



Quel devenir  
pour les sédiments de dragage ?



Réponse éco-responsable  
et durable en vallée de Seine

L'expérimentation de la  
ballastière d'Yville-sur-Seine

*Actes du séminaire*  
*23 mai 2013*



**Quel devenir  
pour les sédiments de dragage ?**



**Réponse éco-responsable  
et durable en vallée de Seine**

L'expérimentation de la  
ballastière d'Yville-sur-Seine

***BILAN ET PERSPECTIVES***  
*Actes du séminaire*  
*23 mai 2013 - H2O - Rouen*



## 9 h 00 • Ouverture de la journée

**Pierre-Henry MACCIONI**, *Préfet de la région Haute-Normandie, Préfet de Seine-Maritime*

**Madame RESTANCOURT**, *chef du bureau des procédures publiques*, excuse le Préfet retenu pour une réunion à Paris, et ouvre le séminaire sur la ballastière expérimentale d'Yville-sur-Seine.

**Bernard CATTI**, *Maire d'Yville-sur-Seine* et **François LE GALLO**, *ancien Maire d'Yville-sur-Seine*

**François LE GALLO** souligne qu'il était maire de la commune quand l'expérimentation a été mise en place ; il s'exprime aujourd'hui également au nom de Bernard CATTI, maire actuel de la commune. Il revient sur l'histoire de la commune qui remonte à 1789. Le châtelain donne alors ses terres du marais. Pendant deux siècles, le marais, devenu communal, fut utilisé par les habitants. Au début des années 1970, les premières exploitations de granulats par les carrières apparaissent pour réaliser l'autoroute A13 dans des conditions peu réglementées. Dans les années 90, 95, les carrières deviennent des industriels et les volumes extraits sont importants. Le premier schéma départemental des carrières est rédigé et met en place la règle du 1 pour 1 (1 hectare pris = 1 hectare rendu, soit remblayé). Parallèlement, les élus de la commune prennent conscience que le désherbage pose problème aux agriculteurs. Les



> Séminaire du 23 mai 2013, F. LE GALLO et B. CATTI

© Rémi Henderler

carriers se trouvent alors dans une impasse étant donné la difficulté de trouver des remblais et de les transporter. A ce moment, le Parc Naturel Régional des Boucles de la Seine Normande, en la personne de **Monsieur DUMONT**, parle d'un possible remblaiement de la ballastière. La commune y a complètement adhéré, pour plusieurs raisons : le retour des prairies ; la réduction de l'impact paysager des carrières ; la pérennisation des ressources communales – à travers l'activité des carriers. A cette époque, la commune n'avait pas conscience de l'ampleur de l'expérimentation et des problèmes qu'elle pourrait poser pour le Port. La commune a été associée tout au long de l'expérimentation. Il tient à remercier le Port pour avoir respecté la commune pendant ces vingt ans.

**Bernard CATTI** s'excuse pour ses difficultés d'élocution, et indique qu'il aura le plaisir d'accueillir les participants le lendemain lors d'une visite sur site.



**Régis SOENEN**, *Directeur de l'Aménagement Territorial et de l'Environnement, Grand Port Maritime de Rouen*

**Régis SOENEN** remercie les participants d'être venus nombreux.

Les vingt années de ce projet, évoquées par **François LE GALLO**, signifient selon lui plusieurs choses. Premièrement, cela montre que ce dossier s'est inscrit dans la durée, durée indispensable pour avoir suffisamment de recul et ne pas commettre d'erreur. Pour le Grand Port Maritime de Rouen, cela a été déterminant pour garantir la mission confiée par l'Etat qui consiste à entretenir en continu les accès nautiques du chenal.

A travers ces vingt ans, beaucoup de chiffres vont être évoqués, mais aussi des évolutions concernant les missions du Port. En effet, aujourd'hui la mission environnementale est devenue fondamentale, autant que l'enjeu économique qui autrefois prédominait. Le socle scientifique a été par ailleurs valorisé à travers cette approche, afin de lever toute ambiguïté sur l'évaluation réalisée. Aujourd'hui, l'ensemble des composantes sont présentes pour témoigner de ces différentes facettes.

Il présente **Claude CHARDONNET**, du cabinet C&S Conseils, chargée d'animer cette journée.

Il salue par ailleurs les nombreux acteurs qui ont participé à la genèse de cette expérimentation, dont

Antoine DELOUIS autrefois au Port de Rouen, qui a gardé la mémoire de ce dossier.

**Claude CHARDONNET** indique qu'elle sera attentive à ce que la diversité des acteurs mobilisés tout au long de cette expérimentation – acteurs associatifs, économiques, institutionnels, services de l'Etat – puisse s'exprimer. Il s'agira de mesurer la rigueur des méthodes employées, rappeler les questions qui se sont posées au départ, partager les résultats, et enfin, de tirer les enseignements de cette démarche, dont la portée dépasse la ballastière d'Yville.



> Séminaire du 23 mai 2013, R. SOENEN

© Rémi Hender





## 9 h 15 • Contexte, origines et principe de l'expérimentation

### LE CONTEXTE DE LA GESTION DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE

**Sandrine SAMSON**, *Chef du Service Environnement,  
Grand Port Maritime de Rouen*

(voir présentation<sup>1</sup> diapos 1 à 11 « Contexte de la gestion  
des sédiments de dragage du Port de Rouen »)

**Sandrine SAMSON** présente le Port de Rouen, Grand Port Maritime, situé en fond d'estuaire, qui accueille plus de 3 000 navires par an, et compte un trafic global de plus de 20 millions de tonnes de marchandises. Parmi les marchandises, on trouve principalement des vracs liquides (produits pétroliers en particulier), et des vracs solides, dont les céréales, sachant que Rouen est le premier port européen d'exportation de céréales. Au total, le Port compte 24 terminaux répartis sur 6 sites le long de la Seine.

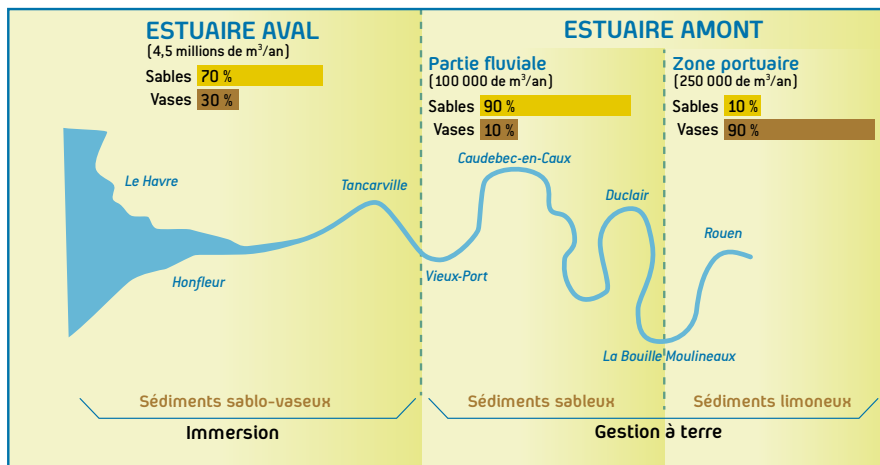
Des dragages d'entretien sont réalisés afin de maintenir les accès nautiques du Port. Les matériaux extraits connaissent différents devenir. Sur l'estuaire aval, c'est-à-dire, à proximité de l'embouchure de la Seine, une partie des sédiments est constituée de sables fins et de vase représentant un volume de 4,5 millions de m<sup>3</sup> annuel. Ces sédiments sont immergés sur le site du Kannik, en rive nord de l'embouchure. L'autre partie des sédiments dragués - qui concerne

plus particulièrement le sujet du séminaire - se situe en eau douce, au-delà du front de salinité. On y trouve deux types de sédiments qui se situent dans la partie fluviale entre Vieux-Port et La Bouille/Moulineaux, soit 100 km, soumise à de forts courants de marée représentant un volume annuel de l'ordre de 100 000 m<sup>3</sup> et la partie plus amont, qui est, elle, le siège d'une sédimentation importante et représente un volume annuel de l'ordre de 250 000 m<sup>3</sup> de sédiments composés d'environ 90% de limon et 10% de sable. Dans cette partie - l'estuaire amont -, les sédiments sont gérés à terre et transportés par la drague Ronceray, d'une capacité de 1500 m<sup>3</sup> et équipée d'un système de refoulement hydraulique.

Pendant de longues années, les sédiments de la partie amont de l'estuaire ont été déposés dans des chambres de dépôt situées à proximité des berges. Ces chambres de dépôt sont constituées de casiers, fermés par des digues en terre. On peut voir l'exemple de photos de sites de dépôts à terre dans la présentation (diapos 6 à 12). Les sédiments déposés sont du limon et/ou du sable. Ces sites constituent des surfaces importantes, et représentent des tas qui s'intègrent difficilement dans le paysage. Il existe au total 16 sites de dépôt recensés et localisés à proximité des zones de dragage.

En 1990, un schéma décennal d'aménagement des chambres de dépôt a fait l'objet d'une concertation. C'est à cette époque qu'émerge une idée alternative

<sup>1</sup>session 9h15 - gestion des sédiments de dragage



Mode de gestion des sédiments de dragage par le Port de Rouen. Source : GPMR

qui consiste à utiliser les sédiments limoneux pour remblayer les ballastières. En 2001, le GPMR s'est engagé auprès du PNR des Boucles de la Seine Normande, dans le cadre de sa charte, à ne pas créer de nouvelles chambres de dépôt dans les espaces naturels et paysagers majeurs du Parc. En 2004-2005, un schéma de gestion et de valorisation des sédiments de dragage est élaboré.

Aujourd'hui, la gestion est différenciée en fonction de la nature des sédiments. Les matériaux limoneux sont mis en dépôt dans les ballastières pour la création de zones humides et la valorisation paysagère, tandis que les matériaux sableux sont mis dans des chambres de dépôt pour être revalorisés ensuite

dans le BTP. Le choix des chambres de dépôt prévues d'être transformées en installations de transit pour la valorisation des sédiments de dragage dans le secteur du BTP, s'est porté sur 5 sites répartis le long de la vallée de la Seine.

**Sandrine SAMSON** précise qu'une ballastière est une carrière en eau qui résulte de l'exploitation de matériaux alluvionnaires. Les plans d'eau sont de 8 à 10 m de

profondeur avec une pente assez raide et un faible intérêt écologique. La ballastière d'Yville est située dans la boucle d'Anneville-Ambourville à 40 km de Rouen, sur la commune d'Yville-sur-Seine. Elle s'étend sur 11 ha, et fait 8 à 10 m de profondeur. Elle est d'une capacité de stockage de 1 million de m<sup>3</sup>. Le plan d'eau est communal, il a été restitué par le carrier à la commune avant l'expérimentation.

L'expérimentation a été autorisée en 1999 et le début du remblaiement (diapos 11 à 12) s'est effectué en 2000. Le dispositif de remblaiement consiste à transporter les sédiments depuis la drague vers la ballastière par voie hydraulique sur plus d'un kilomètre de distance.



> Création de nombreux plans d'eau par l'activité des carrières  
(exemple : CBN)

© Patrick Boulen

## AUX ORIGINES DE L'EXPÉRIMENTATION

**Thierry LECOMTE**, *Écologue, ancien Chargé de mission Biodiversité au Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande*

**Thierry LECOMTE** revient sur l'histoire de l'expérimentation qu'il présente comme la genèse d'une pensée. Elle s'inscrit à l'origine dans le contexte des années 70 où le modèle économique de l'époque de la Ruhr et ses usines prévaut. C'est le ministre André Bettencourt, qui avance l'idée d'une coupure verte entre Rouen et Le Havre. La « recette » parc naturel va alors séduire car elle repose sur le volontariat et est moins contraignante que les parcs nationaux. Le site offre un patrimoine historique avec de grandes abbayes, et naturel, avec les massifs forestiers. Le PNR de Brotonne est ainsi créé en 1974. Lors des élections présidentielles de la même

année, le premier candidat écologiste, apparaît en la personne de René DUMONT. La première loi sur la protection de la nature est également édictée cette année-là.

Le PNR se dote en 1976 d'un écologue, Monsieur LECOMTE lui-même, qui prend conscience de l'énormité de la tâche. Il souligne en effet qu'à l'époque, le milieu naturel est très peu connu et l'écologie n'est pas prise au sérieux.

Les deux grandes unités naturelles qui structurent le territoire du Parc sont les forêts et les zones humides. Mais ces dernières sont très peu préservées : 80 000 hectares de zones humides sont détruits à l'échelle nationale chaque année. Les causes de cette disparition sont le drainage agricole, le défrichement, les chambres de dépôt, l'urbanisation, etc. Dans les années 80, il existe peu d'outils pour préserver les zones humides du parc. En 1994, le préfet BERNARD s'intéresse aux zones humides et en 1995, le premier plan d'action national pour les zones humides est adopté.

Deux partenaires vont être facteurs de blocages sur le territoire du Parc : le Port autonome, qui dispose de sédiments pollués par des métaux lourds et qui doit faire ses dépôts près des zones d'extractions et, les carrières, dont les exploitations créent des trous d'eau (les ballastières) qui ne sont pas comparables à des zones humides sur le plan de la richesse naturelle.



Sans arsenal juridique et avec une charte de faible portée, le PNR n'arrive pas à juguler l'hémorragie des zones humides. En 1992, suite au schéma décennal d'aménagement des chambres de dépôt, qui ne satisfait pas le Parc, celui-ci essaie d'engager un dialogue « triangulaire » avec le port et les carriers. C'est là qu'apparaît l'idée de recréer des zones humides en mettant « les tas dans les trous ». Les acteurs éprouvent alors une difficulté à travailler ensemble. Le caractère contaminé des vases inquiète les habitants et l'administration en charge de l'eau. Les carriers vont se laisser convaincre, car au lieu de laisser 12 % des zones d'extraction libres d'exploitation, ils sont invités à exploiter la totalité, ce qui rentabilise la concession. Le Port va montrer plus de résistance vis-à-vis du projet, car la distance pour déposer les sédiments va être plus importante et nécessiter une structure de refoulement adéquate et coûteuse. L'autre défi est la présence des métaux lourds dans les sédiments. Car si les tas sont déposés à terre, l'eau de pluie, qui est une eau acide, désolidarise les métaux lourds et les conduit directement dans la nappe phréatique. A l'inverse, on suppose que les sédiments sont mieux absorbés s'ils sont « séquestrés » dans l'eau. Le but final de cette expérimentation étant de recréer une vraie zone humide.

**En conclusion, Thierry LECOMTE** souligne la conviction qu'il a fallu pour mener à bien ce projet et souligne que le PNR est un territoire d'expérience où il est possible de concilier économie et écologie.

### LA DÉMARCHE DE L'EXPÉRIMENTATION

*Pour consulter la vidéo de présentation du projet, rendez-vous à l'adresse suivante : [www.rouen-haropaports.com](http://www.rouen-haropaports.com)*

*> Rubrique «environnement»*

*> Ballastière d'Yville-sur-Seine*





## 9 h 50 • Un programme de suivi rigoureux : objectifs et résultats

**Claude CHARDONNET** rappelle que la journée a été mise au point avec l'ensemble des acteurs réunis au sein du Comité de suivi.

### LE SUIVI DE LA PHASE DE REMBLAIEMENT

**Claire BERTOLONE**, *Chargée d'études au Service Environnement, Grand Port Maritime de Rouen*

(voir présentation<sup>2</sup> diapos 1 à 11 « Un programme de suivi rigoureux : objectifs et résultats – Suivi de la phase de remblaiement »)

**Claire BERTOLONE** présente les suivis qui ont été menés pendant la phase de remblaiement. 3 piézomètres ont été installés pour suivre la qualité et le niveau des eaux souterraines ; un des piézomètres a été supprimé pour raisons d'exploitation et 2 autres ont été ajoutés. Elle précise que deux autres milieux adjacents à la ballastière ont fait l'objet d'un suivi : un étang à voile et un fossé.

La première étape a consisté à suivre la qualité des sédiments. Sans grille de suivi préalablement existante, le GPMR a dû proposer lui-même une grille sur la base d'un travail bibliographique et de référentiels européens. Le groupe de travail composé du Parc et des services de l'Etat, a validé cette grille et l'a inscrite dans l'arrêté préfectoral autorisant le projet expérimental.

Trois principaux groupes de composants ont été analysés : les métaux, les PCB et les HAP. Les analyses ont été conduites deux fois par an dans les zones draguées, au printemps et à l'automne. Un indice de qualité décroissant (de 0 à 5) a été attribué pour caractériser la qualité des sédiments. L'admissibilité des sédiments a été permise sur les sédiments dont la qualité était inférieure ou égale à 3. Sur la période 1999 – 2009, on observe que l'indice pour les métaux est inférieur ou égal à 1. Globalement, pour les métaux, les PCB et les HAP, les analyses ont montré que la qualité des sédiments permettait le remblaiement en ballastière. Sur la durée, on observe même une tendance à l'amélioration générale de la qualité des sédiments dragués.

Une étude complémentaire a été conduite en 2001-2002 sur le risque éco-toxicologique pour vérifier la toxicité des organismes terrestres et benthiques. Cette étude a conclu à l'absence de toxicité majeure et a permis de confirmer le choix du milieu qu'il avait été décidé de recréer.

Un suivi du remplissage a également été engagé pour observer la quantité de sédiments refoulés. Le suivi bathymétrique du plan d'eau a permis d'adapter le remplissage en fonction de la hauteur.

Un suivi de la qualité des eaux superficielles a été réalisé sur 4 points de prélèvement (le rejet en Seine, la ballastière, et les milieux adjacents) et a permis de voir que la ballastière expérimentale

<sup>2</sup> session 9h50 - le suivi de la phase de remblaiement



> Dispositif de dépôt des sédiments en ballastière

s'enrichissait très rapidement en raison des apports de sédiments et d'eau de la Seine. De par cet enrichissement du milieu en éléments nutritifs, on constate une stimulation phytoplanctonique et algale. Au fur et à mesure du remblaiement, on a constaté également l'eutrophisation du milieu, avec une baisse de l'oxygène, en particulier, en période estivale. Des pêches de sauvegarde ont été réalisées pour anticiper les problèmes ; les poissons ont été déplacés dans un plan d'eau voisin.

**En conclusion**, on observe que la qualité des eaux superficielles de la ballastière a évolué vers la qualité des eaux de la Seine. Enfin, les seules variations notées sur les deux milieux adjacents (fossé et étang à voile), est une évolution naturelle des milieux.

### Robert MEYER, *Hydrogéologue agréé*

(voir présentation<sup>3</sup> diapos 12 à 19 « Un programme de suivi rigoureux : objectifs et résultats – Suivi de la phase de remblaiement »)

**Robert MEYER** revient sur son expérience d'une vingtaine d'années sur le projet et souligne qu'Antoine DELOUIS a été « le grand horloger de cette affaire ». Parmi les partenaires autres que l'Etat et le Parc naturel régional, il évoque les collectivités, les associations et les spécialistes scientifiques, qui réunis, ont permis de convaincre sur la faisabilité de ce projet qui consistait à remblayer une ballastière avec des sédiments pollués.

Les questions de départ qui se posaient étaient de trois ordres :

- > la facilité de compaction des matériaux dans la ballastière ;
- > la diffusion / non-diffusion des micropolluants ;
- > la variation de niveau d'eau, et le risque de créer un phénomène d'inondation.

Un travail de bibliographie a été effectué à l'époque, notamment par Sandrine SAMSON, pour voir ce qui s'est fait ailleurs.

Une modélisation hydrogéologique a été réalisée sur la ballastière mais aussi sur les milieux adjacents pour voir la circulation avant, pendant et après le remblaiement. La modélisation a été bonne car les résultats peuvent aujourd'hui être constatés.

<sup>3</sup> session 9h50 - le suivi de la phase de remblaiement



Il rappelle le suivi réalisé avec les piézomètres présenté par **Claire BERTOLONE**. Au niveau des micropolluants, il a été montré que rien n'a quitté la ballastière et que les matériaux se sont colmatés très facilement. La qualité des eaux de la nappe est restée conforme aux normes de l'eau potable, ce qui montre qu'il n'y a pas eu de transfert de polluants depuis la ballastière.

Enfin, sur la question des niveaux d'eau, on n'observe pas de décrochage sur la courbe générale et les écoulements souterrains n'ont pas été modifiés.

**En conclusion** Monsieur MEYER indique que, d'un point de vue physicochimique, l'expérimentation est consolidée : la compaction des matériaux est progressive - il reste encore un peu d'eau dans les vases – cela étant normal en terme de durée.

## LE SUIVI DU RÉAMÉNAGEMENT ÉCOLOGIQUE

**Claire BERTOLONE**, *Chargée d'études au Service Environnement, Grand Port Maritime de Rouen*

(voir présentation<sup>4</sup> diapos 1 à 12 « Un programme de suivi rigoureux : objectifs et résultats – Suivi du réaménagement écologique »)

**Claire BERTOLONE** remercie l'équipe du Parc qui a été mobilisée sur le projet - **Rachel SICCARD**, **Simon GAUDET** et **Géraud RANVIER** -, le **Groupe Ornithologique Normand (GONm)** et l'entreprise **Nicolas MOULIN entomologiste** pour les invertébrés.



Elle rappelle l'objectif prioritaire du réaménagement écologique qui consiste à recréer des milieux favorables à la biodiversité. Le choix a été fait par le Comité de suivi en 2006 de recréer une prairie humide, une mégaphorbiaie et un plan d'eau permanent de faible profondeur. En terme d'objectif paysager, c'est cohérent avec les paysages présents en vallée de Seine et avec la volonté de préserver les prairies humides qui se raréfient. Le choix s'est également porté sur ces milieux car il a été possible de bénéficier d'une couche superficielle de tourbe dans le cadre de l'exploitation de la carrière.

Elle présente le schéma du réaménagement qui a été observé dans le film projeté : le dépôt de sable sur la prairie s'est effectué avant le dépôt de tourbe, ceci afin d'améliorer la portance du sol.

L'état initial du milieu a été réalisé en 2008. Aucune plante n'a été semée, afin de favoriser la recolonisation naturelle du site.

<sup>4</sup> session 9h50 - le suivi du réaménagement écologique



Plusieurs grands compartiments ont été suivis : le sol, la végétation, les oiseaux, les insectes et le biotope (qualité de l'eau, topographie).

Concernant *le suivi de la topographie*, on observe un phénomène prévisible de tassement des sédiments. Cela est lié à l'agencement des particules (en milieu neuf) et à la minéralisation de la tourbe. Pour anticiper ce tassement, l'ajout de sable a été fait lors du remblaiement par les sédiments et les cotes théoriques du projet ont été ajustées. On observe un tassement croissant du sud vers le nord ; les sédiments plus fins sont allés plus au nord où on observe donc un tassement plus important.

Ce gradient topographique avec différents niveaux est plutôt favorable à la biodiversité.

Concernant le suivi de la qualité des eaux en ballastière, il a été réalisé à l'aide de sondes physico-chimiques pour des mesures ponctuelles et des analyses plus poussées en laboratoire. On constate que la qualité des eaux superficielles tend vers un milieu eutrophe favorable à un développement algal qui peut poser certains problèmes, en particulier des baisses d'oxygène.

Concernant le suivi des hydrophytes réalisé par le Parc, l'objectif était de caractériser la végétation à partir de relevés phytosociologiques et de faire une cartographie pour suivre l'ensemble de la végétation. Un état initial a été réalisé en 2008 et le suivi effectué chaque année. Un développement de plantes invasives a été observé dès le départ.

12 espèces aquatiques ont été recensées au départ. Les années les plus fructueuses ont été 2008 et 2009. Dès 2010, les espèces patrimoniales ont diminué. Aujourd'hui, on recense 5 espèces aquatiques sur le plan d'eau, dont une seule espèce patrimoniale et une plante invasive, la jussie. Claire BERTOLONE présente les actions de lutte contre la jussie qui s'effectuent deux fois par an (arrachage manuel ou étrépage mécanique).

En conclusion, sur l'évolution de la végétation aquatique, on constate une évolution des





groupements de végétation de milieu calme à eutrophes avec une dominance des algues filamenteuses et des lentilles d'eau. Dans les zones de hauts fonds, la diversité est moins importante.

Concernant la faune piscicole, une pêche d'inventaire a été réalisée en 2011. On recense trois espèces dans le plan d'eau : beaucoup de carpes, des anguilles et une brème. Le bilan des analyses effectuées sur la chair à poisson montre que la qualité du plan d'eau est bonne pour les carpes, un peu moins pour les anguilles.

**Fabrice BUREAU et Estelle LANGLOIS, Docteurs es Écologie, Laboratoire ECODIV - Université de Rouen**

(voir présentation<sup>5</sup> diapos 13 à 29 « Un programme de suivi rigoureux : objectifs et résultats – Suivi du réaménagement écologique »)

**Fabrice BUREAU** présente le suivi effectué sur la prairie humide, au niveau des sols, et de la végétation. Le laboratoire **ECODIV** a été impliqué dans le projet à partir de 2008 avec pour objectif de suivre la biodiversité et les fonctions écologiques du site. L'enjeu était également de mettre en place une procédure de suivi écologique puisque l'expérience est relativement originale à l'échelle nationale, et pose des questions sur la méthode à mettre en œuvre pour reconstituer un milieu naturel.

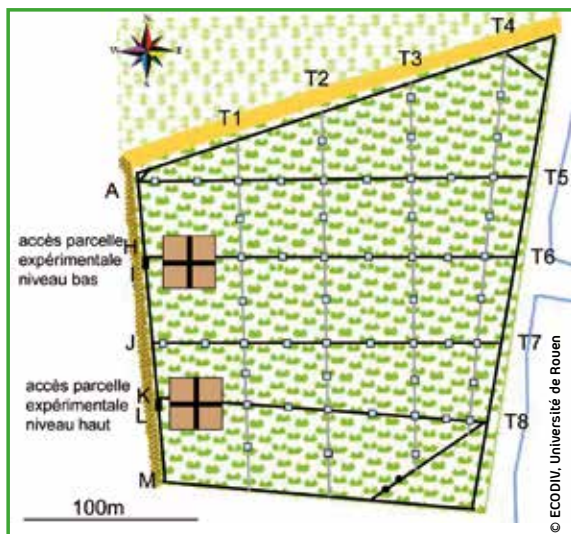
Il présente la démarche scientifique qui a été suivie : une caractérisation du milieu à un temps 0, un suivi de la colonisation spontanée et un suivi de deux fonctions écologiques spécifiques des milieux humides : le stockage du carbone et la dénitrification. Pour savoir si on avait un gain par rapport aux écosystèmes naturels de même type, une prairie témoin a été choisie, avant d'engager les travaux.

Le sol caractérisé au départ est un sol tourbeux recouvert par des alluvions.

Le sol du projet de réaménagement a été reconstitué selon le gradient suivant : de la tourbe sur la majeure partie de la surface et une petite partie minérale (sableuse). Cela s'explique par le dispositif de refoulement et la nature des matériaux refoulés pour le réaménagement du sable et puis de la tourbe. Comme l'a expliqué précédemment **Claire BERTOLONE**, la tourbe étant un matériau plus léger, elle est allée se déposer plus loin dans la ballastière.

**Estelle LANGLOIS** présente le suivi de la végétation. La dynamique de recolonisation a été naturelle. Un protocole de suivi a été mis en place sur des grilles de un m<sup>2</sup>, avec 208 relevés de végétation (deux relevés par an, au printemps et à la fin de l'été) en observant la composition floristique et le recouvrement de la végétation. En parallèle de ce suivi, la prairie témoin a été également caractérisée. Au terme de cinq années

<sup>5</sup> session 9h50 - le suivi du réaménagement écologique



> Localisation des transects (T1 à T8), des quadrats de relevés floristiques et des parcelles expérimentales sur la prairie créée. Les quadrats, représentés en bleu ciel, sont des carrés de 2 m de côté subdivisés en 4 carrés d'1 m<sup>2</sup>, disposés le long des transects. La flore y est relevée en présence-absence, la hauteur de la végétation mesurée et le recouvrement estimé visuellement.

de suivi, on observe qu'en terme de recouvrement, il y a une colonisation très rapide ainsi qu'une fermeture du milieu. En revanche, le recouvrement ne concerne pas la totalité de la surface, en raison de deux facteurs : l'introduction de deux juments sur la prairie – qui vont piétiner le milieu – et un fauchage des saules qui colonisaient la prairie, conformément



aux vœux du Port de recréer une prairie humide et non une saulaie fermée. On observe que la richesse de la végétation est beaucoup plus importante que sur la prairie témoin (nombreuses espèces). Au cours du temps, la végétation évolue (nouvelles espèces). En conclusion, on a donc une colonisation très rapide de la végétation, une richesse floristique très importante et enfin, une action intéressante de la part des chevaux et de la fauche des saules.

La végétation n'est pas homogène avec une végétation à affinité de milieu très humide (les typhas, les joncs) sur l'essentiel de la prairie, sur la partie sud et plus élevée, une végétation plus mésophile, et ponctuellement, une végétation caractéristique des zones sableuses liée à la présence de sable sur une



petite surface. La structuration spatiale de la prairie amène donc une diversité floristique intéressante.

On observe trois espèces significatives en terme de recouvrement :

- > le saule, qui a été fauché en 2010,
- > le typha, qui augmente en terme de recouvrement,
- > le cirsiium, qui n'est pas souhaitable dans les champs. Une espèce qui prolifère mais qui a diminué fortement en 2012.

L'autre intérêt de la restauration de cette ballastière, c'est l'apparition d'espèces patrimoniales peu communes dans la région : la Samole de Valérand, espèce typique des tourbes, le souchet brun et l'euphorbe des marais qui prolifère cette année.

**Fabrice BUREAU** précise que d'autres organismes ont été utilisés en terme de bio-indication. Notamment les vers de terre qui sont apparus au bout de quatre années, ce qui pose la question de la durée de suivi de la restauration des milieux (trois années auraient été trop peu). Les collemboles sont apparus dès la deuxième année et le nombre d'espèces tend à augmenter. Deux espèces dominent la communauté dont l'une est typique des milieux humides et n'apparaît pas dans la prairie témoin.

Le suivi a par ailleurs porté sur les fonctions des écosystèmes et en particulier sur la dénitrification, qui est typique des milieux humides. Cette fonction



> *Le Souchet brun, espèce de zones humides très rare en Haute-Normandie*

© EcoDij

permet d'avoir certaines bactéries qui vont chercher l'oxygène qui leur manque (car le milieu est rempli d'eau) dans les nitrates et renvoyer l'azote dans l'air (azote gazeux). C'est la seule voie de retour de l'azote dans le sol à l'azote gazeux et c'est la raison qui amène à préserver les zones humides. Les résultats montrent que la dénitrification opère bien, si l'on compare à la zone témoin à côté.

**En conclusion**, la mise en place par voie hydraulique a permis d'obtenir un gradient topographique différencié et ainsi, l'apparition d'une biodiversité. Au bout de quatre ans, il y a un gain de diversité végétale, l'apparition d'espèces de milieux humides et l'apparition d'une fonction typique des milieux humides. En terme de suivi, on peut s'interroger sur l'intérêt d'un suivi à plus long terme, sur dix ans.



**Christelle STEINER, Responsable de la mission Biodiversité, Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande**

(voir présentation<sup>6</sup> diapos 30 à 48 « Un programme de suivi rigoureux : objectifs et résultats – Suivi du réaménagement écologique »)

**Christelle STEINER** présente l'étude réalisée sur la faune qui a recolonisé le site, et en particulier les insectes afin de répondre aux questions suivantes :

- > **A quelle vitesse et comment vont-ils recoloniser le site ?**
- > **Si les milieux se reconstituent, pour autant, est ce qu'il s'agit de communautés caractéristiques ?**
- > **Quel rôle le milieu va-t-il jouer par rapport au contexte de la Boucle ?**

Trois groupes d'insectes ont été suivis : Coléoptères carabidés, Orthoptères (criquets, sauterelles), Odonates (libellules et demoiselles).

