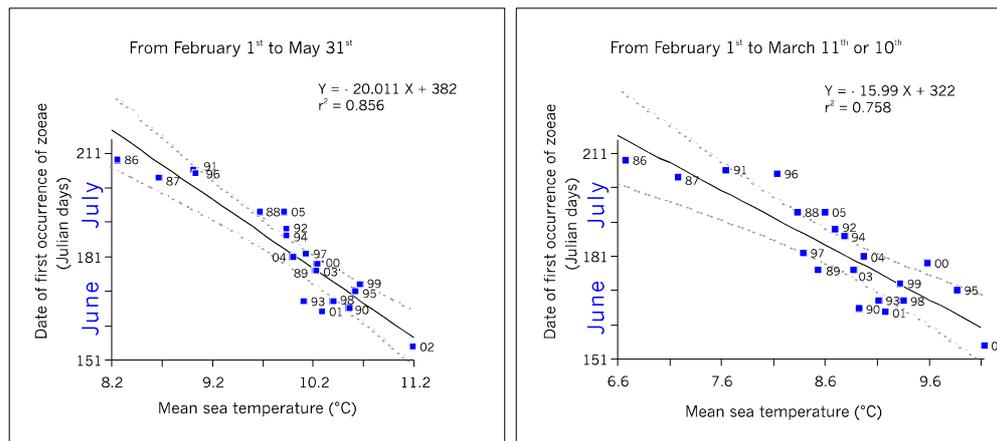


Figure 5.1.5. Modèles prédictifs de la date d'apparition des zoés d'araignée de mer

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 2014, 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 $9,4^{\circ}\text{C}$, température très 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 21 juin. En fait les premières zoés ont été observées dès le 3 juin. Le modèle de gauche établi à partir des températures de février à mai avec une moyenne 2014 ($11,1^{\circ}\text{C}$) très proche de celle de 2002 prévoyait d'ailleurs un début des éclosions le 9 juin qui s'avère plus réaliste. Ceci s'explique par le fait qu'à partir du mois d'avril la température de l'eau frôle les maxima observés depuis 1986. La figure 2.2.1 page 37 montre ainsi que la température de l'eau se situe nettement au-dessus de la moyenne pour les mois de février et mars alors que les mois d'avril, mai et juin présentent des valeurs très proches des plus élevées observées depuis 1986.

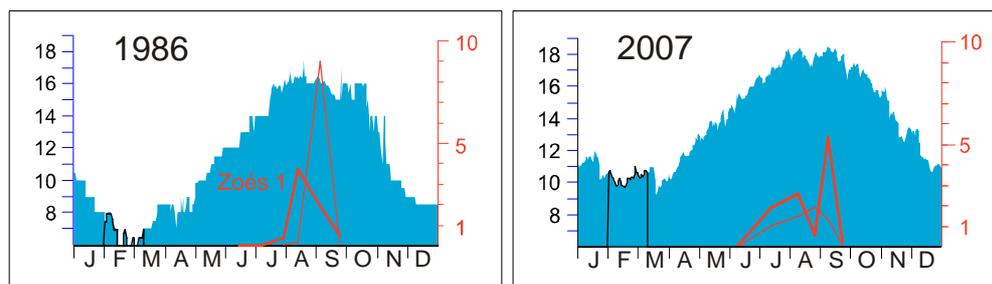


Figure 5.1.6. Évolution saisonnière des zoés d'araignée lors des deux années extrêmes de la période 1986-2007

La figure 5.1.6 illustre pour les deux années extrêmes de la période 1986-2013 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.

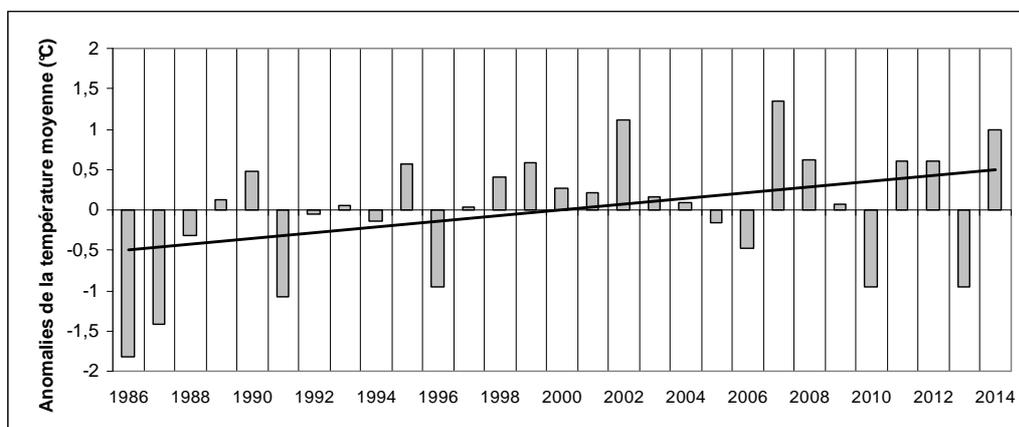


Figure 5.1.7. Anomalies de la température moyenne sur la période février-mai

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 le printemps 2014 avoisine ceux de 2002 et 2007 les plus chauds de la série 1986-2014.

En 2014 les densités les plus élevées sont observées entre le 19 août et le 3 septembre avec une densité maximale de 7,5 par 10 m^3 le 19 août ; figure 5.1.8) qui est au-dessus de la moyenne comparée à l'ensemble des années si l'on exclue les densités exceptionnelles relevées en 2010 (densité de 24,6 par 10 m^3 en référence qui s'explique par une forte abondance de prézoés dans un des deux réplicats) et en 1983 (61 zoés par 10 m^3 au point 3).

Le pic d'abondance des zoés au premier stade a eu lieu le 19 août, la densité maximale de stades 2 également et la densité maximale de mégaloopes mi-septembre.

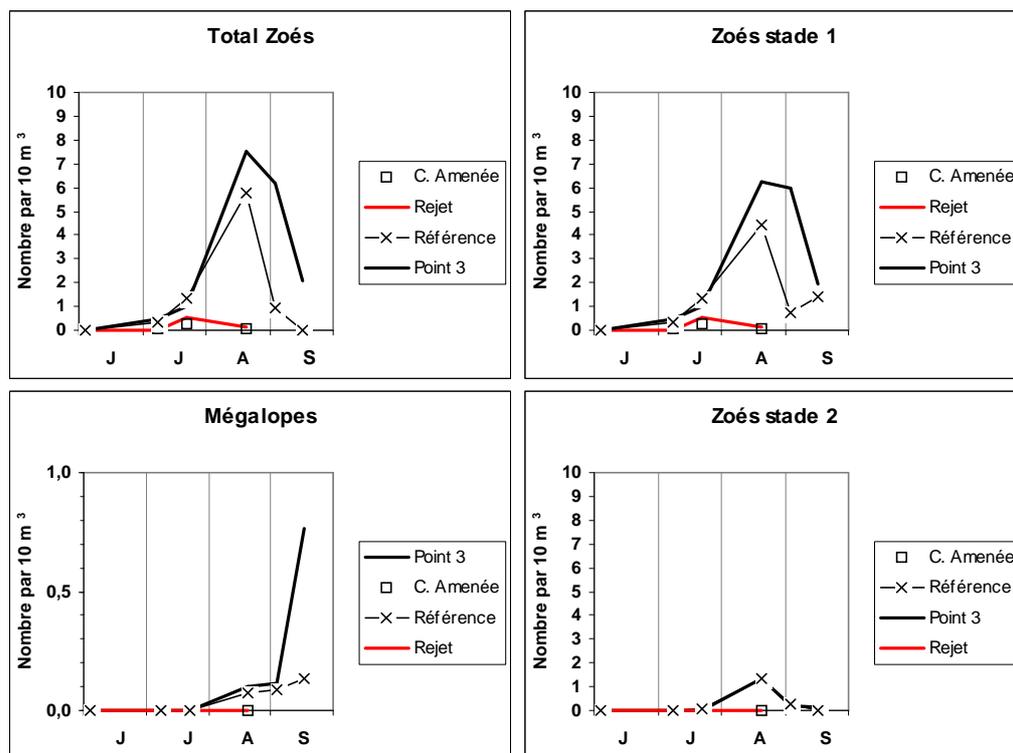


Figure 5.1.8. Densité des différents stades larvaires d'araignée de mer en 2014

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, généralement bien répartie entre le point 3 et le point référence ou parfois supérieure au point référence comme en 2006 et 2008, est cette année bien supérieure au point 3 ;

- La faible quantité de larves aux alentours des bouches de rejet avec toutefois cette année une densité maximale notable de 0,56 zoés par 10 m³ bien qu'elle soit inférieure à la plus forte valeur observée en 1989 (1,7 zoés par 10 m³) mais pas de mégalopes ;

- 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 nous y retrouvons des zoés non observées depuis 2007 ; jusqu'en 1991 leur présence était notée chaque année avec une densité maximale de 0,69 zoés par 10 m³ mais ensuite elles n'avaient été observées que 3 fois (en 1994, 1996 et 2007). La valeur atteinte cette année est de 0,25 zoés par 10 m³.

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).

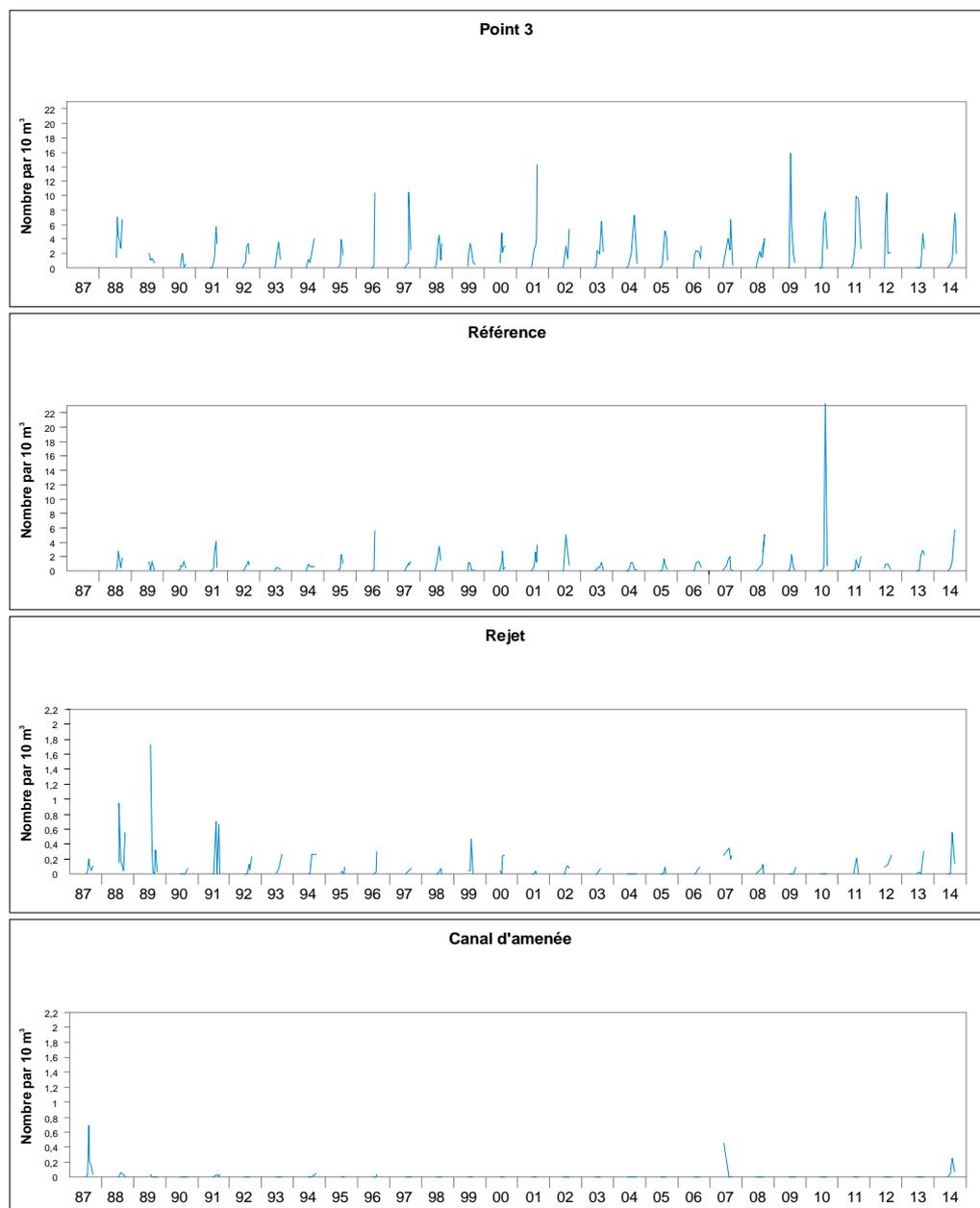


Figure 5.1.9. Densité des zoés d'araignée de mer relevées aux différents points depuis le début de la surveillance 2^e phase

