

PRE

SIONS

ET

MANCHE - MER DU NORD

IM

PACTS

PRESSIONS ET IMPACTS

MANCHE - MER DU NORD

JUIN 2012

PRESSIONS PHYSIQUES ET IMPACTS ASSOCIÉS

Interférences avec des processus hydrologiques

Modification du régime thermique

Christophe Moulin,
Sébastien Beslin (EDF, Saint-Denis).



La DCSMM cite en son annexe 3, tableau 2, les « modifications importantes du régime thermique (dues par exemple à des déversements des centrales électriques) » comme une pression du type « interférence avec des processus hydrologiques ».

L'exemple donné entre parenthèses, ainsi que les travaux menés dans le cadre du groupe de travail européen sur le bon état écologique (BEE), permettent de préciser qu'il n'est pas ici question de modifications ayant pour origine le changement climatique. En ne considérant que les pressions anthropiques directes sur la température de l'eau, les rejets d'eau servant au refroidissement des centrales électriques sont, en ordre de grandeur, les sources de modifications thermiques les plus significatives sur les eaux marines. Seules ces installations seront donc traitées ici.

1. LES INSTALLATIONS CONCERNÉES

La sous-région marine Manche-mer du Nord compte 5 centrales thermiques de production d'électricité situées sur le littoral, dont 4 nucléaires et une au charbon (Tableau 1). Chaque centrale comprend plusieurs unités de production indépendantes.

Centrale	Flamanville	Paluel	Penly	Gravelines	Le Havre
Type	Nucléaire	Nucléaire	Nucléaire	Nucléaire	Charbon
Puissance électrique	2 unités de 1 300 MW (EPR en construction 1 630 MW)	4 unités de 1 300 MW	2 unités de 1 300 MW	6 unités de 900 MW	1 unité de 250 MW 2 unités 600 MW
Débits rejetés	2 x 45 m ³ .s ⁻¹ (EPR en construction : 60 m ³ .s ⁻¹)	4 x 45 m ³ .s ⁻¹	2 x 45 m ³ .s ⁻¹ (EPR en construction : 60 m ³ .s ⁻¹)	6 x 45 m ³ .s ⁻¹	9 m ³ .s ⁻¹ 2 x 22 m ³ .s ⁻¹

Figure 1 : Centrales présentes sur la façade « Méditerranée occidentale » (CCG= Cycle Combiné Gaz).

Pour chaque site, la puissance thermique (MW_{th}) introduite dans le milieu correspond environ à deux fois la puissance électrique (MW_e).

Les rejets thermiques des centrales sont effectués selon deux modes :

- rejets au large (Flamanville, Paluel et Penly)
- rejets à la côte ou vers un port (Gravelines et Le Havre respectivement).

2. PRINCIPES GÉNÉRAUX APPLICABLES AUX CENTRALES CONCERNÉES

2.1. PRINCIPES, DIMENSIONNEMENT ET CONCEPTION DES REJETS THERMIQUES AU LARGE (FLAMANVILLE, PALUEL, PENLY)

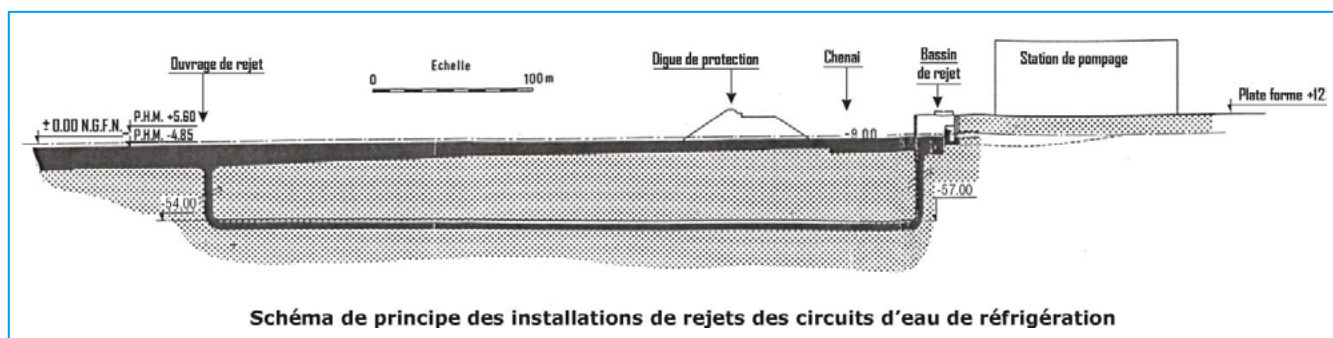


Figure 1 : Schéma de principe des installations de rejets des circuits d'eau de réfrigération.

Les rejets thermiques sont constitués d'eau de mer, pompée pour refroidir les condenseurs des turbines à vapeur de chaque unité de production. Les débits de rejet de chaque unité de production varient pour le nucléaire entre 45 m³.s⁻¹ (unités existantes) et environ 60 m³.s⁻¹ (nouveaux réacteurs EPR).

Après échauffement dans le condenseur, l'eau est acheminée vers un « puits de rejet », puis transite dans une galerie souterraine jusqu'à un ouvrage de rejet coiffé d'un diffuseur, débouchant sur le fond marin, à plusieurs centaines de mètres de la côte dans les zones de fort courant. Ce dispositif permet une bonne dilution de l'échauffement produit par chaque unité de production (figure 2).