Les résultats ont montré les choses suivantes :

- > la présence d'espèces patrimoniales,
- > des cortèges relativement liés aux zones humides, en particulier pour les Carabidés et Orthoptères.

Néanmoins, le Parc est arrivé à la même conclusion que l'université, à savoir que l'on manque encore d'un peu de recul car le site évolue vite et le protocole doit être adapté. Le Parc recommande ainsi un suivi sur le plus long terme pour savoir comment les communautés se structurent et comment elles se



> Bruant des roseaux

© Flickr/creative commons

stabilisent, si elles se stabilisent.

Le Parc a également suivi l'avifaune, en partenariat avec le GONm, avec un recensement mensuel depuis quatre ans. 88 espèces ont été recensées dont 12 qui

se trouvent dans l'annexe 1 de la Directive Oiseaux. Ce sont des espèces typiques de zones humides : canards, passereaux paludicoles, ou limicoles (liées aux vasières).

Le suivi de l'avifaune sur le site a montré :

- > une liste d'espèces assez importante et peu observée dans la boucle,
- > une bonne reproduction sur le site,
- > un intérêt immédiat de la zone dès 2009 (rôle du plan d'eau),
- > un bémol pour les oiseaux d'eau migrateur,
- > peu d'évolution du site jusqu'en 2013.

<sup>6</sup> session 9h50 - le suivi du réaménagement écologique





**Claire BERTOLONE**, *Chargée d'études au Service Environnement, Grand Port Maritime de Rouen*

(voir présentation<sup>7</sup> diapos 49 à 52 « Un programme de suivi rigoureux : objectifs et résultats – Suivi du réaménagement écologique »)

**Claire BERTOLONE** présente ensuite le suivi réalisé sur le pâturage (par les deux juments) ainsi que le suivi de la qualité de la tourbe et de la végétation, dont l'objectif est de vérifier qu'il n'y a pas de remontée significative de polluants.

Aujourd'hui, on constate que la pression effectuée par le pâturage est suffisante et permet de maintenir une mosaïque de végétation de milieux ouverts. L'état sanitaire des chevaux est satisfaisant, ils remplissent bien leur rôle en consommant certaines espèces et notamment les espèces au développement rapide qui peuvent devenir trop prédominantes.

Concernant la qualité de la tourbe et de la végétation, on n'observe pas de concentration importante en métaux, PCB et HAP et on se situe en-dessous des seuils de l'arrêté fourrage.

En conclusion, Claire BERTOLONE souligne que le réaménagement écologique a permis d'atteindre l'objectif de départ, à savoir la reconstitution de milieux remarquables sur le plan de la biodiversité et rares en Vallée de Seine. Le bilan est positif et l'on observe une mosaïque de milieux. Sur le plan d'eau, le résultat est plus nuancé au niveau des



> L'étang en 2012

© J.-P. Thorez / AREHN

hydrophytes (plantes aquatiques). Pour l'avifaune, le bilan est positif.

Sur le plan opérationnel, les choix effectués ont été confortés : ne pas planter, mettre du sable pour améliorer la portance du sol, gérer la prairie par la mise en place du pâturage.

**En conclusion**, elle formule le souhait que l'expérience puisse être utilisée dans les futurs projets de réaménagement. Elle suggère de s'interroger sur les objectifs de ces nouveaux projets : un objectif de biodiversité ou la création de milieux un peu différents, un peu moins intéressants sur le plan écologique mais qui pourraient permettre des usages variés, comme l'agriculture.

<sup>7</sup> session 9h50 - le suivi du réaménagement écologique



## *Echanges avec la salle*

**Claude BARBAU**, *Haute Normandie Nature Environnement*, nommé au Comité de suivi au titre du GRAPE, revient sur la genèse de l'expérimentation et sur le slogan « les tas dans les trous ». Il met en garde contre cette expression étant donné que la population peut légitimement s'interroger sur ce qui a été mis dans les trous.

Il souligne l'opposition croissante des riverains aux chambres de dépôt, renforcée en 1997 par le drame de la Vaupalière qui avait vu le torrent de boue déboucher précisément là où une chambre était envisagée. Cela avait conduit à l'abandon de cette chambre de dépôt.

Il se satisfait de la présentation de la technique de remblaiement qui a consisté à mettre du sable de façon à stabiliser les matériaux. En effet, il revient sur les questions qui se posaient à l'origine de l'expérimentation : la consolidation d'une masse d'éléments dilués, ainsi que la question de l'eau qui effectuait un va et vient et aurait pu détruire le premier colmatage. Il souligne l'action de l'association en 2002-2003, qui s'est mobilisée pour avoir différents points de prélèvement.

Au sujet de la reproduction de l'expérience ailleurs, il souligne l'importance de la diversité des acteurs qui jouent également un rôle d'aiguillon.

**Dr Arielle BAHAUT**, fait part de son grand intérêt pour les présentations qu'elle juge de qualité et félicite le Port pour le travail effectué sur un sujet auquel elle est sensibilisée depuis plus de vingt ans. Elle revient sur la confrontation de départ au droit et à la législation qui a permis d'aboutir aux conclusions présentées aujourd'hui. Elle insiste sur le fait que le dialogue entre le Parc, le Port et les carrières a été facilité par une démarche initiale de droit car il a fallu passer par une décision du Tribunal Administratif en 1992 suite à une présentation d'un Sud-Africain de la démarche appelée « les tas dans les trous », ainsi que d'un travail au niveau du Ministère de l'Environnement dont elle-même faisait partie, qui a permis de développer ce concept.

**Jérôme CHAIB**, *consultant en environnement*, revient sur la gestion de la végétation. Il estime souhaitable d'avoir limité l'expansion des saules, mais souligne que les typhas sont d'autant plus redoutables - plante invasive qui présente peu d'intérêt en terme de biodiversité et qui est très difficile à contenir par les juments. Il invite donc à surveiller le développement de cette plante.

**Rémy FILALI**, *Agence de l'Eau Seine Normandie*, s'interroge sur les fourrages et l'absorption par les juments des différents polluants. Il propose d'approfondir cette question sur différentes catégories d'espèces végétales.



**Thierry LECOMTE** s'interroge sur la contamination. Il précise que l'analyse des fourrages a également été réalisée sur le secteur de la Réserve Naturelle Nationale de l'estuaire de la Seine où la gestion par pâturage est une mesure compensatoire du pont de Normandie. Il insiste sur la nécessité de suivre ce paramètre.

Il insiste également sur la nécessité d'inscrire l'expérimentation dans un laps de temps tel que celui nécessaire pour l'analyse géologique. Selon lui, il faut maintenir le suivi parce que la science écologique elle-même est une science récente. Il invite ainsi à faire preuve d'humilité par rapport aux autres sciences qui ont plus d'ancienneté (algèbre, astronomie, médecine,...). Il estime qu'il faudrait distinguer deux temps dans la recherche : la recherche fondamentale et la recherche appliquée afin de laisser plus de temps à la consolidation des résultats.

Concernant le renouvellement de l'expérience sur d'autres sites, il invite à être très vigilant car selon



lui, le copier-coller ne marche pas et le protocole doit être adapté à chaque cas de figure.

**Claire BERTOLONE** indique que les juments consomment bien le typha malgré sa faible appétence et qu'elles limitent donc son développement. Elle confirme que le développement de cette espèce est plus important que ce qui était envisagé mais qu'il est surveillé. Elle précise qu'un troisième cheval pourrait être ajouté pour augmenter la pression de pâturage. Enfin, elle indique que les analyses chimiques



s'effectuent sur la tourbe et sur un échantillon de végétation représentatif de ce que consomment les juments.

**Estelle LANGLOIS** insiste sur le fait que le typha n'est pas une plante invasive et qu'elle fait bien partie du système. Par ailleurs, elle souligne que cette espèce n'est pas dominante dans la prairie humide. Concernant la valeur fourragère, elle souligne que le choix de l'échantillon analysé s'est porté sur quelques espèces cibles qui sont toujours présentes et que ces espèces sont assez représentatives du milieu.

**Fabrice BUREAU** revient sur la durée du suivi scientifique. Il souligne que le système humide se forme vite, et que l'expérimentation a pu bénéficier de ce temps relativement court. Le développement de certaines espèces s'est fait en un été. Concernant la recherche fondamentale, il est très difficile de donner des conseils car, au terme de trois années, même si le système est bien en place, il doit être surveillé pour l'adapter au besoin.

Il souligne par ailleurs que l'expérience a consisté à restaurer un milieu, mais que par la suite, la question du suivi et de la gestion du milieu existant se pose. Il estime que dix années devraient permettre d'avoir suffisamment de recul mais relève les difficultés pratiques relatives aux travaux scientifiques (la durée de thèse étant limitée à trois ans).



> Séminaire du 23 mai 2013

© Rémi Hondier

Il souligne enfin le caractère pionnier du site qui a permis de comparer le site expérimental à un milieu témoin. Il estime que quelque chose est désormais à inventer au niveau du suivi écologique et met en garde sur la logique de la récréation : ne pas détruire sous prétexte de recréer des milieux différents.

**Sandrine SAMSON** apporte des précisions sur le suivi scientifique. Un suivi assez dense a été mené pendant les cinq premières années et il est prévu de le poursuivre en ciblant au maximum ce qui intéresse. Elle souligne que ces suivis représentent un coût et qu'ils ne peuvent pas se poursuivre chaque année avec la même ampleur et que les protocoles vont être adaptés.





## 11 h 15 • Cohérence et articulation progressive avec l'action publique et celle des professionnels

**Etienne FROMENTIN, Secrétaire général, UNICEM**

(voir présentation<sup>8</sup> diapos 1 à 13 « Cohérence et articulation avec les industries de carrières et matériaux »)

**Etienne FROMENTIN** présente les raisons de l'intérêt de l'expérimentation pour les carrières. Il précise que l'UNICEM (Union Nationale des Industries de Carrières Et Matériaux) est composée de syndicats de branches majoritaires et que 73 entreprises sont adhérentes à l'échelle de la région. Il fait état des chiffres de production et de consommation de 2008 : 11 millions de tonnes ont été produites (alluvionnaire, granulats marins, recyclage et calcaire), ce qui revient en terme de consommation à 6 tonnes/an/habitant. Le schéma départemental des carrières, qui devrait être prochainement approuvé, a estimé une stabilisation de la consommation pour les années à venir.

Selon une estimation du BRGM, la boucle d'Anneville dispose de 206 millions de m<sup>3</sup>, ce qui représente 10 % des réserves de carrières régionales. La boucle représente par ailleurs 50 % de la production départementale de granulats.



> Ballastière en exploitation dans la vallée de la Seine

© Rémi Houdier / GPMR

Il rappelle la réglementation du domaine des carrières qui relève du régime des installations classées au titre du Code de l'environnement et impose notamment l'étude d'impact préalable à l'enquête publique. L'arrêté ministériel de 1994 définit les prescriptions applicables aux installations de carrières. Il cite en particulier deux articles du Code de l'environnement qui indiquent que la mise en activité d'une carrière est subordonnée à l'obtention d'une garantie financière, qui a pour objet la remise en état du site en cas de défaillance de l'exploitant.

Il présente ensuite les dispositions du SDAGE de Seine Normandie, dont la disposition 97, qui porte sur le réaménagement des carrières et qui pointe trois éléments clés : le réaménagement doit permettre la recréation de zones humides, le caractère inerte du comblement doit être contrôlé afin d'éviter tout risque de pollution, la création de plan d'eau doit être évitée.

<sup>8</sup> session 11h15 - Cohérence et articulation progressive avec l'action publique et celle des professionnels



Enfin, à l'échelle de la commune, les PLU imposent que les exploitations de carrières soient ciblées et peuvent interdire l'implantation d'une carrière.

Autre document cadre, le schéma départemental des carrières qui n'est pas opposable ni transposable dans les documents d'urbanisme. Différents types de réaménagement existent : agricole, forestier, paysager ou écologique.

Concernant les carrières alluvionnaires en eau - les ballastières -, il souligne l'importance de la concertation entre les différents acteurs. La profession des carriers a acquis une certaine expertise et plusieurs guides ont été établis, montrant l'intérêt des réaménagements.

Le remblaiement de la ballastière d'Yville a permis de mettre en place selon lui un mode de gestion innovant avec le port autonome afin de reconstituer une partie des zones humides de la région. L'expérimentation représente ainsi un intérêt économique, écologique et paysager. Cela s'est fait dans le respect de la réglementation en vigueur en permettant la recréation d'écosystèmes humides caractéristiques de la plaine alluviale et en participant ainsi à la reconquête paysagère de la boucle.

**Etienne FROMENTIN** conclut que l'expérience mérite d'être développée sous réserve du même suivi expérimental et d'une vision d'aménagement global.

**Rémy FILALI, Directeur territorial et maritime Seine-Aval, Agence de l'Eau Seine-Normandie**

(voir présentation<sup>9</sup> diapos 14 à 22 « Accompagnement du projet par l'Agence de l'Eau Seine Normandie »)

**Rémy FILALI** précise que l'intérêt de l'Agence de l'Eau pour l'expérimentation d'Yville remonte à 1999 et qu'elle a ainsi accompagné financièrement le Port dans cette démarche.

**Rémy FILALI** rejoint Claude BARBAY pour dire que l'expression « les tas dans les trous » est devenue obsolète et que le remblaiement va bien au-delà d'un simple remplissage.

Le remblaiement ne permet pas de retrouver la biodiversité originelle de la zone humide. La recréation d'un milieu naturel, selon lui, relève d'un procédé différent ; il souligne notamment le manque de recul et invite à poursuivre le suivi sachant que chaque site est unique et qu'il faut donc être prudent.

Il formule les attentes de l'Agence de l'Eau vis-à-vis de l'expérimentation :

- > Cela ne doit pas permettre de justifier l'ouverture de nouvelles carrières,
- > La priorité doit être donnée au maintien et à la préservation des zones de biodiversité existantes,
- > Cela doit permettre d'engager une dynamique volontaire allant au-delà du réglementaire et du compensatoire,

<sup>9</sup> session 11h15 - Cohérence et articulation progressive avec l'action publique et celle des professionnels



> Cela doit conduire à la définition d'un schéma global et hiérarchisé des actions de restaurations et de renaturation à engager.

Il invite à aller au-delà du réglementaire même si cela représente un coût. Le Port, en tant que propriétaire foncier doit ainsi s'interroger sur la gestion de l'ensemble de ses zones et parvenir à un schéma global.

Il présente ensuite les grands thèmes du SDAGE : protéger et restaurer milieux aquatiques et humides, mener des études et suivis comme la dépoldérisation.

Il précise les taux d'aide de l'Agence de l'Eau (diapos 20/39) :

- > Acquisition foncière de zone humide : 80% de subvention
- > Travaux ou suivi : 80%
- > Actions de communication : 50%.

Il souligne enfin que ces taux d'aide sont intéressants et que l'Agence de l'Eau continuera d'accompagner le Port sur ces sujets.

**Jean-Pierre MORVAN, Directeur du Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande**

(voir présentation<sup>10</sup> diapos 23 à 33 « La charte du PNR et la valorisation des sédiments de dragage »)

**Jean Pierre MORVAN** revient sur le rôle du Parc que **Thierry LECOMTE** a très bien expliqué.

Sur le plan réglementaire, les parcs régionaux n'ont pas de pouvoirs spécifiques mais doivent être consultés sur toutes les études d'impact, notamment sur la valorisation des sédiments de dragage. Cette fonction est importante car les avis rendus peuvent être réutilisés, mais, cela n'est pas suffisant si les avis sont rendus en aval des projets, simplement dans un rôle consultatif.

L'idée a donc été de prendre les choses en amont, conformément aux missions du PNR. Ces projets demandent une vision large du contexte : ainsi l'aspect paysager est tout aussi important que l'aspect naturel. Il confirme le souhait du Parc de ne pas voir se recréer de chambres de dépôt.

Le PNR apporte une contribution sur le plan de l'aménagement du territoire et du développement économique. Ainsi, le Parc régional est un territoire de projets sur lequel on peut et on doit expérimenter de nouvelles solutions : Yville se situe pleinement dans ce cadre-là.

Il indique que la vision globale du parc sur le territoire

<sup>10</sup> session 11h15 - Cohérence et articulation progressive avec l'action publique et celle des professionnels



sera partagée à travers la nouvelle charte qui est en cours d'approbation par les communes.

Il revient sur le contexte des années 1970 où la coupure verte souhaitée entre Rouen et le Havre se portait surtout sur la forêt. Aujourd'hui, il souligne que l'on insiste davantage sur les zones humides et que le Parc s'est doté d'une équipe de douze personnes pour travailler sur cette question. Il précise également que l'Agence de l'Eau contribue financièrement à cette démarche.

Il présente le patrimoine naturel et ses fonctionnalités écologiques :

- > Un réseau très dense de marais le long de la Seine et un ensemble de zones humides qui bordent le fleuve, la plupart dans un état de conservation moyen ;
- > De nombreuses zones d'activités avec un potentiel marqué par la DTA sur la zone de Port Jérôme qui représente une surface assez conséquente en bord de Seine ;
- > La fragmentation des milieux à travers la présence de chambres de dépôt, qui représente un enjeu écologique important ;
- > Des éléments fragmentant la trame bleue tels que le fleuve, qui est à la fois un corridor écologique mais aussi une coupure ;

- > Des réservoirs de biodiversité : là où on a des milieux humides qui présentent un intérêt en terme de fonctionnalité ;
- > Un corridor qui va relier ces réservoirs de biodiversité ;
- > Enfin, un cœur de biodiversité.

Sur le reste du territoire, il note un enjeu en terme de concertation avec les autres partenaires, notamment le GPMM, par son activité et son rôle de propriétaire foncier.

Enfin, il rappelle l'objectif principal du Parc qui consiste à concilier l'activité économique avec le maintien des espaces remarquables.





**Hervé MORISSET, Adjoint au Chef du Service Ressources, DREAL Haute-Normandie**

(voir présentation<sup>11</sup> diapos 34 à 38 « Le schéma départemental des carrières de Seine-Maritime »)

**Hervé MORISSET** précise que l'Etat a suivi cette expérimentation depuis son origine et a permis notamment cette démarche à travers l'arrêté préfectoral du 15 janvier 1999. En 1998, le Schéma départemental des carrières de Seine-Maritime pointe le réaménagement de la carrière d'Yville comme une orientation prioritaire permettant de reconstituer un milieu proche et de préserver le paysage. La règle du 1 pour 1 apparaît ici. La boucle d'Anneville, en particulier la zone « 4 » sur la cartographie de la zone était identifiée comme zone de constitution de prairies humides par remblaiement des produits de dragage de la Seine, à condition de réussir le remblaiement de la ballastière d'Yville.

La réflexion se fait donc à l'échelle de la boucle dans son ensemble.

Le schéma départemental des carrières de 1998 est toujours valable mais il est en cours de révision et l'Autorité environnementale va en être saisie pour une consultation du public à l'automne.

Différents chapitres concernent l'expérimentation :

- > La ressource en matériaux alternatifs ou de recyclage : les matériaux de dragage sont évoqués. La valorisation des matériaux de dragage est encouragée ;
- > Le réaménagement des carrières est également abordé : il est préconisé de limiter la création de nouveaux plans d'eau compte tenu de l'impact sur le paysage et sur l'écoulement des eaux souterraines. Si une autorisation est délivrée, il est recommandé de prévoir le remblaiement. La boucle d'Anneville est identifiée comme une zone à enjeu particulier pour la reconquête paysagère de la Seine.

L'Etat est attentif aux résultats de l'expérimentation car cela permettra d'évaluer l'impact sur la qualité des eaux souterraines avec un intérêt de poursuivre le suivi scientifique. L'expérimentation amène à la création de milieux naturels plus riches en espèces et donc une valorisation de la biodiversité.

<sup>11</sup> session 11h15 - Cohérence et articulation progressive avec l'action publique et celle des professionnels



## *Echanges avec la salle*

**Claude CHARDONNET** retient l'importance de composer avec les besoins de la profession, avec les objectifs des établissements et avec le cadre réglementaire actuel voire futur. Les enjeux et les finalités du remblaiement sont donc à analyser selon ceux de chaque acteur.

**Paulin FERLIN**, membre du Conseil scientifique de l'estuaire, insiste sur la nécessité de replacer l'expérimentation et le suivi dans le cadre de l'estuaire. Il est important de regarder cette expérience au travers des fonctionnalités écologiques de la Seine.

**Alain ROUZIES**, Association UFC Que Choisir Haute Normandie, se réjouit de la tenue de ce colloque. Il s'interroge sur la possibilité de réaménager l'ensemble des « trous ».

En tant que consommateur et contribuable, il demande par ailleurs quel est le coût de l'ensemble de cette expérimentation et comment s'est réparti le financement.

**Hervé MORISSET** relève la question sur le réaménagement de l'ensemble des ballastières en bord de Seine. Il note que l'impact cumulé n'a pas été mesuré à l'heure actuelle.

**Sandrine SAMSON** précise qu'une modélisation hydrogéologique de l'ensemble de la boucle d'Anneville a été réalisée en 1995. Elle souligne qu'il



n'est pas possible de remblayer l'intégralité des ballastières compte tenu de la perméabilité des matériaux limoneux utilisés pour remplacer les matériaux sableux extraits et qui peuvent avoir un « effet de bouchon » pouvant perturber les écoulements d'eaux souterraines. Il est donc nécessaire de laisser des plans d'eau pour favoriser la circulation des eaux. Elle ajoute que le modèle hydrogéologique a été utilisé pour l'expérimentation mais aussi pour le remblaiement des casiers à proximité.

Le coût global de l'opération, travaux et suivi compris s'élève à 7 millions d'euros pour le Port et a ensuite été en partie subventionné par le FEDER et l'Agence de l'Eau.

**Rémy FILALI** précise que l'Agence de l'Eau y a participé pour 350 000 euros.

**13 h 00 • Cocktail déjeunatoire**



## 14 h 00 • Les enseignements de l'expérimentation

### TABLE RONDE : TÉMOIGNAGES ET ENSEIGNEMENTS DES ACTEURS

**Claude BARBAU**, *Administrateur - risques industriels, Haute-Normandie Nature Environnement*

**Claude BARBAU** s'interroge sur la portée des résultats de l'expérimentation et leur capacité à assurer une protection de l'environnement. Il rappelle l'objectif de départ qui consistait à bloquer des sédiments pollués, et à s'assurer qu'il n'y ait pas de transmission. Selon lui, la question qui demeure est celle des indices de pollution.

**Bernard CATTI**, *Maire d'Yville-sur-Seine*

**Bernard CATTI** précise que l'expérience d'Yville a été présentée en 1999 alors qu'il n'était pas encore maire mais bien inséré dans la sphère environnementale. La crainte de l'époque était de laisser un territoire pour l'expérimentation sans savoir où aller. Pendant deux ou trois années, les élus ont fait part de leurs nombreux questionnements. Une fois qu'il a été confirmé que la cuvette était étanche et permettait le colmatage, cela a diminué les craintes. Après 10 ans, il note cependant que les élus se montrent encore sceptiques et suppose que cela peut prendre du temps.

**Jean-Pierre GIROD**, *Président du Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande*

**Jean-Pierre GIROD** souligne que l'expérimentation a été autorisée par l'Etat en 1999. Une fois cette autorisation obtenue, il s'agissait de s'interroger sur les moyens de lancer l'expérimentation. Un travail entre le GPMR et le PNR a permis de définir le cadre et de préciser le coût. Cela s'est traduit pour la période 2001-2011 à ce que l'on a appelé la méthode des « tas dans les trous ».

Il est légitime de s'interroger sur la reproductibilité de l'expérimentation. Il souligne les effets bénéfiques de celle-ci comme la création d'un plan d'eau de faible profondeur. Il ajoute qu'un certain nombre d'oiseaux et d'espèces ont recolonisé cet espace.

Il insiste sur le fait qu'il n'est pas possible de reconstituer un milieu naturel car la nature « fait toujours mieux ». Sur le plan physique, il note que les remblais s'abaissent plus rapidement que ce qui avait été envisagé. En terme de patrimonialité, les résultats sont satisfaisants. Il faut s'interroger néanmoins sur les éventuelles mesures correctives à prendre.

Il souligne qu'un diagnostic spécifique doit être réalisé sur chaque site qui est unique. Il note également l'importance d'avoir à proximité des milieux naturels préservés car les espèces environnantes viennent recoloniser le site en question.



Un autre réaménagement de carrière pourrait ainsi être mené à trois conditions :

- > une étude très poussée,
- > un suivi et un accompagnement scientifique important,
- > une bonne gouvernance qui permet une bonne transparence et une communication au moins annuelle de l'expérimentation et de ses résultats.

**Claude CHARDONNET** relève trois questions parmi ces interventions

- > une question sur la protection de l'environnement,
- > une question sur les craintes, qui sont, en partie seulement, levées,
- > une question sur les conditions de reproduction et les éventuels ajustements et améliorations à apporter.

**Jean-François GUERIN, Responsable de l'Unité Territoriale Rouen Dieppe (DREAL Haute-Normandie)**

**Jean-François GUERIN** rappelle comme **Jean-Pierre GIROD** que l'expérimentation a été encadrée par la réglementation. Il souligne ensuite les questions qui se sont posées pour assurer sa réussite :

- > l'impact sur la ressource en eau souterraine,
- > l'impact sur l'écoulement des eaux souterraines,
- > le comportement des sédiments de dragages par rapport à des matériaux inertes,
- > les dispositifs de suivi mis en place pour s'assurer de l'absence d'impact.



> Réalisation de panneaux pour une exposition itinérante

Par rapport à ces critères, il souligne que les avis se montrent très favorables et que l'ensemble de ces questions a reçu des réponses positives. On a montré notamment la faisabilité de réutiliser les matériaux de dragages.

A propos de la généralisation de l'expérience d'Yville, il relève l'importance du suivi rigoureux et du partage par l'ensemble des acteurs des résultats, afin de vérifier leur bien-fondé. Il précise néanmoins qu'il s'agit d'un bilan intermédiaire et qu'il conviendra d'apporter des éléments au niveau national pour faire évoluer les textes concernant le devenir des sédiments de dragage.





**Claude CHARDONNET** note l'importance du protocole et la rigueur dans la mise en œuvre de ce protocole qui a été un facteur clé dans l'atteinte des résultats pour le site d'Yville.

**Alain DELORME, Chef d'agence, Carrières et Ballastières de Normandie**

**Alain DELORME** estime que le remblaiement de la ballastière a du sens car il permet de conjuguer plusieurs intérêts : l'exploitation de granulats, le dragage de la Seine et la valorisation de l'environnement.

Pour les carrières, les résultats de l'expérimentation sont utilisés afin de parfaire les dossiers. Il assure

**Claude BARBAU** qu'un travail conjoint a été mené avec le Port sur les marges de progrès.

**Régis SOENEN, Directeur de l'Aménagement Territorial et de l'Environnement, Grand Port Maritime de Rouen**

**Régis SOENEN** note un élément récurrent dans les échanges sur le fait qu'au terme des vingt années d'expérience, les résultats sont différents des objectifs initiaux. En outre, au cours des années 1990, l'aspect paysager était pointé comme prioritaire - d'où l'apparition de la terminologie « les tas dans les trous » - et il apparaît clairement aujourd'hui que les résultats de l'expérimentation dépassent largement le paysage.

**Dominique DUMONT, Président de l'Association de Protection de la Presqu'île d'Anneville**

**Dominique DUMONT** présente son association, née en 1982, et qui a été associée dès le départ à l'expérimentation via le Comité de suivi. La première inquiétude qu'a relevée l'association concerne la pollution de la nappe phréatique ; les différents piézomètres ont montré qu'il n'y avait pas de fuite, les boues de dragage assurant elles-mêmes l'étanchéité des casiers. Il conclut à l'absence de dommages sur la nappe. L'assèchement des casiers s'effectue à un rythme acceptable. Les tests de réhabilitation des sols - zones en eau, prairie humide - sont positifs, les échelles de végétalisation sont également satisfaisantes. Il constate que les deux juments sont dans un état satisfaisant mais propose de poursuivre l'analyse de la nourriture offerte à ces animaux. Enfin, il recommande des contrôles sanitaires et une poursuite des suivis piézométriques de la nappe afin de vérifier que les résultats continuent d'être corrects.



## Echanges avec la salle

**Antoine DELOUIS, GPM de Nantes - Saint-Nazaire, ancien Chef du Service Environnement et du Chenal au GPM de Rouen** revient sur les interrogations qui se sont posées au départ avant de commencer l'expérience, notamment celles du tassement des sédiments et de la qualité des eaux de la nappe souterraine. Dans ce sens, plusieurs essais de pompage avaient été effectués afin d'évaluer le colmatage de la ballastière qui s'est révélé très prononcé. Le modèle hydrogéologique a permis de reconstituer, à partir de données historiques, la piézométrie de la boucle, avant l'apparition des carrières et après, avec également une multiplication des remblaiements des ballastières (qui représentent environ 500 hectares au total). Ce modèle, pour être validé, nécessitait des suivis. Il souligne que cela fait plus de 10 ans que les suivis piézométriques et de qualité montrent qu'aucune dérive n'est apparue. Il estime que le suivi mérite d'être poursuivi et fait référence à d'autres sites où les suivis s'échelonnent sur plus de 20 ans.

Sur le plan hydrogéologique, il constate que les résultats sont a priori acquis. Sous réserve de transposabilité, à condition de valider les hypothèses, il souligne que l'expérience permet d'être bien « armé » pour reproduire l'expérience sur ce plan.

Concernant le réaménagement, l'expérience a permis de converger vers un triptyque alors que la mairie souhaitait au départ une prairie.



> Séminaire du 23 mai 2013

En conclusion, il estime que le bilan est positif et que cette expérimentation représente clairement un gain, et qu'il faut accroître encore plus ce gain.

Il retient par ailleurs que l'expérimentation ne doit pas susciter de craintes sous réserve d'être bien accompagné. Dans ce sens, il rappelle le travail effectué avec **Robert MEYER**, l'INERIS, les toxicologues, les sédimentologues, afin de partager les questions, les réponses, les incertitudes. Selon lui, il s'agit de la première grande expérience sur le territoire où la construction a été réellement partagée. Cela marque un temps d'évolution du Port, des administrations, des associations et un début de confiance qui s'est développé.

Enfin, il estime qu'un devoir s'impose de valoriser cette expérience ailleurs, lui-même ayant été interrogé, notamment par des intervenants étrangers, sur le plan de la méthode et des suivis appliqués pour la reconstruction d'un paysage.



**Thierry LECOMTE** partage les propos d'**Antoine DELOUIS** et retient qu'un des grands enseignements de l'expérimentation est le fait d'avoir appris à travailler ensemble, de se confronter, de faire du positif et du gagnant-gagnant. Il précise par ailleurs, pour revenir sur les propos de **Régis SOENEN**, que l'objectif de départ du Parc portait bien sur les zones humides et non pas seulement sur le paysage.

Concernant la problématique des polluants, il souligne que la solution qui a consisté à les séquestrer dans un milieu - plutôt que de les laisser en l'état ou de les mettre à terre - est la plus satisfaisante.

Enfin, sur le degré de naturalité, il met en garde sur la valeur de la prairie témoin qui ne peut constituer un milieu de référence « naturel » car cette même prairie a fait l'objet d'une anthropisation, de même que la Seine, par les nombreux endiguements qu'elle a connus, ne joue plus son rôle naturel. Ainsi, il s'agit moins de la recréation d'un milieu naturel que de la création des conditions de développement d'une autre nature.

**Jean-Pierre GIROD** souligne que la mission des PNR consiste en l'expérimentation. Il rappelle que les élus ont pris une décision importante car elle représentait une prise de risque certaine, d'autant que des contestations s'élevaient sur les impacts de pollution de la nappe ou sur le développement de nouvelles carrières par cette solution de remblaiement.