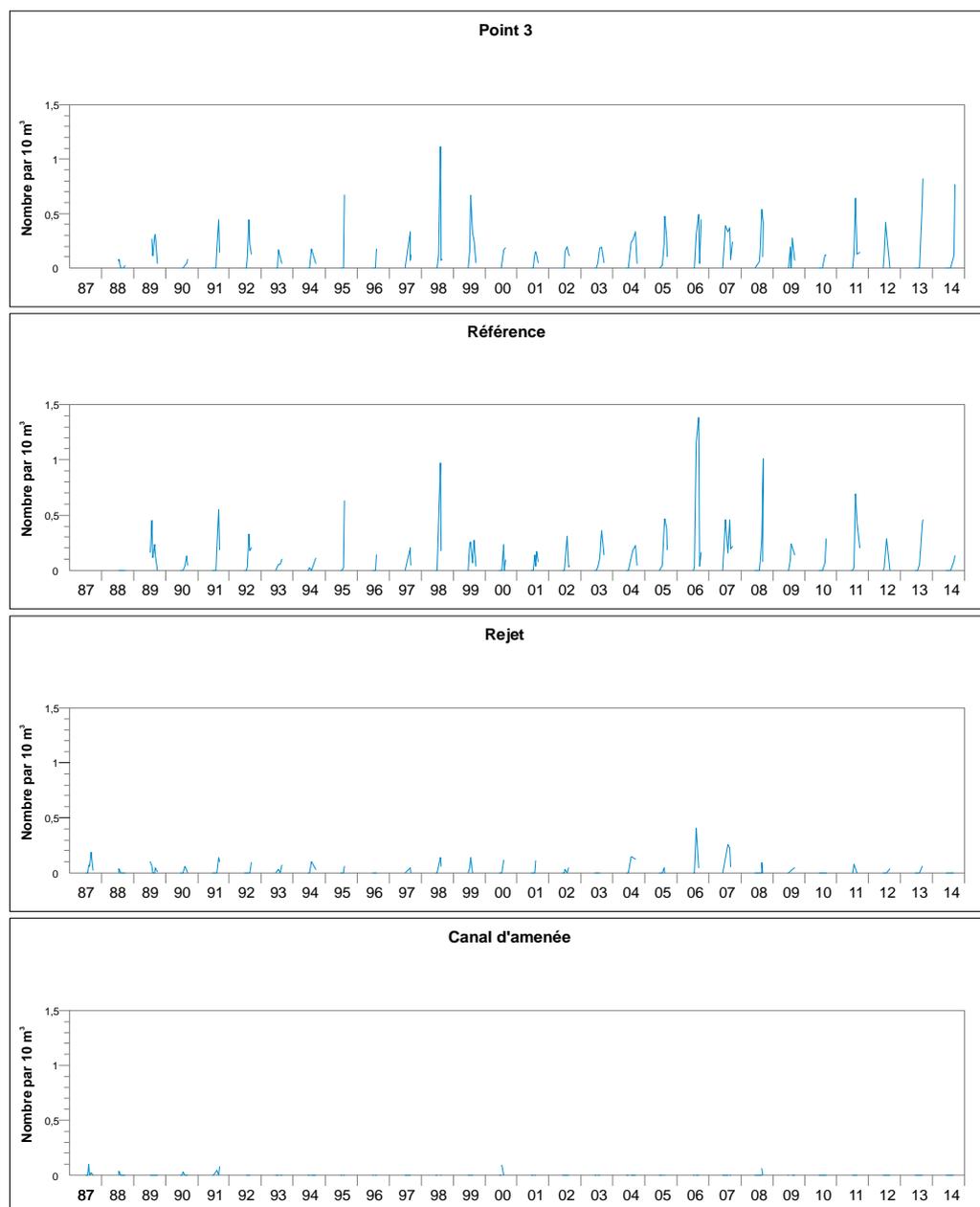


Figure 5.1.10. Densité des mégalopes d'araignée de mer relevées aux différents points depuis le début de la surveillance 2^e phase

5.1.3. Conclusion

Comme l'illustrent la figure 2.2.2 de la page 38 les températures du premier semestre 2014 sont bien au-dessus de la moyenne. C'est ainsi que le début des éclosions de larves d'araignée a commencé très tôt dès le début du mois de juin.

La densité de zoés atteint la valeur maximale (7,5 par 10m³) vers la mi août, valeur au dessus de la moyenne sur l'ensemble des années en excluant cependant les années 2010 et surtout 1983 qui sont exceptionnelles. La densité maximale de mégalopes observée mi septembre (0,76 par 10 m³) approche cette année encore les valeurs les plus élevées. 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 ; des zoés d'araignée ont été observées cette année encore dans les environs du rejet après leur absence en 2010 mais pas de mégalopes et nous n'en avons pas trouvé dans le canal d'amenée où elles sont très rares.

Des larves de homard ont été observées de début juin à début juillet mais il est difficile de situer le pic d'abondance. La densité maximale observée en 2014 est faible (0,02 par 10 m³).

Les résultats de l'année 2014 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 sont le reflet des variations climatiques.

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 2013 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, présentées avec un décalage d'une année par rapport à la réalisation des campagnes.

5.2.1.1. Flottille

En 2013, la flottille est répartie de la façon suivante :

- 2 bateaux à Goury,
- 8 à Dielette,
- 21 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 35 navires armés à la pêche en 2013 seuls 18 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 23 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 2013	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	10	18	21	23	21	23	20	20	19	19	19	19
Casier à bulot	4	12	13	12	11	13						
Casier à seiche				1	11	13	4					
Filet à sole	1							2	1	2		1
Filet à raie	3	2	3	2	3	3	2		4	3	2	2
Palangre	1								1	1	1	1
Chalut de fond					1	1			1			
Chalut à perche	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1
Ligne à bar ou à lieu	1											
Drague à coquille	3	4	4	4	3					3	3	3

I : 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	17	8	5	4	7	5	8	8	8	7	7	7
Bateaux actifs	18	27	30	31	28	30	27	27	27	27	27	27
Total	34	34	34	35								

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 2013, les déclarations faites par les professionnels fréquentant le secteur de Flamanville (source BCS) font apparaître une production de 242 tonnes de crustacés. Le plus gros des

apports est composé d'araignée et de tourteaux dont les poids débarqués sont respectivement de 88 et 104 tonnes. Le homard arrive en troisième position avec 82 tonnes.

La production de buccin est de 1730 tonnes. Cette quantité représente une augmentation des déclarations de captures d'environ 100 tonnes par rapport à l'année passée.

D'autres espèces, parmi lesquelles on trouve : la coquille Saint Jacques (305 T) et les praires (3 T) représentent la quasi-totalité des captures de bivalves pour une production totale d'environ 310 tonnes déclarés en 2013.

Les céphalopodes (19 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-annuelles sont très importantes et dépendent beaucoup de la période d'arrivée de cette espèce sur les côtes en relation avec les conditions climatiques et principalement la température printanière.

Les poissons sont essentiellement représentés par les différentes espèces de raies (24 T), mais aussi par d'autres espèces de sélaciens (petite et grande roussette, émissole) (27 T) ou bien encore la sole (16,5 T) pour les poissons plats.

Cette liste n'est évidemment pas exhaustive et on peut estimer qu'en 2013 la production déclarée de la flottille du nord ouest Cotentin est d'environ 2400 tonnes. L'augmentation provient principalement des captures de Coquilles St Jacques et de buccin. Cette estimation est basée sur les déclarations 2013 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° 85/2013 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.

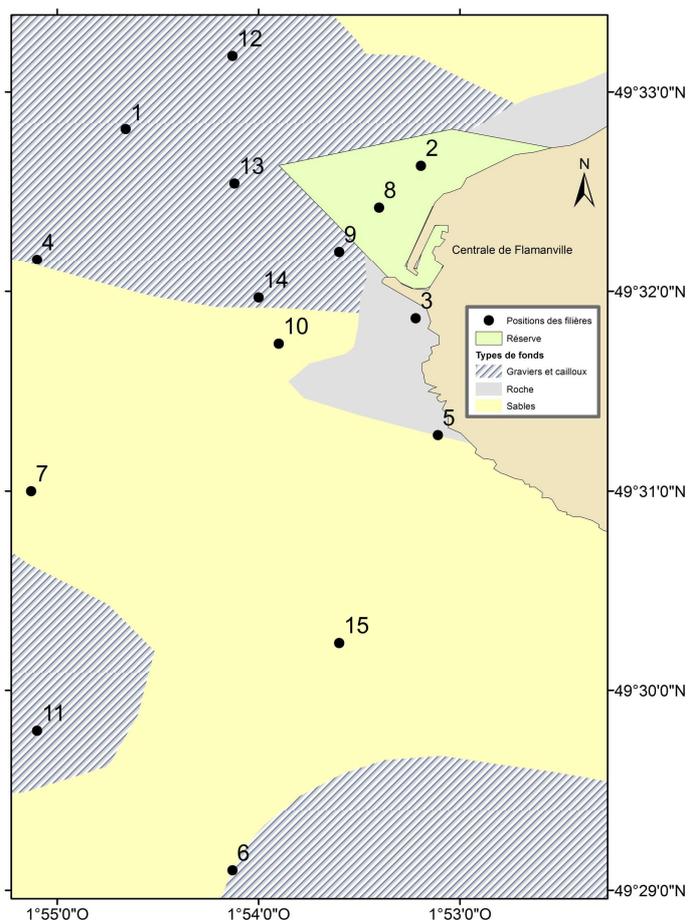


Figure 5.2.1 : Faciès sédimentaire du site étudié (d'après Larssonneur) et localisation des points échantillonnés

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

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	17	15	430
	18	15	430
	19	15	430
	20	15	430
Septembre	16	15	430
	17	15	430
	18	15	430
	19	15	430

Tableau 5.2.2 : Dates des campagnes 2014 et nombre de filières relevées

Observations réalisées

Les observations réalisées en 2014 reposent sur 3 440 casiers relevés. Le nombre d'individus capturés par casier est noté pour les espèces suivantes : homard, tourteau, araignée, étrille, buccin et paguridés. Les données biologiques prises en compte pour les crustacés (exceptés les paguridés) sont la taille, le sexe, la présence éventuelle d'œufs, la dureté de la carapace (pour l'étrille) et la maturité (pour l'araignée).

Traitement des données

Les données sont saisies en temps réel sur 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 indicateurs concernant les poids et longueurs moyens sont représentés avec une hypothèse de distribution normale et un intervalle de confiance à 95 %. 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 2014 concernent les paramètres biologiques définis au cours des années 1980 à 1985, années de référence avant la mise en service de la Centrale EDF. Ils sont comparés aux résultats des missions de juin et septembre des années 1985 à 2013, soit 29 années de campagnes.

Le poids individuel est calculé à partir de la relation taille - poids élaborée en 1983 par les biologistes du Comité Régional des Pêches et Cultures marines de Bretagne (CORPECUM), du Comité Local des Pêches de Blainville, des Stations ISTPM de Roscoff et de Ouistreham et utilisée depuis pour l'ensemble de la Manche Ouest :

$$W = aLc^b$$

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

*Homard

➤ Rendements

Les rendements (nombre d'individus pêchés pour 80 casiers relevés) observés en juin et septembre sont 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 79 individus pour 80 casiers sur l'ensemble de la zone étudiée. Cette valeur est en très légère augmentation par rapport à 2013.

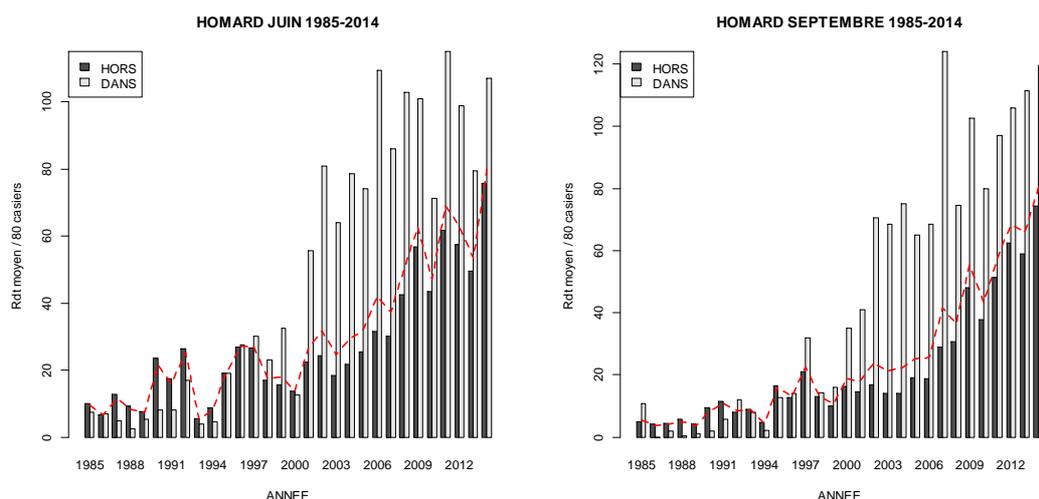


Figure 5.2.2 : Evolution de l'abondance du homard "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (- - globale)

Les points de prélèvement placés dans la réserve ont habituellement une productivité très nettement supérieure aux autres filières (annexe 1.2.1) et participent généralement pour plus du tiers à l'indice global (Fig. 5.2.2).