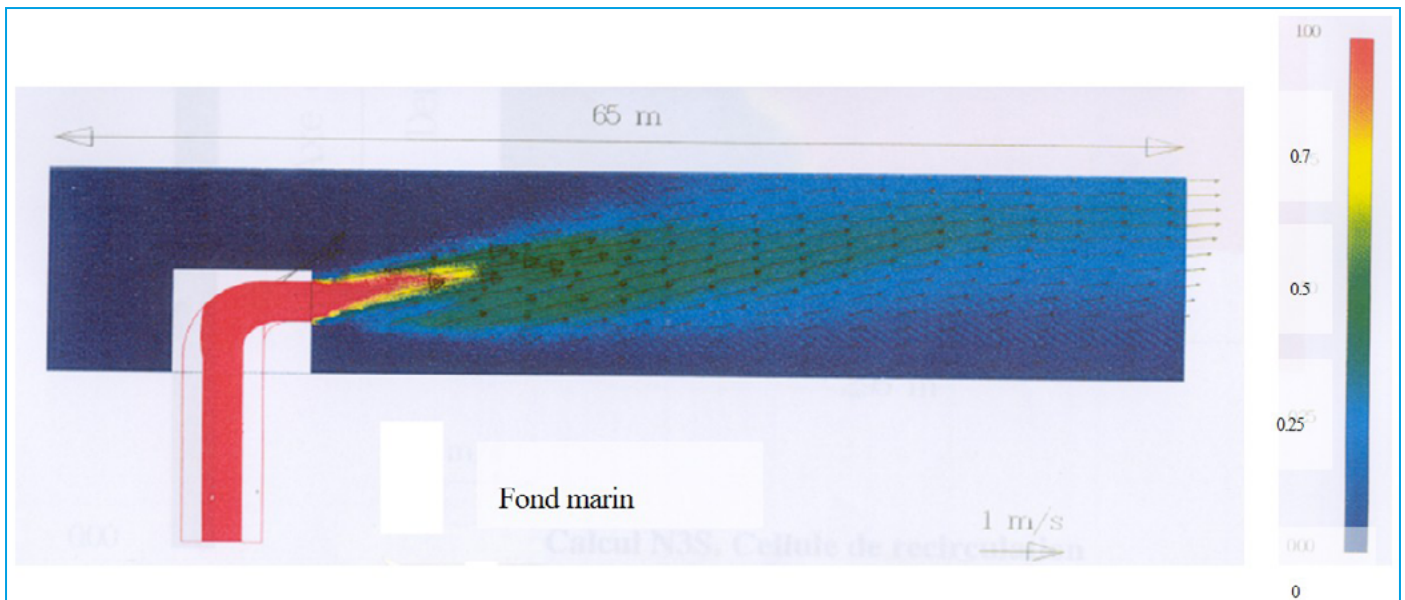


Figure 2 : Propagation de l'échauffement résiduel dans le champ proche des rejets, échelle exprimée en valeur relative vis à vis de l'échauffement (la couleur rouge représentant le (ΔT) maximal entre le rejet et le milieu ambiant).

2.2. PRINCIPES, DIMENSIONNEMENT ET CONCEPTION DES REJETS THERMIQUES EN ZONE CÔTIÈRE (GRAVELINES, LE HAVRE)

Pour le CNPE de Gravelines, l'eau de mer est prélevée dans un canal à partir de l'avant-port de Dunkerque, refroidit les condenseurs des turbines à vapeur de chaque unité de production et est rejetée dans un chenal vers la côte (voir le plan sur la simulation, § 3.4).

Les éléments relatifs à la centrale thermique du Havre sont fournis dans le § 3.5.

2.3. CONTRAINTES RÉGLEMENTAIRES ET SURVEILLANCE

Pour les CNPE, une réglementation spécifique est déclinée dans des décisions administratives relatives aux prises d'eau et rejets. Ces décisions sont élaborées sur la base d'études d'impact détaillées faisant l'objet d'une consultation du public. L'objet de cette réglementation et des surveillances associées est de garantir l'absence d'échauffement préjudiciable au milieu récepteur, dès le voisinage immédiat du rejet.

Les contrôles portent d'une part sur l'étude du panache thermique (mesures *in situ* des températures et modèles de simulation numérique) et d'autre part sur un programme de surveillance écologique et halieutique annuel.

Les valeurs limites imposées sont assez homogènes, ainsi pour les sites nucléaires :

- l'écart de température entre l'eau prélevée et l'eau réchauffée ne doit pas dépasser 15 °C (12 °C pour Gravelines) ;
- de novembre à mai, la température de l'eau de mer à la sortie immédiate du rejet en mer doit être inférieure à 30 °C (35 °C de juin à octobre) ;
- la température de l'eau de mer à proximité des rejets à un point fixé dans les décisions administratives doit toujours être inférieure à 30 °C.

De plus, des situations spécifiques temporaires telles que l'indisponibilité d'une pompe du circuit de refroidissement ou le nettoyage de la station de pompage ont été intégrées dans les arrêtés. Les situations visées peuvent conduire à un échauffement temporaire plus important avec une puissance thermique plus faible (car le débit est alors plus faible).

Le respect de cette réglementation fait l'objet de contrôles réguliers par EDF. Le respect des températures réglementées dans le milieu récepteur a été démontré pour chaque site par des campagnes de mesures réalisées

avant puis après la mise en service des unités de production (thermographe immergés, et thermographies aériennes). Ces mesures ont en outre permis d'étalonner dans les années 1980 et 1990 des modèles hydrodynamiques de rejet permettant de réaliser des simulations de la tache thermique, y compris dans le champ lointain du rejet, en tenant compte des conditions de marée et environnementales.

Les éléments relatifs à la centrale thermique du Havre sont fournis dans le § 3.5.

2.4. SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

Pour tous les sites nucléaires, un **état des lieux hydrobiologique initial** concernant les domaines pélagique, benthique et halieutique a été réalisé avant la mise en service de chaque centrale.

Cet état initial des lieux a permis la définition d'un protocole d'étude pour un **suivi hydrobiologique annuel**, intégré à l'arrêté de prise d'eau et de rejets. Cette surveillance, mise en place avant le démarrage du site, permet de suivre l'évolution naturelle du milieu marin et de détecter toute évolution découlant du fonctionnement de la centrale.