Il estime que de nombreux problèmes posés par les sédiments de la Seine ont été solutionnés. En

terme de paysage notamment, ces dépôts à terre sont vécus comme des « verrues » par les habitants. Egalement sur le plan de la pollution et de la gestion, ces chambres de dépôt posent problème. C'est en cela que la charte du Parc inscrit comme priorité, la reconversion des chambres de dépôt existantes en milieux naturels. Il remercie l'ensemble des élus qui ont accepté de prendre un risque ainsi que l'Etat qui a encouragé la reconquête paysagère de l'ensemble de la boucle, à travers d'autres projets tels que le projet de plantation des arbres têtards.

**Claude CHARDONNET** poursuit l'intervention de **Jean-Pierre GIROD** en questionnant l'Etat sur la ou les conditions qui devraient prévaloir dans le cas d'une nouvelle expérimentation.

**Jean-François GUERIN** rappelle que tous les dossiers sont encadrés, soit au titre d'une autorisation pour un carrier (réglementation ICPE Carrière), soit au titre de la Loi sur l'eau comme l'expérimentation d'Yville. Cela impose une procédure d'instruction, de consultation de services, des différentes entités et des communes.

Il souhaite par ailleurs témoigner en tant qu'inspecteur des installations classées exerçant depuis 1989. Il avait à l'époque la responsabilité de l'ensemble des carrières sur la boucle d'Anneville. Il a ainsi le souvenir de dossiers sensibles voire conflictuels où un acteur était systématiquement lésé : un élu qui se voyait imposer une exploitation ; un habitant opposé aux conditions d'exploitation ou un service



de l'Etat (DRIRE et DIREN étaient distincts) insatisfait. Pour l'expérimentation d'Yville, il témoigne que c'est la seule fois où il a constaté l'unanimité des acteurs.

Il conclut que ce qui doit prévaloir, c'est que le dossier déposé ait recueilli au préalable l'assentiment des acteurs. Il constate néanmoins que ce n'est pas chose courante et que les réunions de concertation mènent plutôt vers le compromis, jamais vers le consensus. Il estime qu'il est possible de faire que l'ensemble des participants soit plus ou moins gagnant.

Il exprime en revanche sa réticence vis-à-vis de la création de nouvelles carrières et encourage la reproduction de cette expérience tout en soulignant la forte réglementation qui encadre les installations classées, notamment en terme de déchets (déchets inertes, dangereux).

**Claude BARBAU** met en garde sur les reproches faits à la population. Il estime que les remarques des habitants et associations étaient fondées car les inquiétudes donnaient lieu à des réponses systématiques. **Antoine DELOUIS** a souligné que les mentalités ont évolué, et qu'il paraîtrait anormal de nier les questions de départ qui se posaient. Il souligne que les projets de ce type réunissent une multiplicité d'acteurs et qu'il est important de les traiter au même niveau.

En 2002, les associations se sont inquiétées auprès des services de la Préfecture qui leur a indiqué que trois dépôts n'avaient pas été faits. Il souligne donc l'importance de la présence de l'Etat, qui a formé la

Commission de suivi, présidé ses réunions et rappelé la nécessité de diffuser les documents à l'avance. En conclusion, il souligne qu'en terme de diffusion de l'information, l'expérience d'Yville a fonctionné, sauf en 2002-2003.

**Claude CHARDONNET** demande ce qui explique le succès de la gouvernance dans le cas de cette démarche.

**Jean-Pierre GIROD** note que le premier élément qui a contribué à la réussite c'est la concertation en amont du projet, le fait de mener un travail collectif et d'avoir accès à l'information de manière transparente. Ainsi, il est important de présenter des résultats, même s'ils ne satisfont pas.

**Claude CHARDONNET** l'invite à développer ce point.

**Jean-Pierre GIROD** note que la transparence doit concerner l'ensemble des acteurs : les associations, le PNR, la commune, les carriers, les scientifiques, l'Etat. Il prône le respect et l'écoute et notamment d'apporter des réponses étayées aux questions qui se posent, même si elles ne paraissent pas totalement fondées. Cela implique ainsi d'avoir un protocole finalisé.

Il souligne l'importance de la présence de l'Agence de l'Eau.

Enfin, il note un dernier élément de réussite qui consiste à mener le suivi dans la durée car, trop souvent, la concertation n'a lieu qu'au moment où le projet est là.





Il note que la maîtrise d'ouvrage doit faire preuve de volonté et avoir cet esprit de concertation. Il constate l'évolution du monde portuaire sur ce plan et souligne par ailleurs que les associations ont également gagné en objectivation. Concernant le rôle du parc, il souligne son rôle de médiation et sa mission d'innovation confiée par le Ministère de l'Environnement.

Il conclut que l'expérimentation a montré que, pour concerter, il faut mettre tous les ingrédients et souligne que le périmètre du parc (82 communes) a été reconduit.

**Claude BARBAU** s'interroge sur l'arrêté de suivi qui encadre l'expérimentation qui ne devrait plus, selon lui, constituer une mesure de dérogation, mais un encadrement d'une opération contrôlée. Il souligne par ailleurs sa satisfaction sur ce projet mais rappelle que cela a parfois été difficile et qu'il a fallu des conflits.

**Claude CHARDONNET** l'interroge sur les points de friction.

**Claude BARBAU** précise qu'ils ont eu lieu lors de l'interruption des dépôts en 2002-2003. Aujourd'hui on n' imagine pas que les divers partenaires n'aient pas été informés.

**Claude CHARDONNET** retient l'importance de la circulation de l'information.

**Claude BARBAU** revient sur une visite de site lors de laquelle **Antoine DELOUIS** a confié aux associations que des équipes du Port se posaient également des questions concernant le risque de non stabilisation et de diffusion des polluants. Il souligne que la volonté des associations était principalement la prise en compte de leurs questions.

**Claude CHARDONNET** note que le décalage ne doit pas être trop important entre le moment où des craintes s'expriment et le moment où elles trouvent une réponse.

**Claude BARBAU** souligne enfin ses interrogations concernant le positionnement du piézomètre qui devait être déplacé à l'aval en estimant que cela n'était pas normal.

**Claude CHARDONNET** retient que dans un tel projet les inquiétudes qui s'expriment doivent être entendues et traitées.

**Bernard CATTI** souligne qu'en parallèle de l'expérimentation, un groupe de travail se réunissait sur la reconquête de la presqu'île. Il note que l'expérimentation d'Yville étant une opération concrète, chaque question devait amener une réponse, alors que dans l'autre groupe, constitué des mêmes composantes, la prospective de la reconquête et ses enjeux n'étaient pas faciles à admettre.



Il note que, sur l'expérimentation d'Yville, les parties prenantes ont appris à travailler ensemble et que cela a permis une amélioration de la connaissance et des compétences en environnement. Ainsi, il estime que la transmission du savoir est primordiale et qu'il faut avoir les moyens de former les acteurs qui vont suivre.

**Claude CHARDONNET** note l'importance de la formation des acteurs non seulement pour transmettre de la connaissance mais aussi pour améliorer leur capacité de travail en commun.

**Alain DELORME** souligne que la réussite est aussi due à la Préfecture qui a conduit ces réunions et qui a joué son rôle de pilote.

**Claude CHARDONNET** s'interroge sur la capacité des industriels à se mobiliser dans un projet de ce type connaissant les contraintes de temps des entreprises. Elle demande quel a été le gain de cette mobilisation.

**Alain DELORME** note que les carriers et les membres de l'UNICEM ont mis en place des CLIS (Commission Locale d'Information et de Surveillance) même quand elles n'étaient pas imposées par les arrêtés préfectoraux. Il souligne le travail et l'expertise qui se développent dans le cadre de ces instances.

**Régis SOENEN** constate l'importance d'un travail collectif sur ce type de dossier où le maître d'ouvrage ne peut plus avancer seul. Il constate que cela



> Comité de suivi à la mairie d'Yville-sur-Seine, juin 2012

permet une solidarité dans le travail qui est conduit. Néanmoins, il souligne que l'Etat doit avoir conscience que les équipes ne sont pas des professionnels de la concertation et de la communication qui sont des métiers à part entière.

Il invite à passer à une autre étape et faire perdurer ce fonctionnement qui permettra de construire de beaux projets.

**Dominique DUMONT** fait état de l'importance des réunions annuelles du COSU (comité de suivi), des visites de site, de la diversité des compétences, des avis ponctuels d'experts. Il souligne les nombreuses études menées sur les insectes, par le Parc Naturel, et sur les oiseaux par le GONm. Il constate également la volonté du GPMR d'avancer en toute transparence sur le dossier et qu'il s'agit d'un fait relativement nouveau car avant, le fonctionnement était plutôt opaque.



**Sandrine SAMSON** apporte des précisions sur le Comité de suivi qui a été mis en place dans un cadre réglementaire entre 1999 et 2009, conformément à l'arrêté préfectoral mais que le Port a souhaité prolonger au-delà de cette période, dans une démarche volontaire afin de présenter les nombreux résultats. Elle note une présence assez assidue de l'ensemble des intervenants qui ont par ailleurs préparé ce séminaire ensemble.

**Claude CHARDONNET** interroge les scientifiques et experts des bureaux d'études sur leur perception de ces démarches de concertation et de la confrontation qui s'y exerce aux questionnements de la société civile. Elle demande notamment quels sont les points positifs ou les contraintes nouvelles qui sont apparus.

**Robert MEYER** confirme l'exemplarité de la démarche. Lui-même intervient en tant qu'universitaire mais aussi en tant qu'expert auprès d'industriels et constate que l'expérimentation est unique et qu'elle se révèle très positive car c'est un projet qui a été suivi jusqu'au bout.

**Estelle LANGLOIS** souligne l'intérêt en tant que scientifique de travailler depuis le départ d'un projet sur les processus biologiques et les sols, qu'il n'est pas évident de partager. En revanche, elle note que le projet n'est pas terminé.

**Claude CHARDONNET** demande quels ont été les points les plus compliqués à traiter.

**Estelle LANGLOIS** précise qu'elle n'a pas eu le sentiment d'avoir été face à des problèmes mais que les informations ont bien été perçues. Elle rappelle que le laboratoire ECODIV est intervenu à titre d'expert et qu'il ne faisait pas partie du COSU. Elle n'a pas éprouvé de difficultés particulières dans ce partage. Elle précise qu'il n'a pas été question de faire de la vulgarisation mais plutôt de se mettre à l'écoute de gens non spécialistes.

**Fabrice BUREAU** retient que cette expérience est très formatrice car les scientifiques ont parfois tendance à s'éloigner de la réalité. Lors de la première visite du site avec **Thierry LECOMTE**, il a pensé que c'était un « beau terrain de jeu » alors que l'expérience pouvait également être menée sur un périmètre beaucoup plus restreint de 20 cm/20 cm, et conduire à la publication de résultats sur cette base. Or ce qui a été fait *in situ* est bien plus intéressant selon lui.

La difficulté qu'il relève est la nécessité de répondre aux demandes de façon immédiate. Cela pose la question du pas de temps qui est différent pour le scientifique ayant d'autres contraintes que celles de l'élu. Il souligne que le comité de suivi fonctionnait bien et que cela a constitué une chance pour le laboratoire. Il note également l'intérêt de souligner l'importance de ce que l'on mesure.

**Bernard CATTI** souhaite que l'information soit diffusée également auprès des habitants, d'un public de non initiés. En effet, il y a un décalage entre l'information dont ils disposent qui date d'une dizaine d'années



et ne connaissent pas ce qui a été fait depuis. Une plaquette produite par l'AREHN (Agence Régionale de l'Environnement de Haute-Normandie) a en effet été distribuée il y a dix ans.

Il note qu'il serait approprié de faire une réunion le samedi matin par exemple, avec le public de la presqu'île, en projetant le film et en prévoyant des interventions moins scientifiques.

Il constate par ailleurs qu'on a beaucoup parlé d'environnement, mais que cela s'éloigne des préoccupations des habitants. Ainsi, il faudra venir expliquer pourquoi on est arrivé à un résultat différent de ce qui était prévu, car les agriculteurs attendent de pouvoir cultiver et les chasseurs et pêcheurs de poursuivre leur activité également.

Il souligne ainsi la question qui se pose concernant le statut du site à inscrire dans le PLU (réserve naturelle, réserve de chasse ?) et de sa gestion.

**Alain ROUZIES** rejoint le maire d'Yville sur l'importance de partager les résultats et les enseignements de l'expérimentation au-delà du cercle des spécialistes. Il souhaite par ailleurs que le projet se poursuive au-delà de l'arrêt d'expérimentation. Il propose que cela soit partagé dans le cadre d'autres Comités de suivi comme celui sur le dragage du chenal de la Seine. Il invite à ne pas abandonner la concertation.

**Claude CHARDONNET** souligne l'importance de la continuité de l'information et du dialogue surtout pour les projets qui mobilisent de nombreux acteurs.

**Stéphane LEVEQUE, responsable de carrières, CBN,** informe que le site d'Yville sera ouvert au public le 1<sup>er</sup> juin avec une visite détaillée à laquelle le Port est associé.

**Jean-Pierre GIROD** note l'importance des regards croisés et notamment en faisant appel à l'université. Il faut des expertises de différents laboratoires et des contre-expertises pour que cela puisse être validé ensuite. Il souligne à ce titre qu'en hydrogéologie, le système karstique est relativement compliqué.

**Claude CHARDONNET** relance la question de la durée de l'expérimentation « *jusqu'à quand la démarche est-elle considérée comme expérimentale ?* »

**Régis SOENEN** souligne qu'il est important d'avoir un débat sur les usages : cela peut devenir un espace classé ou une zone de chasse.

**Claude CHARDONNET** note que la question reste ouverte.

**Jean-Pierre GIROD** estime qu'il serait juste que ce site retourne à la nature étant donné que de l'argent public a été investi dedans.

**Claude BARBAU** souligne que les spécialistes ont suivi les diverses formes qui ont été retenues pour la configuration du site. En terme de durée du suivi, il souligne que trois années est un laps de temps trop court et qu'il faut peut-être le poursuivre sur cinq puis dix ans. Il note cependant qu'il n'est pas spécialiste pour déterminer la durée nécessaire.

**Claude CHARDONNET** note que la question des suivis et des usages reste posée.





## 15 h 30 • La portée de l'expérimentation

### LE PROJET DES SABLONS

**Ivan DROUADAINÉ**, Responsable du centre de recherche, EUROVIA

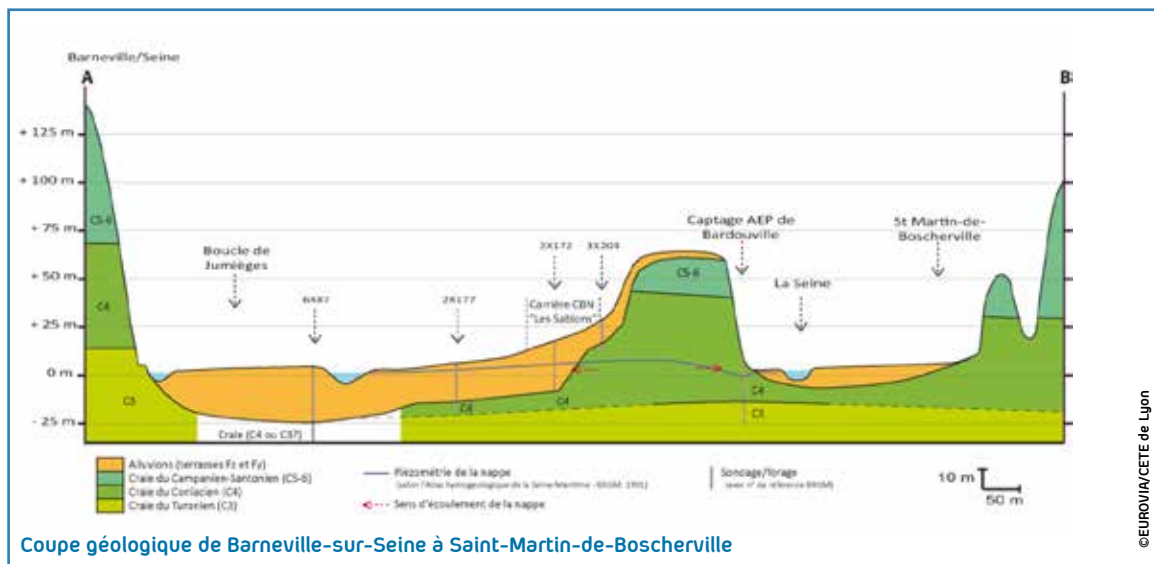
(voir présentation<sup>12</sup> diapos 1 à 17 « Le projet des sables : remise en état de la carrière par remblaiement à l'aide des sédiments de dragage d'entretiens »)

**Ivan DROUADAINÉ** présente le projet des Sablons qui s'inscrit dans la continuité des exposés et échanges de la matinée. Le projet prévoit en effet une remise en état de la carrière par remblaiement avec des

sédiments de dragage d'entretien. Carrières et Ballastières de Normandie (CBN) propose l'extension sur le site des Sablons, de 3 millions de m<sup>3</sup>, soit 5 millions de tonnes de sédiments, en 4 phases d'exploitation (sur 15 ans), répartis sur plusieurs casiers.

Dans le cadre de l'instruction de cette demande, une expertise a été demandée sur le plan hydrogéologique (écoulement des eaux souterraines) et sur le plan de la qualité des matériaux (innocuité, caractère inerte).

Sur le plan hydrogéologique, il s'agissait d'abord de vérifier que l'écoulement n'allait pas vers le forage



<sup>12</sup> session 15h30 - La portée de l'expérimentation



d'adduction d'eau potable. Il a été vérifié également qu'il n'y avait pas d'écoulement de type karstique. Le modèle hydrogéologique utilisé sur la boucle de la Seine a été réutilisé afin d'observer cet effet de bouchon qui perturbe localement les écoulements. En somme, cela n'a pas d'influence potentielle sur les niveaux d'eau.

Les interrogations de départ ont donc été solutionnées très correctement.

**Patrick VAILLANT**, *Responsable Groupe Infrastructure et Transport, CETE de Lyon*

**Patrick VAILLANT** présente la démarche d'évaluation et d'acceptation environnementale des sédiments confiée au CETE.

Une démarche assez classique a été proposée, qui repose sur la norme (NFEN 12-920) qui permet d'uniformiser les méthodes pour savoir si l'on peut valoriser les déchets dans des conditions précisées. Ce référentiel a notamment été utilisé pour la mise en décharge et en technique routière. Cette analyse demande de bien connaître le contexte environnemental, de cerner la qualité des sédiments et de croiser ces deux approches pour déterminer l'impact.

L'expérimentation d'Yville apportait un certain nombre d'informations liées aussi à la proximité des deux sites. L'analyse a montré que les deux sites étaient similaires sur le plan hydrogéologique.

La source d'approvisionnement va également être la même et permet de prouver l'absence d'impact sur la qualité des eaux et sur le protocole pour prouver que les sédiments peuvent bien aller combler la ballastière (cheminement).

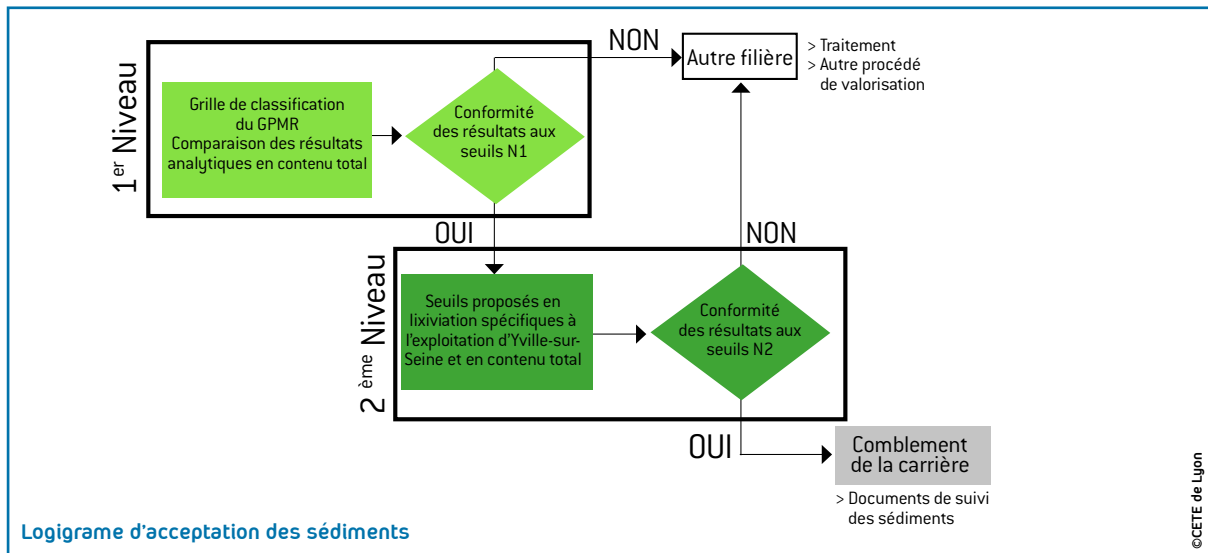
Il a fallu par ailleurs vérifier la conformité à la doctrine établie ces dernières années sur la valorisation des déchets dans les projets d'aménagement et vérifier la conformité à un référentiel associé à l'arrêté du 28 octobre 2010 qui va au-delà du mot inerte et précise certaines valeurs limites à respecter. Ce référentiel est considéré comme suffisant.

C'est en confrontant les exigences nationales et les résultats éprouvés au niveau local que l'on a pu conclure.

Concernant la dangerosité des sédiments :

- > un rapport de l'IRSN a montré qu'on n'était pas en présence de sédiments radioactifs
- > les analyses (contenu total + lixiviation) sur les sédiments du port de Rouen ont montré qu'ils n'étaient pas dangereux .

Concernant la qualité des sédiments, les résultats ont permis de montrer le respect du référentiel ISDI (caractère inerte). La qualité est bonne à l'exception de deux paramètres : le carbone organique total et les hydrocarbures totaux, où l'on observe ponctuellement quelques dépassements.



Il a donc fallu évaluer le risque encouru sur ces quelques dépassements dans le cadre du projet des Sablons. Ici, l'expérience d'Yville a permis de rassurer étant donné que le comportement des sédiments dans l'eau et les résultats de la lixiviation sont comparables et n'ont pas d'impact sur la nappe (analyse à 10 ans).

Un protocole d'acceptabilité a été proposé à deux niveaux : le premier niveau consistant en l'analyse du contenu total sur les sédiments (projet d'Yville) et reprenant la grille de lecture élaborée dans le cadre de l'expérimentation et le deuxième niveau étant le référentiel lié à la lixiviation. Il va donc falloir prouver le respect de ce référentiel-là.

Il présente ensuite les analyses de niveau 1 sur la qualité des sédiments.

**Ivan DRAOUADAINÉ** présente les analyses réalisées à partir du niveau 2, qui vient moderniser et compléter le protocole avec la notion de lixiviation, le contrôle étant réalisé sur les matériaux entrants.

Les analyses à réaliser concernent le contenu total, les résultats de la lixiviation et la spécificité adaptée soit en hydrocarbures totaux, soit au carbone organique total par rapport au référentiel inerte national.

Cette différence pour ces deux paramètres est permise parce qu'il y a eu l'expérimentation. C'est le suivi piézométrique sur dix ans qui permet de dire qu'il n'y a aucun impact.

Tout écart par rapport au référentiel doit être justifié par une expérimentation.



Un suivi des matériaux entrants sur le site sera réalisé. Le GPMR doit apporter la conformité aux analyses des sédiments pour les deux niveaux, les valeurs sur les tonnages et la localisation des sédiments prélevés. L'exploitant CBN fera ensuite les mêmes analyses (prélèvements dans les dépôts avec les analyses de deux niveaux), des suivis piézométriques sur le niveau de l'eau mais qui concernent aussi la qualité de l'eau.

**En conclusion,** l'expertise est très positive et n'a pas d'ombre sur le plan hydrogéologique pour la remise en état avec des sédiments de dragage. L'expérimentation d'Yville est essentielle, ce type d'antériorité étant très rare. Il souligne que le long terme est primordial en terme d'impact environnemental.

Il rappelle qu'il a été essentiel de compléter l'analyse avec une nouvelle grille actualisée (niveau 2). La traçabilité, le suivi et la grille, sont mis en place spécifiquement aux Sablons. Il ne faut pas faire de copier-coller et il faudra prévoir une vérification hydrogéologique à chaque nouvelle proposition de remblaiement. De la même manière, il faut également que le site soit adéquat aux matériaux autorisés.



## Echanges avec la salle

**Robert MEYER** s'interroge sur l'application de l'arrêté d'octobre 2010 dans cette démarche. En outre, la quantité de COT élevée peut correspondre à des caractéristiques trouvées dans des produits naturels (par exemple, de la tourbe) et non les polluants apportés par l'homme.

**Ivan DROUADAINE** précise que le COT ne provient pas d'hydrocarbures mais de sédiments type végétaux.

**Patrick VAILLANT** rappelle que le référentiel est suffisant mais pas nécessaire et que la question ne porte que sur deux paramètres.

**Antoine DELOUIS** s'interroge également sur la pertinence de parler de déchets pour désigner les sédiments. Il n'est pas convaincu que la réglementation sur les déchets puisse s'appliquer partout. Concernant les tests de lixiviation, ils avaient été réalisés en 1990 et les résultats étaient inférieurs aux limites COFRAC. Une question se pose : est-ce que ce test de lixiviation est discriminant par rapport au test de concentration dans le sédiment.

**Patrick VAILLANT** souligne que les sédiments, lorsqu'ils sont déposés à terre, ont le statut de déchet. Concernant l'élimination, les dispositifs ne sont pas encore très poussés mais il existe des possibilités de décharge mono-spécifique, adaptée aux sédiments. Pour la valorisation, les possibilités sont en revanche



plus ouvertes. Le seul article sur ce point précise que cela ne doit pas avoir d'impact sur l'environnement et la santé humaine. Pour les déchets, on s'attache plutôt à la lixiviation notamment quand cela concerne les infrastructures routières. Mais les interrogations demeurent, notamment en faisant des essais de percolation des sédiments. Il estime qu'il y a encore un monde à construire dans ce domaine et qu'il ne faut pas nécessairement s'attacher à un référentiel.

**Ivan DROUADAINE** précise que les suivis effectués montrent une bonne correspondance entre les deux approches, mais que cela doit toujours être révérifié dans le cadre d'autres sites.

**Claude BARBAU** note que la pollution de la Seine va en diminuant pour les éléments suivis depuis le démarrage de l'expérimentation. Il tient à faire part





de son amertume concernant la présentation car elle consiste à réappliquer des éléments sur la base de résultats qui viennent tout juste d'être présentés. Il demande notamment à voir les grilles réalisées et s'interroge sur les niveaux N1 et N2 qui ont été sommés. Il estime qu'on a rompu avec la notion de toxicité.

**Patrick VAILLANT** précise que le niveau 1 correspond au protocole mis en place par le GPMP pour la ballastière d'Yville (grille de lecture actuelle pour l'acceptabilité de sédiment) et que le niveau 2 est relatif aux analyses de lixiviation. A aucun moment, ces deux niveaux ne sont additionnés. Il s'excuse par ailleurs pour la confusion sur la grille présentée qui n'est pas une grille GEODE.

**Barbara LEROY**, *Agence de l'Eau Seine-Normandie*, revient sur l'expertise hydrogéologique qui a conclu à l'absence d'impact sur la ressource en eau potable. Le périmètre éloigné du projet est néanmoins plus restreint que le bassin d'alimentation du captage. Ainsi, elle estime qu'il aurait été souhaitable de faire figurer l'emplacement du piézomètre. Concernant la circulation karstique, elle s'interroge en effet sur la localisation, sur la durée, les conditions de la nappe (haute ou basse). Elle souhaite que tous ces éléments soient précisés dans les conditions d'expérimentation. Elle invite à tenir compte également des phases de risque de pollution accidentelle et souligne encore une fois l'enjeu que

constitue pour la presqu'île cette ressource en eau potable.

**Ivan DROUADINE** rappelle que ces conclusions sur l'écoulement des eaux se basent sur deux expertises, qui peuvent être mises à disposition.

**Robert MEYER** va dans le sens de l'expertise qui montre clairement qu'on a deux bassins versants et qu'il ne peut y avoir de doutes.

**Mathias ADER**, *Direction des politiques environnementales de la CREA*, souhaite compléter les remarques de l'Agence de l'Eau. Sur ce secteur, il rappelle que la question de la ressource en eau est stratégique. Il souligne que la CREA sera très attentive aux arbitrages qui seront faits autour de l'exploitation des carrières.

Il informe que le SCOT, qui est en cours de révision, souligne la sollicitation de ce territoire en matériaux de constructions.

Il note que le besoin en granulats est réel mais qu'il est encouragé par une volonté de toujours faire plus. Il souligne que l'agriculture est très consommatrice de sols et entraîne de nombreux rejets dans la Seine, qui doivent ensuite être dragués par le Port. Il demande ainsi quel est le coût de ce dragage pour le Port et s'il serait moindre en cas de moindre consommation agricole.



Il estime que le gisement de réemploi des matériaux de déconstruction est insuffisamment exploité. Il invite à s'orienter vers des techniques de constructions plus renouvelables et à ne pas prôner systématiquement les structures béton. Il suggère de tirer parti des expériences allemandes dans le domaine (construction en bois).

Selon lui, si la situation actuelle consiste à combler les trous, demain elle doit être de diminuer la consommation des sols par l'agriculture et la construction, pour ainsi limiter le nombre de carrières et limiter les paysages.

Il invite le Port à s'interroger sur une agriculture plus respectueuse car il est lui-même exportateur de matière agricole.

Enfin, il souligne l'importance d'être attentif à la ressource en eau.

## **VERS UN SCHÉMA PROSPECTIF LOCAL OU RÉGIONAL D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE**

**Sandrine SAMSON, Chef du Service Environnement, Grand Port Maritime de Rouen**

(voir présentation<sup>13</sup> diapos 18 à 24 «Vers un schéma prospectif local ou régional d'aménagement du territoire »)

**Sandrine SAMSON** fait état du besoin de débouchés pour les sédiments de dragage qui représentent, pour les limons, un volume annuel de 250 000 m<sup>3</sup>.

Elle rappelle l'existence de plans d'eau dans les différentes boucles de l'estuaire de la Seine : Jumièges, Anneville et Oissel.

Le travail prospectif sur cette question a déjà été en partie réalisé à travers le schéma départemental des carrières de 1998 et le plan d'aménagement de la boucle d'Anneville.

Concernant la reconquête paysagère de la boucle, une étude a été menée dans le cadre de la charte du PNR sur la remise en état à vocation paysagère, qui inclut la valorisation des sédiments de dragage.

Elle propose de s'interroger sur un schéma prospectif d'aménagement du territoire en posant notamment la question des usages. Il faut pour cela intégrer la possibilité de remblaiement même si l'on se heurte parfois sur certains PLU à des difficultés. L'objectif de cette réflexion pour le Port est de planifier la gestion des sédiments de dragage à plus long terme.

<sup>13</sup> session 15h30 - La portée de l'expérimentation



## Echanges avec la salle

**Mathias ADER** évoque la loi de décentralisation qui sera prochainement votée et qui prévoit la création de l'échelon métropolitain qui se verra confier l'élaboration des PLU. Il invite dans ce cadre à engager un travail de façon coordonnée et active.

**Claude BARBAU** souligne que dans le cadre de la Commission littoral et mer de l'Agence de l'Eau (COLIMER), a été évoquée la possibilité d'appréhender la question des dragages et des clapages de façon coordonnée à l'échelle des deux Ports, le port du Havre et celui de Rouen.

Il propose ainsi de remblayer les plans d'eau le long de la Seine par les quantités de sable qui sont draguées sur la partie basse de l'estuaire plutôt que de les claper sur le site du Kannik. Il propose de lancer une expérimentation sur cette base, ce qui permettrait d'obtenir des paysages d'origine avec un aspect sableux.

Concernant le coût des dragages, il souligne que cela appartient aux collectivités et à l'Etat de s'interroger sur l'avenir du territoire.

**Sandrine SAMSON** souligne les difficultés de remblayer les ballastières avec des matériaux marins salés, connaissant l'impact que cela peut



avoir sur la nappe (eau douce). Elle souligne par ailleurs que le Port consultera bien entendu la CREA dans le cadre des réflexions engagées par le SCOT.