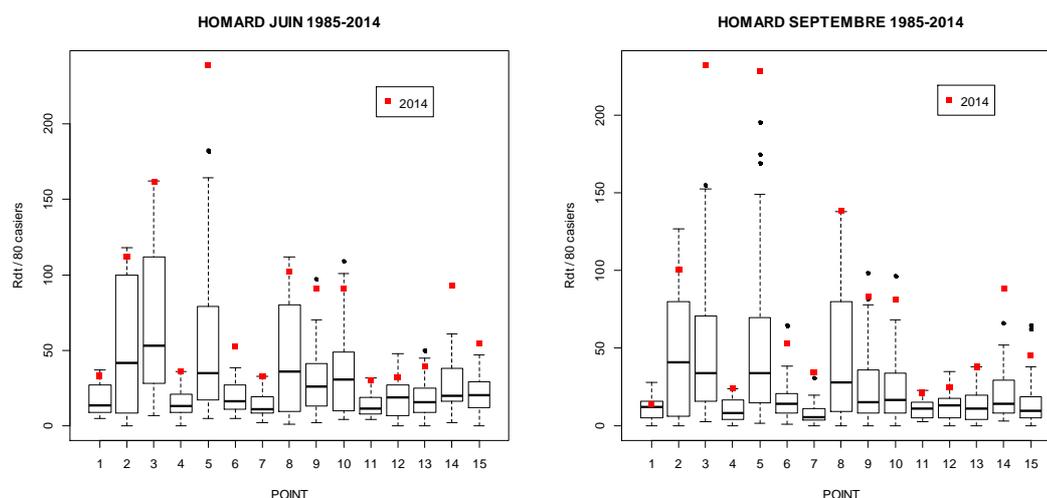


Figure 5.2.3 : Evolution de l'abondance des homards par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (●) 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 232 et 228 individus pour 80 casiers en septembre. Ces filières pourtant en dehors de la réserve, donnent 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 119 ind./80casiers. Ainsi la figure 5.2.3 présente une vue globale des rendements dont les plus forts ne sont plus, à nouveau cette année, à l'intérieur de la réserve mais surtout au sud de celle-ci (points 9 et 10) et principalement dans la partie rocheuse (points 3 et 5). En 2014 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, 11, 12 et 4 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 2014 est de 82 mm (Fig.5.2.4).

La proportion d'individus de taille commerciale en dehors de la réserve est de 22%, alors que la même proportion est de 65% 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 92% 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 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).

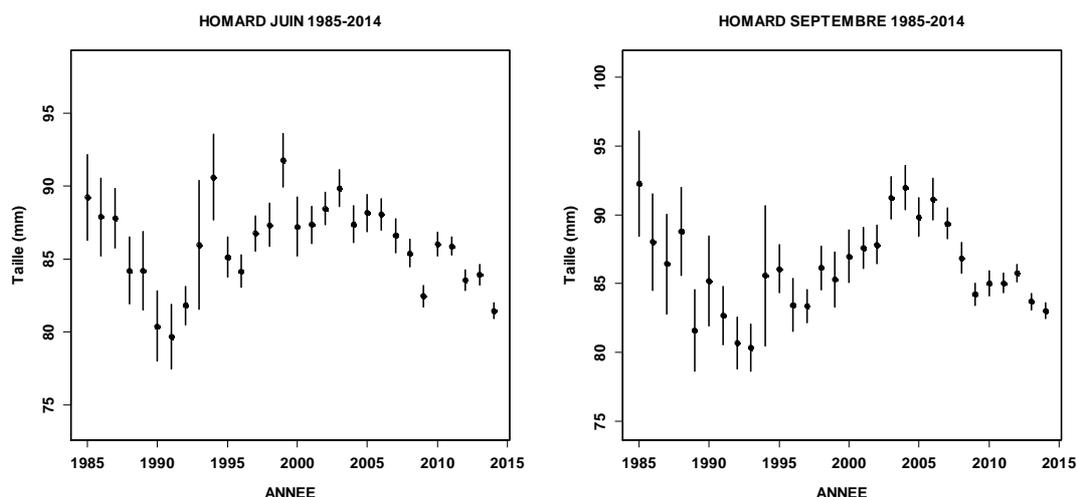


Figure 5.2.4 : Evolution de la taille moyenne des homards depuis 1985

➤ 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 375 g (annexe 1.2.1). 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.

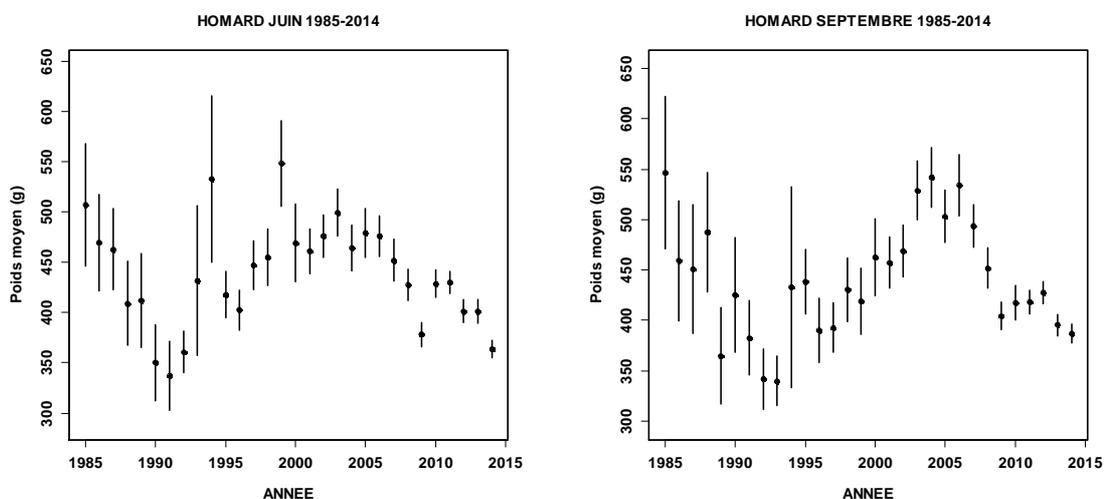


Figure 5.2.5: Evolution du poids moyen des homards capturés depuis 1985

Une prospection a été réalisée lors de la grande marée de mars 2013 dans le sud de Carteret où l'habitat est plus favorable à leur développement. Cette sortie sur la zone intertidale devant Denneville, a permis de capturer 5 individus dont le céphalothorax du plus petit mesurait 22 mm.

➤ Proportion des sexes

La moyenne annuelle du pourcentage de mâles sur le nombre total de captures est restée stable d'une année à l'autre. Elle est toujours voisine de celle observée lors des années de référence : 50 % des individus sont de sexe mâle en 2014.

5.2.2.2.1 Le tourteau (*Cancer pagurus*)

➤ Evolution temporelle des rendements

L'année 2014 montre des rendements assez différents entre juin et septembre (Fig. 5.2.6 courbe rouge) avec des indices respectifs de 57 et 36 ind./80 casiers. La contribution des points placés dans la réserve est particulièrement faible cette année, les rendements y sont inférieurs à 6 ind./80 casiers. Les filières situées au sud du cantonnement enregistrent les rendements les plus forts (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 sont ainsi les plus productives avec des rendements respectifs de 112, 79, 126 et 89 individus pour 80 casiers lors de la campagne de juin. Toutefois leur contribution généralement importante, a été divisée par deux lors de la campagne de septembre. Les rendements les plus faibles sont observés dans les filières situées aux points 2 et 8 dans la réserve mais aussi 3 et 5 le long de la falaise.

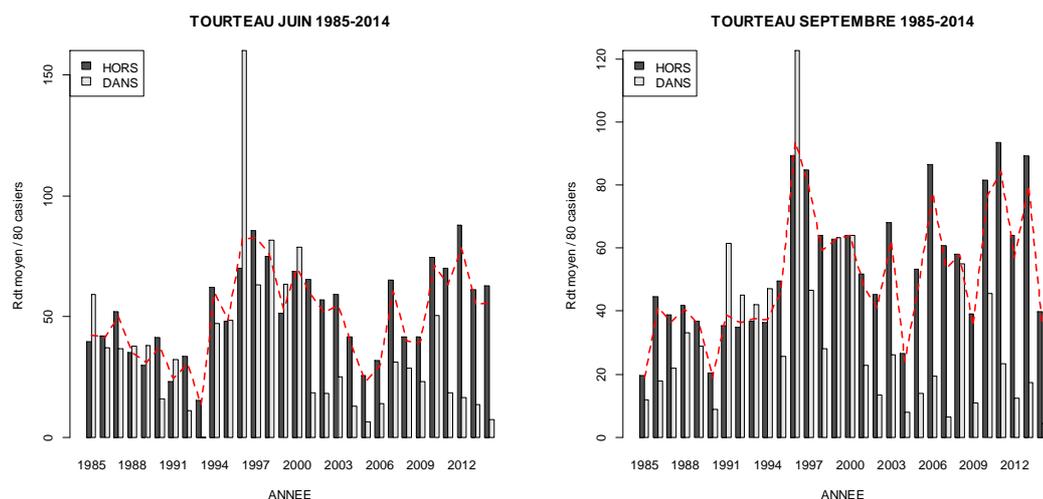


Figure 5.2.6 : Evolution de l'abondance du tourteau "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (- - globale)

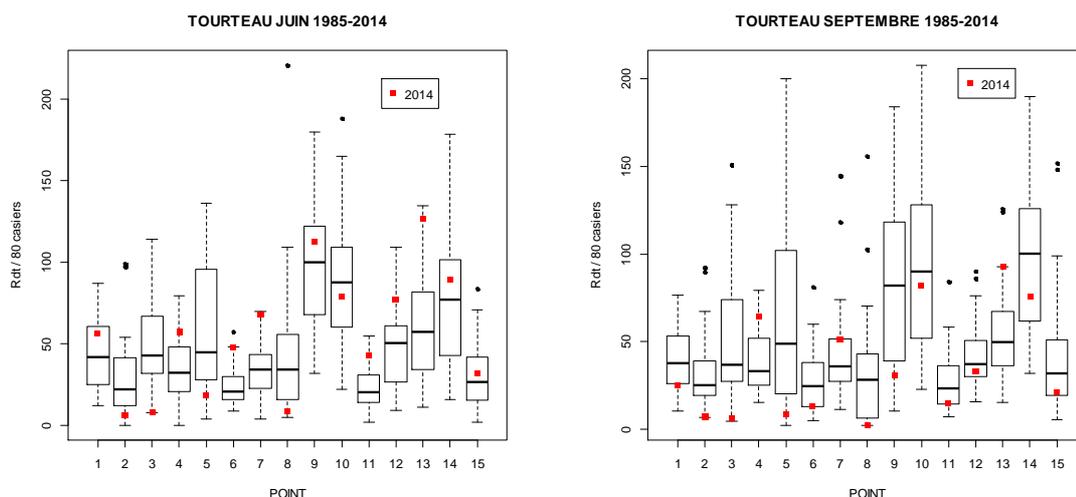


Figure 5.2.7 : Evolution de l'abondance des tourteaux par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌┐). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge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

➤ Répartition des tailles

La taille moyenne des individus capturés (largeur) lors des campagnes 2014, est en légère diminution lors de la campagne de juin par rapport à 2013, elle n'a toutefois pas significativement évolué depuis 1985 (Fig. 5.2.8). Elle se situe autour de 124 mm en juin et 130 mm en septembre.