Les surveillances intègrent les domaines benthique, pélagique et halieutique, et leurs compartiments (hydrologie, phytoplancton, zooplancton, etc...).

Les programmes sont retranscrits pour chacun des sites par les dispositions des décisions administratives (mesures, zones de prélèvements, et fréquences de prélèvement). La stratégie de surveillance qui y est exprimée est basée sur des approches spatiale en y définissant des zones spécifiques à chaque site (par exemple : le canal d'amenée, le point de rejet, un point proche soumis à la pression et un point éloigné) et temporelle en y définissant des fréquences.

Conformément aux recommandations du législateur, le protocole des études de surveillance a évolué, notamment en l'adaptant aux conclusions des premières années d'observations. Il a été complété au cas par cas par la réalisation d'études sur des points spécifiques, et a localement pu faire l'objet d'adaptations après quelques années d'enseignement. La synthèse de ce suivi hydrobiologique fait partie intégrante du dossier constitué par EDF à l'occasion du renouvellement des autorisations de prise d'eau et rejets de chaque centrale nucléaire.

Des études hydrobiologiques ont également été menées sur le site thermique du Havre. Le contexte réglementaire des centrales conventionnelles est toutefois distinct de celui des centrales nucléaires, et n'impose pas de suivi hydrobiologique annuel.

3. DONNÉES RELATIVES À CHAQUE CENTRALE

3.1. CENTRALE DE FLAMANVILLE

3.1.1. Description

La centrale de Flamanville est située en bordure de la Manche, sur la côte nord-ouest de la presqu'île du Cotentin. Elle exploite deux réacteurs de 1 300 MW refroidis en circuit ouvert à l'eau de mer. Un troisième réacteur de type « EPR », présentant une puissance de 1 630 MW, est en cours de construction, pour une mise en service en 2016. Les rejets des 2 tranches s'effectuent par une conduite souterraine, débouchant respectivement à 500 et 600 m (distance d'environ 200 m entre les rejets) au large de la centrale, dans un milieu caractérisé par de forts courants de marée et une hauteur d'eau importante (fonds situés à 10 m sous le niveau des plus basses eaux). Les températures moyennes mensuelles de l'eau de mer varient de 8,8 °C en février (valeurs extrêmes de 6,8 °C en 1986 et 10,2 °C en 2007) à 17,7 °C en août (16,3 °C en 1986 et 18,4 °C en 2003).

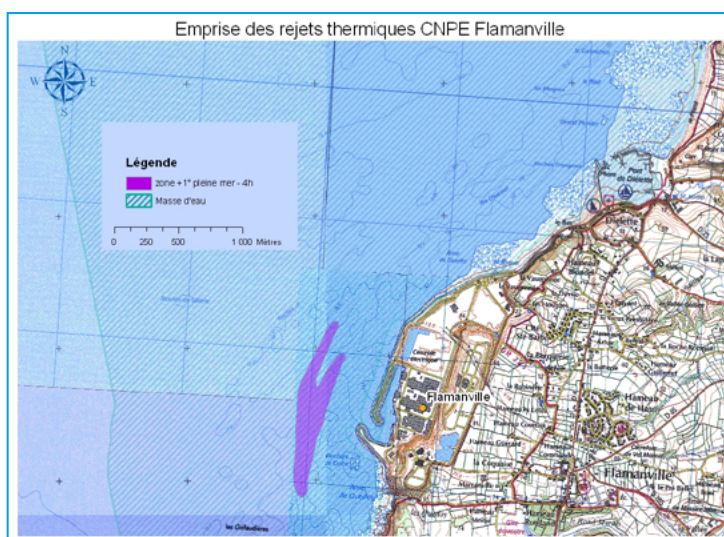
3.1.2. Étendue du panache thermique

L'étendue du panache thermique des tranches existantes a été étudiée pour quatre coefficients de marée [1] : une marée de morte-eau moyenne (coefficient 45), une marée de vive-eau moyenne (coefficient 95), une marée de morte eau exceptionnelle (coefficient 20) et une marée de vive eau exceptionnelle (coefficient 120). Les simulations ont été faites à partir de la valeur limite de l'échauffement (15 °C) et d'un débit de rejet nominal de 45 m³.s⁻¹ par tranche.

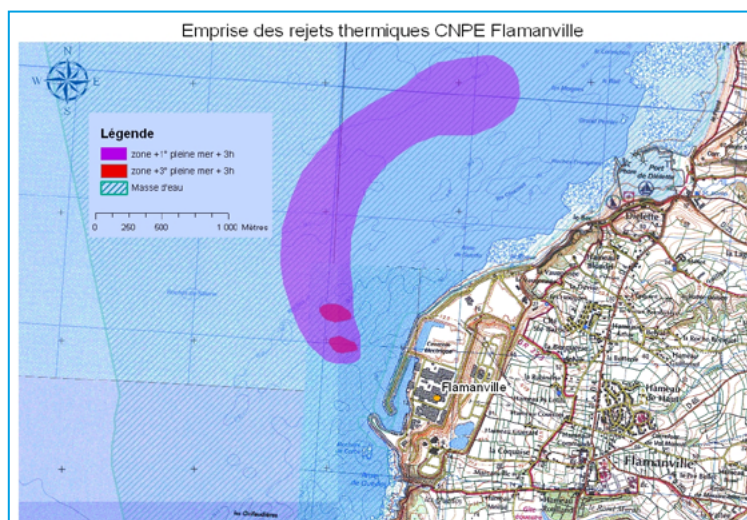
La synthèse de la modélisation numérique, validée par les mesures réalisées *in situ* (thermographies en 1988 et 1989), permet de tirer les enseignements suivants :