**Paul FERLIN** recommande de s'appuyer sur les programmes de recherche qui se développent à l'échelle de l'estuaire de la Seine pour élaborer son schéma.

Il souligne par ailleurs que le schéma doit tenir compte des variations du climat qui auront certainement des conséquences sur les travaux d'approfondissement de la Seine. Il invite à constituer un schéma dynamique.

**Sandrine SAMSON** confirme que la volonté du Port est que ce schéma soit élaboré de manière concertée avec l'ensemble des acteurs.



## 16 h 30 • Conclusions – rafraîchissement

**Régis SOENEN** remercie l'ensemble des participants qui ont montré un enthousiasme autour de ce débat. Il remercie les services du Port et leur implication dans la durée en soulignant qu'il est rare pour un établissement, de bénéficier d'un retour d'expérience sur vingt ans. Il se félicite de la réussite de ce dossier.

Concernant le séminaire, il souligne la qualité des exposés scientifiques qui sont trop peu présents dans le cadre de ces débats à la différence des discours institutionnels. Le principal enseignement qu'il retient est l'importance du suivi, avant, pendant et après la démarche. Selon lui, le suivi scientifique devra s'accompagner d'une réflexion sur les usages futurs, notamment en lien avec la commune. Il reconnaît l'importance de la concertation avec les habitants et l'élargissement des thématiques sur la question des dragages sans que l'ensemble de ces questions puisse être réglé à travers un colloque. Il remercie par ailleurs les associations garantes de la mémoire des lieux et qui rendent service au Port dans leur collaboration.

Si l'expérience doit être reproduite ailleurs, l'implication des partenaires économiques est nécessaire.

A une échelle plus large, il faut donc élaborer une vision prospective et un schéma d'ensemble, de manière concertée avec l'ensemble des acteurs,

sans que le Port soit le pilote de cette démarche mais plutôt un acteur comme le PNR ou la CREA.

Il souligne qu'une des ambitions du Port est de préserver son caractère maritime encore quelques décennies.

Il propose aux personnes qui s'interrogent sur le sujet de contacter les services du Port qui seront tout à fait disposés à répondre.

Concernant la nécessaire transmission du savoir qui est revenue à plusieurs reprises dans le cadre des débats, il confirme que le Port a un rôle important à jouer afin que d'autres secteurs géographiques puissent en bénéficier.

Enfin, sur l'inscription de cette expérience à l'échelle de l'estuaire, il rappelle que ce n'était pas le point de départ, Oissel ayant par exemple d'autres problématiques, mais il est bien évident qu'il faut veiller à être cohérent à cette échelle.

Il rappelle que les échanges seront retranscrits dans un compte rendu et remercie les acteurs pour leur contribution à cette riche journée.



*Pour consulter les présentations des intervenants,  
rendez-vous à l'adresse suivante : [www.rouen-haropaports.com](http://www.rouen-haropaports.com)*

*> Rubrique «environnement»*

*> Ballastière d'Yville-sur-Seine*





**Grand Port Maritime de Rouen**  
34 boulevard de Boisguilbert  
76022 Rouen cedex 3  
Tél. 02 35 52 54 56  
[www.rouen-haropaports.com](http://www.rouen-haropaports.com)



UNION EUROPÉENNE  
Fonds européen de  
développement régional





Le remblaiement  
par des sédiments  
de dragage et la restauration  
écologique de la ballastière  
d'Yville-sur-Seine (76)



Bilan de  
l'expérimentation

***Une contribution  
exemplaire à la biodiversité***





Le remblaiement  
par des sédiments  
de dragage et la restauration  
écologique de la ballastière  
d'Yville-sur-Seine (76)



Bilan de  
l'expérimentation

# ***Une contribution exemplaire à la biodiversité***

*par Béatrice Besnard, Ingénieur Ecologue Consultante*







# SOMMAIRE

AVERTISSEMENT	> 6
PRÉFACE	> 7
INTRODUCTION	> 9
1 - DU DRAGAGE AU REMBLAIEMENT : L'OPÉRATION PILOTE	> 11
2 - DU PROJET INNOVANT À LA REHABILITATION ÉCOLOGIQUE : 17 ANNÉES	> 13
3 - UNE ÉVALUATION SCIENTIFIQUE CONSÉQUENTE	> 15
3.1 - UNE CONCERTATION CONTINUE	> 15
3.2 - UN PARTENARIAT TECHNIQUE RENFORCÉ	> 17
3.3 - UN PROGRAMME DE SUIVI RIGOUREUX	> 19
4 - UN BILAN TECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTAL POSITIF	> 23
4.1 - LE REMBLAIEMENT DE LA BALLASTIÈRE	> 23
4.2 - LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DU SITE	> 39
5 - UNE PERSPECTIVE DE GESTION DURABLE	> 89
5.1 - UN RÉEL ENGAGEMENT POUR L'ENVIRONNEMENT	> 89
5.2 - UN SAVOIR-FAIRE À VALORISER	> 93
CONCLUSION	> 97
GLOSSAIRE	> 98
ANNEXES	> 104

## ***Avertissement***

### ***Les sources d'information, la démarche de synthèse***

Cette synthèse a été rédigée par Béatrice Besnard, Ingénieur Écologue Consultante, à partir de documents fournis par le Grand Port Maritime de Rouen : les rapports de synthèse annuelle, les rapports thématiques de suivi scientifique et des documents complémentaires, notamment administratifs. Leur liste figure en annexe (1 : tableau bibliographique).

Un glossaire en fin de rapport explique les termes techniques et scientifiques.

## Préface

Le Grand Port Maritime de Rouen doit pour maintenir les accès nautiques aux différents terminaux portuaires jusqu'à Rouen, entretenir son chenal de navigation. La gestion et le devenir des sédiments issus des dragages d'entretien est une préoccupation forte pour le Port qui doit leur trouver des débouchés avec pour ligne directrice la conciliation des paramètres techniques et des enjeux économiques et environnementaux.

Pendant longtemps, les sédiments fins de la zone portuaire amont situés entre Rouen et La Bouille étaient gérés à terre, dans des chambres ou casiers de dépôt occupant des surfaces importantes en bord de Seine et formant des « tas » qu'il était difficile d'intégrer dans le paysage et dans l'environnement de la Vallée de la Seine.

Une réflexion sur les solutions alternatives à cette gestion des sédiments de dragage a été initiée il y a 20 ans en lien avec différents partenaires tels que le Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande, les services de l'Etat et les carriers. La solution de remblaiement des ballastières est apparue comme l'alternative la plus optimale sur le plan environnemental et paysager et a été fixée comme objectif prioritaire par l'Etat dans le Schéma Départemental des Carrières. La faisabilité de ce remblaiement devait toutefois être expérimentée dans un premier temps. C'est dans ce contexte qu'a été retenu le site d'Yville-sur-Seine, en accord avec toutes les administrations de l'Etat et la commune.

L'opération pilote de remblaiement expérimental de la ballastière par des sédiments de dragage communément appelée « les tas dans les trous » a ainsi débuté de façon opérationnelle en 2000 et a fait l'objet d'un suivi scientifique rigoureux.

Ce document constitue le bilan de l'ensemble des résultats des suivis scientifiques de l'expérimentation d'Yville-sur-Seine qui se sont déroulés sur la période 2000-2010, soit plus de 10 années de suivi. Les résultats scientifiques sont positifs et confirment la faisabilité du remblaiement de plans d'eau par des sédiments de dragage d'un point de vue technique et environnemental.

Cette opération a ainsi permis la recréation d'écosystèmes humides caractéristiques de la vallée de la Seine et présentant une richesse spécifique importante avec, par exemple, pour la prairie humide reconstituée d'une surface de 4 ha, plus de 132 espèces végétales recensées. Elle participe ainsi au programme national de reconquête et de restauration des zones humides, dont environ 70 % de la superficie a disparu au cours du XX<sup>e</sup> siècle et qui ne représentent plus aujourd'hui que 5 % de la superficie du Bassin Seine Normandie.

Il est temps aujourd'hui de conclure à la recevabilité de ce mode de gestion qui présente de nombreux intérêts sur les plans économique, écologique et paysager, et qui répond à la nécessité de gestion durable des sédiments de Seine. La généralisation de ce mode de gestion à d'autres plans d'eau des boucles de Seine permettra de constituer un débouché à plus long terme pour ces sédiments et ainsi de poursuivre les actions de reconquête des zones humides et du paysage.

**Philippe DEISS**  
*Directeur Général du GPMR*

# Localisation



La ballastière faisant l'objet de l'opération pilote en 2010, deux ans après la fin du remblaiement.





# Introduction

## *Une expérience innovante de gestion des sédiments de dragage*

Le Grand Port Maritime de Rouen, situé en fond d'estuaire, nécessite des dragages d'entretien réguliers pour garantir la sécurité de la navigation dans ses accès nautiques et permettre aux navires d'accéder aux terminaux portuaires jusqu'à Rouen. Les matériaux dragués étaient traditionnellement déposés à terre dans des chambres de dépôt en bordure du fleuve.

Au début des années 90, le Port, en concertation avec le Parc Naturel Régional de Brotonne (aujourd'hui Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande) et les services de l'Etat, a envisagé **une solution alternative** afin de limiter les nouvelles emprises terrestres en bord de Seine, en utilisant les **sédiments de dragage pour remblayer les ballastières** issues de l'extraction alluvionnaire.

En 2000 démarre une expérience pilote, menée sur un plan d'eau résultant de l'exploitation achevée de l'entreprise Carrières et Ballastières de Normandie à **Yville-sur-Seine**.

Cette expérimentation a fait l'objet de **divers suivis environnementaux** afin d'appréhender les contraintes techniques et de mesurer les impacts *in situ* d'une telle opération (dispositif de refoulement, remplissage, piézométrie, qualité des sédiments, qualité des eaux de surface et souterraines...).

L'objectif final étant la création de zones humides au terme du comblement, des aménagements écologiques et un suivi écologique ont accompagné cette opération depuis 2008.

L'ensemble de l'expérimentation a été réalisé avec le concours du Fonds Européen de Développement Régional et le soutien financier de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie.

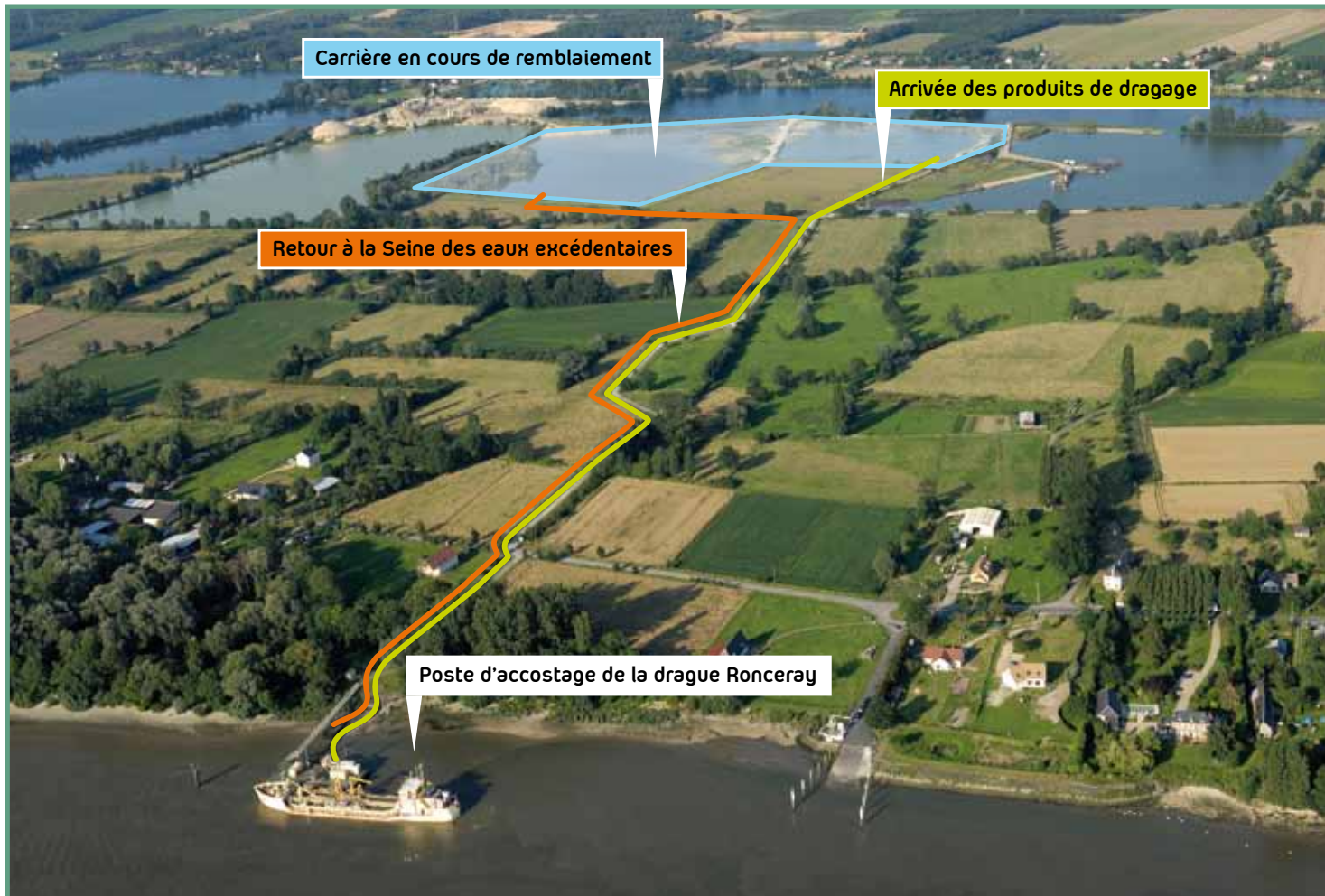
Pour clarifier ce long processus, le GPMR présente aujourd'hui **une synthèse de l'opération** menée durant ces dix années (2000 – 2010), depuis les premiers remblaiements de la ballastière jusqu'au réaménagement écologique du site. Aujourd'hui, l'objectif est de dresser le **bilan technique et environnemental** de l'opération pilote.

C'est également pour permettre la reproductibilité d'une telle opération qu'il convient de synthétiser les points importants, voire les limites de l'expérimentation, et de **dégager des recommandations** pour les opérations à venir.





## Le dispositif



# 1 Du dragage au remblaiement : l'opération pilote

*L'opération de comblement de la ballastière par les sédiments de dragage a consisté en des travaux assez complexes jamais expérimentés auparavant en France.*

## La mise en œuvre

Les sédiments remblayés sont prélevés dans la **zone portuaire entre Rouen et La Bouille**.

Ils sont aspirés par une drague aspiratrice qui les transporte dans son puits jusqu'à la ballastière d'Yville-sur-Seine, située à quarante kilomètres en aval.

Le plan d'eau initial couvre une surface d'environ 11 ha avec une profondeur moyenne de 8 m. Son volume de stockage est estimé à un million de m<sup>3</sup>. Il est situé à un peu plus de 1 km de la berge.

Les sédiments contenus dans le puits de la drague sont refoulés hydrauliquement dans une conduite métallique, après apport d'eau, depuis le poste d'accostage jusqu'à la ballastière.

La mixture, constituée d'environ 90 % d'eau et de **sédiments vaseux très fins** (majoritairement inférieurs à 50 µm), est déposée par gravité, un diffuseur permettant d'optimiser leur décantation. L'excès d'eau est ensuite pompé et retourne à la Seine par une autre conduite.

De manière à éviter tout débordement ou un transfert éventuel de contaminants vers la nappe phréatique, le **niveau du plan d'eau est abaissé par pompage** préalablement aux déversements des sédiments. Ainsi, la ballastière est mise en dépression par rapport à la nappe phréatique.



La drague Ronceray

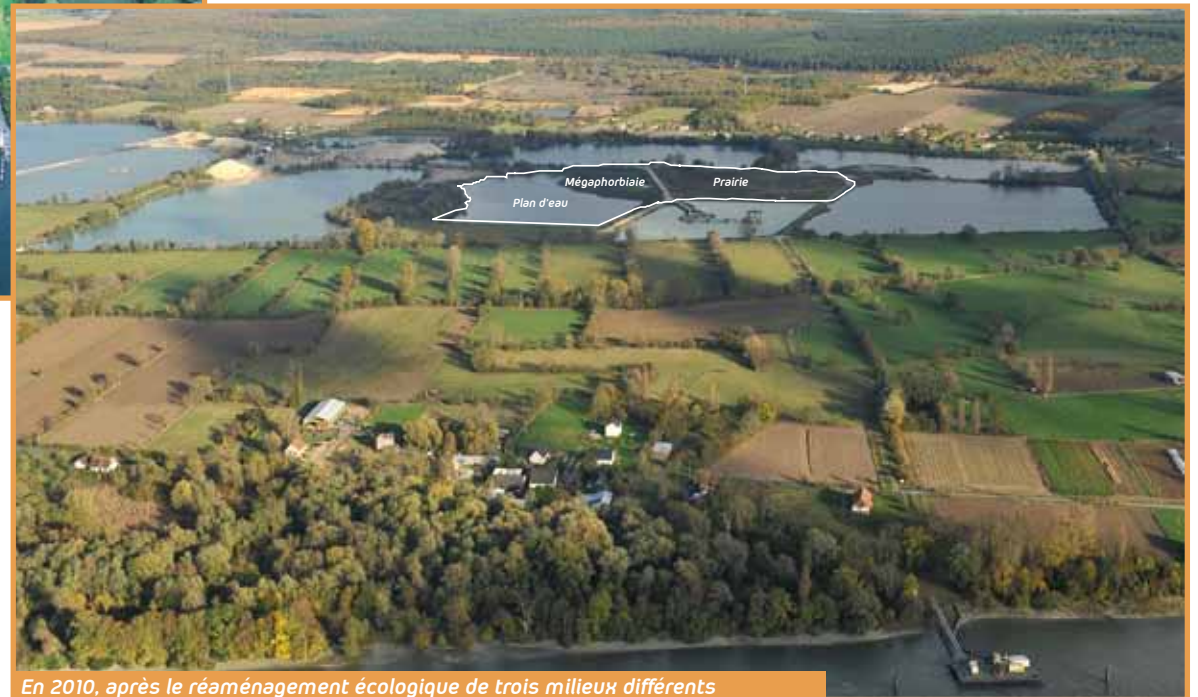
*De 2000 à 2008, 1 308 chargements ont été refoulés, à raison de deux campagnes menées chaque année, l'une au printemps, l'autre à l'automne.*

*Ainsi, un volume total de 1 964 889 m<sup>3</sup> de sédiments aqueux ou 684 568 tonnes de matière sèche ont été remblayés.*





Avant le remblaiement



En 2010, après le réaménagement écologique de trois milieux différents

# 2 Du projet innovant à la réhabilitation écologique : 17 années

## Quelques repères chronologiques majeurs :

### Février 1992

Présentation de l'intérêt et des principes de l'opération dans une note technique du Parc Naturel Régional.

### 25 mars 1994

Délibération du Bureau du syndicat mixte du Parc Naturel Régional en faveur du remblaiement expérimental.

### 1995

Décision du Port Autonome de Rouen d'expérimenter le remblaiement en ballastière.

### 15 janvier 1999

Arrêté préfectoral d'autorisation de l'opération pilote.

### Juin 1999

Premières analyses : admissibilité des sédiments.

### Printemps 2000

Première campagne de refoulement des sédiments.

### Fin 2001

Après quatre campagnes de refoulement, premier bilan du suivi : absence d'incidence sur la nappe phréatique.

### 2002

Aucune campagne de déversement durant cette année mais le suivi continue.

### 2003

Validation de la faisabilité de l'opération par la commission de suivi sur les paramètres hydrogéologiques.

### Janvier 2008

Dernière campagne de refoulement.

Volume total reversé : 1 964 889 m<sup>3</sup>.

### 2008

Démarrage de la phase de réaménagement écologique.

### 2008

Premiers suivis faunistiques et floristiques des milieux reconstitués.

### 2010

État globalement positif des milieux humides reconstitués. Introduction de deux chevaux camarguais pour une gestion écologique de la prairie tourbeuse.

### 2011

Bilan général concluant, permettant d'étudier la possibilité d'étendre ce type d'aménagement à d'autres sites de la vallée.



Visite du comité de suivi

- > 10 réunions du comité de suivi :
  - 17 novembre 2000
  - 12 décembre 2001
  - 13 novembre 2002
  - 11 avril 2003
  - 19 janvier 2006
  - 22 mars 2007
  - 3 juin 2008
  - 23 juin 2009
  - 1<sup>er</sup> décembre 2010
  - 6 juillet 2011
- > Réunion technique Hydrogéologie :
  - 25 septembre 2001
- > 2 réunions techniques sur le réaménagement :
  - 6 octobre 2006
  - 23 janvier 2007

Exemples de points soulevés :

- > les indices de qualité des sédiments
- > l'échéancier et le phasage de l'exploitation d'extraction contiguë
- > l'ajustement des paramètres de suivis, une nouvelle implantation de piézomètres
- > le devenir des terrains post-restauration



# 3 Une évaluation scientifique conséquente

*Dès la conception de cette solution novatrice, les préoccupations environnementales sont posées.*

*Deux questions essentielles émergent :*

- *Le risque de contamination de la nappe phréatique par des sédiments pollués de la Seine,*
- *Le risque de perturbation des écoulements souterrains qui serait lié au colmatage de la ballastière et à un effet de barrière hydraulique.*

*Aussi, la constitution d'un comité de suivi et la mise en place d'un programme scientifique d'évaluation des impacts ont fait partie des mesures conditionnant l'autorisation administrative.*

## 3.1. Une concertation continue

Conformément à l'arrêté préfectoral, un comité de suivi a été constitué en novembre 2000. Sous l'égide de la Préfecture de Haute-Normandie, elle réunit des représentants :

- des communes d'Yville-sur-Seine et d'Anneville-Ambourville
- du Port Autonome de Rouen
- de la société Carrières et Ballastières de Normandie
- des services techniques de l'Etat (DDAF, DASS, DIREN, DRIRE, DISE...)
- du Parc Naturel Régional de Brotonne
- d'associations pour la protection de l'Environnement (ADHER, APPA, HNNE)
- des universités du Havre et de Rouen (experts)
- de l'Agence de l'eau Seine-Normandie
- des associations de chasse et de pêche
- un hydrogéologue agréé

La composition du comité de suivi a évolué, attestant d'une forte implication des acteurs locaux. Des représentants de communes voisines (ex : Berville-sur-Seine) et de la randonnée pédestre ont ainsi rejoint ce comité.

Le comité de suivi s'est réuni presque chaque année de manière à suivre régulièrement l'expérimentation.

Le Port de Rouen a ainsi délivré en toute transparence, une **information continue** en présentant l'état d'avancement de l'opération, les résultats des suivis (synthèse annuelle) et en suscitant des échanges de points de vue.

Une visite sur le terrain a complété chaque réunion dès que cela était possible.

En outre, d'autres réunions techniques se sont déroulées sur des points plus spécifiques : hydrogéologie, groupe de travail sur le réaménagement...



*Personnel du GPMR relevant une sonde*



*Relevés de sol par le laboratoire universitaire d'écologie ECODIV*



*Pêche de sauvegarde par la Pisciculture de Venables*



*Relevé des hydrophytes par le Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande*

## 3.2. Un partenariat technique renforcé

Durant cette expérimentation, le Grand Port Maritime de Rouen s'est entouré de **nombreux partenaires**, tant pour la mise en œuvre des suivis scientifiques lors des deux phases, que pour l'aménagement à vocation écologique.







## PRÉSERVATION DE LA FLORE REMARQUABLE INITIALE

En bordure nord de la ballastière, une végétation pionnière remarquable de milieux humides a été identifiée en 1998 lors de l'étude d'impact.

Celle-ci comportait notamment plusieurs espèces végétales de valeur patrimoniale, dont des espèces légalement protégées (notamment l'Ache rampante (*Apium repens*)).

Dès lors, un plan de sauvegarde a été engagé, incluant un suivi phytosociologique et floristique précis, ainsi que des mesures de transplantation et de gestion de la végétation (fauchage annuel et opérations d'étrépage, voir détails p.84).



Carré ayant subi un étrépage



Mise en place d'un étrépage de manière rotative : localisation des zones étrépees en 2009

## 3.3. Un programme de suivi rigoureux

Le risque de pollution et de perturbation des écoulements souterrains a été une préoccupation majeure dans la définition du programme de suivi.

Un grand nombre de **paramètres physico-chimiques** caractérisant la qualité des eaux souterraines, des sédiments et des eaux de surface ont été assidûment suivis (voir chapitre 4.1). Les niveaux d'eau de la nappe et de la ballastière ont également fait l'objet d'une surveillance continue afin de vérifier notamment l'absence d'impact sur les écoulements souterrains.

Toutes ces données ainsi que celles concernant les **chargements, les volumes** reversés et la **bathymétrie** de la ballastière ont été consignées dans des registres annuels et dans un rapport de suivi annuel transmis et présenté au comité de suivi.

Le programme de suivi scientifique de la restauration écologique est aussi très complet : la **caractérisation et l'évolution du sol** de la prairie humide et de la mégaphorbiaie, la **dynamique végétale** et la colonisation par la **faune** (oiseaux, insectes, faune du sol) sont régulièrement observées depuis 2008 (voir chapitre 4.2).

Le pâturage de la prairie par les chevaux camarguais fait aussi l'objet d'une **surveillance** : état sanitaire des animaux, analyse de la qualité du fourrage, impact sur la végétation.

Le suivi de la plupart des paramètres physico-chimiques s'est maintenu durant la phase de restauration et se poursuit actuellement.



Piézomètre



Placettes de suivi floristique





## PHASE DE REMBLAIEMENT : 5 thèmes de suivi, 20 paramètres régulièrement analysés

### REPLISSAGE

- > **Comptage** de tous les **chargements et volumes** de la drague
- > **Contrôle bathymétrique** de la ballastière au moins 1 fois/an

### PIÉZOMÉTRIE

**5 points de suivi** des hauteurs d'eau en continu : ballastière, nappe (1 piézomètre en amont, ST3, 2 en aval ST1 et ST2), étang adjacent (« à voile » PCB)

### QUALITÉ DES SÉDIMENTS

- > **6 points de prélèvement**
- > **Analyse systématique** avant chaque campagne de dragage (métaux, PCB, HAP)
- > **Indices de qualité**
- > **Étude** du risque écotoxicologique

### QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES


- > **Paramètres mesurés en continu in situ** par des sondes installées dans les 2 piézomètres aval : pH, conductivité, T°, oxygène dissous, turbidité, paramètres organoleptiques.
- > **Mesures complémentaires** 1 à 2 fois/an dans l'eau des 3 piézomètres : Carbone Organique Total, Nitrites, Nitrates, Ammonium, MES, micro-polluants métalliques, AOX, HAP, PCB.

### QUALITÉ DES EAUX SUPERFICIELLES

- > **Rejets en Seine et ballastière**
  - > **Étang adjacent** (« à voile »)
  - > **Eaux du fossé situé en bordure de la ballastière**
- Paramètres mesurés ponctuellement in situ** par sonde : pH, conductivité, T°, oxygène dissous, turbidité,
- Mesures complémentaires** 1 à 2 fois/an en moyenne : (Carbone Organique Total, Nitrites, Nitrates, Ammonium, Phosphore, Orthophosphates, Chlorophylle a, Phaéopigments, MES, DBO5, DCO, micro-polluants métalliques, HAP, PCB)

## RESTAURATION ÉCOLOGIQUE : 6 grands thèmes de suivi scientifique

OISEAUX
<i>Passereaux et oiseaux liés aux plans d'eau</i>




**SOL**

- Caractérisation morphologique et physico-chimique*
- Fonctionnement*
- Évolution*
- Pédofaune*

VÉGÉTATION
<i>Dynamique</i>
<i>Composition</i>
<i>Productivité</i>
<i>Hydrophytes</i>
<i>Plante invasive</i>



INSECTES
<i>Carabidés</i>
<i>Orthoptères</i>
<i>Odonates</i>

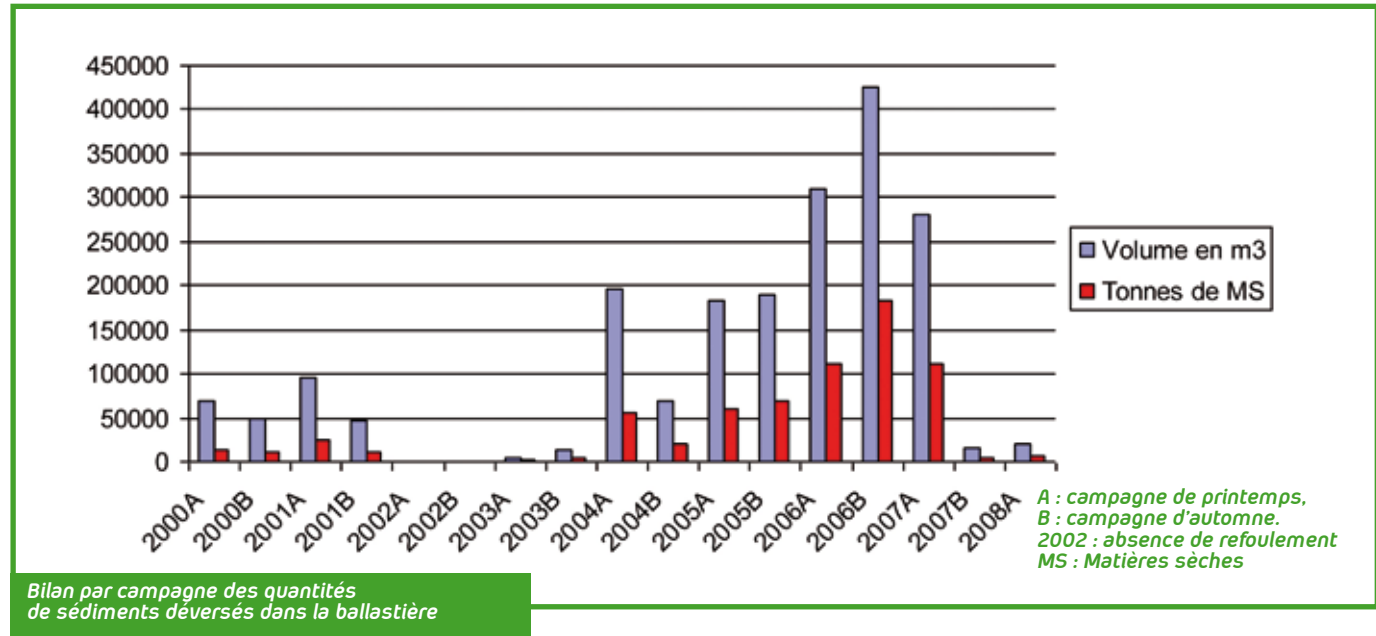


BIOTOPE
<i>Maintien du suivi des niveaux et de la qualité des eaux souterraines et de surface, et de la topographie de la prairie humide</i>

GESTION ÉCOLOGIQUE
<i>Impact sur la végétation et sur le sol de la prairie humide</i>
<i>Surveillance de l'état sanitaire des chevaux</i>



+ ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE RÉGULIÈRE DE LA TOURBE ET DU FOURRAGE



Evolution de la bathymétrie : 2001, 2005 et 2007

# 4 Un bilan technique et environnemental positif

*Ce bilan présente les résultats majeurs puis les éléments clefs du bilan*

*Il est exprimé distinctement pour chacune des deux phases :*

- 1. Le remblaiement de la ballastière*
- 2. La restauration écologique du site*

## 4.1. Le remblaiement de la ballastière

Les quatre composantes du suivi sont :

- Le remplissage de la ballastière et la qualité des sédiments
- Les niveaux d'eau (piézométrie)
- La qualité des eaux souterraines
- La qualité des eaux de surface

### Le remplissage et la qualité des sédiments

La ballastière a été progressivement remblayée durant quinze campagnes, du **printemps 2000 à janvier 2008**, à raison de deux campagnes par an, l'une au printemps et l'autre à l'automne.