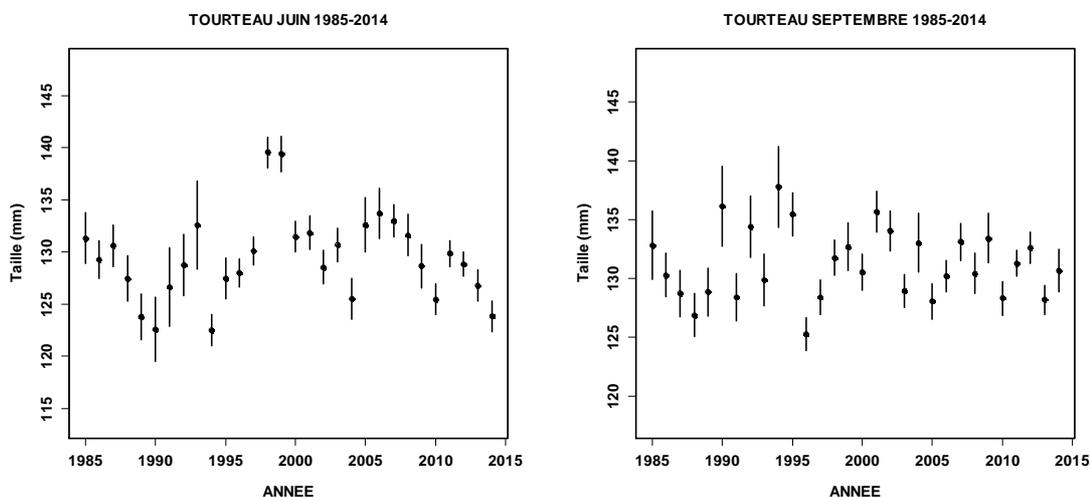


Figure 5.2.8 : Evolution de la taille moyenne du tourteau depuis 1985

Seuls 30% des individus capturés sont de taille marchande en 2014 (annexe 1.2.2). Les plus petits individus sont observés à la côte dans les filières 2, 3 ou 5, alors que les plus gros sont 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 $b=2,848$

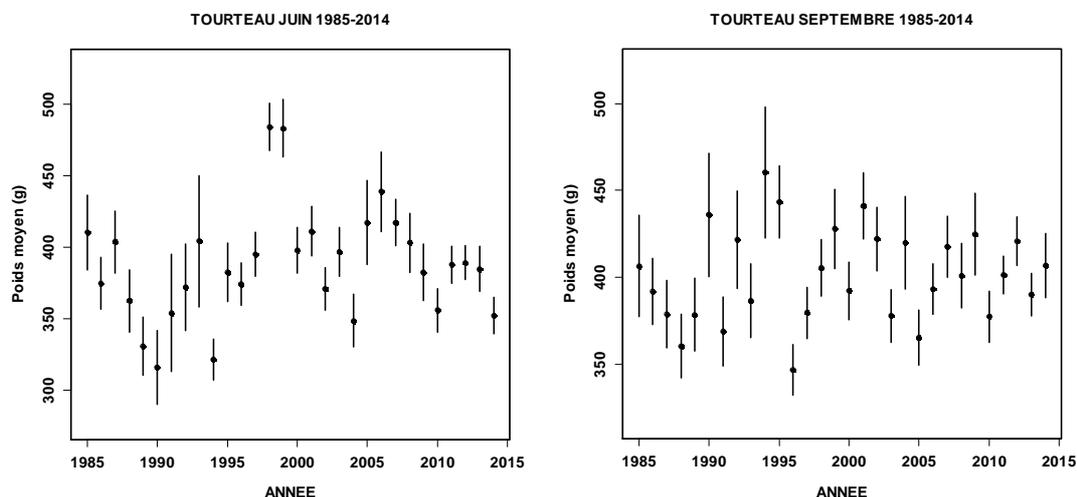


Figure 5.2.9 : Evolution du poids moyen des tourteaux capturés depuis 1985

Il est de 365 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 59% de mâles (annexe 1.2.2). 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 22 individus pour 80 casiers. Ils sont inférieurs à 2013 aussi bien en juin qu'en septembre (Fig. 5.2.10).

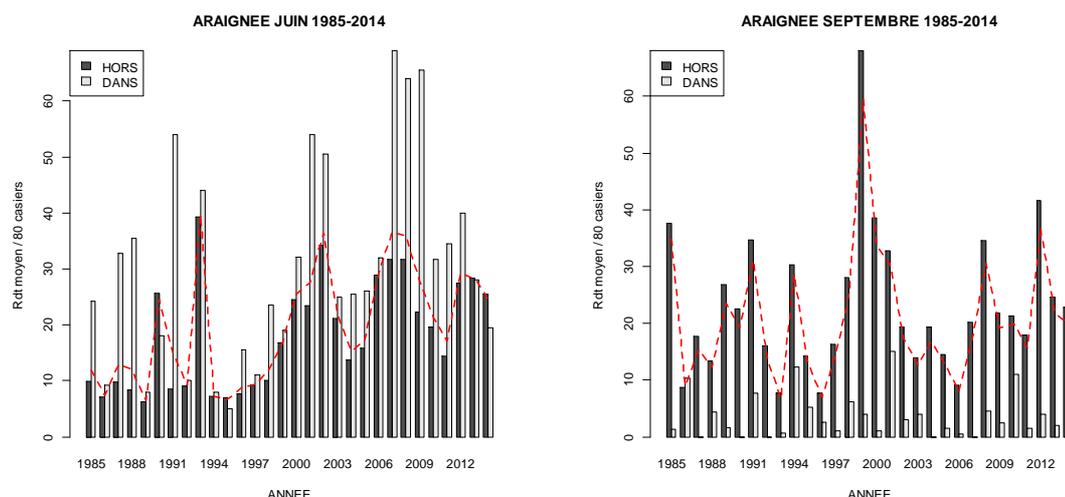


Figure 5.2.10 : Evolution de l'abondance de l'araignée "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (--- globale)

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.

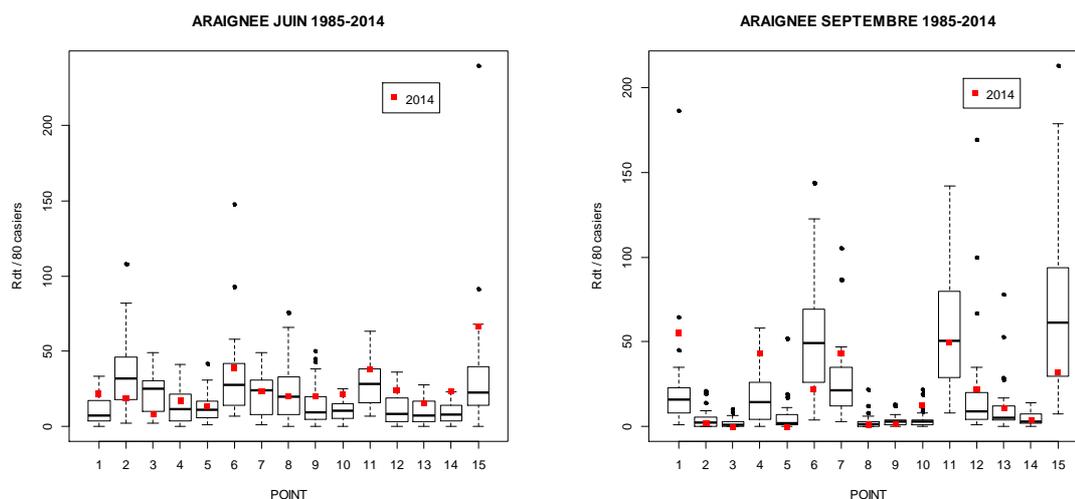


Figure 5.2.11 : Evolution de l'abondance des araignées par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┘). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge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

Les captures les plus importantes sont observées 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 39, 38 et 67 individus pour 80 casiers en 2014.

➤ Répartition des tailles

La longueur céphalothoracique moyenne des araignées capturées en 2014 est de 100 mm (Fig. 5.2.12). La taille moyenne des captures est très proche de ce qui a été observé en 2013. Le pourcentage d'individus de taille commerciale est de 29% (annexe 1.2.3). 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.

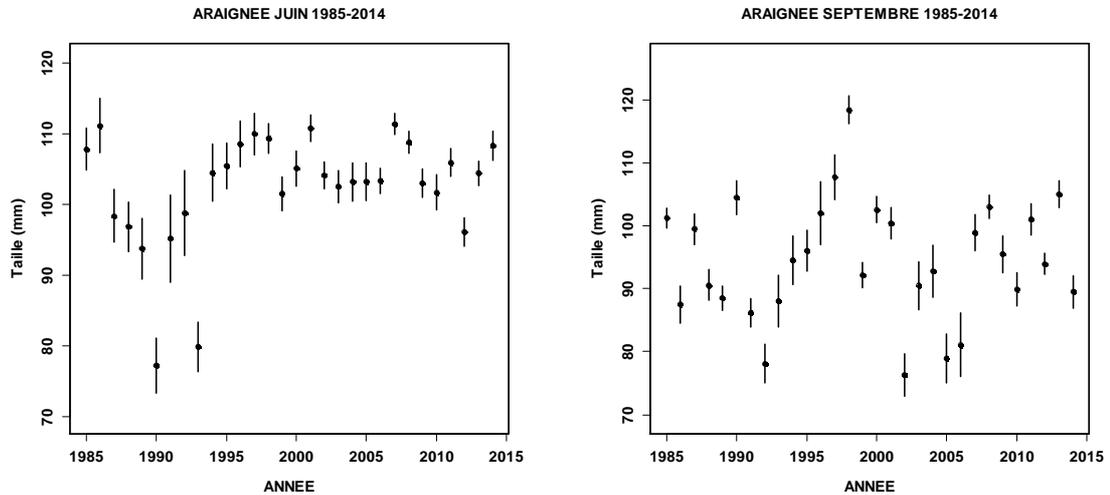


Figure 5.2.12 : Evolution de la taille moyenne des araignées depuis 1985

➤ 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 2014 montre que le poids moyen (489 g) est en augmentation depuis deux ans. 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 capturé pendant la période estivale ou a regagné les eaux plus profondes. Ce qui explique entre autre, la grande variabilité des données à cette période de l'année.

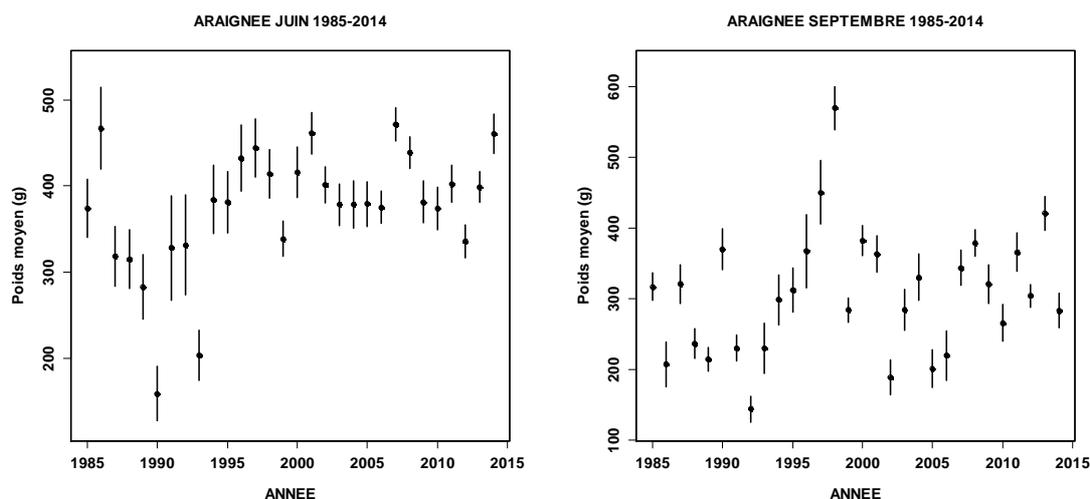


Figure 5.2.13 : Evolution du poids moyen des araignées capturées depuis 1985

➤ Proportion des sexes

La proportion de mâles est de 89% en juin et 55% en septembre (annexe 1.2.3).

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 augmentation par rapport à 2013 alors qu'ils diminuent pour de la campagne de septembre (Fig. 5.2.14).

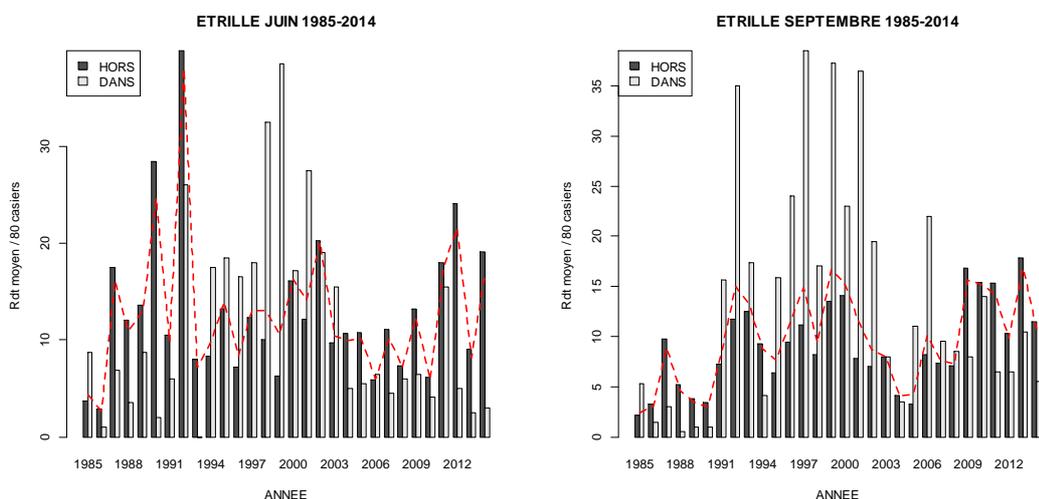


Figure 5.2.14 : Evolution de l'abondance de l'étrille "Dans" et "Hors" réserve depuis 1985 (- - globale)

Ils sont respectivement de 17 et 11 individus pour 80 casiers.