- les panaches distincts des deux rejets se fondent rapidement en un seul : à moins de 500 m des rejets les panaches sont confondus ;
- l'échauffement résiduel à la prise d'eau du site et à la côte est inférieur à 1 °C ;
- le panache, initialement stratifié sur la verticale, s'homogénéise au fur et à mesure que l'on s'éloigne des rejets ; les couches inférieures (zones benthiques et démersales) ne sont pas impactées (figure 2) ;
- en vive-eau moyenne et exceptionnelle, la tache thermique, correspondant à un échauffement résiduel de 1 °C en surface, balaie une aire d'environ 1 km² sur un cycle complet de marée. À 50 m des rejets, l'échauffement résiduel maximal atteint est inférieur à 6,7 °C. ;
- en morte-eau moyenne, la tache thermique, correspondant à un échauffement résiduel de 1 °C en surface, balaie une aire d'environ 2,5 km² sur un cycle complet de marée. La tache des 1 °C est plus développée qu'en marée de vive-eau car les courants de marée sont plus faibles et la dispersion est moins importante. Les périodes pendant lesquelles les échauffements sont maximum sont les périodes de renverse lorsque le courant est minimal (P.M. + 2 h à P.M. + 3 h et P.M. - 3 h à P.M. 2 h). À 50 m des rejets, l'échauffement résiduel maximal atteint est inférieur à 6,7 °C.

Pour une morte-eau exceptionnelle, les échauffements résiduels à 50 m, à la prise et à la côte sont équivalents à ceux d'une morte-eau moyenne. La tache thermique des 1 °C est un peu plus étendue que celle d'une morte-eau moyenne (elle passe de 2,5 à 6,5 km²) car les courants de marée sont très faibles et diluent moins bien les échauffements.



Exemple : pleine mer - 4h ; morte-eau moyenne (coeff. 45).



Exemple : pleine mer +3h ; morte-eau moyenne (coeff. 45).

Figure 3 : Centrale de Flamanville, illustration des échauffements (en violet : zone d'échauffement de 1 °C, en rouge : zone d'échauffement de 3 °C).

3.1.3. Synthèse des surveillances menées par l'Ifremer

Comme indiqué précédemment, la tache thermique présente une étendue faible, et les échauffements maximum sont atteints en surface de par la stratification verticale du jet d'eau chaude. Les organismes benthiques et les poissons démersaux¹ subissent donc un échauffement négligeable. Les poissons nageant en pleine eau ont la possibilité d'éviter le panache. Le plancton qui suit la masse d'eau en mouvement, et donc le panache du rejet, reste peu de temps dans la zone restreinte du champ proche, compte-tenu des vitesses de courant.

La synthèse de l'étude hydrobiologique de Flamanville mise à jour pour le DARPE du site en 2006 [2] indique : « Au travers de l'étude des différents domaines du milieu marin (domaines pélagique, benthique, et halieutique ; chacun d'entre eux comprenant plusieurs compartiments) réalisée depuis près de trente ans, il ressort le constat d'un milieu régi par des grands cycles saisonniers, annuels ou pluriannuels selon les espèces ou paramètres étudiés, d'un milieu sous influence directe des variations météorologiques pour le court terme, climatiques pour le moyen terme. Les séries chronologiques de données, aujourd'hui disponibles, permettent d'apprécier certaines fluctuations d'un cycle, de les comprendre, et de les quantifier. Aucun impact significatif sur le milieu marin des rejets du CNPE de Flamanville n'a pu être mis en évidence au cours de ses 20 premières années de fonctionnement ». Cette conclusion intègre la pression thermique.

Cette conclusion émise en 2006 est toujours valide à la lecture des rapports annuels de suivi hydrobiologique établis jusqu'en 2009 [3].

3.2. CENTRALE DE PALUEL

3.2.1. Description

La centrale nucléaire de Paluel est située dans le département de la Seine-Maritime entre les ports de Dieppe à l'est (33 km) et de Fécamp à l'ouest (22 km). La centrale est constituée de 4 tranches nucléaires d'une puissance unitaire de 1 300 MW, mises en service dès 1984. Pour chaque tranche, le rejet des 45 m³·s⁻¹ d'eau échauffée s'effectue par une galerie débouchant sur un ouvrage situé à environ 700 m du rivage. Ces 4 ouvrages de rejet sont toujours recouverts par les eaux de mer (d'une hauteur de 6,5 m pour les plus basses mers). Le marnage varie de 5 m à 8 m et les eaux sont marquées par un fort hydrodynamisme.

La température de l'eau de mer varie :

- En moyenne mensuelle de 7,4 °C en février (valeurs mensuelles extrêmes de 5,4 °C en 1991 et 8,8 °C en 2002) à 19,9 °C en août (18,3 °C en 1993 et 21,3 °C en 2003).
- En valeurs extrêmes quotidiennes de 3 °C les 23 janvier 1992, 5 et 7 janvier 1997 à 23 °C le 26 août 1994.

3.2.2. Étendue du panache thermique

La configuration des ouvrages de rejet et l'existence d'un fort hydrodynamisme assure une rapide dilution des rejets thermiques. Le panache dépend fortement des courants de marée : il s'affine et s'allonge alternativement vers l'est (au flot) et vers l'ouest (au jusant).

L'ampleur de la tache thermique est faible.

Pour les marées de mortes eaux, les différentes configurations de cette tache correspondant à un échauffement de 1°C sont toujours contenues dans des cercles inférieurs à 2 km autour des rejets.

La simulation ci-dessous pour une marée de vive eau moyenne (coefficient 95) met en évidence une tâche de moins de 3 km de long et moins de 1 km de large (figure 4).

¹ Vivant près du fond.

L'échauffement maximal mesuré à mi-hauteur d'eau au niveau des ouvrages de rejet est de 3 °C. La modélisation avec l'outil de modélisation TELEMAC-3D [4] confirme que les panaches distincts issus des 4 ouvrages de rejet se fondent rapidement en un seul (à 150 m des rejets), ce que corroborent les mesures et thermographies aériennes.