Les quantités les plus importantes ont été refoulées entre 2004 et 2007, avec un volume maximal de mixture atteint lors de la campagne d'automne 2006 (> à 400 000 m<sup>3</sup>).

Durant l'année 2002, aucun refoulement n'a été effectué et très peu en 2003. En effet, le Grand Port Maritime de Rouen souhaitait clore l'exploitation de la chambre de dépôts de Sahurs en décembre 2003 et a donc privilégié ce site pour accueillir les sédiments de dragage durant cette période.

*De 2000 à 2008,  
1 308 chargements ont été refoulés,  
ce qui correspond à un volume total  
de 1 964 889 m<sup>3</sup> de sédiments aqueux  
ou 684 568 tonnes de matière sèche.*

La progression du remplissage a été suivie par un relevé bathymétrique annuel ou bisannuel. A compter de 2005 et suite à un volume refoulé plus significatif, le relief des fonds de la ballastière a changé. La partie sud s'est progressivement rehaussée et les sédiments ont atteint la surface de l'eau à proximité de la canalisation de refoulement. Celle-ci a alors été déplacée de 200 m vers le nord afin de mieux répartir les sédiments.





## L'admissibilité des sédiments de dragage

En l'absence de seuils réglementaires ou de normes environnementales pour les sédiments destinés à être stockés à terre ou remblayés en ballastière, le Port de Rouen a proposé en 1995 une grille de classification de la qualité des sédiments dragués (voir annexe 2).

Cette grille a été construite à partir d'un travail de synthèse bibliographique et de la prise en compte de référentiels utilisés dans d'autres pays européens. Elle a été finalisée avec les services de la DRIRE, validée par la DIREN et le Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande. Elle a été intégrée dans l'arrêté préfectoral d'autorisation de remblaiement de la ballastière.

### Principes

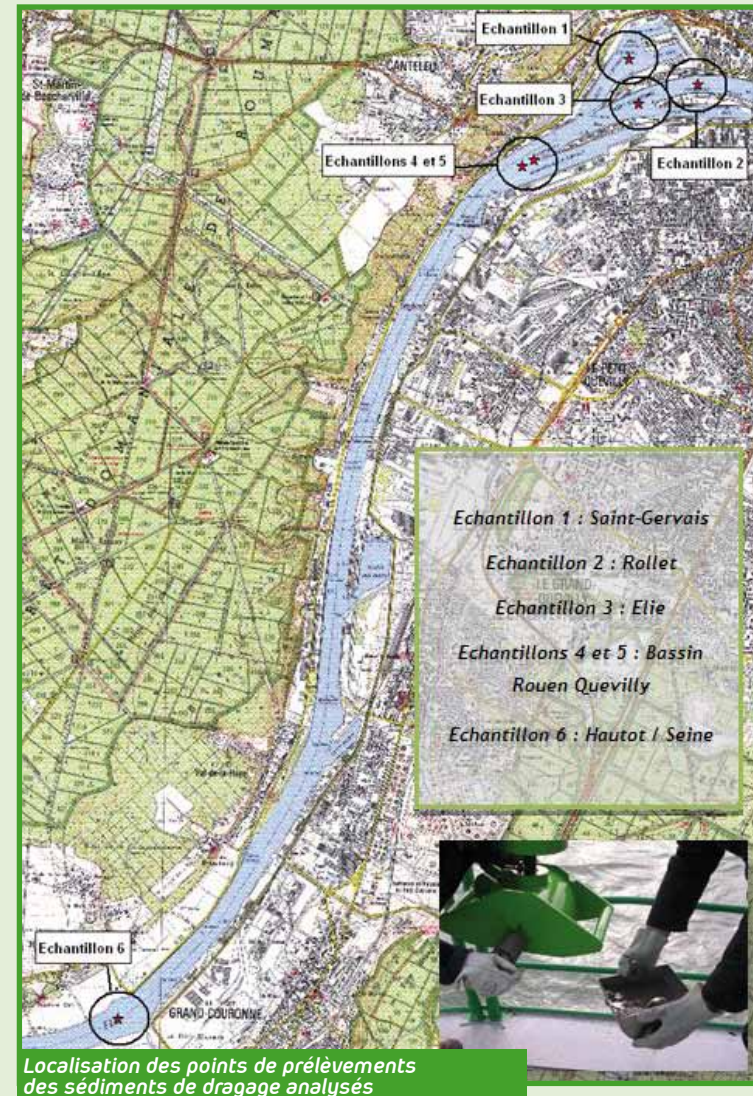
La qualité des sédiments est établie selon trois groupes de polluants majeurs : **8 métaux**, les **PolyChloroBiphényles (PCB)** et les **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**.

Pour chaque groupe, des **indices ou niveaux de qualité décroissante de 0 à 5** sont définis à partir des teneurs en polluants des échantillons prélevés (voir les explications en annexe 4). Par ailleurs, des seuils unitaires pour chacun des métaux suivis permettent d'affiner les critères de gestion. Ainsi, des sédiments pour lesquels les teneurs en métaux se situent en catégories 5 et 6 nécessitent une gestion différenciée (précaution à prendre ou interdiction de dépôt).

### Mise en oeuvre

A chaque échantillon prélevé avant la campagne de dragage, un indice de qualité par groupe de polluants était attribué à partir des résultats des analyses chimiques.

Seuls les sédiments d'un indice (de qualité) inférieur ou égal à 3 et dont les teneurs en métaux ne se situent pas en catégorie 5 et 6 sont admissibles sans prescription particulière dans la ballastière.



Localisation des points de prélèvements des sédiments de dragage analysés



## Le remplissage et la qualité des sédiments

Pour s'assurer de l'innocuité des sédiments et éviter tout transfert de pollution vers l'aquifère, le contrôle régulier de la qualité chimique des sédiments dragués fut une mesure déterminante.

Avant chaque campagne printanière ou automnale de dragage, l'**admissibilité des sédiments a été vérifiée** à partir d'échantillons prélevés sur les zones de dragage d'entretien dans la zone portuaire amont (carte).

En annexe n°3, un tableau présente l'ensemble des teneurs minimales, moyennes et maximales relevées pour chaque campagne, de 1999 à 2008, et pour chaque groupe de contaminants :

- métaux
- PCB
- HAP

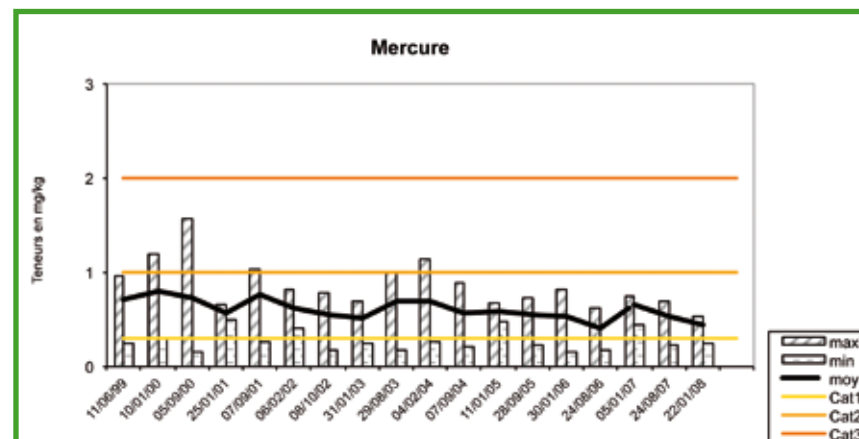
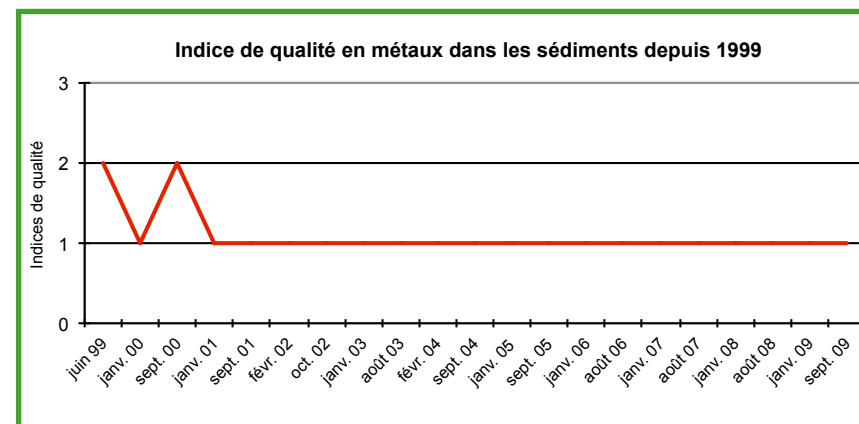
Les **8 métaux** surveillés sont : **l'Arsenic, le Cadmium, le Chrome, le Cuivre, le Mercure, le Plomb, le Nickel et le Zinc.**

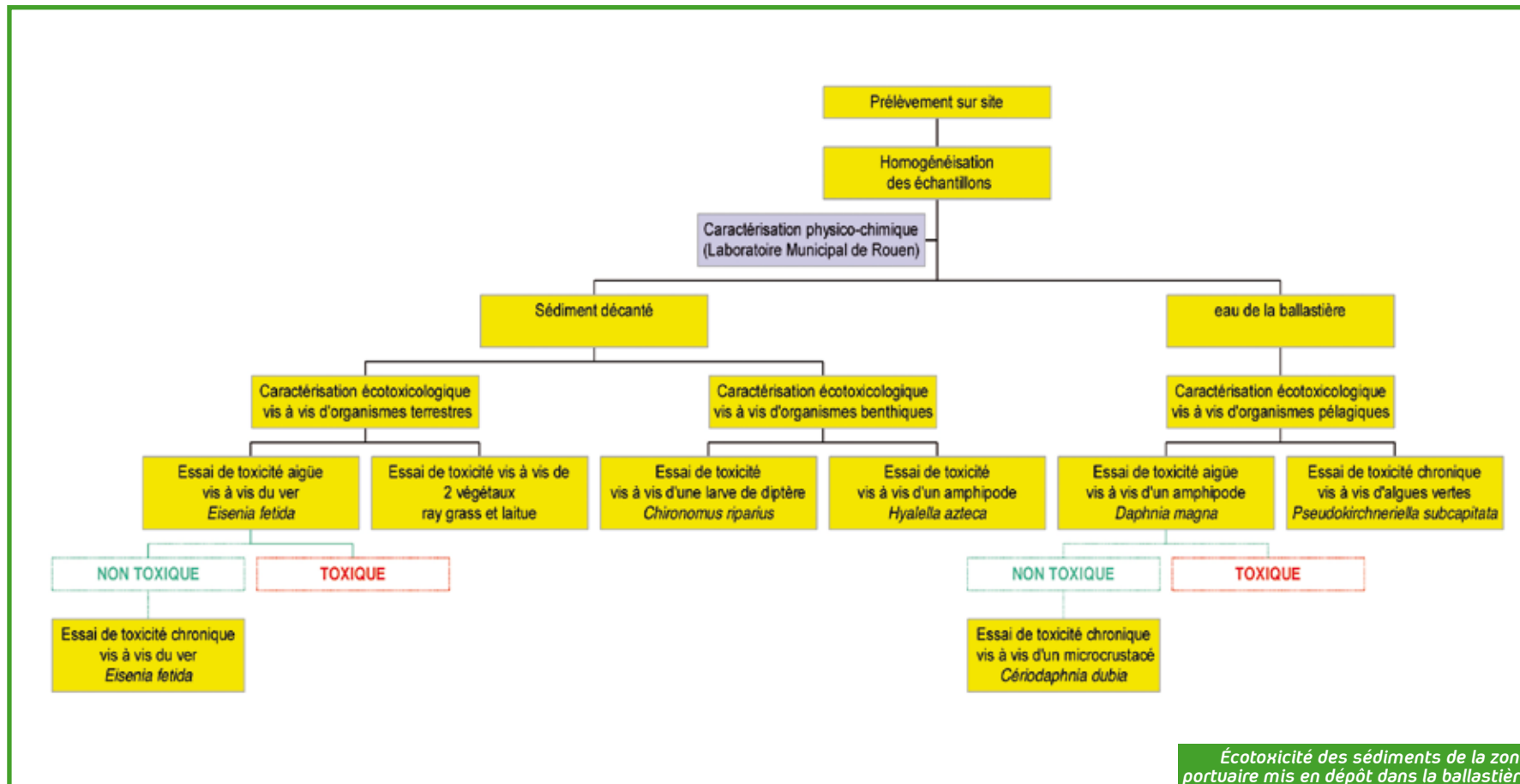
Durant toute la phase de comblement, **les indices de qualité étaient de niveau 1 ou 2** et ont peu varié (diagramme).

Dans l'ensemble, les teneurs ont légèrement baissé en 10 ans à l'exception du Zinc.

Aucune des teneurs en métaux dans les échantillons analysés ne se situait en catégorie 5 et 6.

**Ces résultats ont permis de conclure à l'admissibilité des sédiments en ballastière pour ces paramètres.**





En 2001 et 2002, le risque écotoxicologique des sédiments a été appréhendé par différents tests de toxicité aiguë (léthalité) et chronique (d'inhibition de la croissance), effectués par l'INERIS sur des organismes terrestres (végétaux et vers de terre) et benthiques (larves de chironomes et amphipodes).

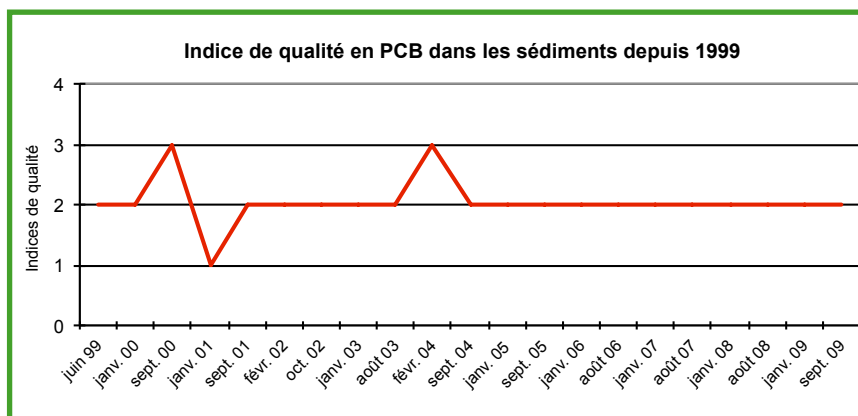
Pour évaluer le risque de toxicité de l'eau, des essais ont été menés sur des organismes pélagiques (daphnies, cériodaphnies et algues).

Les différents tests ont conclu à l'absence de toxicité majeure vis-à-vis des organismes testés permettant d'envisager les trois solutions de réaménagement prévues (plan d'eau de faible profondeur, mégaphorbiaie et prairie humide) sans problème majeur pour les organismes concernés.

Par ailleurs, le laboratoire d'écotoxicologie de l'Université du Havre a réalisé des analyses toxicologiques sur les gonades des gardons pêchés en 2002 sur la ballastière ne montrant pas de perturbations hormonales.

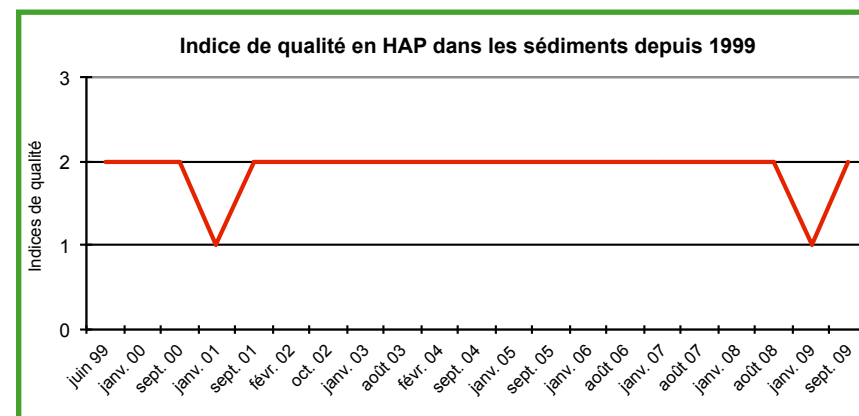
Les teneurs en **PolyChloroBiphényles** ont été exprimées pour six congénères indicateurs (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180) et en teneur totale des six congénères.

Les teneurs minimales, moyennes et maximales relevées ont donné des indices variant de 1 à 3, avec **une majorité de 2** (diagramme). Les sédiments étaient donc admissibles en ballastière au vu des critères retenus pour les PCB.



Les analyses d'**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques** ont montré des teneurs faibles, d'**indice total de 2**, ou exceptionnellement de 1 (diagramme). Le benzo(a)pyrène seul a toujours eu un indice de qualité de **niveau 1**.

**Ces résultats ont permis de conclure à l'admissibilité des sédiments en ballastière pour ces paramètres.**



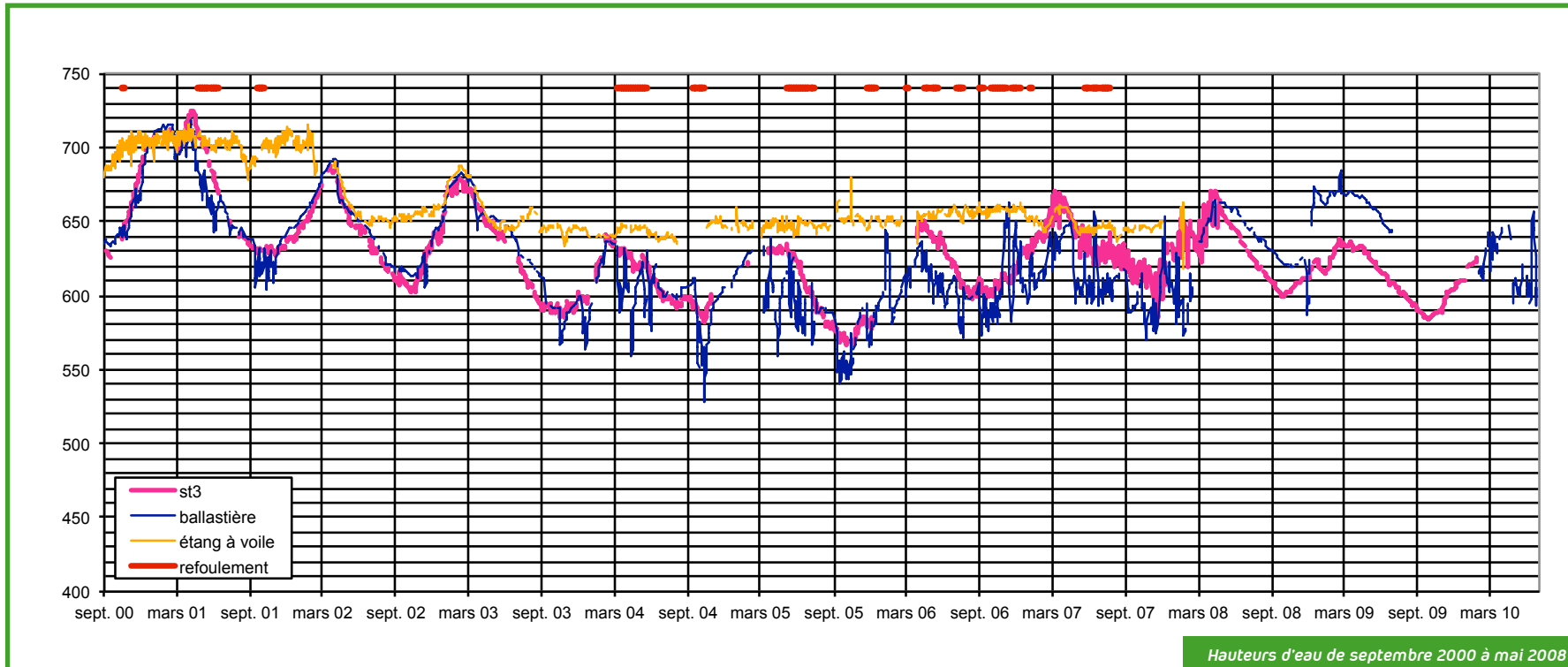
Refoulement des sédiments de dragage dans la ballastière (juillet 2007)

Le suivi de la qualité chimique des sédiments de dragage d'entretien montre une tendance globale à la diminution pour les teneurs en métaux sur les dix années de suivi et peu d'évolution pour les autres paramètres.

Au vu de la classification retenue, les sédiments ont toujours été de **qualité acceptable** et ont répondu aux critères d'admissibilité retenus, permettant leur utilisation sans restriction vers la ballastière.



Localisation des piézomètres



Hauteurs d'eau de septembre 2000 à mai 2008



## Les niveaux d'eau (piézométrie)

### *Quel est l'impact du remblaiement sur les niveaux de la nappe alluviale et sur le risque inondation ?*

Pour répondre à cette question, un suivi a été mis en place pour observer les fluctuations des hauteurs d'eau de la nappe phréatique, de la ballastière expérimentale et du plan d'eau adjacent au nord (dit « étang à voile »).

**Cinq points de mesures en continu** des hauteurs d'eau ont été privilégiés (photographie) :

- trois points dans la nappe alluviale par l'intermédiaire de trois piézomètres : un, situé en amont de la ballastière (ST3), deux autres, localisés en aval (ST1 et ST2)
- un point sur la ballastière
- un point sur l'étang à voile

Les hauteurs de la Seine étaient fournies par le marégraphe de Mesnil-sous-Jumièges.

L'ensemble des mesures constitue un **porter à connaissance conséquent** des hauteurs d'eau durant une dizaine d'années et renseigne sur les comportements de la nappe et des plans d'eau (graphique) :

- Le niveau de la nappe, représenté par ST3 sur le graphique, fluctue d'un **niveau haut printanier à un étiage à l'automne**. Sur toute la période, il a varié de 7,25 m CMH, maximum enregistré en avril 2001 (année exceptionnellement humide) à 5,65 m CMH, minimum enregistré en octobre 2005. L'amplitude saisonnière a varié d'1 mètre (2001) à 60 cm (2004, 2009).

Les piézomètres ST1 et ST2 situés en aval de la ballastière présentent deux cycles quotidiens liés à la marée, synchrones avec ceux de la Seine. Les variations observées sont de l'ordre de 20 à 30 cm et ne se manifestent pas dans la masse d'eau de la ballastière, caractérisée par une plus grande inertie, en lien avec son colmatage. Le niveau de ces piézomètres ne varie pas lors des refoulements.

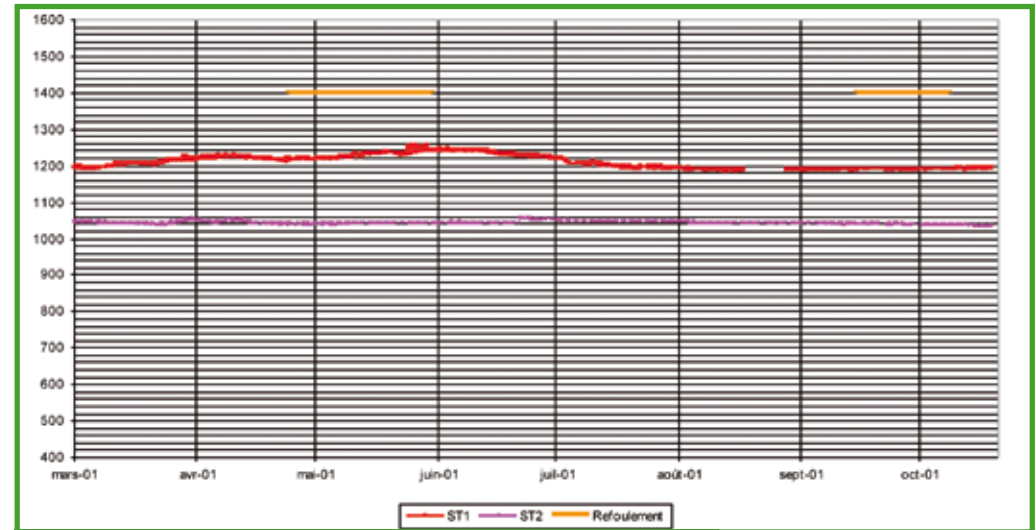
- Sur l'année, le **comportement de la ballastière est analogue à celui de la nappe** : hautes eaux en mars-avril et étiage en septembre-octobre. Pour prévenir d'éventuels débordements et pour éviter tout transfert d'éléments de la ballastière vers la nappe, le niveau de la ballastière a été maintenu en légère dépression par rapport à celui de la nappe, par pompage, préalablement aux refoulements avec pour objectif d'inverser le gradient hydraulique et ainsi d'empêcher tout écoulement vers la nappe lors des remblaiements.
- Le comportement de l'étang à voile est lié à l'activité d'extraction. Suite au maintien d'un niveau très haut (7 m CMH) lié au rejet d'eaux de lavage et inondant la végétation située au sud de l'étang, CBN a installé en 2002, une buse entre ce plan d'eau et le bassin de lavage. Le niveau a ainsi été stabilisé à environ 6,50 m CMH.

*Durant toute la période de remblaiement, les niveaux de la nappe n'ont pas été modifiés par les refoulements ou les baisses artificielles du niveau de la ballastière. Au terme de l'opération, le comblement de la ballastière n'a pas affecté le régime de la nappe alluviale.*



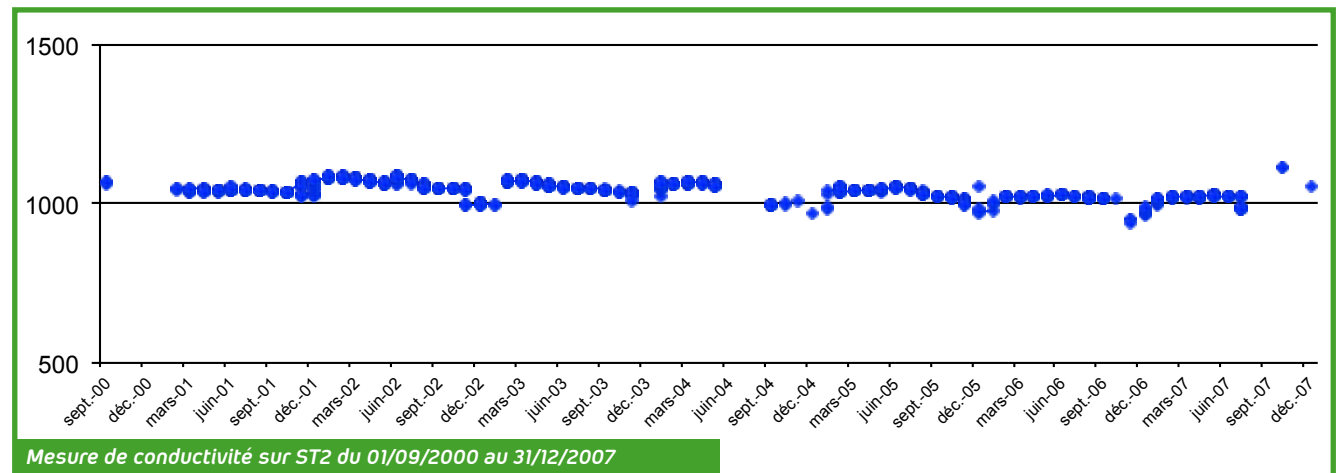


	PIÉZOMÈTRE ST1	PIÉZOMÈTRE ST2
<b>pH</b>	6,5-6,8	6,7-7
<b>Conductivité</b>	1200 $\mu\text{S.cm}^{-1}$	1050 $\mu\text{S.cm}^{-1}$
<b>Oxygène</b>	0,3 mg/l	0,7 mg/l
<b>Turbidité</b>	Variable	Variable
<i>Caractéristiques des eaux des piézomètres ST1 et ST2</i>		



Mesure de conductivité sur ST1 et ST2 du 01/03 au 20/10/2001

<b>ST1</b>	1200 $\mu\text{S.cm}^{-1}$
<b>ST2</b>	1050 $\mu\text{S.cm}^{-1}$
<b>Ballastière</b>	500 $\mu\text{S.cm}^{-1}$
<b>Seine</b>	600 $\mu\text{S.cm}^{-1}$
<i>Comparaison des niveaux moyens de conductivité</i>	



Mesure de conductivité sur ST2 du 01/09/2000 au 31/12/2007

## La qualité des eaux souterraines

### *Quelle est l'influence du comblement sur la qualité des eaux de la nappe ?*

**Le suivi des paramètres intégrateurs de la qualité des eaux souterraines fut primordial pour savoir si des échanges existaient entre les eaux de la ballastière et celles de la nappe et si les micropolluants risquaient de se disperser dans l'aquifère.**

La conductivité électrique est le paramètre le plus approprié pour mettre en évidence les échanges entre la ballastière et la nappe. S'il y a une relation du plan d'eau vers la nappe, cela se traduira par une diminution significative de la conductivité mesurée dans la nappe.

Pour mémoire, les niveaux moyens de conductivités rencontrés en Seine sont de l'ordre de 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et dans la ballastière de 400 à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avant remblaiement.

Les paramètres mesurés en continu *in situ* par les sondes installées dans les piézomètres ST1 et ST2 ont permis de caractériser les eaux de la nappe **en aval** de la ballastière avant, pendant et après la phase de remblaiement :

- L'eau de la nappe alluviale est légèrement acide (pH 6,5 à 7) étant donné la présence de tourbe. Sa conductivité est élevée : 1000 à 1200  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . L'oxygène dissous y est quasiment absent (taux inférieur à 1mg/l).

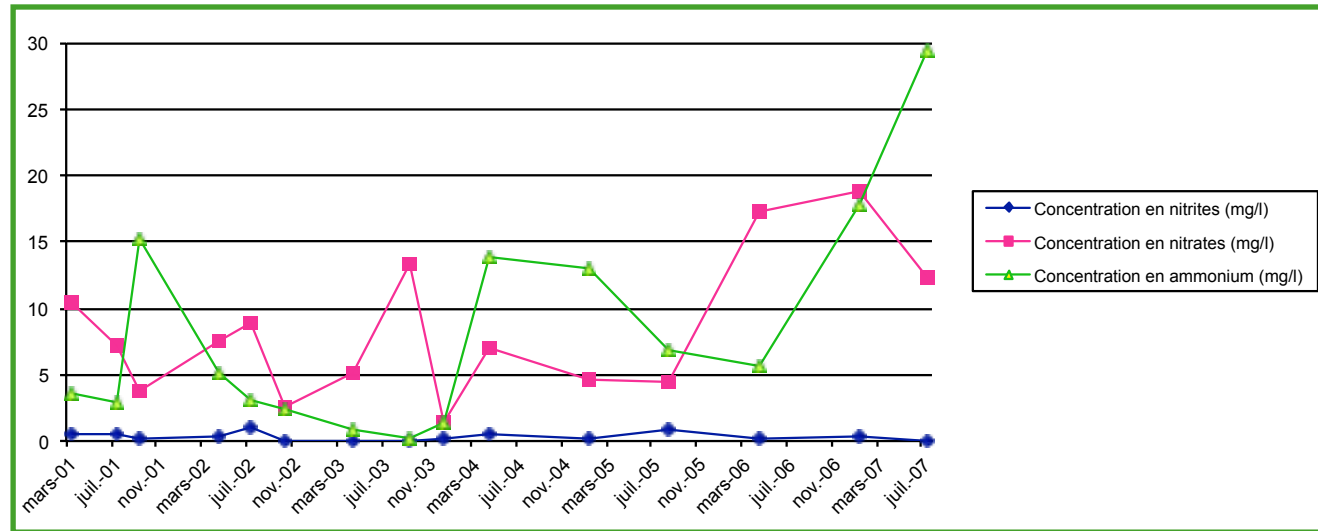
- Pendant et après la phase de remblaiement, le suivi des paramètres intégrateurs de l'eau de la nappe tels que la conductivité ou le pH ne montre pas d'évolution significative et ne montre pas **d'échange visible entre la ballastière et la nappe.**

- La surveillance de la qualité des eaux de la nappe phréatique a aussi été mesurée deux fois par an en moyenne par des analyses chimiques effectuées en laboratoire, dans l'eau des trois piézomètres. Les paramètres analysés étaient : *Carbone Organique Total, Nitrites, Nitrates, Ammonium, MES, micropolluants métalliques, AOX, HAP, PCB.*

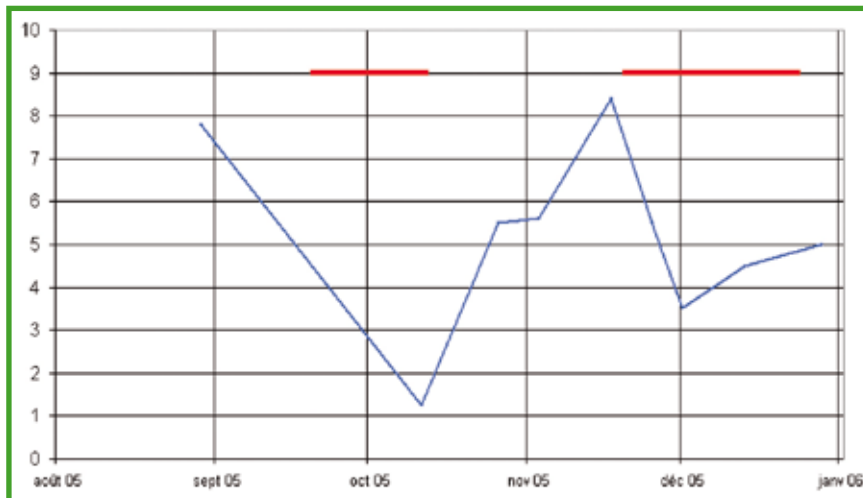
La qualité de l'eau de la nappe a toujours été bonne, aucune anomalie chimique n'a été observée. Les teneurs en métaux ont légèrement varié autour des valeurs de l'état de référence (1999) et sont restées inférieures à la norme de l'eau potable (hormis pour le Fer). Les teneurs en HAP et PCB ont toujours été très faibles, inférieures aux seuils de détection analytique du laboratoire.