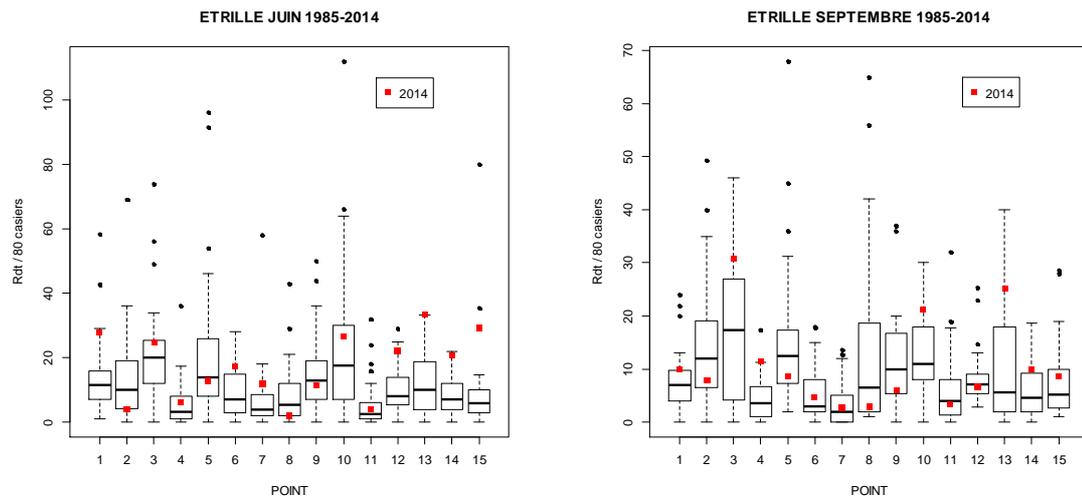


Figure 5.2.15 : Evolution de l'abondance des étrilles par point de prélèvement depuis 1985. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (\square) ; les moustaches, 80 % des valeurs (Υ). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (\bullet). Le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

Quel que soit le point de prélèvement, la campagne du mois de juin montre que la moyenne des captures est souvent en dehors des boîtes voir proche des valeurs supérieures. Le meilleur rendement moyen est observé lors de la campagne de juin au points 13 avec 33 individus pour 80 casiers (Fig. 5.2.15).

➤ Répartition des tailles

Cette année, la taille moyenne est de 51 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 ont observe une diminution significative de la taille moyenne. C'est aussi la seule espèce de la communauté étudiée à présenter une telle configuration.

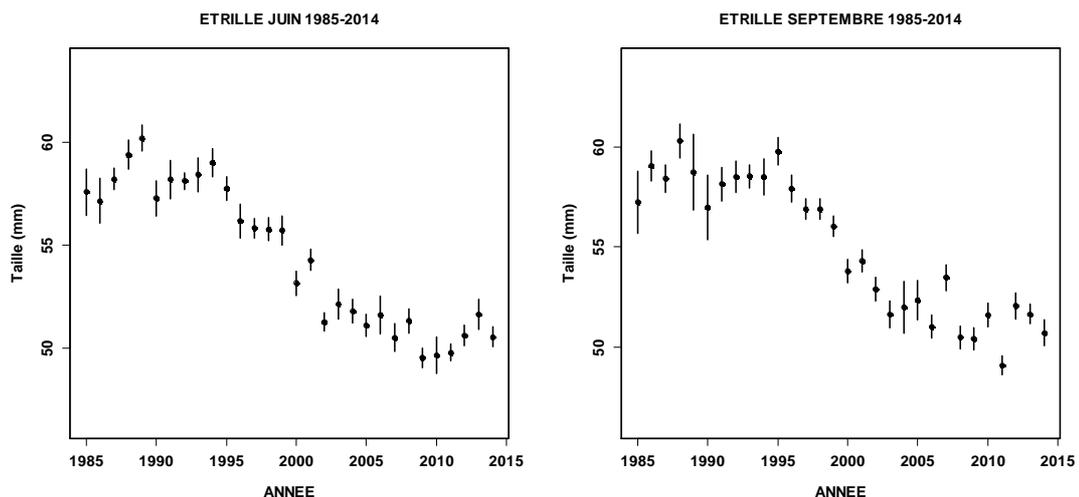


Figure 5.2.16 : Evolution de la taille moyenne des étrilles depuis 1985

La proportion d'individus dont la taille est supérieure à la taille commerciale est de 62%. Les plus grands individus ont été capturés dans la réserve 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 88 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.

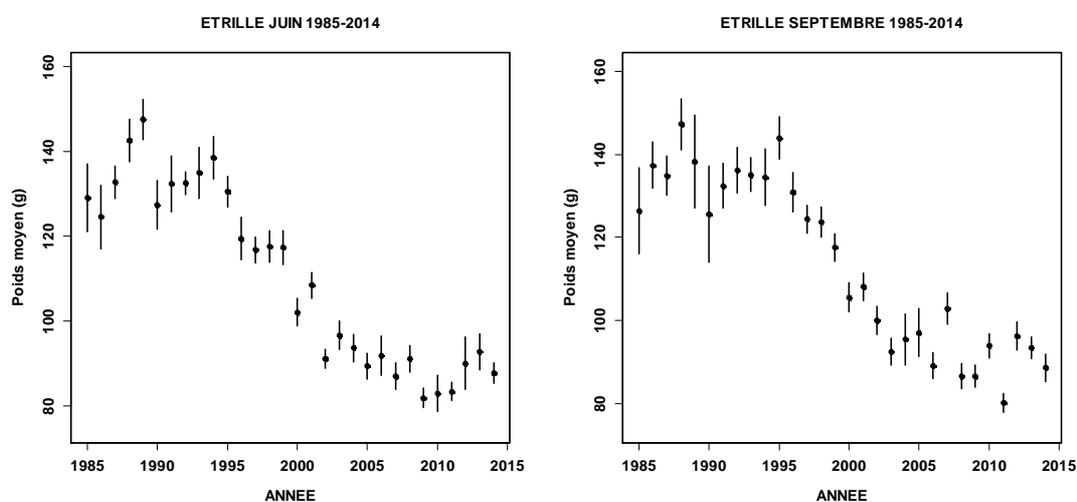


Figure 5.2.17 : Evolution du poids moyen des étrilles capturées depuis 1985

➤ Proportion des sexes

Comme chaque année, le sex-ratio des individus capturés (annexe 1.2.4) est déséquilibré en faveur des mâles (79%).

➤ Proportion d'individus mous

Le pourcentage d'individus mous est de 24 % 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 1.2.5). 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 1,3 individus pour 10 casiers alors que ceux concernant les paguridés sont de 5,1 ind./10 casiers. Les rendements en pagure sont après une année exceptionnelle en forte diminution cette année (Fig. 5.2.18) pour revenir à un indice semblable à ceux observé depuis 1994.

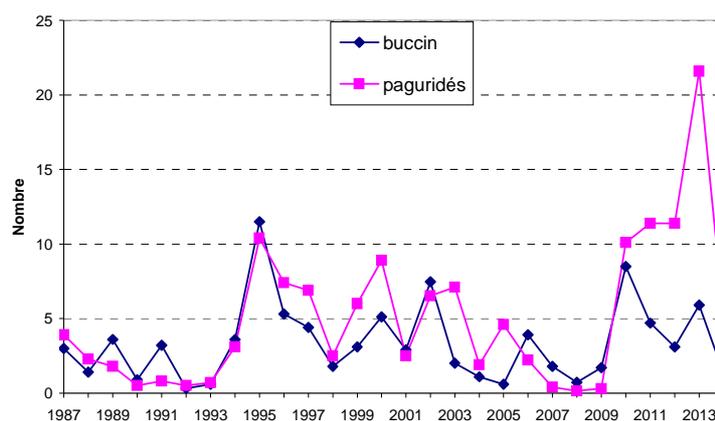


Figure 5.2.18 : Rendements en nombre d'individus pour 10 casiers

5.2.2.3. Zone du Cantonnement

5.2.2.3.1 Le homard

Les filières 2 et 8 ont des rendements respectifs de 112, 162 homards pour 80 casiers lors de la campagne de juin et 101, 138 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 importante ces dernières années et met en évidence un pallier qu'il semble aujourd'hui difficile de franchir.

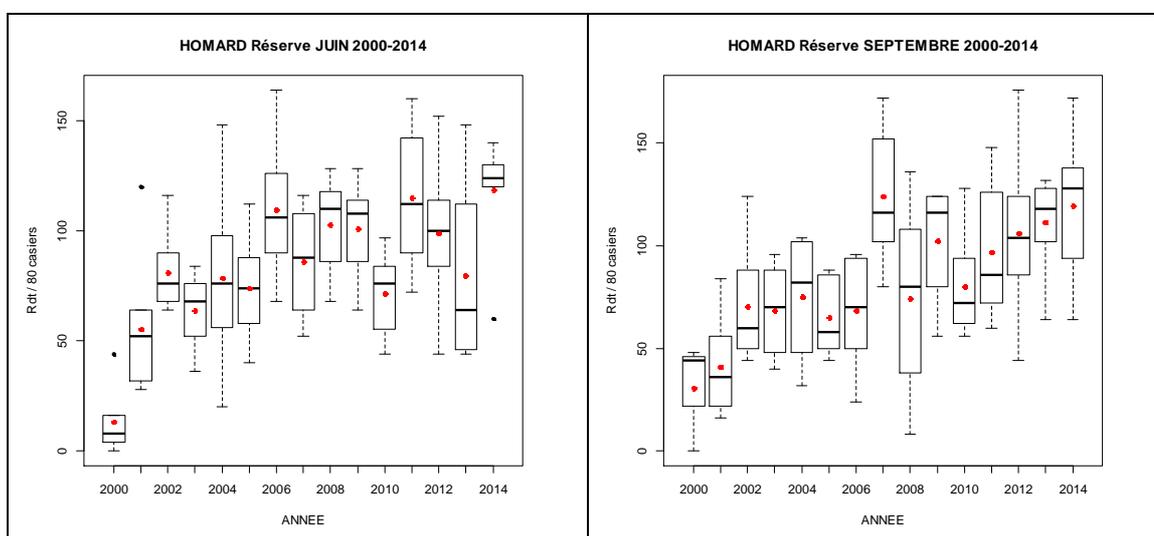


Figure 5.2.19 : Evolution de l'abondance du homard par année de prélèvement depuis 2000. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┌). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge (●)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

Le nombre de femelles oeuvées capturées dans la réserve est de 10 Ind./80 casiers lors de la campagne de 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 84 mm (Fig. 5.2.4) et sont pour la plupart immatures.

La proportion d'individus supérieurs à la taille commerciale est de 69% alors qu'il n'est que de 22% dans la zone exploitée par les professionnels.

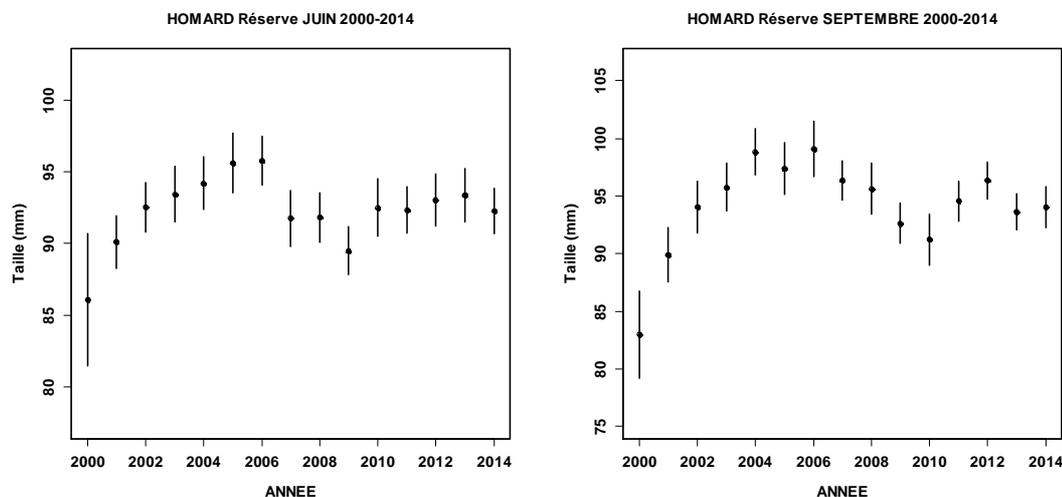


Figure 5.2.20 : Evolution temporelle de la taille moyenne des homards dans le cantonnement depuis 2000

5.2.2.3..2 Le Tourteau

Les rendements diminuent encore cette année (Fig. 5.2.21). Ils sont de 6 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 2001.

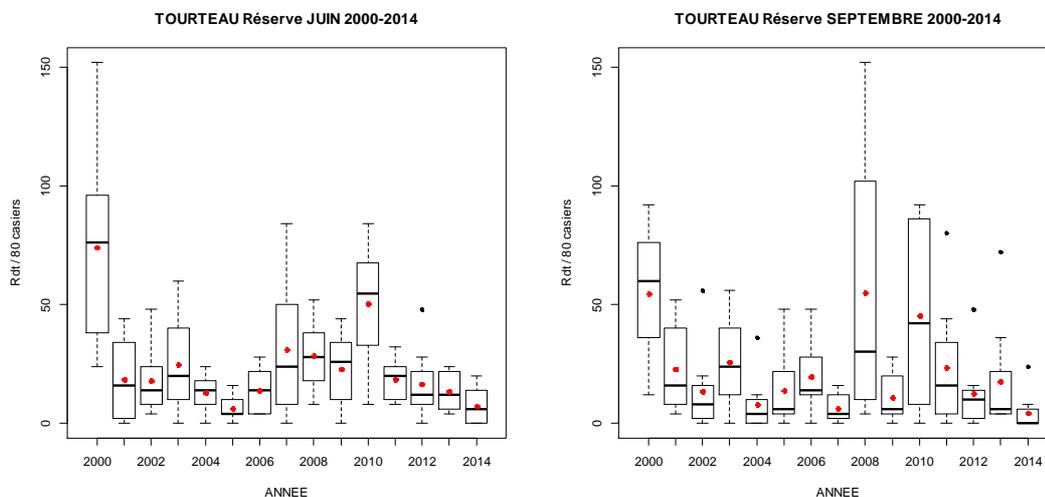


Figure 5.2.21 : Evolution de l'abondance du tourteau par année de prélèvement depuis 2000. Le trait central représente la médiane (-) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (□) ; les moustaches, 80 % des valeurs (┘). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le point rouge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

Le graphe du mois de juin montre une diminution de la taille moyenne depuis 3 ans sans que cela soit significatif (Fig. 5.2.22). Quant au mois de septembre il n'y a eu que 9 individus de capturés dans cette zone interdite à la pêche.