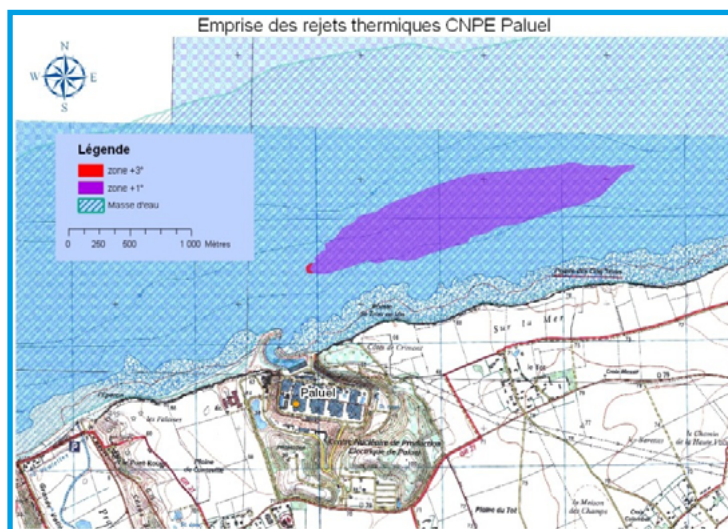


Figure 4 : Centrale de Paluel : exemple : illustration des échauffements à PM-2h30 (marée de vive-eau moyenne coeff. 95).

3.2.3. Synthèse des surveillances menées par l'Ifremer

La synthèse hydrobiologique du suivi réalisé par l'Ifremer portant sur la période 1984-1992, rédigée dans le cadre du renouvellement des autorisations de prises et rejets survenu en 1992 [5], précise : « Du fait de la remontée et de l'étalement des eaux échauffées en surface, les fonds et les peuplements associés ne sont pas concernés par un quelconque effet thermique. De la même façon, du fait de la faible ampleur de la tache thermique, les frayères, notamment de harengs, situées plus au large ne sont pas concernées par le fonctionnement de la centrale ». Le seul fait notable observé dans cette synthèse concerne la raréfaction de la couverture algale sur l'estran de la zone de Saint-Valéry en Caux. Ce phénomène n'est pas attribué à l'échauffement des eaux par la centrale mais serait à mettre en relation avec le réchauffement climatique général.

Le suivi hydrobiologique réalisé annuellement jusqu'en 2009 [6] par l'Ifremer « ne permet pas de conclure à l'existence d'un déséquilibre du milieu généré par l'activité de la centrale de Paluel ».

3.3. CENTRALE DE PENLY

3.3.1. Description

La centrale nucléaire de Penly est située au bord de la Manche, au pied des falaises du pays de Caux, dans le département de la Seine-Maritime. Elle comporte 2 réacteurs de puissance unitaire 1 300 MW ; la construction d'un troisième réacteur (de type « EPR », soit 1 630 MW) est envisagée sur ce site.

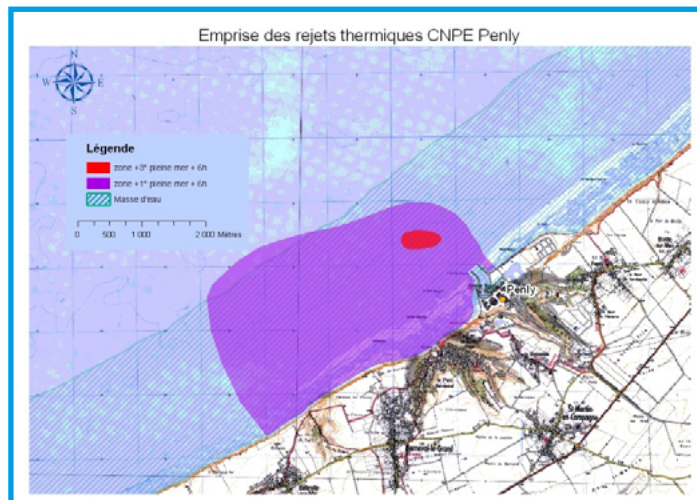
Pour chaque tranche, les rejets des 45 m³·s⁻¹ d'eau échauffée au maximum de 15 °C (58 m³·s⁻¹ échauffés de 14 °C pour le futur EPR) s'effectuent par une galerie de 1 200 m de longueur, se terminant par un diffuseur. Les courants dominants sont liés à la marée et sont parallèles à la côte (axe nord-est/sud-ouest). Le marnage varie entre 2,5 m (morte-eau coefficient 20) et 10,15 m (vive-eau coefficient 120).

Les températures de l'eau de mer varient :

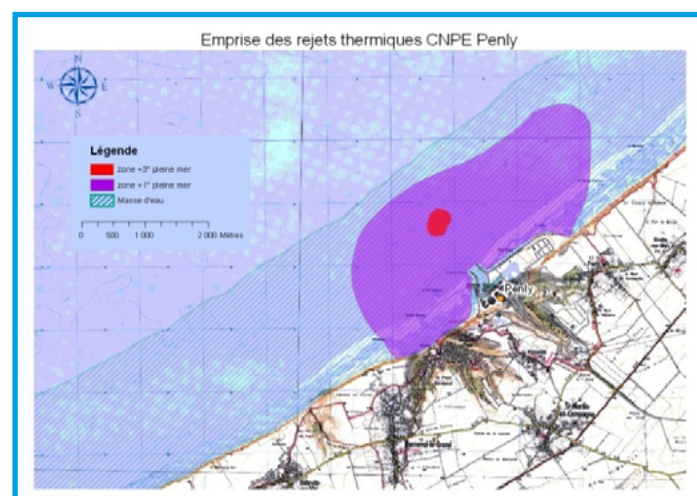
- En moyennes mensuelles de 6,7 °C en février (valeurs mensuelles extrêmes de 4,3 °C en 1991 et 8,5 °C en 2002) à 19,4 °C en août (18,2 °C en 1992 et 20,9 °C en 1995).
- Les valeurs extrêmes quotidiennes vont de 2,4 °C les 5 et 8 janvier 1997 à 22 °C le 24 août 1995.