***Ces résultats montrent que le remblaiement de la ballastière par les sédiments de dragage n'a pas impacté la qualité physico-chimique des eaux souterraines. Les sédiments ont un comportement inerte en ballastière.***

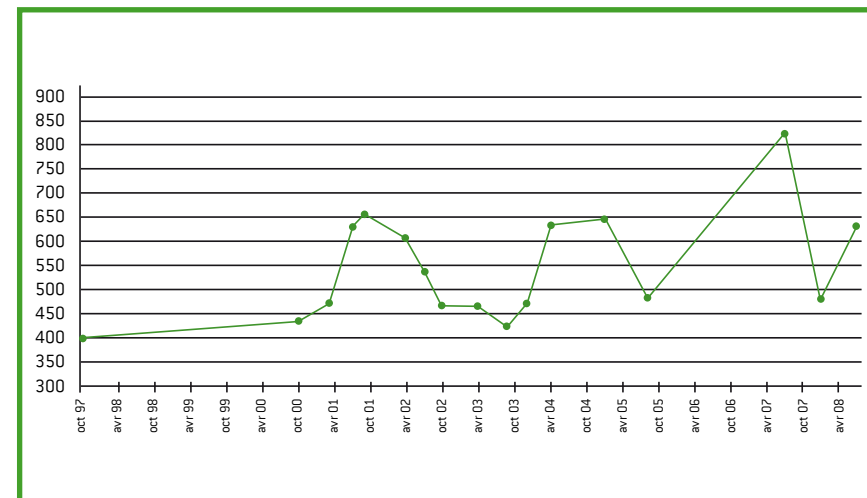
*Ces données sont présentées en annexe 4 dans un tableau récapitulatif des teneurs pour chaque piézomètre de 1999 à 2010.*



Évolution des eaux de la ballastière durant le comblement



Teneurs en oxygène (mg/l) de fin août jusqu'à fin décembre 2005



Conductivité (µS.cm-1)

## La qualité des eaux superficielles

Le suivi de la qualité des eaux superficielles fut motivé par plusieurs raisons :

- surveiller la qualité des eaux excédentaires rejetées dans la Seine, notamment vis-à-vis des micro-polluants,
- observer l'évolution des eaux de la ballastière,
- mesurer un éventuel impact sur la qualité des eaux de l'étang à voile et du fossé adjacent au sud.

Le suivi de la qualité des eaux superficielles a été effectué sur les eaux de la ballastière, de l'étang à voile et du fossé. Les prélèvements d'eau ont été réalisés deux fois par an pour analyses chimiques en laboratoire des paramètres suivants : carbone organique total, Nitrites, Nitrates, Ammonium, Phosphore, Orthophosphates, Chlorophylle a, Phéopigments, DBO5 et DCO, MES, micro-polluants métalliques, HAP et PCB.

Le pH, la température, l'oxygène dissous et la conductivité sont mesurés ponctuellement sur le terrain à l'aide de sondes et lors des campagnes de prélèvements.

### Qualité du rejet en Seine

Les eaux analysées ont été prélevées directement dans la ballastière au niveau du système de pompage permettant le retour d'eau en Seine. Les caractéristiques de l'eau rejetée en Seine sont représentatives de celles de la ballastière dont la qualité a évolué progressivement vers la qualité de l'eau de Seine au fur et à mesure des remblaiements (fort apport d'eau de Seine avec les sédiments).

*Au regard des analyses chimiques effectuées, les micropolluants ont été quasiment absents des eaux rejetées en Seine, avec des valeurs généralement inférieures aux seuils de détection analytique du laboratoire hormis en 2007 et 2008 où des traces de Nickel, Zinc et de certains HAP ont été relevées. Les teneurs en PCB ont toujours été inférieures aux seuils de détection analytique.*

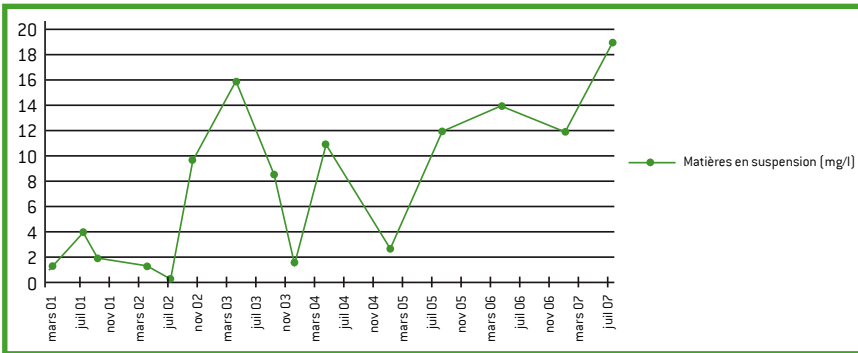
### Évolution des eaux de la ballastière

**La qualité des eaux de la ballastière a évolué au fur et à mesure des apports d'eaux de la Seine et de sédiments de dragage lors des remblaiements.**

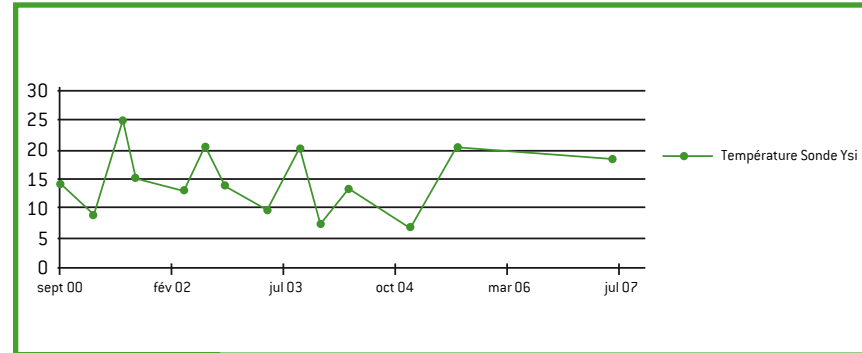
Dès la première année du refoulement, l'Ammonium (sel nutritif NH4+) a augmenté nettement dans la ballastière et a permis au phytoplancton de se développer. La diminution du taux en 2002-2003 est liée à l'absence de refoulement pendant cette période. Chaque été (voire aussi au printemps), une augmentation de la chlorophylle « a » a été observée, traduisant **la croissance de phytoplancton et d'algues filamenteuses**. Ce développement a pu être constaté sur le terrain dès 2002.

*Tous les résultats d'analyse de 2001 à 2010 sont présentés en annexe 5 dans un tableau récapitulatif pour chaque biotope.*





Matières en suspension (mg/l)



Températures (°C)

## Pêches de sauvegarde des poissons

Plusieurs pêches ont été menées au démarrage et au cours de la phase de remblaiement afin de sauvegarder les poissons et de les transférer vers d'autres plans d'eau voisins : en mars, juin et octobre 2001, en mai 2002 et en juin 2006.

Au total, plus d'une tonne de poissons a été déplacée vers d'autres étangs.



Anguilles pêchées et remises dans un plan d'eau voisin (juin 2006)

Date \ Espèces	Mars 2001	Juin 2001	Octobre 2001	Mai 2002	Juin 2006
Anguilles	-	+++	+++	++	?
Brèmes	+++	+++	+++	+++	+
Brochets	-	-	-	-	-
Carpes	+	-	-	-	+
Fiets	-	-	-	++	-
Gardons	+	+++	++	++	-
Perches	-	+	-	+	-
Sandres	+++	++	++	-	-

Quantité pêchée	100kg	320kg	510kg	310kg	<20kg
-----------------	-------	-------	-------	-------	-------

- : Absence
- + : Présence faible (<10)
- ++ : Présence moyenne (10 à 20)
- +++ : Présence importante (>20)
- ? : Présence non chiffrée

Bilan des pêches de sauvegarde



La conductivité a régulièrement augmenté. En 2006, elle a atteint 700 – 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , niveau proche de celui de la Seine et a même dépassé ce niveau en juillet 2007. Puis elle a diminué légèrement pour se stabiliser autour de 500 – 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Des baisses ponctuelles de conductivité en surface ont été notées en été lors du développement algal (graphique). La stratification du plan d'eau a été mise en évidence par les variations de ce paramètre et de celles de l'oxygène : saturation en surface, anoxie en profondeur due à l'accumulation des algues mortes, entraînant une DCO et une DBO5 élevées.

Les MES (matières en suspension) ont augmenté régulièrement avec la progression du remplissage. Le pH a légèrement progressé de 7 à 8.

*Le remblaiement a donc eu pour principal effet l'eutrophisation accélérée des eaux de la ballastière par l'apport de sels nutritifs (ammonium, nitrates, phosphore) présents dans l'eau de la Seine et par la dégradation de la matière organique présente dans les sédiments.*

*Cet apport en sels nutritifs a entraîné une stimulation phytoplanctonique et algale entraînant un développement d'algues filamenteuses sur les rives de la ballastière, une augmentation de la production primaire (phytoplancton) en période estivale et une baisse ponctuelle des teneurs en oxygène (anoxie).*

*L'accélération de ce phénomène naturel (eutrophisation) liée au remblaiement était prévue et a nécessité, par anticipation, la réalisation de pêches de sauvegarde pour la faune piscicole.*

## Impacts éventuels sur les eaux de l'étang à voile et du fossé

**Durant toute la phase de remblaiement, aucune variation marquée de paramètres n'a été mise en évidence sur les eaux de l'étang à voile ou du fossé adjacent, ne montrant pas d'effet de diffusion des eaux de la ballastière vers ces milieux.**

Les teneurs en micro-polluants sont restées infimes et pour la plupart inférieures aux seuils de détection analytique.

Il faut souligner quelques changements saisonniers témoignant d'une évolution, certes beaucoup plus lente, de la qualité de l'eau de l'étang à voile. Celle-ci a été caractérisée par une progression de la chlorophylle « a » en été, attestant de l'activité phytoplanctonique. De même, une augmentation de la DCO a été observée, témoignant de la décomposition de la matière organique. Cette évolution est naturelle et propre au plan d'eau, indépendamment du remblaiement de la ballastière.

## Impact de la qualité des eaux de la ballastière sur la faune piscicole

**Durant l'année 2005, l'insuffisance d'oxygène dissous a provoqué l'asphyxie des poissons. Début octobre, la teneur la plus faible mesurée en surface a atteint 1,25 mg/l, insuffisante pour la survie de la faune piscicole.**

Pour prévenir ce problème déjà connu et tout problème lié à la réduction de la masse d'eau par comblement, des pêches de sauvegarde ont été menées en **mars, juin et octobre 2001, en mai 2002 et juin 2006**, permettant ainsi la sauvegarde de plus de **1 tonne de poissons**.



## Validation hydrogéologique

Au vu des résultats de suivi sur la nappe, le comité de suivi durant sa séance du 11 avril 2003, a donné **un avis favorable à l'aspect hydrogéologique de l'expérience, validant le mode de gestion des sédiments de dragage.**

Il s'est également prononcé favorablement pour la poursuite des projets d'exploitation de CBN et de comblement par les sédiments de dragage des bassins voisins exploités par CBN **à condition que le suivi hydrogéologique se poursuive** : piézométrie, qualité des eaux souterraines, qualité des eaux de surface et que l'avis d'un hydrogéologue agréé soit demandé sur l'implantation future de piézomètres.

**En 2003, M. Meyer, hydrogéologue agréé, a confirmé la faisabilité du remblaiement d'un point de vue hydrogéologique.**

Ses conclusions sont les suivantes :

Le suivi piézométrique régulier à partir de trois piézomètres, du niveau de la ballastière et de celui de l'étang à voile, ne révèle pas d'anomalie : le niveau de la ballastière montre une évolution saisonnière identique à celle du piézomètre amont (ST3), les 2 piézomètres aval (ST1 et ST2) varient de façon synchrone avec les marées en Seine, les conditions d'exploitation des gravières voisines influent sur le niveau de l'étang à voile.

Lors des phases de refoulement, le niveau dans la ballastière est maintenu en légère dépression par pompage. Le niveau dans les piézomètres ST1 et ST2 ne varie pratiquement pas, alors que les marées provoquent une variation dont l'amplitude est de 25 à 30 cm.

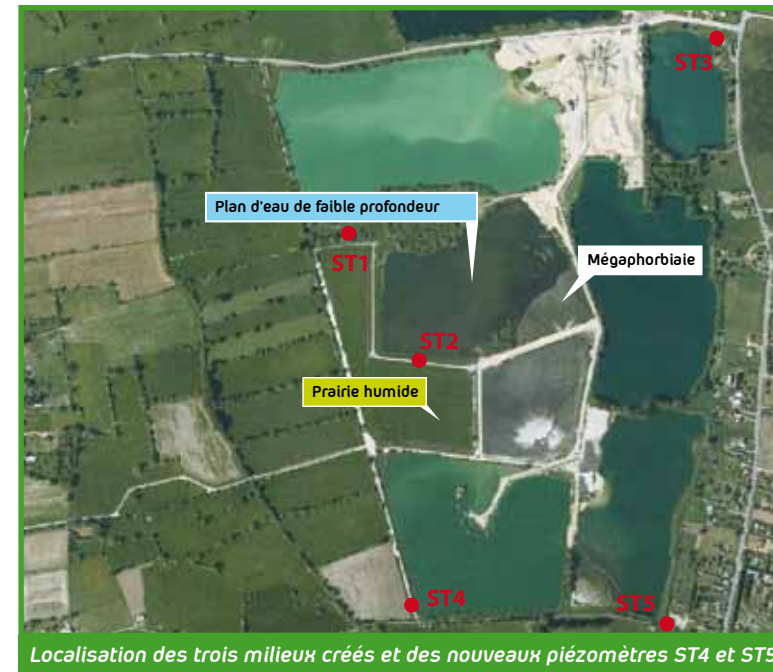
Concernant le suivi de la qualité des eaux souterraines, toutes les analyses faites à ce jour sur les eaux de ST1, ST2 et ST3 ne révèlent **aucune pollution de type métaux, PCB et HAP.**

Les futures phases d'exploitation prévues ne permettant pas le maintien de l'utilisation du piézomètre ST2, il a été proposé d'implanter deux nouveaux piézomètres pour pérenniser le suivi de données (ST5 en limite sud-est de la carrière près des maisons construites en bordure de la RD45, ST4 en limite sud-ouest côté Seine).

En conclusion, M. Meyer précise que **le risque de pollution chimique de la nappe phréatique a une probabilité très faible mais que des changements locaux du niveau de la nappe sont par contre possibles.** Il recommande donc la poursuite du suivi des niveaux.

## Bilan de la phase de remblaiement 2000 - 2008

<b>Remplissage</b>	→	1 308 chargements, un volume total de 1 964 889 m <sup>3</sup> de sédiments aqueux ou 684 568 tonnes de matière sèche
<b>Qualité des sédiments</b>	→	Sédiments de dragage d'entretien de qualité acceptable permettant d'être dirigés sans restriction vers la ballastière
<b>Piézométrie</b>	→	Absence d'impact sur le régime d'écoulement de la nappe alluviale
<b>Qualité des eaux souterraines</b>	→	Absence de transfert de contaminants vers la nappe
<b>Qualité du rejet des eaux de la ballastière en Seine</b>	→	Les micropolluants sont quasi-absents, avec des valeurs généralement inférieures au seuil de détection sauf à la fin du remblaiement où la qualité est représentative de l'eau de Seine
<b>Évolution des eaux de la ballastière</b>	→	Eutrophisation accélérée par l'apport de sels nutritifs venant de l'eau de la Seine et de la dégradation de la matière organique des sédiments
<b>Impacts sur la qualité des eaux de l'étang à voile et du fossé adjacent</b>	→	Absence d'impact sur les eaux de ces milieux
<b>Impact de la qualité des eaux de la ballastière sur la faune piscicole</b>	→	En 2005, un épisode d'anoxie a entraîné la mort de 200 à 300 kg de poissons. Entre 2001 et 2006, plusieurs pêches ont permis de sauvegarder plus de 1 tonne de poissons.



Localisation des trois milieux créés et des nouveaux piézomètres ST4 et ST5



Digueron de sable entre la future prairie et l'étang (03/2007)



Déversement de la tourbe par voie hydraulique (automne 2007)



Tourbe étalée dans la prairie (03/2008)



## 4.2. La restauration écologique du site

*Pour cette première expérience de renaturation de ballastière remblayée par des sédiments de dragage, le comité de suivi a défini la biodiversité comme objectif prioritaire.*

### Objectifs et travaux préparatoires

En 2006, le comité de suivi et le groupe de travail sur la restauration décident d'orienter le réaménagement vers la création de trois écosystèmes de zone humide, en conformité avec le paysage de la vallée et variant selon un gradient hydrique croissant du sud au nord.

Les trois types **d'habitats souhaités** sont :

- **une prairie humide tourbeuse**, en secteur sud (lieu d'apport des sédiments), à la cote 6,80 – 7 m CMH correspondant à celle des prairies alentours ;
- **une mégaphorbiaie sur tourbe**, en secteur central, à la cote variable de 6 à 6,30 m CMH en moyenne, correspondant à la cote moyenne de la nappe ;
- **un étang de faible profondeur**, en secteur ouest avec une cote de fond à 5 m CMH permettant d'avoir une profondeur variable de 0,70 (étiage) à 2 m (hautes eaux).

Ce principe d'aménagement détermine une configuration assez complexe mais qui devrait aboutir, à terme, à l'**optimisation de la biodiversité** sur le site remblayé.

**La mise en œuvre du réaménagement à vocation écologique a démarré en 2008 :**

*Entre la future prairie et la future mégaphorbiaie, un digueron de sable a été réalisé afin de contenir la tourbe liquide. Puis, 40 à 80 cm de tourbe fraîche ont été déversés par voie hydraulique sur les sédiments de dragage.*

*Au printemps 2008, la phase de remblaiement est close après un dernier versement ponctuel en janvier de 19 498 m<sup>3</sup> de sédiments de dragage dans le plan d'eau restant.*

*Dans la prairie, un levé topographique a permis de vérifier la cote finale ; la partie vouée au pâturage a été clôturée.*

*Un fond tourbeux a aussi été déversé dans la zone centrale pour la future roselière et dans la partie étang. Des contrôles bathymétriques ont été effectués pour vérifier le niveau de fond du plan d'eau.*

### Pourquoi avoir rajouté de la tourbe sur les sédiments ?

Ce choix a été dicté pour deux raisons : d'une part, la présence de sols tourbeux dans les prairies initiales et le souhait de recréer cet écosystème local ; d'autre part, la potentialité élevée du développement d'habitats remarquables et de flore patrimoniale sur ce type de sol.

**La végétalisation spontanée** a été le mode privilégié tout en expérimentant des techniques de colonisation artificielle (semis, transplants, Cf. le chapitre consacré à la végétation).



## Les milieux naturels créés – État initial en 2008

*Prairie humide*



*Mégaphorbiaie*



*Étang*



## Le suivi écologique

### En 2008, les habitats en cours d'installation sont :

- **une prairie tourbeuse** comportant trois parties : une vaste partie nord bien humide, un secteur sud, plus ou moins humide et une partie sud-est, déjà assez sèche ;
- **une mégaphorbiaie** comportant déjà une **saulaie pionnière** et une **petite roselière** ;
- **un étang** de faible profondeur.

**Le suivi scientifique de la restauration écologique** a démarré avec le même souci d'observer régulièrement les paramètres indicateurs des habitats, afin de **caractériser** ces derniers, de **suivre et comprendre leur évolution** et de pouvoir intervenir par des **actions de gestion conservatoire**.

Les six composantes majeures du dispositif qui se poursuit actuellement, sont :

- **Le suivi du biotope** : l'évolution des paramètres du milieu physique : topographie de la prairie humide, piézométrie et qualité des eaux souterraines et de surface ;
- **L'étude du sol** : la caractérisation morphologique et physico-chimique, le fonctionnement, l'évolution et la pédofaune ;
- **L'étude de la végétation** :
  - pour la prairie humide : la caractérisation, la productivité, la dynamique, l'expérimentation de techniques de colonisation ;
  - pour le plan d'eau et la mégaphorbiaie : l'évolution de la végétation aquatique et terrestre ;

- **L'étude des insectes** : la caractérisation et l'évolution de quelques peuplements : carabidés, orthoptères et odonates ;
- **L'étude des oiseaux** : la caractérisation et l'évolution des peuplements de passereaux et d'oiseaux d'eau ;
- **La gestion écologique** par deux chevaux camarguais : les impacts du pâturage extensif sur le sol et la végétation, la surveillance de l'état sanitaire des animaux.

### Des suivis complémentaires visent :

- **la faune piscicole** : inventaires dans l'étang recréé et état sanitaire des espèces,
- **la végétation palustre remarquable**, localisée au nord-ouest de la ballastière.

**La restauration écologique, débutée en 2008**, se poursuivra probablement durant plusieurs années au vu des objectifs fixés et de l'évolution permanente des facteurs naturels, des biocénoses et de leurs interactions.

Le programme scientifique a été fixé pour une durée de cinq ans (2008-2012). Les principaux résultats du suivi, présentés ci-après selon chaque thème, constituent alors les éléments d'un **bilan intermédiaire couvrant la période de 2008 à 2010**. De nombreuses conclusions restent à venir.

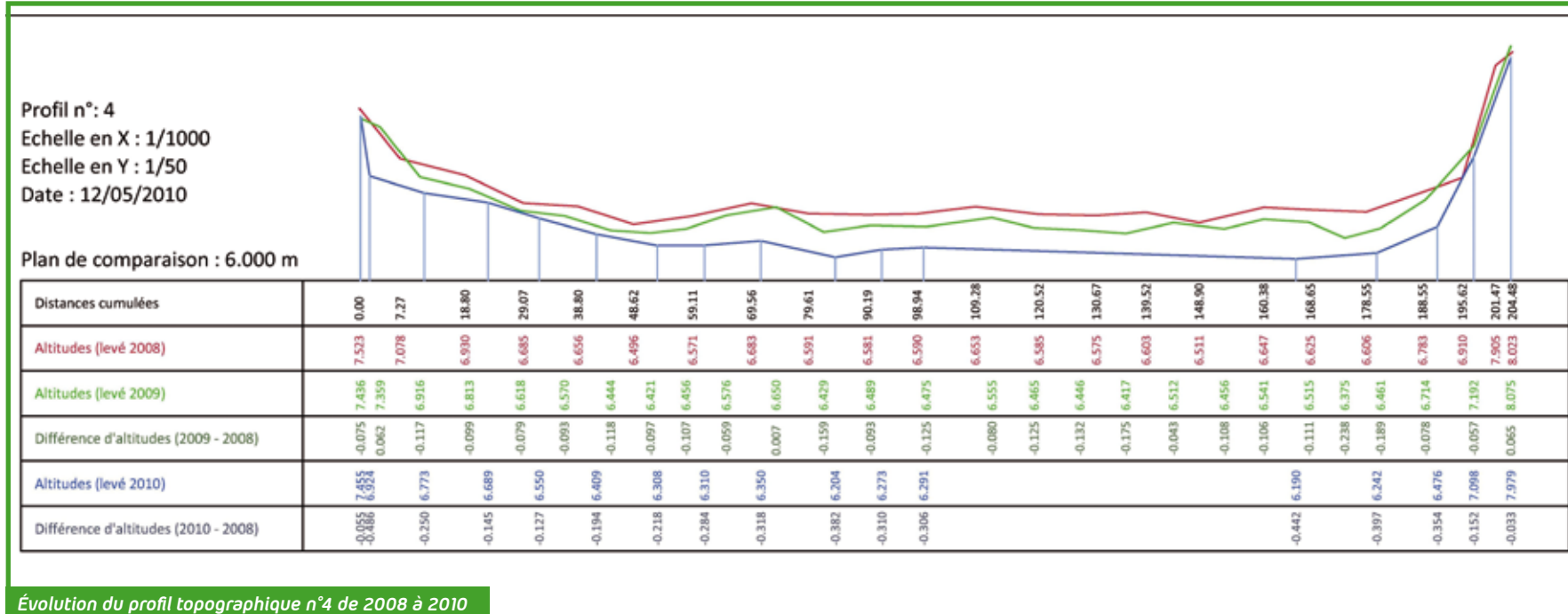




Localisation des profils topographiques



Partie nord-est de la prairie restaurée en mai 2011





## Le suivi du Biotope

*Le suivi de la topographie de la prairie, des paramètres des eaux souterraines et des eaux de surface du site, est effectué par les agents du GPMR.*

### Évolution de la topographie de la prairie humide :

Trois levés topographiques ont été effectués en octobre 2008, juin 2009 et mai 2010 : la parcelle présente **un profil en cuvette et subit un tassement de la tourbe depuis 2008**. Le tassement est un phénomène normal lié en partie à la minéralisation de la tourbe, qui traduit l'existence d'une activité biologique.

Dans la partie nord (P2 à P4), le tassement est de 25 cm en moyenne. Dans la partie sud, le tassement est nettement plus faible avec une moyenne de 6 cm (voir l'ensemble des profils en annexe 6).

**La partie nord**, caractérisée par une cote moyenne de 6,60 m CMH, **est souvent en eau**.

Cet effet confère un intérêt inattendu à la zone la plus tassée, le secteur nord-est, dans laquelle **une végétation typique de zone humide** se développe (photographie).

### Surveillance piézométrique et de la qualité des eaux de la nappe

Suite à la recommandation de M. Meyer, hydrogéologue agréé, et à la décision du comité de suivi en 2003, le suivi piézométrique et de la qualité de l'eau souterraine se poursuit durant la phase de restauration des milieux.

En avril **2008**, le niveau haut de la nappe (ST3) atteint 6,70 m CMH et l'étiage est à environ 6 m CMH en octobre.

**En 2009, la nappe accuse une nouvelle baisse** avec une cote maximale de 6,40 m CMH et un minimum en octobre à 5,85 m CMH.

Au printemps **2010**, le niveau haut de la nappe est à 6,30 m CMH, très faible cote maximale comme en 2005. Cependant, 2008 n'était pas une année très humide et sur 2009-2011, le débit de la Seine était faible (années sèches), il est donc normal que la nappe accuse une baisse de son niveau.

**De 2008 à 2010, les paramètres mesurant la qualité des eaux de la nappe ne changent pas**, d'où l'absence d'échange visible ou de transfert éventuel de micro-polluants entre les eaux de la nappe et celles de l'étang. La majorité des paramètres révèlent des teneurs inférieures à la norme de potabilité (annexe 4).

*Au regard de ces cotes piézométriques basses, le tassement de la tourbe et des sédiments n'est pas problématique, au contraire. Il permet de maintenir en eau la partie nord de la prairie, ce qui lui confère une particularité en termes de végétation et probablement de faune (amphibiens notamment).*

*Par ailleurs, au vu des analyses réalisées sur l'eau de la nappe, l'opération n'a toujours pas d'effet sur sa qualité physico-chimique.*



L'étang en juillet 2009



L'étang en juillet 2010

## Évolution de la qualité des eaux de l'étang

De 2008 à 2010, les teneurs en métaux restent extrêmement faibles et comparables aux précédentes années.

De faibles traces de certains composés de HAP observées pour la première fois en 2007 se retrouvent en 2008 puis baissent en 2009. En 2010, ces teneurs sont inférieures aux seuils de détection. Il en est de même pour les PCB durant les trois années.

**L'ammonium a très nettement diminué** ; les teneurs sont comparables à celles de l'état de référence (en hiver 2009 : 0,02 mg/l ; en été : 0,51 mg/l, proche de la norme de l'eau potable).

La conductivité présente un taux comparable avec celui des eaux de la Seine (347 à 720  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  selon la saison).

Durant les étés, les concentrations en chlorophylle « a » et phosphore confirment **le développement phytoplanctonique et le caractère eutrophe des eaux**.

Les DCO et DBO5 restent élevées, elles témoignent de la décomposition de la matière organique s'accumulant sur le fond.

*Malgré une légère tendance à l'amélioration, la qualité de l'eau de l'étang présente encore un caractère eutrophe, favorable au développement des algues.*

Afin de mieux comprendre le fonctionnement du plan d'eau et le phénomène d'eutrophisation en particulier, un nouveau suivi continu *in situ* de certains paramètres a été mis en place en 2011 pendant les périodes printanière et estivale (pH, conductivité, oxygène dissous, température, turbidité).

*L'ensemble des données des paramètres mesurant la qualité des eaux de l'étang est présenté en annexe 5.*





## La pédofaune

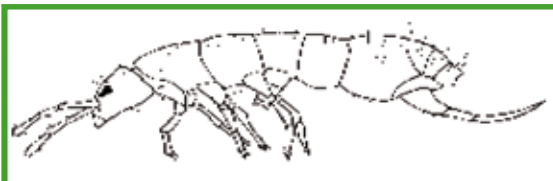
*Les organismes du sol jouent un rôle essentiel dans la formation et l'évolution du sol : ils agissent physiquement sur la structure et transforment la matière organique.*

*De la pédofaune, vont dépendre la circulation de l'eau et de l'air, les cycles du carbone et de l'azote, la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes, la rétention et la dégradation de polluants...*

*Les fortes contraintes physiques régissant les sols tendent à entraîner une très grande diversité d'espèces, des micro-organismes (la microfaune constituée des espèces de diamètre inférieur à 0,2 mm) à la mégafaune (constituée d'animaux de taille supérieure à 10 cm).*

*Parmi ces milliers d'espèces, les lombrics ou vers de terre, assurent un rôle majeur : en facilitant la circulation de l'air et de l'eau dans leurs galeries, en « labourant » les vingt premiers centimètres, en mélangeant les matières organiques et minérales transitant dans leur tube digestif, ce qui favorise le développement bactérien.*

*La pédofaune est surtout abondante dans les 30 premiers centimètres du sol.*



*Les collemboles (environ 3000 espèces) appartiennent à la mésofaune (0,2 à 4 mm).*



## L'étude du sol

### Quels sols se développent sur la zone remblayée ?

#### Comment évoluent-ils ?

#### Quelle faune colonise ces sols ?

Pour répondre à ces questions, le laboratoire ECODIV de l'Université de Rouen s'est engagé dans une démarche scientifique approfondie pour une durée de cinq ans, basée sur trois objectifs majeurs :

- Caractériser **un état de référence ou objectif** correspondant à l'état « **souhaitable** » pour le sol de la prairie à recréer,
- Caractériser **l'état initial des sols** de la prairie humide et de la mégaphorbiaie,
- Suivre **l'évolution** des sols des milieux recréés.