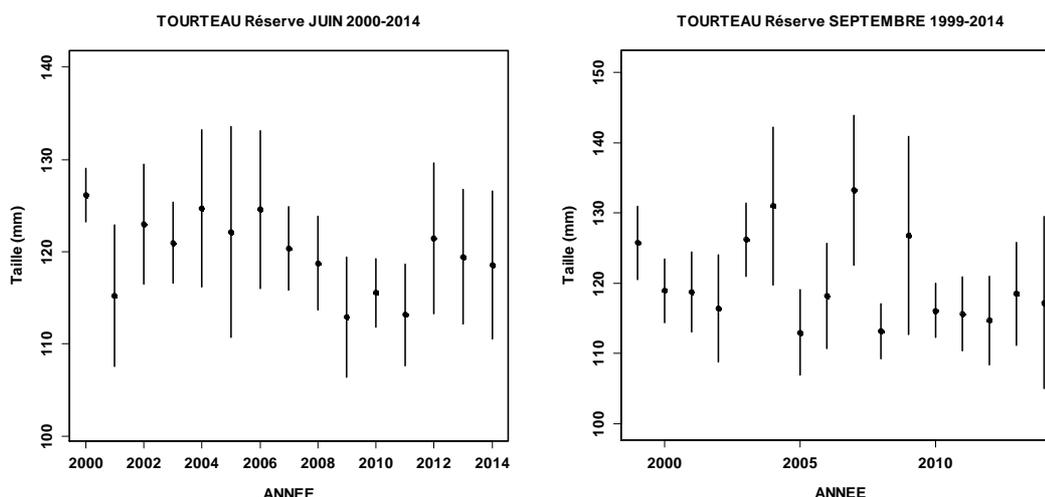


Figure 5.2.22 : Evolution temporelle de la taille moyenne des tourteaux dans le cantonnement depuis 2000

5.2.3. Conclusion

* En ce qui concerne les captures réalisées par les professionnels on peut noter une grande stabilité par rapport à 2012. 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. L'interdiction de la pêche de la raie brunette (*Raja undulata*), a provoqué une forte diminution de l'activité de pêche dirigée vers les raies dont les quantités débarquées sont stables en 2013.

* 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 et 14, la compétition entre les deux espèces semble s'équilibrer, ce qui n'est peut être plus le cas cette année.

* Les rendements en araignées sont en diminution cette année tout en restant dans les limites des fluctuations annuelles importantes observées depuis dix ans. D'autre part la taille moyenne diminue probablement à cause des captures relativement importantes de petits individus pendant la campagne de septembre.

* La taille moyenne des étrilles capturées est en légère diminution cette année mais n'a pas significativement varié depuis six ans. Elle correspond probablement au seuil de sélectivité de l'engin.

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. 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 de la réserve est composée principalement de gros individus. Leur domination territoriale a certainement pour effet de chasser les petits individus vers l'extérieur. Ceci pourrait expliquer l'augmentation des abondances en homard dans les filières situées au sud de la zone.

* Les rendements en tourteaux diminuent encore cette année et les captures deviennent insignifiantes dans cette zone. Ce qui peut paraître surprenant dans la mesure où cette espèce est généralement plus abondante 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 des pêches côtières ne permet pas de conclure à l'existence d'un effet des rejets d'eau chaude et chlorée dans l'environnement par le CNPE de Flamanville sur la communauté des crustacés.

5.3. Annexes

Mission	Date	Coeff. Marée	Point	Nuages	Sonde	Engin	Heure début (T.U.+2)	Durée	Temps après P.M.	Volume (m ³)
228	3 juin	61	C. Amenée		6	Bongo 1	14h50	2mn02	3h36	85
						Bongo 2	14h58		3h44	131
						Neuston S	15h05		3h51	1062
			Rejet		17	Bongo 1	14h22	2mn31	3h15	121
						Bongo 2	14h29		3h15	116
						Neuston S	14h35		3h21	1294
			Référence		25	Bongo 1	13h39	3mn27	2h25	215
						Bongo 2	13h49	3mn27	2h35	170
						Neuston S	13h53	15mn	2h39	2237
			Point 3		28	Bongo 1	12h50	3mn50	1h36	183
						Bongo 2	12h59		1h45	170
						Neuston S	13h05		15mn	1h51
229	7 juillet	45	C. Amenée	6	7	Bongo 1	17h48	2mn20	2h55	105
						Bongo 2	17h56	2mn30	3h03	91
						Neuston S	18h05	10mn	3h12	1276
			Rejet	1	16	Bongo 1	17h13	1mn30	2h20	91
						Bongo 2	17h18	2mn50	2h25	135
						Neuston S	17h25	15mn	2h32	1700
			Référence	1	25	Bongo 1	16h22	4mn30	1h29	217
						Bongo 2	16h34	4mn30	1h41	260
						Neuston S	16h43	14mn30	1h50	2105
			Point 3	1	27	Bongo 1	15h30	2mn30	0h37	121
						Bongo 2	15h39	4mn	0h46	226
						Neuston S	15h49	15mn	0h56	2078
230	21 juillet	48	C. Amenée	0	7	Bongo 1	18h58	2mn	3h45	93
						Bongo 2	19h04	2mn11	3h51	115
						Neuston S	19h12	8mn18	3h59	698
			Rejet	0	15	Bongo 1	18h20	4mn22	3h07	163
						Bongo 2	18h30	4mn23	3h17	212
						Neuston S	18h38	11mn29	3h25	1132
			Référence	2	24	Bongo 1	17h35	5mn26	2h22	259
						Bongo 2	17h45	5mn50	2h32	291
						Neuston S	17h55	15mn	2h42	2099
			Point 3		28	Bongo 1	16h41	3mn40	1h28	211
						Bongo 2	16h51	4mn40	1h38	269
						Neuston S	17h00	16mn30	1h47	2004
231	19 août	40	C. Amenée			Bongo 1	18h08	1mn30	3h39	71
						Bongo 2	18h15		3h46	51
						Neuston S	18h20	11mn29	3h51	1158
			Rejet	2	17	Bongo 1	17h31	2mn30	2h03	78
						Bongo 2	17h38	3mn30	3h09	175
						Neuston S	17h45	14mn30	3h16	1480
			Référence	2	24	Bongo 1	16h47	4mn	2h18	192
						Bongo 2	16h57	4mn	2h28	223
						Neuston S	17h05	15mn	2h36	1760
			Point 3	3	27	Bongo 1	15h59	4mn	1h30	194
						Bongo 2	16h06	4mn	1h37	218
						Neuston S	16h15	15mn	1h46	1790

232	3 septembre	43	Référence	1	23	Bongo 1	16h30	5mn59	3h11	300
						Bongo 2	16h46	4mn46	3h27	286
						Neuston S	16h55	16mn30	3h36	2019
			Point 3	0	27	Bongo 1	15h19	4mn18	2h	216
						Bongo 2	15h43	4mn13	2h24	204
						Neuston S	15h52	15mn	2h33	2049
233	16 septembre	44	Référence	1	24	Bongo 1	15h22	3mn40	2h47	176
						Bongo 2	15h30	4mn40	2h55	241
						Neuston S	15h40	15mn	3h05	1968
			Point 3	1	27	Bongo 1	14h29	4mn30	1h54	145
						Bongo 2	14h37	4mn30	2h02	204
						Neuston S	14h46	15mn	2h11	2022

Annexe 5.1. Caractéristiques des prélèvements effectués en 2014

Mission	Date	Point	Température (°C)		DT maximum (°C)		Salinité		Densité		
			Surf.	Fond	Surf.	Fond	Surf.	Fond	Surf.	Fond	
222	17 juin	C. Amenée	13,27	13,25	1,7		34,86	34,88	26,23	26,25	
		Rejet	15,00								
		Référence	12,89	12,84			34,90	34,91	26,34	26,35	
		Point 3	12,59	12,56			34,97	34,97	26,45	26,46	
223	26 juin	Référence	13,12	13,11			34,86	34,87	26,26	26,27	
		Point 3	13,07	13,05			34,82	34,82	26,24	26,24	
224	17-juil	C. Amenée	15,99	15,94	2,6		34,91	35,12	25,68	25,85	
		Rejet	18,60								
		Référence	15,15	15,08			34,97	34,94	25,88	25,91	
		Point 3	14,96	14,77			34,98	35,00	25,97	26,03	
225	31 juillet	C. Amenée	16,64	16,94	2,4		34,70	34,74	24,27	25,33	
		Rejet	19,00								
		Référence	16,25	16,24			34,80	34,80	25,53	25,53	
		Point 3	16,20	15,95			34,87	34,92	25,60	25,70	
226	28 août	C. Amenée	17,80	17,78	2,9		34,80	34,82	25,17	25,19	
		Rejet	20,70								
		Référence	17,22	17,18			34,83	34,85	25,33	25,36	
		Point 3	16,98	16,94			34,91	34,91	25,45	25,46	
227	12 septembre	Référence	17,03	17,01			34,86	34,87	25,40	25,41	
		Point 3	16,97	16,96			34,91	34,92	25,45	25,46	

Annexe 5.2. Résultats des mesures hydrologiques effectuées en 2013

Mission	Date	Point	Nuages	Engin	Total larves	Zoés stade 1	Zoés stade 2	Zoés stade 3	Mégaloopes
228	3 juin	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 Moy. Bongo Neuston S	0,059 0,029	0,059 0,029			
229	7 juillet	C. Amenée	6	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
		Rejet	1	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
		Référence	1	Bongo 1 Bongo 2 Moy. Bongo Neuston S	0,046 0,023 0,009	0,046 0,023 0,005			
		Point 3	1	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S	0,024	0,024			
230	21 juillet	C. Amenée	0	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
		Rejet	0	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
		Référence	2	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
		Point 3		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
231	19 août	C. Amenée		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
		Rejet	2	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
		Référence	2	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					

		Point 3	3	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S				
232	3 septembre	Référence	1	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S				
		Point 3		Bongo 1 Bongo 2 Neuston S				
233	16 septembre	Référence	1	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S				
		Point 3	1	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S				

Annexe 5.3. Densités des larves de homard en 2014 (en nombre par 10 m³)

Mission	Date	Point	Engin	Mégaloopes	Total Zoés	Zoés stade 1	Zoés stade 2
228	3 juin	C. Amenée	Bongo 1 Bongo 2				
		Rejet	Bongo 1 Bongo 2				
		Référence	Bongo 1 Bongo 2 Moyenne		0,06 0,03	0,06 0,03	
		Point 3	Bongo 1 Bongo 2 Moyenne		0,06 0,03	0,06 0,03	
229	7 juillet	C. Amenée	Bongo 1 Bongo 2 Moyenne		0,10 0,05	0,10 0,05	
		Rejet	Bongo 1 Bongo 2				
		Référence	Bongo 1 Bongo 2 Moyenne		0,41 0,31 0,36	0,41 0,31 0,36	
		Point 3	Bongo 1 Bongo 2 Moyenne		0,25 0,66 0,46	0,25 0,66 0,46	

230	21 juillet	C. Amenée	Bongo 1		0,43	0,43	
			Bongo 2		0,09	0,09	
			Moyenne		0,26	0,26	
		Rejet	Bongo 1		0,73	0,67	0,06
			Bongo 2		0,38	0,38	
			Moyenne		0,56	0,53	0,03
		Référence	Bongo 1		1,47	1,43	0,04
			Bongo 2		1,24	1,20	0,03
			Moyenne		1,35	1,32	0,04
		Point 3	Bongo 1		0,85	0,80	0,05
			Bongo 2		1,19	1,19	
			Moyenne		1,02	1,00	0,02
231	19 août	C. Amenée	Bongo 1		0,14	0,14	
			Bongo 2				
			Moyenne		0,07	0,07	
		Rejet	Bongo 1				0,06
			Bongo 2		0,29	0,23	
			Moyenne		0,14	0,11	0,03
		Référence	Bongo 1	0,05	6,61	5,10	1,51
			Bongo 2	0,09	4,98	3,77	1,21
			Moyenne	0,07	5,80	4,44	1,36
		Point 3	Bongo 1	0,10	3,72	2,89	0,83
			Bongo 2	0,09	11,35	9,61	1,75
			Moyenne	0,10	7,53	6,25	1,31
232	3 septembre	Référence	Bongo 1	0,07	1,03	0,90	0,13
			Bongo 2	0,10	0,87	0,52	0,35
			Moyenne	0,09	0,95	0,71	0,24
		Point 3	Bongo 1	0,19	6,15	5,69	0,46
			Bongo 2	0,05	6,24	6,24	
			Moyenne	0,12	6,19	5,96	0,23
233	16 septembre	Référence	Bongo 1	0,23		1,36	
			Bongo 2	0,04		1,46	0,04
			Moyenne	0,13		1,41	0,02
		Point 3	Bongo 1	1,04	1,59	1,52	0,07
			Bongo 2	0,49	2,54	2,35	0,20
			Moyenne	0,76	2,07	1,94	0,13