La variabilité infra-quotidienne naturelle de la température de l'eau de mer est de l'ordre de 1°C.

3.3.2. Étendue du panache thermique



Exemple : basse mer ; morte-eau exceptionnelle (coeff. 20).



Exemple : pleine mer, morte-eau exceptionnelle (coeff. 20).

Figure 5 : Centrale de Penly : illustration des échauffements
(en violet : zone d'échauffement de 1 °C,
en rouge : zone d'échauffement de 3 °C).

Des calculs, calés sur des mesures acquises lors de campagnes thermographiques réalisées en 1993, 1994 et 2009, ont permis de simuler des conditions de marée de vive-eau moyenne et exceptionnelles (coefficient 95 et 120) et de morte-eau moyenne et exceptionnelles (coefficient 45 et 20), en supposant le fonctionnement à 100 % des deux tranches actuelles (débit de rejet pris égal à $45 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ par tranche et échauffement pris égal à 15 °C).

Les études [7] montrent que :

- les panaches distincts des deux rejets se fondent rapidement en un seul. À 500 m des rejets les panaches sont confondus ;
- le panache issu des rejets est stratifié sur les premières dizaines de mètres, dans la zone où les échauffements sont les plus forts (jusqu'à 7 °C en surface à 50 m des rejets). À 500 m des rejets, l'échauffement s'est homogénéisé sur la colonne d'eau et atteint au plus $3,5 \text{ °C}$ durant quelques heures ;
- la surface maximale d'influence de la température de l'eau de mer par les rejets est évaluée à $17,5 \text{ km}^2$ pour les 2 tranches actuelles en fonctionnement.

Ces calculs montrent que l'impact thermique sur l'écosystème des rejets des 2 réacteurs ne peut être que très localisé. En effet, compte tenu des températures naturelles de l'eau de mer au droit de Penly rappelées au § 3.3, la température n'est pas susceptible de dépasser aux journées les plus chaudes de l'année 30 °C à 50 m des rejets, et 25 °C à 500 m des rejets.

3.3.3. Synthèse des surveillances menées par l'Ifremer

Le rapport de l'Ifremer [8] indique les éléments suivants :

- compartiments planctoniques :
 - « La zone de Penly montre une forte dynamique des communautés phytoplanctoniques ; les différentes stratégies mises en places pour suivre les différents paramètres de ce compartiment n'ont pas permis de mettre en évidence un déséquilibre du milieu généré par l'activité de la centrale ».
 - « L'abondance et la succession des espèces zooplanctoniques observées depuis 1987 sont cohérentes avec les observations faites de 1977 à 1978 ; elles restent caractéristiques des milieux côtiers de la Manche et de la baie sud de la mer du Nord. La synthèse conclut à l'absence de détection d'un éventuel impact négatif à long terme de la centrale sur les communautés zooplanctoniques »;
- compartiment benthique :
 - L'observation est faite selon un protocole établi en 1988 et repris depuis dans le cadre d'autres suivis (REBENT, études d'impact). L'appréciation disponible à ce jour sur ce compartiment est une incidence « indétectable comparés aux impacts naturels météorologiques et climatiques »;
- compartiment halieutique :
 - « Le suivi du compartiment halieutique ne met pas en évidence d'impact pouvant être attribué au fonctionnement de la centrale ».

La conclusion de la synthèse est la suivante : « **aucun impact significatif sur le milieu marin physique ou biologique des rejets du CNPE de Penly n'a pu être mis en évidence au cours des 20 premières années de fonctionnement** ».

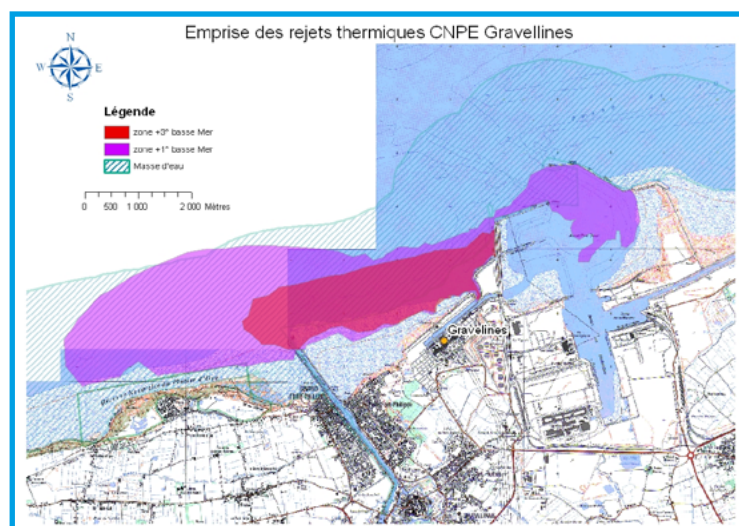
3.4. CENTRALE DE GRAVELINES

3.4.1. Description

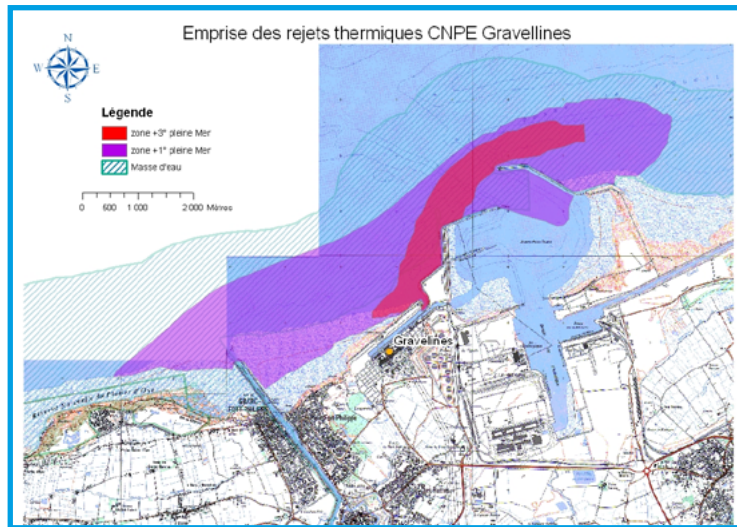
La centrale de Gravelines se situe sur le littoral de la mer du Nord, à l'ouest de l'avant-port ouest de Dunkerque, sur le territoire de la commune de Gravelines, à environ 3 km à l'est de l'embouchure de la rivière Aa. Le littoral au droit du site est soumis à l'influence prépondérante de forts courants de marée, selon un axe Est-Ouest parallèle à la côte, assurant un brassage important des eaux.