Les indicateurs utilisés sont : la **morphologie**, les **caractéristiques physico-chimiques**, le **fonctionnement** mis en évidence par la mesure de la minéralisation du carbone et de l'azote, et la **pédofaune**.

### Les sols de trois prairies humides environnantes nommées P1, P2 et P3 constituent l'état de référence.

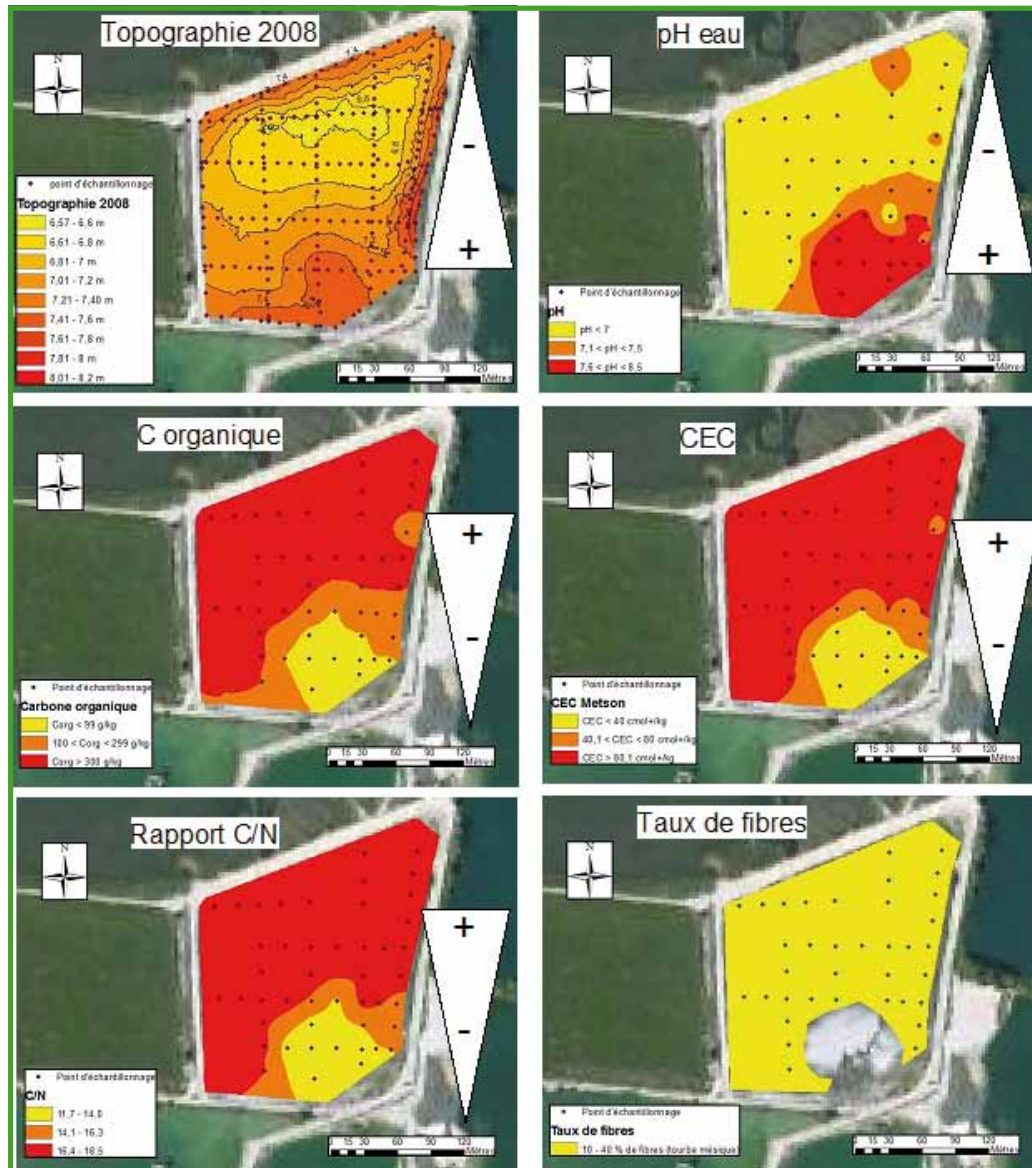
En 2008, ces sols furent identifiés comme **histosols**, c'est-à-dire des **sols tourbeux**, marqués par un horizon typique **très organique et saturé en eau correspondant à de la tourbe « brute »**, présent à partir de 30 cm environ.

**Au-dessus, deux horizons** sont distingués : le premier, de la surface jusqu'à 10 cm de profondeur environ, est un horizon organominéral brun noir, associant matières organiques et minérales (alluvions), siège d'une activité biologique et d'hydromorphie temporaire.

Le second horizon de 10 à 30 cm environ, est réductique, marqué par un déficit d'oxygène et une hydromorphie conséquente avec une saturation en eau assez fréquente. Une légère différence de composition existe par rapport à la prairie reconstituée dont la couche superficielle du sol est constituée de tourbe directement affleurante, sans couche d'alluvions comme pour les prairies objectif.

**La capacité de minéralisation de la matière organique**, d'une part du **carbone**, sous forme de **gaz carbonique**, et d'autre part, de **l'azote**, sous forme **d'ammonium** et de **nitrate**, a été mesurée *in situ* pour servir de référentiel ultérieurement. Ainsi les valeurs obtenues seront comparées avec celles des sols de la prairie à restaurer et de la mégaphorbiaie (Cf. les valeurs en annexe 7).

Les prairies P1 à P3 servent aussi de référentiel pour la **pédofaune**. La macrofaune est fortement marquée par les Lombricidés (vers de terre) dont **l'abondance est élevée** (1 000 individus par m<sup>2</sup> en moyenne). La mésofaune, surtout représentée par les **collembolés**, est aussi **abondante** : plusieurs milliers d'individus répartis en **une dizaine d'espèces**. L'espèce dominante est *Isotoma principalis*.



*Caractérisation pédologique de l'état initial en 2008 de l'horizon 0-10 cm dans la prairie à restaurer*

*Cartes des niveaux topographiques 2008 (établie à partir des données relevées par le GPMR).*

- . du pH (pH eau),*
- . de la teneur en Carbone organique (en g/kg),*
- . de la Capacité d'Echange Cationique (CEC en cmol+/kg),*
- . du rapport C/N,*
- . et du taux de fibres (%).*

*Les signes + et - indiquent le sens du gradient selon le paramètre considéré.*

## La caractérisation au stade initial des sols de la prairie humide à recréer et de la mégaphorbiaie :

- En 2008, les analyses de la tourbe prélevée dans les quatre secteurs opposés de la prairie à restaurer, révèlent une **nette différenciation** entre les **trois histosols « reconstitués »** des coins nord-est, nord-ouest et sud-ouest, et **le sol de la partie sud-est**.

Dans ce secteur se trouvait l'exutoire du tuyau amenant les sédiments de dragage lors du refoulement. Les sédiments sableux, plus lourds, ont sédimenté à cet endroit et se retrouvent donc mêlés à la tourbe. Les analyses ont montré des taux en carbone organique et en matière organique nettement plus faibles que dans les autres sols et le pH y est plus élevé.

**Cette hétérogénéité dans les sols sera probablement une source de biodiversité.**

- La caractérisation pédologique initiale (2008) de la mégaphorbiaie n'a pas pu être réalisée pour des raisons de portance du sol.
- La mesure *in situ* du **dégagement du CO<sub>2</sub>** (dû à la minéralisation de la matière organique par les micro-organismes et à la respiration racinaire), montre, pour la **prairie à restaurer, un taux nettement inférieur à celui de la prairie de référence** quelle que soit la situation topographique. Ce résultat est normal, le processus de pédogenèse démarrant tout juste.

Dans la **mégaphorbiaie**, où le système racinaire est plus développé, le taux de dégagement du **CO<sub>2</sub> est supérieur à celui de la prairie de référence**.

Les mesures des teneurs en **azote minéral** montrent la **variabilité des sols en fonction de la topographie et de l'hydromorphie**. La minéralisation est très faible dans la partie sud-est, sableuse et sèche.

*La prairie à restaurer est caractérisée par des histosols reconstitués à partir de la tourbe déversée sur les sédiments de dragage, à l'exception d'une petite zone sud-est, marquée par des apports majoritairement sableux.*

*Cette différence de composition se traduit par un fonctionnement et des caractéristiques du sol différents, probablement source de biodiversité.*

- En 2008, l'état initial de la **pédofaune de la prairie à recréer** est évalué à partir de douze points d'échantillonnage.

**La macrofaune est extrêmement pauvre**, tant en terme d'abondance que de richesse taxonomique, comparativement à celle des prairies tourbeuses de référence.

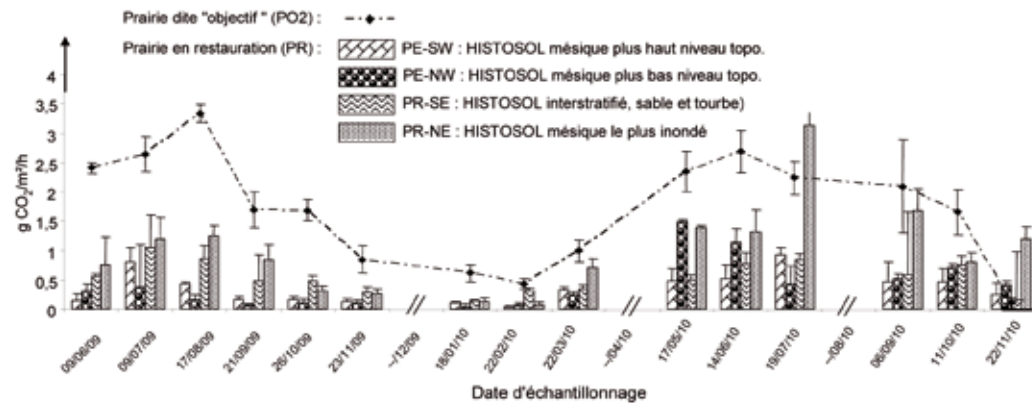
**La mésofaune présente des abondances moyennes et des richesses spécifiques moyennes** très inférieures à celles des prairies de référence. La biomasse moyenne de collemboles piégés est aussi très faible.



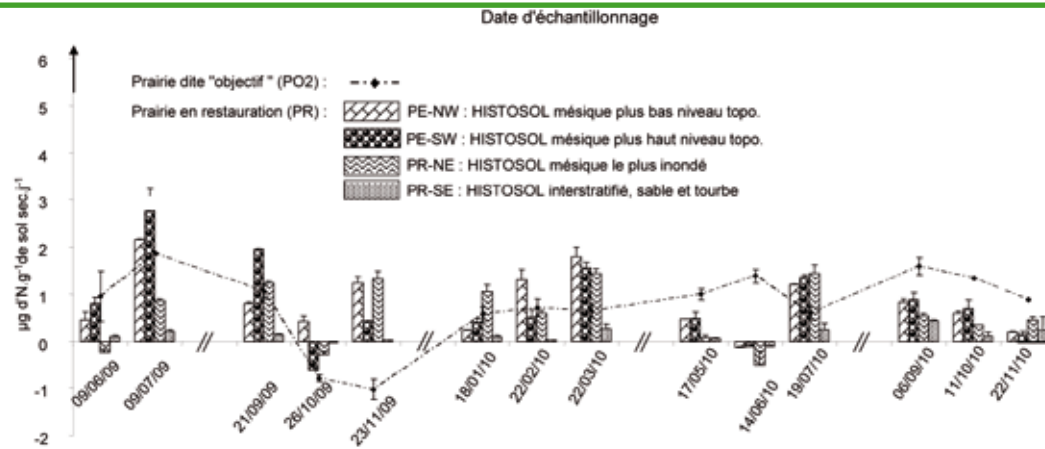


## Fonctionnement du sol : dégagement du CO<sub>2</sub> et minéralisation de l'Azote

Suivi du 09/06/2009 au 22/11/2010 du dégagement de CO<sub>2</sub> (en g de CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> ; respirométrie mesurée in situ) pour les sols reconstitués de la prairie à restaurer et comparaison avec le dégagement de la prairie « objectif » (P2 ou PO2).



Suivi du 09/06/2009 au 22/11/2010 de la minéralisation in situ de l'azote (en µg d'N.g<sup>-1</sup> de sol sec.j<sup>-1</sup>) de l'horizon de surface des sols reconstitués de la prairie à restaurer (PR) et comparaison avec la prairie dite « objectif » (P2 ou PO2).



Les graphiques concernant la mégaphorbiaie sont présentés en annexe 8.



## Suivre l'évolution des sols des milieux recréés.

Les résultats du suivi de **la fonctionnalité des sols en 2010**, via le paramètre de **dégagement de CO<sub>2</sub>** mesuré *in situ*, montrent que **la prairie à recréer** et **la mégaphorbiaie** suivent les mêmes variations que la prairie objectif :

- **une augmentation progressive au printemps,**
- **un niveau de dégagement maximum en période estivale,**
- **une diminution progressive à l'automne,**
- **un niveau minimum en période hivernale.**

Ces variations sont en accord avec les variations saisonnières de l'activité biologique du sol (minéralisation et respiration racinaire), elles-mêmes liées aux variations saisonnières de la température.

***Dans la prairie à recréer, la minéralisation du Carbone de la tourbe est globalement restée assez faible sur la période considérée (en comparaison avec la prairie objectif), malgré le positionnement de la tourbe en surface.***

La mesure de la **dénitrification** permet d'apprécier la **fonction épuratrice du sol vis-à-vis de l'azote**.

Ce processus bactérien permet, en conditions anaérobies, de réduire les oxydes d'azote (nitrates et nitrites) en produits gazeux (protoxyde d'azote et azote moléculaire).

Dans **la prairie à recréer**, les valeurs de **dénitrification** dans **la zone nord-est** (où la durée d'engorgement en eau est la plus longue), **sont les plus élevées, elles dépassent parfois celles de la prairie P2.**

Dans les autres zones, les valeurs de dénitrification sont nettement plus faibles et n'atteignent pas celles de la prairie objectif.

Dans la **mégaphorbiaie**, les valeurs de **dénitrification** dans la saulaie sur sable et la zone à Joncs, **ont dépassé celles de la prairie de référence** en juillet 2010.

Dans les autres zones, les valeurs de dénitrification sont plus faibles et ne dépassent pas celles de la prairie objectif.

***Le suivi des caractéristiques fonctionnelles des histosols reconstitués n'est pas terminé.***

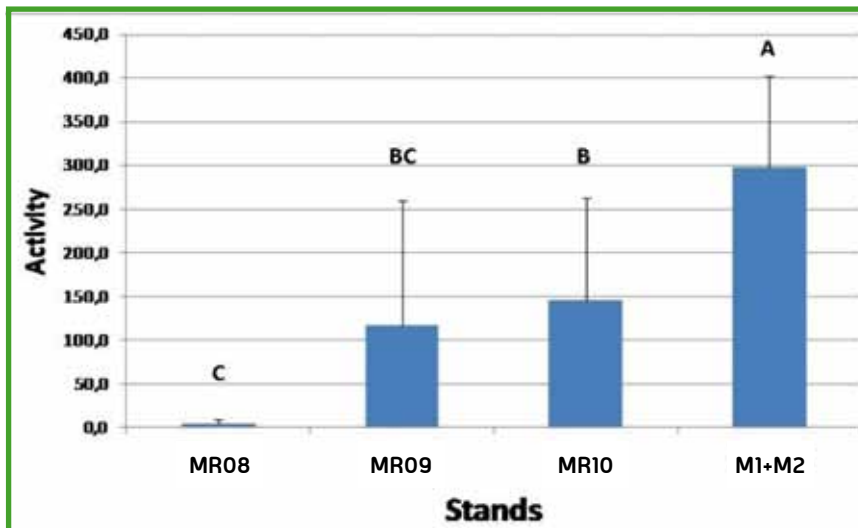
***Il faut attendre la fin des suivis saisonniers de 2011 pour réaliser une analyse complète des résultats, pouvoir confirmer ou infirmer les tendances déjà observées, et en tirer des conclusions sur leur fonctionnement.***

***Néanmoins, les premiers résultats permettent de mieux comprendre le fonctionnement biologique de ces sols, avec, pour certains paramètres, des valeurs parfois supérieures à celles des prairies de référence.***

***Des paramètres tels que la fréquence et la durée d'engorgement en eau des terrains conditionnent le fonctionnement des sols.***

***Par exemple, les sols des zones les plus humides ont un rôle d'épuration important vis-à-vis de l'azote.***

***La végétation, désormais bien développée sur l'ensemble de la prairie et de la mégaphorbiaie, va interagir dans l'évolution de ces sols.***



**Évolution de l'abondance des collemboles**  
 Activité moyenne (et écart type) des assemblages de collemboles épédaphiques dans la prairie référence (moyenne M1+M2) et dans la prairie à restaurer en 2008 (MR08), 2009 (MR09) et 2010 (MR10).



*Lepidocyrtus cyaneus*

TAXON	ABONDANCE RELATIVE (%)
Juvéniles	28,15
<i>Deuterosminthurus pallipes</i>	12,72
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	12,47
<i>Isotomurus palustris</i>	10,02
<i>Orchesella villosa</i>	8,74
<i>Isotoma principallis</i>	6,68
Poduridae	6,43
<i>Entomobrya multifasciata</i>	5,53
<i>Isotoma viridis</i>	4,50
<i>Sminthurus viridis</i>	2,06
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	1,29
<i>Isotoma riparia</i>	0,77
<i>Sminthurinus aureus</i>	0,38
<i>Sminthurinus niger</i>	0,26

**Abondance relative des taxons de collemboles interceptés sur la prairie à restaurer en mai 2009**

## L'évolution de la pédofaune en 2009 et 2010

**Dans la prairie à recréer, la densité de la macrofaune (lombrics) est encore très faible. Seulement quatre individus ont été récoltés en 2009 comme en 2010.**

**Il semblerait que la partie sud (sables mêlés à la tourbe), soit moins propice à leur développement. Néanmoins, cette colonisation est normalement lente.**

La **mésafaune**, représentée par **les collemboles**, s'est **fortement développée**.

**En 2009, l'abondance a augmenté d'environ 10 fois** (778 individus récoltés) mais ne correspond pas encore à l'état défini comme référence.

La richesse spécifique moyenne a aussi augmenté : **13 espèces sont recensées**.

**La valeur de référence pour cet indicateur est dépassée** : le nombre moyen pour la prairie objectif est en effet de 6 espèces.

Des espèces typiques des zones humides sont relevées telles que *Isotomurus palustris*.

**En 2010, 14 espèces de collemboles sont distinguées**. Deux dominent la communauté : *Lepidocyrtus cyaneus* (photographie) et *Sminthurides aquaticus*. Cette dernière est caractéristique des milieux humides.

**Ainsi, en trois ans, le nombre total d'espèces de Collemboles sur la zone a été multiplié par 2.8**, passant de 5 à 14 espèces.

Cet accroissement positionne la **zone à restaurer devant les prairies de référence** pour cet indicateur.

Cette différence de richesse en faveur de la prairie à restaurer s'expliquerait par sa **plus grande diversité d'habitats** (milieux ouverts, humides...), chaque milieu accueillant son contingent d'espèces caractéristiques.

**La prairie se positionne toujours dans une phase de colonisation par la pédofaune, normalement lente pour la macrofaune, rapide, déjà bien développée et en voie de diversification pour la mésafaune.**

**En se déplaçant, la pédofaune va participer, comme la végétation, au processus de formation du sol.**



*Sminthurides aquaticus*

© A. ROBERTSON

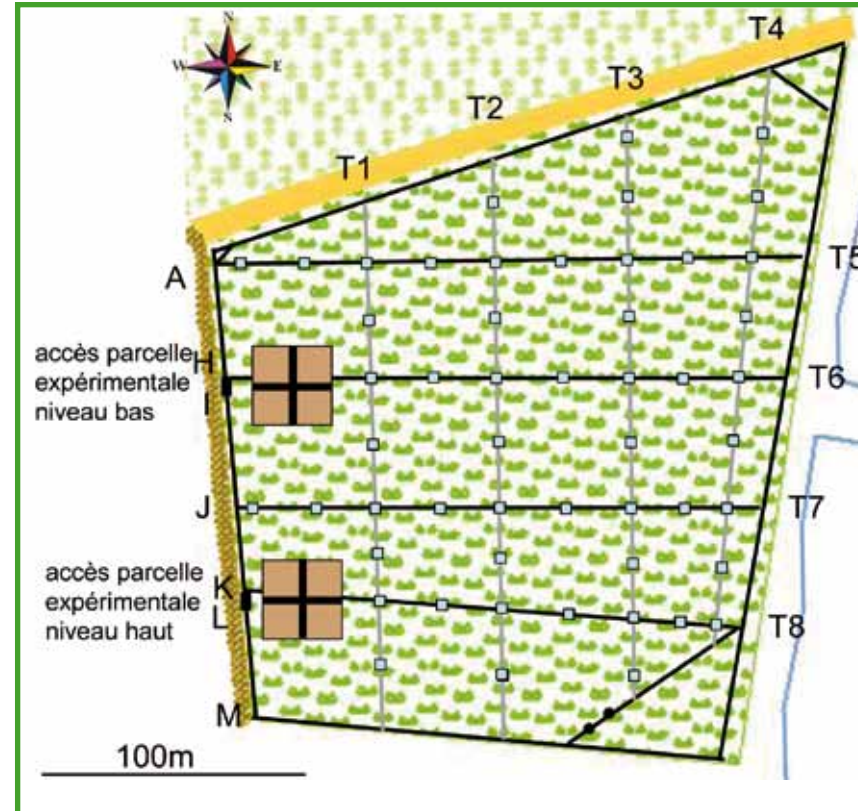




Prairie humide de référence (P1)



Prairie recréée (septembre 2008)



Localisation des transects (T1 à T8), des quadrats de relevés floristiques et des parcelles expérimentales sur la prairie à recréer. Les quadrats, représentés en bleu ciel, sont des carrés de 2 m de côté subdivisés en 4 carrés d'1 m<sup>2</sup>, disposés le long des transects. La flore y est relevée en présence-absence, la hauteur de la végétation mesurée et le recouvrement estimé visuellement.



## L'étude de la végétation

Le programme scientifique mené par le laboratoire d'écologie ECODIV de l'Université de Rouen est très complet. Il a pour objectifs :

- **La caractérisation de prairies hygrophiles tourbeuses adjacentes**, correspondant aux types d'**habitats souhaités**, et servant de référentiel ;
- **La caractérisation de l'état initial « T0 » de la prairie à restaurer**, par le biais de l'analyse de la **banque de semences** du matériel tourbeux ;
- **Le suivi de la dynamique des formations végétales**, afin d'étudier leur trajectoire sur cinq ans, de les comparer avec les habitats de référence et de proposer des mesures de gestion ;
- **L'expérimentation de techniques de végétalisation rapide in situ** ;
- **L'évaluation de la biomasse végétale aérienne, des effets de la fauche in situ et du pâturage.**

### La caractérisation des prairies hygrophiles : objectifs

La végétation des prairies de référence P1 à P3 a été relevée à partir de quadrats échantillons localisés le long de deux transects pour chaque prairie, en juin et juillet 2008.

Une vingtaine d'espèces communes ont été recensées (annexe 9). Pour P1 et P2, la composition prairiale est dominée par trois espèces très communes : l'Agrostide capillaire (*Agrostis capillaris*), une espèce de pâturin, *Poa trivialis* et l'Ivraie vivace, *Lolium perenne*. Sur P3, cinq espèces dominent le cortège, celles déjà citées, auxquelles s'ajoutent *Phleum pratense* et *Agrostis stolonifera*.

*Cette végétation commune est typique des systèmes prairiaux humides de la vallée.*

### La caractérisation de l'état initial à « T0 » de la prairie à recréer

Celle-ci a été appréhendée à partir de **tests de germination de graines issues de la banque de semences**, conservées dans la tourbe, à partir de quatre zones échantillons en avril 2008.

Le taux de germination très faible (seulement huit pousses) a très peu renseigné sur le cortège floristique potentiel.



## Évolution de la prairie humide



*Le jonc articulé (Juncus articulatus) est l'espèce la plus courante de la prairie humide en formation, de 2008 à 2010. Cette plante est peu commune en Haute-Normandie (Illustration extraite de la Flore de France de l'abbé H. Coste).*

## Le suivi de la colonisation spontanée sur la prairie à restaurer

### Le suivi sur l'ensemble de la prairie

**En 2008**, les relevés floristiques ont recensé **83 espèces**. Le cortège a rassemblé des plantes **mésophiles ubiquistes** (des Pâquerettes (*Bellis perennis*), du Pissenlit (*Taraxacum sp.*)...) et des plantes **hygrophiles plus ou moins communes** (la Baldingère faux-roseau (*Phalaris arundinacea*), la Mâsette à larges feuilles (*Typha latifolia*), l'Iris des marais (*Iris pseudacorus*), la Véronique des ruisseaux (*Veronica beccabunga*)...), dont certaines franchement **turficoles et de forte valeur patrimoniale** telles que le Souchet Brun (*Cyperus fuscus*) et la Samole de Valérand (*Samolus valerandi*).

**Le taux de couverture moyen est de 54 %** indiquant **une colonisation rapide**. La répartition des espèces s'établit essentiellement selon **le gradient hydrique** : la partie nord abrite un cortège hygrophile ; la partie sud, un cortège davantage mésophile.

**En 2009, la végétation spontanée s'est bien développée**, recouvrant abondamment le sol (**76 %**) et progressant en hauteur. La richesse en espèces est similaire à celle de 2008 et les relevés indiquent que la **végétation s'homogénéise**.

**Les espèces pionnières commencent à diminuer** (par exemple, la Samole de Valérand, pionnière turficole). **La phase de colonisation s'achève**.

**En 2010, la richesse spécifique a baissé : 70 espèces**, avec notamment la disparition d'espèces pionnières.

En revanche, la richesse par point d'échantillonnage reste constante. La **végétation continue donc de s'homogénéiser** à l'échelle de la parcelle.

On trouve, par ordre décroissant d'occurrence : du Jonc (*Juncus articulatus*), de la Houlque laineuse (*Holcus lanatus*), de l'Agrostide stolonifère (*Agrostis stolonifera*), de l'Epilobe hirsute (*Epilobium hirsutum*) ou encore de la Canche (*Deschampsia cespitosa*).

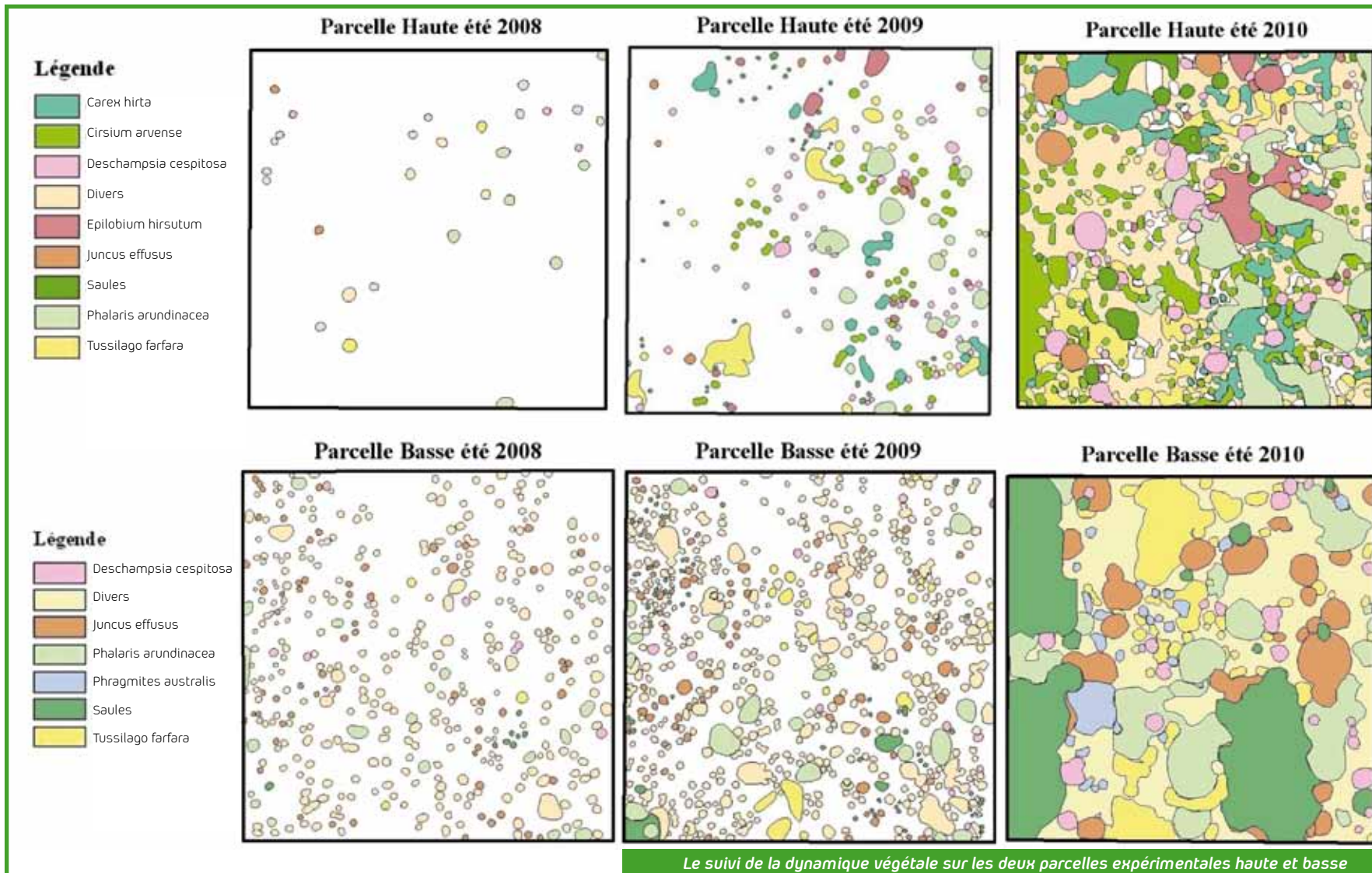
**La légère diminution du taux de recouvrement (71 %)** peut être attribuée **au pâturage extensif** des deux chevaux camarguais, démarré au printemps. Néanmoins, cet impact reste secondaire par rapport au **gradient hydrique qui reste le premier facteur** structurant la végétation.

L'impact du pâturage sur le maintien d'espèces pionnières n'est pas encore notable.

*En trois ans, la prairie humide a permis le développement d'un grand nombre d'espèces, 132 au total (liste en annexe 10), dont certaines peu communes et même de forte valeur patrimoniale (pionnières turficoles). La richesse spécifique de la prairie reconstituée est donc bien supérieure à celle des prairies de référence.*

*Après une phase rapide de colonisation, favorable en particulier aux espèces pionnières, la végétation s'homogénéise. Les espèces prairiales se développent bien et permettent ainsi de fournir une bonne alimentation aux chevaux.*





La localisation des parcelles expérimentales figure sur la carte p54



## *Le suivi de la dynamique végétale sur les deux parcelles expérimentales haute et basse*

**La recolonisation par la végétation et la fermeture du milieu sont très rapides** : en deux ans, le recouvrement total est passé de moins de **2%** à près de **97%** pour la parcelle haute, et de **14%** à **100%** pour la parcelle basse.

Les cartes de végétation montrent que les espèces responsables de la fermeture ne sont pas identiques d'une parcelle à l'autre et que le mode de répartition de la végétation est différent (voir les illustrations p.58).

Dans ces témoins soustraits au pâturage, **la richesse spécifique totale est plus importante dans la parcelle basse** (plus humide) que dans la haute, avec respectivement 48 et 36 espèces.