Annexe 5.4. Densités des larves d'araignée en 2014 (en nombre par 10 m³)

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne (cm)	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	50	24	23	3	8.4	418	48
filière 2	112	52	56	4	9.2	524	46
filière 3	243	128	114	1	7.7	293	53
filière 4	54	28	23	3	8.7	470	52
filière 5	358	167	187	4	7.8	300	47
filière 6	79	43	35	1	8.3	391	54
filière 7	49	24	23	2	8.6	434	49
filière 8	102	60	40	2	9.3	553	59
filière 9	137	63	72	2	8.1	347	46
filière 10	136	59	74	3	7.8	313	43
filière 11	45	23	20	2	8.4	418	51
filière 12	48	22	25	1	8.4	399	46
filière 13	59	26	30	3	8.4	402	44
filière 14	139	74	64	1	7.9	326	53
filière 15	82	44	35	3	7.9	325	54
Sous total	1693	837	821	35	8.1	364	49

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	13	7	1	8.7	447	62
filière 2	101	42	51	8	9.1	524	42
filière 3	348	170	170	8	7.8	301	49
filière 4	36	21	12	3	9.1	506	58
filière 5	342	181	156	5	7.8	305	53
filière 6	79	46	30	3	8.6	437	58
filière 7	52	31	18	3	8.7	461	60
filière 8	138	67	60	11	9.7	617	49
filière 9	125	62	60	3	8.3	373	50
filière 10	122	53	63	6	8.1	349	43
filière 11	32	20	9	3	8.9	507	63
filière 12	37	18	18	1	8.7	437	49
filière 13	57	34	21	2	8.5	427	60
filière 14	133	67	63	3	8.1	346	50
filière 15	68	28	38	2	8.6	431	41
Sous total	1691	853	776	62	8.3	387	50

Total	3384	1690	1597	97	8.2	375	50%
--------------	-------------	-------------	-------------	-----------	------------	------------	------------

Annexe 1.2.1 Résultats des pêches expérimentales de homard en 2014

JUN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Largeur céphalothoracique moyenne (cm)	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	84	51	33	12.7	380	61
filière 2	6	6		11.6	252	100
filière 3	12	8	4	10.8	213	67
filière 4	86	44	42	13.5	419	51
filière 5	28	17	11	12.7	349	61
filière 6	72	47	25	14.0	495	65
filière 7	102	53	49	13.5	427	52
filière 8	9	5	4	12.0	284	56
filière 9	169	77	92	11.2	235	46
filière 10	119	77	42	12.0	318	65
filière 11	65	35	30	13.9	462	54
filière 12	116	66	50	12.7	358	57
filière 13	190	101	89	11.8	287	53
filière 14	134	86	48	11.2	258	64
filière 15	48	24	24	13.9	454	50
Sous total	1240	697	543	12.4	342	56

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Largeur céphalothoracique moyenne	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	38	23	15	14.1	508	61
filière 2	7	7		11.5	258	100
filière 3	9	8	1	13.1	384	89
filière 4	96	63	33	14.4	520	66
filière 5	12	7	5	13.6	468	58
filière 6	19	12	7	14.6	531	63
filière 7	77	44	33	14.5	546	57
filière 8	2	2		12.4	306	100
filière 9	46	27	19	11.4	247	59
filière 10	123	89	34	12.0	305	72
filière 11	22	11	11	15.3	599	50
filière 12	49	38	11	14.1	489	78
filière 13	139	69	70	12.6	359	50
filière 14	113	78	35	11.7	279	69
filière 15	32	22	10	13.8	447	69
Sous total	784	500	284	13.1	401	64

Total	2024	1197	827	12.6	365	59%
--------------	-------------	-------------	------------	-------------	------------	------------

Annexe 1.2.2 Résultats des pêches expérimentales de tourteau en 2014

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	33	32	1		11.0	30	97
filière 2	19	19			11.4	37	100
filière 3	12	10	1	1	11.3	25	83
filière 4	26	25	1		11.6	35	96
filière 5	20	16	3	1	8.7	20	80
filière 6	58	53	2	3	9.9	19	91
filière 7	35	32	2	1	11.1	31	91
filière 8	20	18	1	1	11.8	45	90
filière 9	30	30			12.1	50	100
filière 10	32	29	1	2	12.4	66	91
filière 11	57	49	3	5	10.5	30	86
filière 12	36	36			11.7	50	100
filière 13	23	22	1		12.1	52	96
filière 14	35	32	1	2	11.9	51	91
filière 15	100	76	21	3	9.3	30	76
Sous total	536	479	38	19	10.8	36	89

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	83	50	32	1	9.0	23	60
filière 2	2	1	1		9.5	0	50
filière 3	0					0	0
filière 4	65	37	27	1	9.9	28	57
filière 5	0					0	0
filière 6	33	15	18		8.3	12	45
filière 7	65	31	34		9.1	22	48
filière 8	1	1			7.9	0	100
filière 9	2	1	1		12.7	100	50
filière 10	19	14	5		7.3	5	74
filière 11	75	33	35	7	9.6	20	44
filière 12	33	22	11		8.1	30	67
filière 13	16	13	3		9.2	19	81
filière 14	6	4	2		7.9	0	67
filière 15	48	25	23		8.1	2	52
Sous total	448	247	192	9	8.9	19	55

Total	984	726	230	28	10.0	29%	74%
--------------	------------	------------	------------	-----------	-------------	------------	------------

Annexe 1.2.3 Résultats des pêches expérimentales d'araignée en 2014

JUN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	42	32	9	1	4.9	19	76
filière 2	4	4			5.4	0	100
filière 3	37	33	4		5.1	30	89
filière 4	9	5	4		5.2	11	56
filière 5	19	18	1		5.2	47	95
filière 6	26	18	6	2	4.9	31	69
filière 7	18	13	4	1	5.2	61	72
filière 8	2	2			5.5	0	100
filière 9	17	15	1	1	5.2	12	88
filière 10	40	38	2		5.1	30	95
filière 11	6	4	2		4.8	33	67
filière 12	33	21	9	3	5.1	24	64
filière 13	50	37	9	4	5.0	22	74
filière 14	31	24	6	1	5.1	6	77
filière 15	44	39	3	2	4.9	45	89
Sous total	378	303	60	15	5.1	28	80

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	15	14	1		4.9	13	93
filière 2	8	6	2		5.5	13	75
filière 3	46	39	6	1	5.1	9	85
filière 4	17	7	10		5.0	12	41
filière 5	13	12	1		5.3	0	92
filière 6	7	4	3		4.7	29	57
filière 7	4	4			5.1	0	100
filière 8	3	2	1		5.3	33	67
filière 9	9	8	1		5.2	0	89
filière 10	32	26	6		5.1	16	81
filière 11	5	4	1		5.1	0	80
filière 12	10	8	2		4.9	20	80
filière 13	38	25	13		4.9	32	66
filière 14	15	14	1		5.2	47	93
filière 15	13	8	5		5.1	23	62
Sous total	235	181	53	1	5.1	17	77

Total	613	484	113	16	5.1	24%	79%
--------------	------------	------------	------------	-----------	------------	------------	------------

Annexe 1.2.4 Résultats des pêches expérimentales d'étrille en 2014

	Nombre de casiers relevés			Nombre de buccins pêchés			Nombre de pagures pêchés		
	Juin	Septembre	Total	Juin	Septembre	Total	Juin	Septembre	Total
filière 1	120	120	240	15	2	17	23	140	163
filière 2	80	80	160	0	0	0	9	3	12
filière 3	120	120	240	0	0	0	1	2	3
filière 4	120	120	240	3	0	3	48	110	158
filière 5	120	120	240	2	0	2	15	6	21
filière 6	120	120	240	90	18	108	115	83	198
filière 7	120	120	240	24	16	40	92	158	250
filière 8	80	80	160	0	0	0	2	0	2
filière 9	120	120	240	0	0	0	2	44	46
filière 10	120	120	240	0	0	0	4	6	10
filière 11	120	120	240	97	62	159	217	175	392
filière 12	120	120	240	4	2	6	62	134	196
filière 13	120	120	240	0	0	0	29	70	99
filière 14	120	120	240	0	0	0	4	8	12
filière 15	120	120	240	75	25	100	85	95	180
Total	1720	1720	3440	310	125	435	708	1034	1742

Annexe 1.2.5 Résultats des pêches autres espèces en 2014

6. Conclusion

6.1. Le domaine pélagique

Hydrologie et physico-chimie/chimie

Les températures d'eau de mer mesurées en 2014 ont été supérieures 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 2014, appuyées des résultats de modélisation, indiquent que l'étendue du panache de rejet reste toujours géographiquement très limitée.

Les salinités enregistrées au printemps 2014 ont été supérieures à celles de 2013 sur les différentes stations de surveillance. Conséquence d'un printemps plus doux et moins pluvieux que l'année passée. Les mesures de la salinité sur les deux autres périodes sont toutefois inférieures à celles constatées en 2013. Les mesures de salinités 2014 sont inférieures aux valeurs médianes pluriannuelles calculées sur la période 1987-2013 en été et en automne. C'est le contraire au printemps. 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 2014 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 supérieures aux médianes pluriannuelles établies depuis 1987 et sont restées dans les gammes de concentrations observées depuis 2007.

Depuis la mise en application de la décision ASN n°2010-DC-0189, différents changements sont intervenus au niveau du protocole de surveillance. La mesure de la turbidité est venue remplacer celle des concentrations en MES. Ce paramètre a été caractérisé par 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. Les concentrations restent très faibles, 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 2014 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

Le nombre de germes revivifiables observé au printemps 2014 est dans la même gamme des valeurs observées lors des années précédentes. Pendant l'été, la valeur au point *canal* est légèrement inférieure aux points *rejet* et *référence* ; ce qui est inhabituel. A l'automne, le nombre de germes revivifiables au point *canal* a été supérieur aux points *rejet* et *référence*.

Les vibrions halophiles sont présents sur l'ensemble des points échantillonnés, sur toute la période même si c'est en très petite quantité au printemps.

L'identification des vibrions halophiles confirme la présence et la dominance de l'espèce *Vibrio alginolyticus* parmi les souches cultivables à 37°C dans les eaux proches de la centrale. La présence de cette espèce a été identifiée à chaque sortie au point *canal*.

En 2014, l'espèce *Vibrio vulnificus* a, de nouveau, été identifiée en automne mais uniquement sur le point *canal*.

Vibrio cholerae n'a pas été identifiée à proximité du site de Flamanville en 2014.

On peut noter également qu'en 2014, la température de l'air en France a été la plus importante depuis 1960.

L'étude des paramètres 'vibrions' et 'germes revivifiables' n'a pas mis en évidence de modification significative du milieu pour ces paramètres, liée à l'activité du CNPE de Flamanville.

Phytoplancton

L'année 2014 a été caractérisée par un bloom phytoplanctonique plus tardif que ce qui est généralement observé sur la côte ouest de la Manche. En effet, les images satellites montrent des concentrations maximales en chlorophylle *a* au mois de juin sur la zone alors que le maximum est généralement détecté au mois d'avril. Cependant, les concentrations en chlorophylle *a* relevées en juin 2014 à proximité du CNPE de Flamanville sont les plus faibles concentrations relevées au cours des trois campagnes. Ces faibles concentrations de chlorophylle *a* peuvent être mises en relation avec les faibles concentrations de silicates mesurées en même temps (cf. chapitre Hydrologie). La différence entre les données obtenues sur le terrain (chlorophylle *a* faible en juin) et les données obtenues par satellite (maximum de chlorophylle *a* en juin) vient d'une part des échantillonnages trop ponctuels, et d'autre part du manque de précision des observations satellites.

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 2014, traduisant une activité photosynthétique plus intense au printemps qu'en été et qu'en automne. Concernant le paramètre photosynthétique Ymax, les valeurs relevées au cours des campagnes de printemps et d'automne sont supérieures à 0,5 alors que les valeurs d'été sont inférieures à 0,5 avec toujours des valeurs plus élevées au point *rejet*. Ces observations suggèrent que l'état physiologique des cellules phytoplanctoniques était bon au cours de l'année 2014 excepté en été. Par ailleurs, les abondances phytoplanctoniques élevées au printemps (à l'exception du point canal) et à l'automne diminuent au cours de la période estivale. Le printemps 2014 se caractérise donc par des communautés phytoplanctoniques abondantes, productives et en bon état. À l'inverse, l'été 2014 est caractérisé par des valeurs de Ymax basses, traduisant un mauvais état physiologique du phytoplancton, et des abondances plus faibles qu'au printemps. Les caractéristiques de l'automne se situent entre celles du printemps et de l'été.