À la différence des autres centrales nucléaires en bord de mer d'EDF, le rejet en mer des eaux échauffées par les 6 tranches du site s'effectue à la côte à partir d'un canal de rejet. La limite réglementaire d'échauffement avant rejet est de 12 °C. La température naturelle de l'eau est en moyenne annuelle de 12 °C, avec un minimum en février (3 °C à 4 °C) et un maximum en août (de 19 °C à 20 °C).

3.4.2. Étendue du panache thermique



Basse mer (morte-eau coeff. 53).



Pleine mer (coeff. 53).

Figure 6 : Centrale de Gravelines, illustration des échauffements (en violet : zone d'échauffement de 1 °C, en rouge : zone d'échauffement de 3 °C).

Le panache thermique résultant du fonctionnement de la centrale de Gravelines a fait l'objet d'études précises, sur la base de thermographies aériennes, de relevés de thermographes, et de simulations par modélisation [9]. Au flot (marée montante), le panache, limité par l'isotherme $T+1$ °C s'étend sur une distance d'environ 5 km de part et d'autre du rejet, pour une largeur d'environ 2 km sur une étendue d'environ 20km². Il existe une stratification thermique verticale entraînant la formation d'une thermocline.

À l'étale de courant (étale de marée), l'eau rejetée par la centrale s'accumule devant le canal de rejet et occupe une surface de forme semi-circulaire. Le panache limité par l'isotherme $T+1$ °C s'étend sur une distance d'environ 4 km de part et d'autres du rejet. Le gradient de température horizontal, net, est moins fort qu'au flot. La masse d'eau est stratifiée à la sortie du canal et s'homogénéise en s'éloignant du rejet pour les faibles échauffements.

Au jusant (marée descendante), le panache limité par l'isotherme $T+1$ °C s'étend vers l'ouest sur plus de 7 km, dépassant l'embouchure de la rivière Aa. La dilution du rejet y est assez faible. Peu stratifiée verticalement, cette masse d'eau s'homogénéise rapidement en s'éloignant du rejet.

3.4.3. Synthèse des surveillances menées par l'IFREMER

Synthèse présentée dans le DARPE (suivi 1974-1993, [9]) et surveillances écologiques et halieutiques annuelles depuis 1993 [6] [10].

« À un niveau d'observation général, c'est à dire en des points situés à environ 2 km au large du rejet (au-delà de l'embouchure de l'Aa vers l'ouest et en limite de la digue ouest de l'avant-port de Dunkerque), les grands cycles biologiques caractéristiques se reproduisent dans la limite des variations naturelles observées précédemment et on ne relève pas d'altération du milieu aquatique ».

« La mise en service de la centrale en 1978 s'est traduite par des modifications très locales concernant la biomasse et densité phytoplanctoniques, ainsi que par des changements dans la composition de la faune benthique. Ces modifications sont décelables à l'aval du canal de rejet, sans toutefois dépasser une distance de l'ordre du kilomètre. Le fond étant toutefois peu affecté par la hausse de température due au rejet ; le remaniement dans la composition d'espèces et les déficits en biomasse observés à l'aval du rejet sont attribuables à l'augmentation du courant au niveau du fond.

Dans la zone de balancement des marées, seuls les niveaux d'eau supérieurs subissent les effets du rejet de la centrale, dont l'hydrodynamisme et la température ont permis des modifications bionomiques² importantes sans toutefois transformer la structure fondamentale des peuplements³ ».

« Enfin, malgré la capture, limitée, d'œufs et larves de poissons plats (soles notamment) par le circuit de refroidissement, aucune incidence de la centrale sur le stock de poissons ni sur l'activité de pêche n'a été détectée ».

Plus précisément, les surveillances écologiques plus récentes (rapports de surveillance depuis 1993 [6] [10]) , soulignent que les peuplements benthiques intertidaux sont sous influence directe de deux facteurs principaux : la salinité et la teneur en particules fines du sédiment, et que l'impact thermique de la centrale peut jouer un rôle au niveau de la répartition spatiale de deux populations d'annélides, qu'il faut néanmoins relativiser dans la mesure où l'exclusion réciproque de ces deux populations n'est pas systématique et que la densité de population des deux espèces varie fortement.

La synthèse 1974-1993 [9] et les rapports de surveillance depuis 1993 [6] [10] n'ont donc pas permis de conclure à un déséquilibre notable du milieu imputable aux rejets thermiques de la centrale.

3.5. CENTRALE DU HAVRE

3.5.1. Description

L'unité de production thermique du Havre se compose de 3 unités indépendantes alimentées en charbon, de puissances respectives 250 MW, et 2 fois 600 MW, mises en service respectivement en 1968, 1969 et 1983. La centrale est implantée au cœur du port industriel du Havre; le débit des eaux échauffées à pleine puissance s'élève à $9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, et $22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ respectivement pour les 3 tranches.

Le rejet s'effectue à l'extrémité d'un quai, au sein du port, à plus de 3 km de la sortie maritime du port. La réglementation applicable pour le rejet impose un échauffement inférieur à $10 \text{ }^\circ\text{C}$, et une température du rejet inférieure à $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Les températures à la prise d'eau et au rejet font l'objet d'un suivi quotidien ; ce suivi montre que l'échauffement de $10 \text{ }^\circ\text{C}$ a toujours été respecté. Les tranches de la centrale du Havre ne sont en fonctionnement que 4 000 heures par an en moyenne, soit moins de 50 % du temps (fourniture d'énergie en pointe de consommation), hors de ces périodes il n'y a pas de rejet thermique.

L'échauffement en fonctionnement normal induit par la centrale dans l'avant-port est de l'ordre de $1 \text{ }^\circ\text{C}$; ces eaux sont très rapidement dispersées à la sortie du port par les courants de marée très variables dans le temps et l'espace. La dérive importante due à l'effet de Cap (Cap de la Hève) et à l'estuaire de la Seine empêche toute accumulation des eaux échauffées [11].

3.5.2. Synthèse des surveillances

Une campagne de prélèvement subaquatique de l'épibenthos a été réalisée en 2002 et publiée au Bulletin de la Société Zoologique de France [12]. Sept sites du port (dont 4 situés dans le panache du rejet) ont été inventoriés entre juin et septembre 2000, selon 130 taxons. L'étude met en évidence un impact des rejets de la centrale limité au site de prélèvement situé au rejet (partie du bassin Théophile Ducrocq dans lequel s'effectue le rejet). L'étude lie cet impact de proximité du rejet à l'usage des produits anti-fouling utilisés pour maintenir propres les échangeurs de chaleur, davantage qu'à l'échauffement engendré par les rejets.

² Ecologiques.

³ Benthiques intertidaux de l'estran.

4. CONCLUSION

Les centrales thermiques utilisent l'eau pour assurer le refroidissement de leurs condenseurs et pour alimenter les différents circuits nécessaires à leur fonctionnement.

Les ouvrages de rejet d'eau des centrales électriques ont été conçus pour assurer une bonne dilution des rejets de chaleur en tenant compte des caractéristiques propres à chaque milieu.

Une réglementation propre à chaque centrale spécifie les exigences sur les rejets thermiques (échauffement, seuils de température au rejet et à proximité).

Les rejets de chaleur sont très rapidement dispersés par les courants, et les zones soumises à un échauffement permanent se réduisent au voisinage immédiat des rejets. Ils se dispersent le plus souvent vers la surface et les échauffements décroissent rapidement avec l'éloignement des points de rejets. Ces échauffements se confondent à quelques kilomètres de part et d'autre des rejets avec les variations naturelles de la température d'eau de mer. Les étendues des panaches sont non perceptibles à l'échelle géographique de la sous-région marine Manche-mer du Nord.

Les surveillances écologiques et halieutiques mises en œuvre pour chacun de ces sites sur le milieu marin n'ont pas mis en évidence de déséquilibre notable du milieu imputable à la pression thermique autour des rejets et de ce fait sur les zones couvertes par les panaches thermiques. Il va de soi qu'aucun impact n'est perceptible à l'échelle géographique de la sous-région marine Manche-mer du Nord.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] EDF, 2006. Dossier de demande d'autorisation de rejets d'effluents liquides et gazeux et de prélèvements d'eau du site de Flamanville (EDF).
- [2] Drévès L. (coordinateur), Lampert L., Abernot-Le Gac C., Martin J., Arzel P, Dumas F., Schlaich I., Latrouite D., Woehrling D., 2006. Synthèse hydrobiologique du site électronucléaire de Flamanville (1975-2004). Rapport IFREMER RST.DOP/LER/06.03 – mars 2006., 386 p.
- [3] Drévès L., Abernot-Le Gac C., Monbet P., (coordinateurs), Antajan E., Martin J., Schlaich I., 2010. Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Flamanville. Rapport scientifique annuel 2010. Rapport IFREMER RST DOP/LER/10-02, mars 2010, 208 p.
- [4] EDF, 1997. Dossier de demande de renouvellement des autorisations de prélèvement d'eau et de rejets. CNPE de Paluel (demande du 30/09/1997).
- [5] Ifremer, 2009. Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Paluel. Rapport scientifique annuel 2009. IFREMER RST-LERN 10-01. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00018/12919/9892.pdf>
- [6] Ifremer, 2010. Surveillance écologique et halieutique du site de Gravelines. Novembre 2008-octobre 2009. IFREMER LER/BL/RST/10.05. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00055/16592/14099.pdf>
- [7] Dossier de demande d'autorisation de création d'une INB au titre du décret du 2/11/2007. Troisième tranche nucléaire sur le site de Penly.
- [8] Drévès L., Abernot-Le Gac C. (coordinateurs), Antajan E., Clabaut P., Claquin P., Cochard M., Monbet P., Morin J., Tetard A., Warenbourg C., Thillaye du Boullay H., 2010. Synthèse hydrobiologique du site électronucléaire de Penly (1975-2008). Rapport IFREMER RST-DOP/LER 10.05, septembre 2010, 280 p.
- [9] EDF, 1998. Dossier de demande de renouvellement des autorisations de prélèvement d'eau et de rejets de la centrale nucléaire de Gravelines (1998).
- [10] Ifremer, 2011. Surveillance écologique et halieutique du site de Gravelines. Novembre 2009-octobre 2010. IFREMER LER/BL/RST/11.01. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00055/16593/14100.pdf>
- [11] Gras R. et Latteux B. « Estimation de l'impact thermique sur le milieu aquatique d'une quatrième tranche à la centrale thermique du Havre », Rapport EDF-R&D E.42-77/n°23.
- [12] Breton G. et Vincent T., 2002. La plongée subaquatique permet-elle d'évaluer de manière fiable la biodiversité de l'épibenthos dans un port ?, Bulletin de la Société Zoologique de France, 127(2), 83-94.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CNPE : Centre Nucléaire de Production d'Electricité
DARPE : Dossier d'Autorisation de Rejet et de Prise d'Eau
EPR : European Pressurised water reactor
MW : MegaWatt
MES : Matières en suspension