L'efficacité quantique (Ymax) de l'été est surtout faible au point *référence*, ce qui peut être lié à un prélèvement dans une masse d'eau plus large et donc d'une composition différente de la masse d'eau côtière incluant les points *canal* et *rejet*. De plus, les faibles abondances phytoplanctoniques et faibles teneurs en chlorophylle *a* de juin pourraient être expliquées par la

transition entre deux blooms de phytoplancton et ainsi par le passage entre des communautés phytoplanctoniques différentes.

A l'instar des années précédentes, les diatomées ont largement dominé la communauté phytoplanctonique tout au long de l'année 2014 sur le site du CNPE de Flamanville. La plus faible proportion de diatomées a été observée sur le point *référence* au mois de septembre. Les dinoflagellés ont été très peu représentés sur le CNPE de Flamanville au cours de cette année 2014. Les plus fortes proportions (i.e. 5%) ont été observées sur le même point *référence* au mois de septembre.

Au cours du printemps et de l'été 2014, différents assemblages de diatomées ont été observés à la côte et au large. Au printemps, les assemblages côtiers étaient dominés par le genre *Thalassiosira sp.* et l'espèce *Brockmaniella brockmannii*, avec l'apparition du genre *Skeletonema sp.* au point *rejet*. 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 2014, c'est *Guinardia sp.* qui dominait 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.* ainsi que par *Skeletonema sp.* en plus faibles quantités, alors que la communauté phytoplanctonique du point *référence* était dominée par *Skeletonema sp.* La diversité de la communauté de diatomées en automne a été beaucoup 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 2014 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 2014 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 et l'abondance zooplanctonique totale ne montrent pas de différences significatives entre les points de prélèvement quelle que soit la saison considérée. Toutefois, la biomasse sestonique ne reflète pas toujours les observations sur les abondances zooplanctoniques. C'est le cas par exemple en mars 2014 où la biomasse était très importante (biomasse maximale pour les trois points de prélèvement depuis 1993), ce que ne reflète pas l'abondance zooplanctonique qui était l'une des plus faibles observées depuis 1993. Les rapports C/N du seston (> 6) montrent bien la difficulté qu'il y a à déduire, ou estimer, la biomasse du zooplancton, *sensus stricto*, à partir de ce type d'analyse. La contamination des échantillons filtrés par des débris minéraux et végétaux ou coquilliers (cf, le point *canal* en mars) 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 2014, les abondances zooplanctoniques correspondaient à ce qui est habituellement observé sur le site de surveillance depuis 1993 en été et en automne, mais ont été beaucoup moins importantes au printemps. Malgré ces faibles abondances constatées (sans doute en lien avec un décalage du cycle saisonnier du fait d'un hiver 2013-2014 plus doux), la composition et la succession des espèces restent classique.

Au printemps 2014, le méroplancton domine la communauté zooplanctonique représentant plus de 75 % du zooplancton total. Cette fraction était surtout composée de larves de cirripèdes. L'holoplancton

quant à lui dominait largement le zooplancton en été et à l'automne (60-90%). Comme toujours en milieu côtier tempéré, il était essentiellement caractérisé par les copépodes. La diversité spécifique de ce groupe est assez faible ($\leq 2 \text{ Bit. ind}^{-1}$) 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*, *Centropages hamatus*, *Pseudocalanus elongatus* et *Temora longicornis*. Chacune de ces espèces respecte, pour ce que peut montrer cette analyse de trois campagnes annuelles, leur répartition saisonnière habituelle. Les faibles abondances observées de *T. longicornis* et *P. elongatus* vont dans le sens de la tendance observée ailleurs en Manche est depuis quelques années.

Aux trois périodes d'observations, les valeurs enregistrées au niveau du rejet en mer s'inscrivent dans l'intervalle de celles des points *canal* et *référence*. L'influence des rejets du CNPE de Flamanville n'est donc pas décelable par la variabilité spatio-temporelle de la population zooplanctonique.

6.2. Le domaine benthique

Fucus serratus

La biomasse annuelle moyenne de *Fucus serratus* évaluée en 2014 près du CNPE de Flamanville se situe dans les valeurs les plus faibles observées depuis 1983. Depuis 2001, les biomasses restent inférieures à la moyenne calculée sur la période 1984 à 2014.

Les valeurs en fin d'hiver sont quasiment stables par rapport à celles des deux années antérieures. Conformément au développement de l'espèce, les biomasses algales restent plus fortes en fin d'été qu'en fin d'hiver. Toutefois, les valeurs obtenues en septembre 2014 sont voisines des minimales observées depuis 1983.

Le développement de la fertilité de *Fucus serratus* évaluée en mars, juin et septembre 2014 est conforme aux cycles observés depuis 1983. Le peuplement du platier de Diélette présente des caractères de fertilité toute l'année avec une période de maturité plus importante qui s'étendrait principalement d'août à janvier, ce que confirment nos observations faites au cours de l'année 2014 avec en fin d'été, une large majorité de thalles fertiles. Toutefois, le niveau de maturité des conceptacles semble alors plus faible que ceux des années précédentes.

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 2014 sont conformes aux valeurs moyennes observées sur ces sites depuis 1997. A Guissény, les valeurs 2014 sont particulièrement faibles surtout en fin d'été.

Cirripèdes

Les recrutements des cirripèdes observés en 2014 à Diélette, à Quédoy, au Sémaphore et au Rozel sont faibles. Comme en 2013, c'est au Rozel que la valeur du recrutement de ces petits crustacés est la plus basse, au Sémaphore la plus élevée.

Leur densité reste stable et très inférieure à la valeur moyenne calculée sur la période 1983 à 2014. Cette stabilité depuis 2007 fait suite à une diminution importante et constante depuis 1988. C'est au Sémaphore que les densités restent les plus fortes et à Diélette les plus faibles.

Les valeurs 2014 sont en baisse à Diélette et à Quédoy ; par contre elles augmentent au Sémaphore et au Rozel.

Semibalanus balanoides reste l'espèce majoritaire. Les valeurs moyennes observées en 2014 sont relativement stables par rapport aux années précédentes. La présence du genre *Chthamalus*, représenté par *Chthamalus montagui* et *Chthamalus stellatus*, est beaucoup moins fréquent sur

ces estrans du nord Cotentin et relativement stable depuis 1983. La présence de *Elminius modestus* dans le peuplement reste faible et constante.

C'est dans la population de cirripèdes du Rozel que les espèces accompagnatrices sont les plus variées et les plus abondantes en cette fin d'été 2014. Les densités observées sont nettement inférieures à celles de 2013 à toutes les stations échantillonnées. Nous constatons dans quelques prélèvements l'absence de certaines espèces comme le petit bivalve *Lasaea adansoni* à Quédoy et Diélette.

Concernant les Fucales de Diélette et les Cirripèdes de la région de Flamanville, les résultats des observations faites au cours de l'année 2014 n'indiquent pas d'influence directe des rejets de la centrale.

6.3. Le domaine halieutique

Larves de crustacés

Comme l'illustrent la figure 2.2.2 de la page 38 les températures du premier semestre 2014 sont bien au-dessus de la moyenne. C'est ainsi que le début des éclosions de larves d'araignée a commencé très tôt dès le début du mois de juin.

La densité de zoés atteint la valeur maximale (7,5 par 10m³) vers la mi août, valeur au dessus de la moyenne sur l'ensemble des années en excluant cependant les années 2010 et surtout 1983 qui sont exceptionnelles. La densité maximale de mégalopes observée mi septembre (0,76 par 10 m³) approche cette année encore les valeurs les plus élevées. 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 ; des zoés d'araignée ont été observées cette année encore dans les environs du rejet après leur absence en 2010 mais pas de mégalopes et nous n'en avons pas trouvé dans le canal d'amenée où elles sont très rares.

Des larves de homard ont été observées de début juin à début juillet mais il est difficile de situer le pic d'abondance. La densité maximale observée en 2014 est faible (0,02 par 10 m³).

Les résultats de l'année 2014 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 sont le reflet des variations climatiques.

Surveillance de la pêche côtière des crustacés

* En ce qui concerne les captures réalisées par les professionnels on peut noter une grande stabilité par rapport à 2012. 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. L'interdiction de la pêche de la raie brunette (*Raja undulata*), a provoqué une forte diminution de l'activité de pêche dirigée vers les raies dont les quantités débarquées sont stables en 2013.

* 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 à 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 et 14, la compétition entre les deux espèces semble s'équilibrer, ce qui n'est peut être plus le cas cette année.

* Les rendements en araignées sont en diminution cette année tout en restant dans les limites des fluctuations annuelles importantes observées depuis dix ans. D'autre part la taille moyenne diminue probablement à cause des captures relativement importantes de petits individus pendant la campagne de septembre.

* La taille moyenne des étrilles capturées est en légère diminution cette année mais n'a pas significativement varié depuis six ans. Elle correspond probablement au seuil de sélectivité de l'engin.

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. 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 de la réserve est composée principalement de gros individus. Leur domination territoriale a certainement pour effet de chasser les petits individus vers l'extérieur. Ceci pourrait expliquer l'augmentation des abondances en homard dans les filières situées au sud de la zone.

* Les rendements en tourteaux diminuent encore cette année et les captures deviennent insignifiantes dans cette zone. Ce qui peut paraître surprenant dans la mesure où cette espèce est généralement plus abondante 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 des pêches côtières ne permet pas de conclure à l'existence d'un effet des rejets d'eau chaude et chlorée dans l'environnement par le CNPE de Flamanville sur la communauté des crustacés.

Les études réalisées par Ifremer dans le cadre de la surveillance du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2014 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. GENTHEN, 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	GENTHEN 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, ANNEE 2007 – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/08.02, mars 2008, 204 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/2008/rapport-4046.pdf
2009	DREVES L., ABERNOT-LE GAC C. (COORDINATEURS), ANTAJAN E., LAMPERT L., MARTIN J., MONBET P., SCHLAICH I., (2009) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, ANNEE 2008 – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/09.03, mars 2009, 200 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00026/13683/10762.pdf
2010	DREVES L., ABERNOT-LE GAC C., MONBET P. (COORDINATEURS), ANTAJAN E., MARTIN J., SCHLAICH I., (2010) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, ANNEE 2009 – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/10.02, mars 2010, 208 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00026/13681/10759.pdf
2011	ABERNOT-LE GAC C., DREVES L., (COORDINATEURS), ANTAJAN E., FIANT L., MARTIN J., MONBET P., SCHLAICH I., (2011) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, ANNEE 2010 – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-ODE/UL/11.01, mars 2011, 218 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00045/15595/12997.pdf
2012	ABERNOT-LE GAC C., DREVES L., (COORDINATEURS), ANTAJAN E., MARTIN J., MONBET P., SCHAPIRA M., SCHLAICH I., (2012) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, ANNEE 2011 – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-LER/FBN/12.05, avril 2012, 220 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00076/18677/16223.pdf
2013	ABERNOT-LE GAC C. (coordinatrice), ANTAJAN E., DEVREKER D., DREVES L., MARTIN J., MONBET P., SCHAPIRA M., SCHLAICH I., (2013) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, ANNEE 2012 – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-LER/BO/13.004, mars 2013, 214 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00139/24998/23096.pdf
2014	ABERNOT-LE GAC C. (coordinatrice), ANTAJAN E., DEVREKER D., DREVES L., LAMORT L., MARTIN J., PIERRE-DUPLESSIS O., SCHAPIRA M., SCHLAICH I., (2014) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, ANNEE 2013 – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST - ODE/LITTORAL/LER / BO / 14.003, mars 2014, 226 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/00189/30033/28519.pdf
2015	ABERNOT-LE GAC C. (coordinatrice), ANTAJAN E., COURTAY G., DREVES L., LAMORT L., MARTIN J., PIERRE-DUPLESSIS O., SCHLAICH I., (2015). - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, ANNEE 2014 – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST - ODE/LITTORAL/LER / BO / 15.002, mars 2015, 228 p.

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

	<p>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</p>
1994	<p>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</p>
2003	<p>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</p>
2006	<p>DREVES L. (COORDINATEUR), LAMPERT L., ABERNOT-LE GAC C., MARTIN J., ARZEL P., DUMAS F., LATROUITE D., SCHLAICH I., WOEHLING D., (2006) – Synthèse hydrobiologique du site électronucléaire de Flamanville – Rapp. Ifremer RST-DOP/LER/06.03, mars 2006, 386 p. http://archimer.ifremer.fr/doc/2006/rapport-6405.pdf</p>
2007	<p>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</p>
2008	<p>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</p>

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, protobranch) 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.

in <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 DENN E. (1983).**- Succession saisonnière des populations phytoplanctoniques des eaux côtières de la Manche. *Oceanologica Acta*, (Spéc.4), 171-175.
<http://archimer.ifremer.fr/doc/00139/25075/23180.pdf>
- SAULQUIN B., GOHIN F. (2010).** Mean seasonal cycle and evolution of the sea surface temperature from satellite and in situ data in the English Channel for the period 1986-2006. *International Journal Of Remote Sensing*, 31(15), 4069-4093.
<http://archimer.ifremer.fr/doc/00013/12460/>

* * *