Là encore, l'analyse de la composition floristique montre des différences entre les deux parcelles :

- **prédominance d'espèces hygrophiles dans la parcelle basse**, plus humide,
- **prédominance des espèces mésophiles sur la parcelle haute**.

*La végétation de la prairie humide à restaurer est structurée selon le gradient hydrique, lui-même en relation avec la topographie. La partie nord, la plus basse et la plus humide est surtout composée d'espèces hygrophiles, tandis que la partie sud abrite principalement des espèces mésophiles.*

*Après une phase rapide de colonisation par des plantes pionnières (dont certaines patrimoniales), l'évolution de la végétation, qu'il s'agisse de l'ensemble de la prairie ou des quadrats expérimentaux, passe par la diminution de ces pionnières, la croissance des plantes mésophiles surtout en position topographique haute, la fermeture du milieu (recouvrement végétal complet) et l'homogénéisation floristique.*

*L'impact du pâturage extensif des chevaux camarguais démarré au printemps 2010 n'est pas encore perceptible dans la structure et la composition de la végétation (Cf. chapitre consacré à la gestion).*



*Levés des semis (juin 2009) réalisés en avril 2009*



*Transplants de P1 sur les parcelles expérimentales en 2008*



*Colonisation des quadrats de semis par la végétation spontanée durant l'été 2009*



*Transplant de P1 entouré par la végétation spontanée en 2010*



## L'expérimentation de revégétalisation rapide

*Deux modes sont étudiés sur les parcelles expérimentales : par semis et par transplantation de banquettes de végétation.*

### *Par semis*

**Deux mélanges de graines** du commerce sont testés : le premier est composé de Fétuque (*Festuca arundinacea*) et d'lvraie (*Lolium perenne*), auxquelles s'ajoute du Trèfle (*Trifolium repens*) pour le second mélange. Les semis ont été faits en **octobre 2008**.

**Après une forte mortalité observée en mars 2009**, ces semis ont été **reconduits en avril 2009**. Les graines ont germé mais les plantules se sont encore desséchées rapidement. A l'inverse, la colonisation naturelle a été beaucoup plus concluante.

L'objectif étant d'obtenir une colonisation rapide et une végétation bien fournie pour un pâturage bovin, ce mode de végétalisation n'est pas apparu concluant les 2 premières années.

En revanche, **les plantes semées se sont bien développées en 2010**. De plus, la richesse spécifique relevée est supérieure à celle des carrés témoins, soumis à une colonisation naturelle.

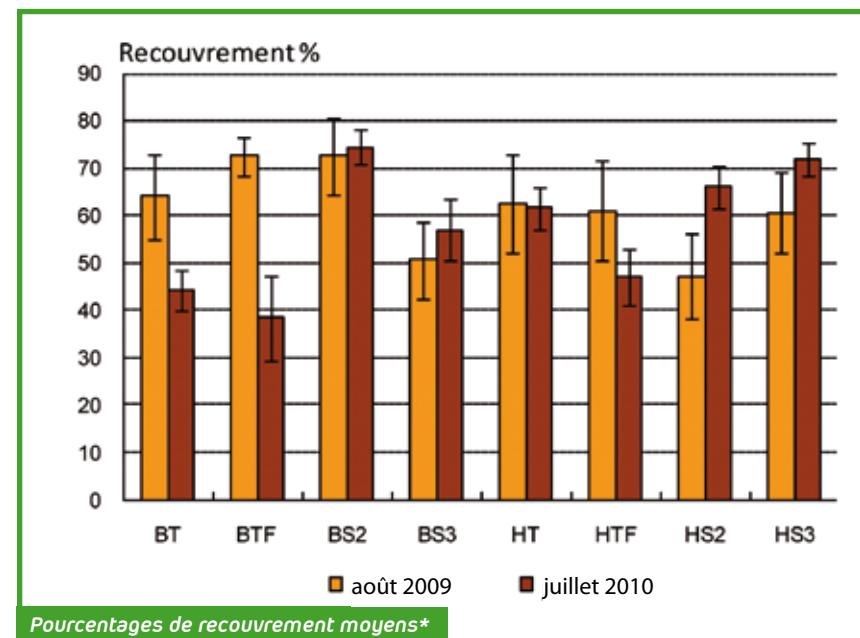
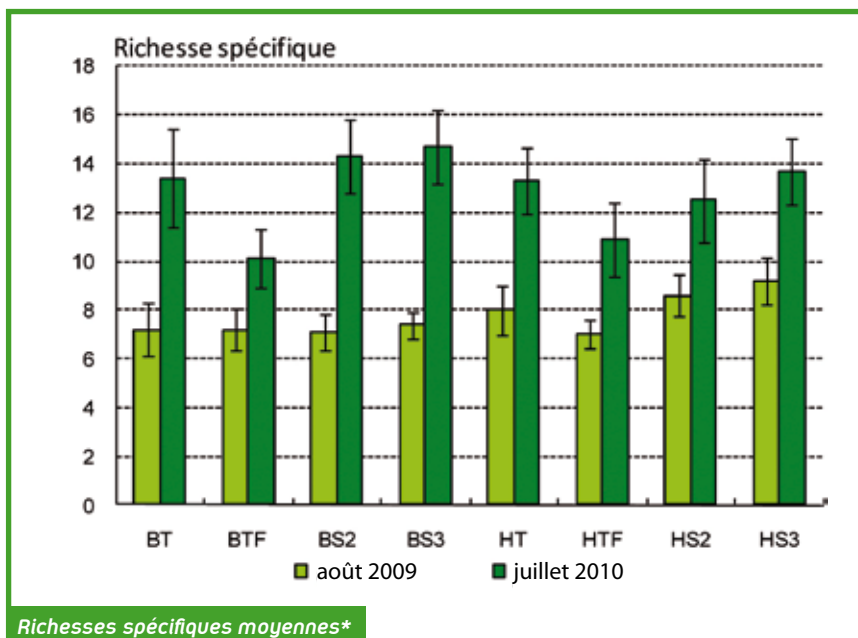
*Tandis qu'en 2009 le semis ne semblait pas être concluant comme mode de végétalisation rapide, il semble que les résultats obtenus en 2010, aillent dans le sens inverse, avec un recouvrement végétal supérieur à celui obtenu dans le cadre d'une colonisation spontanée. Toutefois, une année complète est nécessaire pour obtenir le démarrage de la végétation semée.*

### *Par transplantation*

Afin de couvrir rapidement la tourbe par une végétation prairiale comparable à celle des prairies objectif, des **portions d'environ 1 m<sup>2</sup>** de la prairie P1 ont été transplantées sur la zone de la prairie à recréer en **juillet 2008**. Fin 2008 et début 2009, ces banquettes se sont maintenues en bon état.

En 2009 et 2010, la végétation des banquettes s'est maintenue mais **ne s'est pas développée latéralement**, tandis que la végétation spontanée a colonisé les pourtours vierges en 2008.

*D'après les résultats observés jusqu'à présent, l'expérimentation par transplants ne permet pas de présenter une solution de recolonisation rapide de la tourbe découverte.*



\*Les différents traitements sont réalisés dans les parties Haute (H) et Basses (B) de la parcelle restaurée. Les traitements sont codés de la façon suivante :

- BT = Témoin sur parcelle Basse.
- HT = Témoin sur parcelle Haute.
- BTF = Fauche sur parcelle Basse.
- HTF = Fauche sur parcelle Haute.
- BS2 = Semis 2 espèces sur parcelle Basse.
- HS2 = Semis 2 espèces sur parcelle Haute.
- BS3 = Semis 3 espèces sur parcelle Basse.
- HS3 = Semis 3 espèces sur parcelle Haute.



## L'évaluation de la biomasse végétale aérienne et des effets de la fauche

Fin août 2009, la production de la biomasse (poids en matière sèche) des quadrats des parcelles hautes et basses, est estimée et comparée.

Malgré une composition floristique différente, elle est identique, autour de **410 g/m<sup>2</sup>**.

En 2010, cette estimation est faite sur la végétation des quadrats fauchés en 2009. Pour la parcelle basse, la biomasse reste à peu près stable (444g/m<sup>2</sup>) alors qu'elle diminue légèrement pour la partie haute (300g/m<sup>2</sup>).

Il semble donc que **la fauche réalisée en 2009 n'ait pas affecté de manière significative la production de biomasse**.

### *Quel est l'impact de la fauche sur la richesse et la composition des cortèges ?*

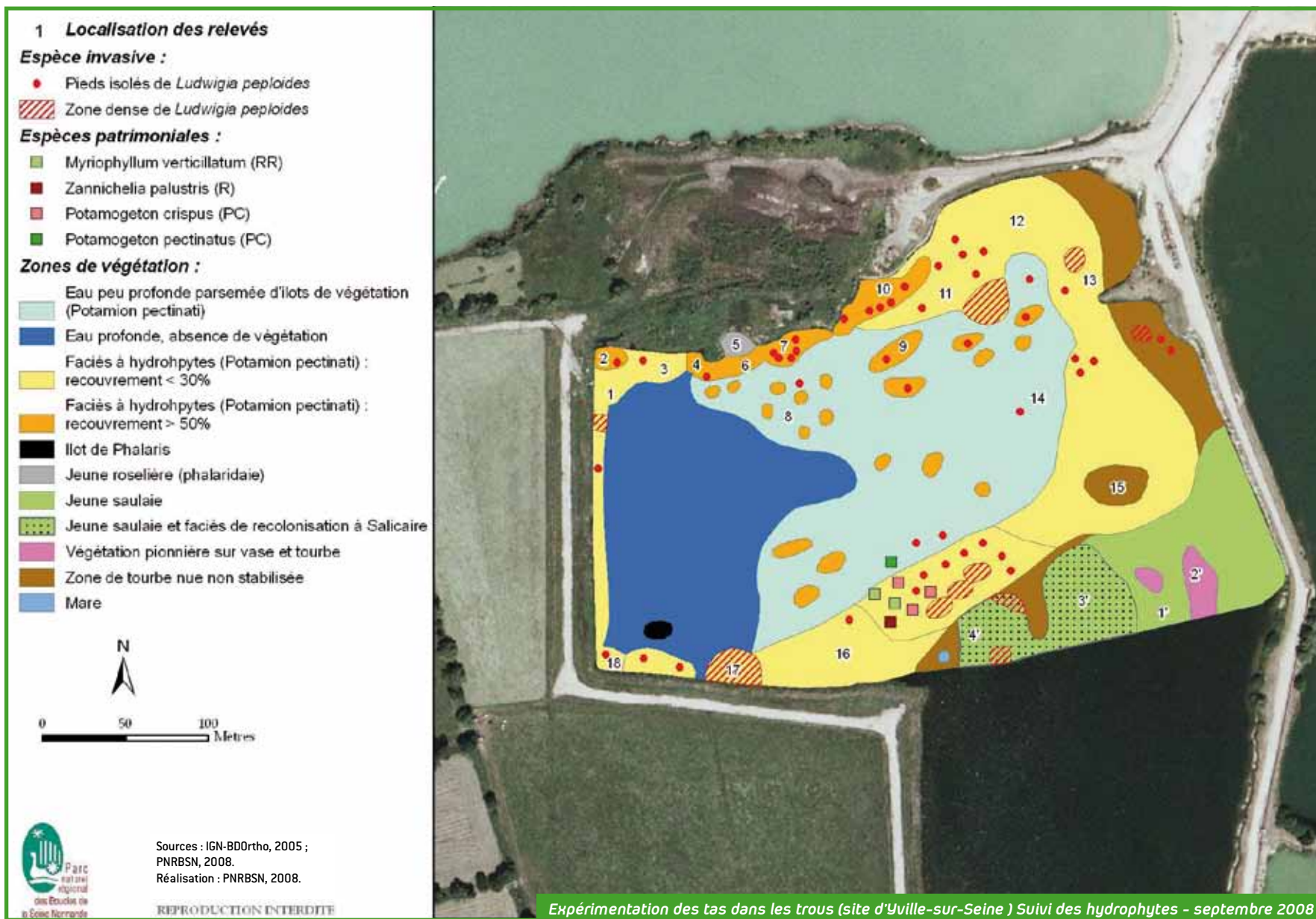
Pour les deux parcelles haute et basse, **la richesse moyenne de 2010 est un peu plus élevée dans le témoin soumis uniquement à une colonisation naturelle** que dans le quadrat fauché. Néanmoins, la richesse moyenne a augmenté d'une année à l'autre, au sein de chaque parcelle successivement fauchée en septembre 2009 et septembre 2010 (Voir graphiques page précédente).

Des analyses statistiques réalisées en 2010 mettent bien en évidence **l'existence d'une corrélation entre la répartition des espèces végétales et le degré d'hygrométrie**.

En revanche, il y a peu d'écarts de composition floristique entre les différents traitements (semis, fauche et témoin).

*Observée sur les parcelles expérimentales après une année, la fauche n'a pas beaucoup d'incidences, ni sur la biomasse ni sur la composition floristique.*

*La végétation est avant tout structurée par le gradient hydrique comme le montre l'évolution de l'ensemble de la prairie.*



## La végétation aquatique et amphibie de l'étang et de la mégaphorbiaie

Le Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande effectue le suivi des plantes aquatiques et amphibies se développant dans l'étang et en bordure, dans la mégaphorbiaie et la saulaie.

L'étude consiste à caractériser la végétation à l'état initial (2008), puis de suivre sa dynamique sur cinq ans, par la méthode phytosociologique. Celle-ci permet d'observer la répartition des espèces, leur abondance, d'identifier les différents groupements végétaux, de les cartographier et de suivre leur dynamique.

Ce suivi a permis de constater la **présence d'espèces invasives**, dont la **Jussie rampante** (*Ludwigia peploides*) qui a fait l'objet de traitements immédiats (voir ci-après).



Le Cornifle nageant - août 2009

### Caractérisation de l'état initial de l'étang et des milieux amphibies situés en bordure en 2008

- Dans l'étang, la **végétation aquatique s'est immédiatement développée**. Des herbiers dominés par le **Cornifle nageant** (*Ceratophyllum demersum*) ont colonisé les zones de haut fond, situées entre 5 cm et 1,40 m, en densité plus ou moins importante.

Le Cornifle est une plante le plus souvent immergée, libre ou enracinée.

Au-delà de cette profondeur, dans le secteur ouest de l'étang, les hydrophytes sont absentes.

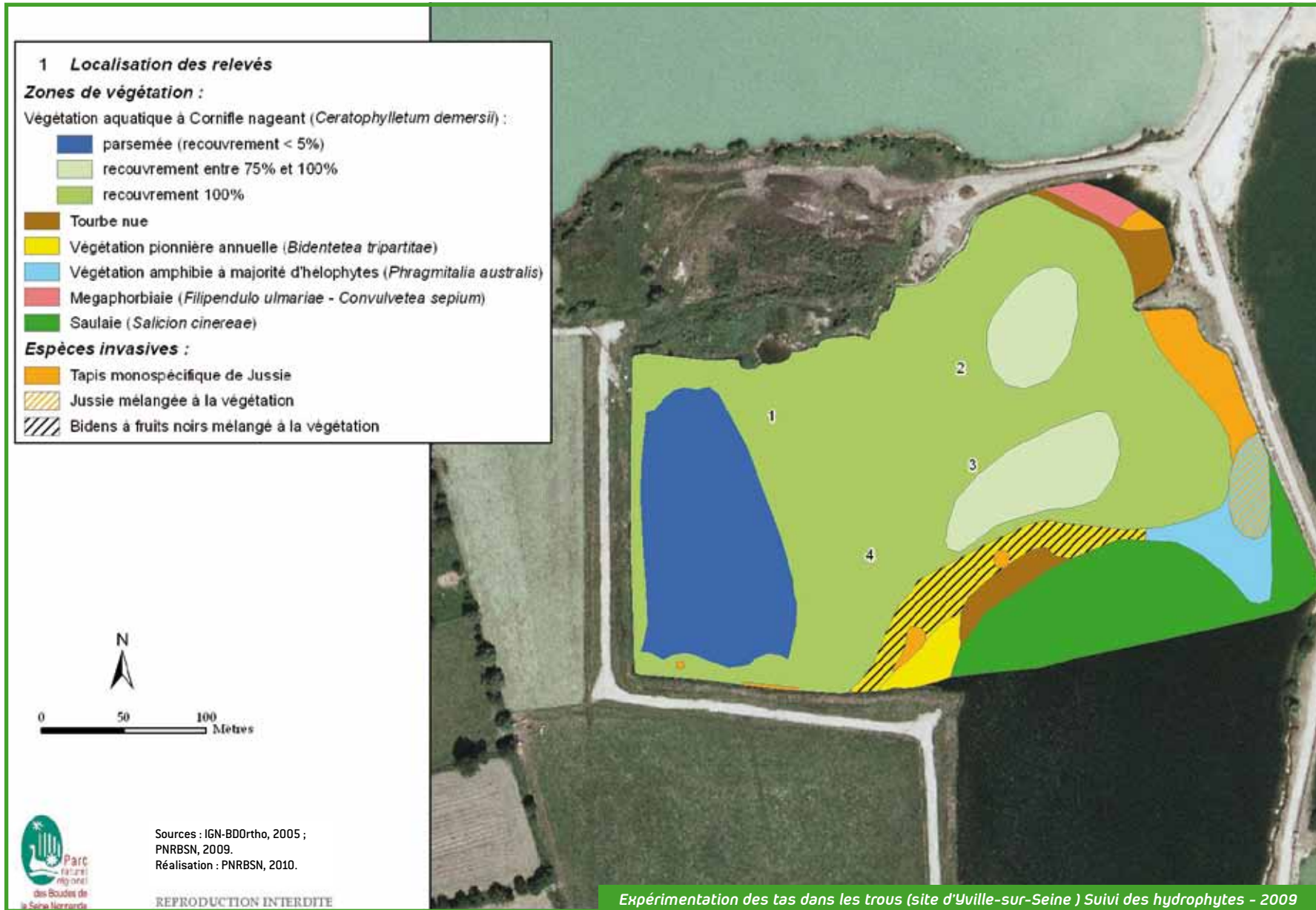
#### • La végétation amphibie

Les berges sont, soit encore exemptes de végétation, soit partiellement couvertes.

Trois groupements amphibies sont identifiés :

- **une jeune saulaie** (*Salix fragilis*, *Salix* sp.),
- **un groupement mixte de jeune saulaie et de mégaphorbiaie à Salicaire commune** (*Lythrum salicaria*),
- **une formation pionnière sur tourbe, assez variée** (19 espèces) mais de très faible étendue, abritant des espèces patrimoniales (*Cyperus fuscus*, *Bidens cernua*).







## Évolution des groupements végétaux en 2009 et 2010

### La végétation aquatique

La composition floristique ne varie quasiment pas mais l'abondance des hydrophytes déjà présentes et leur répartition s'intensifient. **Les herbiers de Cornifle nageant se sont renforcés au point de couvrir toute la surface de l'étang.** Néanmoins, il subsiste un tiers occidental avec un faible recouvrement estimé à moins de 5 %.

En 2010, la **Petite Lentille d'eau** (*Lemna minor*) s'est bien développée dans la partie orientale peu profonde ; elle constitue une strate flottante recouvrant plus de 75 % de la surface concernée. **Des algues filamenteuses** se sont aussi largement développées dans la partie centrale.

### La végétation amphibie

En 2009, les rives ne sont pas encore toutes entièrement végétalisées. **Un groupement pionnier** à *Bident triparti* (peu commun) et *Bident à fruits noirs* (espèce exogène) est largement étendu en rive sud.

Au sud-est, une petite roselière s'est développée en bordure de la saulaie tandis qu'une mégaphorbiaie s'est étendue au nord-est.

La Jussie n'est plus observée dans l'eau, elle occupe surtout la rive orientale (voir sa régulation p. 70).

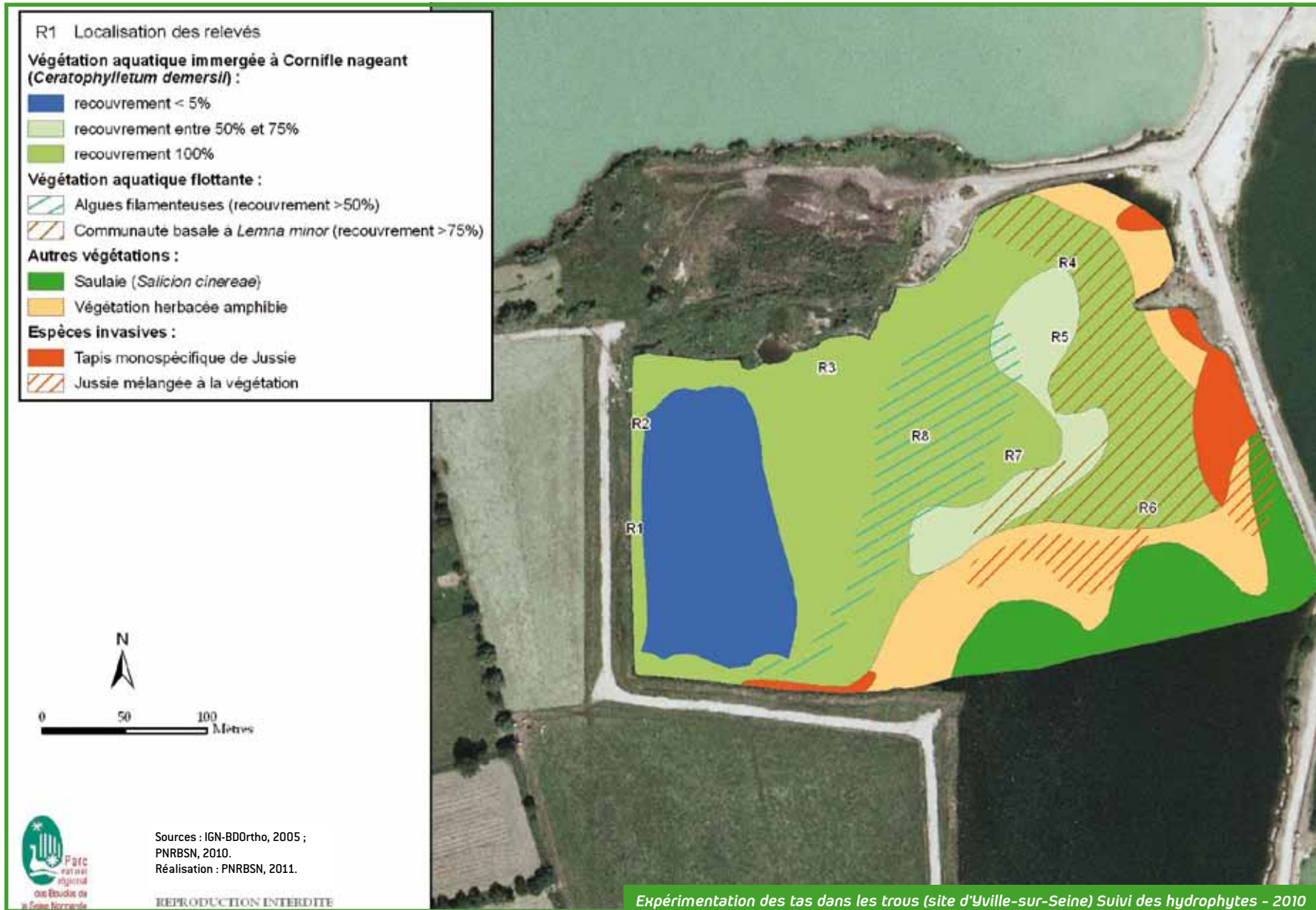
En 2010, cette végétation s'homogénéise et se banalise. **La végétation amphibie s'est densifiée et développée sur les rives sud et est** (carte page suivante).

La situation de la Jussie a peu changé par rapport à celle de 2009 : des plages monospécifiques occupent essentiellement la rive est. Elle progresse toutefois au sud et au sud-est dans la mégaphorbiaie, mais en densité moins forte.

**Le caractère eutrophe des eaux de l'étang a favorisé l'expansion des herbiers de Cornifle nageant, espèce opportuniste et dominante.**

**Cette propagation a probablement empêché la Jussie de s'étendre dans le milieu aquatique, et a fait régresser l'Élodée du Canada. A ces herbiers immergés, s'est ajoutée en surface, une nappe de Petite Lentille d'eau.**

**Cette production végétale risque d'entraîner une importante accumulation de matière organique dans le fond de l'étang.**



## Le bilan patrimonial de la flore aquatique et amphibie de 2008 à 2010

Il est établi d'après le référentiel du Conservatoire Botanique National de Bailleul (Inventaire de la flore vasculaire de Haute-Normandie, 2005).

Le tableau ci-contre récapitule les espèces recensées durant ces trois années, dont le statut est **peu commun à exceptionnel et présentant un caractère patrimonial** du fait de leur rareté et/ou de leur statut d'espèce menacée de disparition en Haute-Normandie.

**Pour ces trois années, 22 espèces sensibles ont été recensées. L'étang a accueilli 10 espèces patrimoniales, 5 aquatiques et 5 amphibiés.**

La prédominance des quatre espèces ubiquistes largement répandues en herbiers denses (*Ceratophyllum demersum*, *Lemna minor*, *Elodea canadensis*, *Ludwigia peploides*), ne permet pas le développement de ces plantes remarquables. C'est pourquoi **leur présence est discrète et peut fluctuer d'une année à l'autre.**

Taxon	2008	2009	2010	Rareté	Menace	Statut patrimonial
<b>Flore aquatique</b>						
<i>Ceratophyllum demersum</i>	x	x	x	peu commun		
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	x			très rare	menacé d'extinction	x
<i>Potamogeton berchtoldii</i>		x	x	très rare	menacé d'extinction	x
<i>Potamogeton crispus</i>	x			peu commun		
<i>Potamogeton natans</i>		x		peu commun	quasi menacé	x
<i>Potamogeton pectinatus</i>	x	x		peu commun		
<i>Potamogeton trichoides</i>			x	exceptionnel à très rare	insuffisamment documenté	x
<i>Zannichellia palustris</i>	x	x		rare	quasi menacé	x
<b>Flore terrestre</b>						
<i>Bidens cernua</i>	x	x		rare	quasi menacé	x
<i>Carex pseudocyperus</i>		x		assez rare		
<i>Chenopodium rubrum</i>		x		peu commun ?		
<i>Cyperus fuscus</i>	x	x		très rare	vulnérable	x
<i>Isolepis setacea</i>	x			assez rare		
<i>Juncus acutiflorus</i>	x			peu commun		
<i>Juncus articulatus</i>		x		peu commun		
<i>Juncus conglomeratus</i>	x			peu commun		
<i>Ranunculus sceleratus</i>	x	x		peu commun		
<i>Rumex maritimus</i>		x		exceptionnel ?	insuffisamment documenté	x
<i>Sagittaria sagittifolia</i>		x		rare	vulnérable	x
<i>Salix fragilis</i>	x			assez rare ?		
<i>Samolus valerandi</i>		x		très rare	menacé d'extinction	x
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	x			peu commun		

Tableau des espèces recensées entre 2008 et 2010

L'ensemble des relevés et des listes d'espèces figure en annexe 11.





Forme émergée, amphibie



Localisation des stations de Jussie durant l'été 2009

### La Jussie rampante *Ludwigia peploides*

Espèce exogène originaire d'Amérique, la **Jussie rampante, *Ludwigia peploides***, est très invasive et largement répandue en France.

Elle se propage très rapidement par ses rhizomes et par boutures en milieux aquatiques et amphibies, développant des formes différentes selon les biotopes.

	MOYENS MIS EN ŒUVRE	QUANTITÉ EXTRAITE
2008	Arrachage manuel	11 sacs de 100 l
2009	Etrépage mécanique	130 m <sup>3</sup>
2010	Arrachage manuel	13 sacs de 100 l
	Etrépage mécanique	150 m <sup>3</sup>

Bilan des interventions sur la Jussie depuis 2008



Etrépage mécanique (septembre 2009)



### Régulation de la Jussie rampante, plante invasive

Dès août 2008, l'espèce est observée sur l'ensemble de l'étang. Elle est très répandue en eau libre et se concentre au nord et au sud. Elle est aussi présente sous sa forme terrestre sur la berge sud.

Face à cette menace écologique (atterrissement rapide de l'étang, réduction de la biodiversité...), le Port de Rouen a vite engagé une intervention pour limiter sa propagation.

**Arrachage manuel** des plantes émergées s'est déroulé en octobre 2008 : environ **11 sacs de 100 litres** ont été récoltés et évacués.

**En 2009, la Jussie s'est bien développée en bordure orientale**, formant des plages monospécifiques, et de manière ponctuelle en rive sud. En revanche, elle n'est plus observée dans le milieu aquatique.

**En septembre, un étrépage à la pelle mécanique** est lancé : le substrat est décapé jusqu'à 20 cm de profondeur afin d'enlever les racines. Environ **130 m<sup>3</sup> de matière végétale et de sédiments** sont évacués. ( **septembre 2009** )

**En 2010, les tapis denses en bordure orientale se sont renforcés** malgré les précédentes interventions.

Deux chantiers sont organisés :

- Arrachage **manuel**, réalisé par une association d'aide à la réinsertion, l'AIPPAM : **13 sacs de 100 litres** sont envoyés dans un centre d'incinération. ( **octobre 2010** )
- un **étrépage mécanique** permet d'évacuer, sur les zones les plus denses et les plus difficiles d'accès : **150 m<sup>3</sup>**. ( **novembre 2010** )

### Bilan sur la gestion de la Jussie rampante

Malgré les actions de lutte réalisées durant trois années successives par le GPMR, **la croissance terrestre de l'espèce continue en bordure du plan d'eau**. Certaines zones envahies tendent à devenir monospécifiques, limitant fortement le développement d'autres espèces végétales.

La lutte contre cette espèce invasive nécessitant une action sur le long terme, **les interventions d'arrachage manuel et d'étrépage mécanique vont se poursuivre**. Une intervention plus précoce dans l'année, voire deux interventions par an, ont été envisagées.

### Surveillance d'autres plantes invasives

- dans l'eau : **l'Elodée du Canada** (*Elodea canadensis*), plante immergée dont la prolifération est moins virulente que celle de la Jussie. Assez bien représentée en 2008, elle est moins importante en 2009 et 2010, fortement concurrencée par le Cornifle nageant.
- sur la partie terrestre : **le Bident à fruits noirs** (*Bidens frondosa*), considérée comme une invasive non avérée mais potentielle. Elle présente une faible menace.

*La prolifération des plantes invasives est un des facteurs de l'érosion de la biodiversité. La limitation de la Jussie est une préoccupation majeure du suivi de la restauration écologique de l'ancienne ballastière.*

*Les actions visant sa régulation vont se poursuivre durant les prochaines années.*



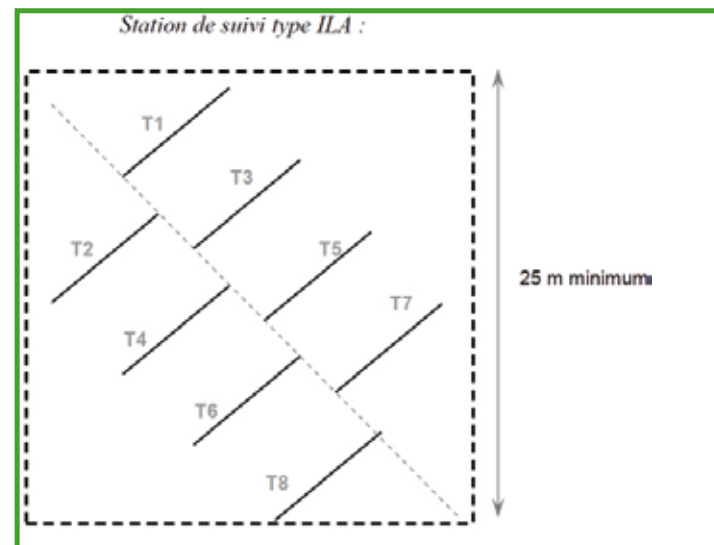
Pièges « Barber » (pot enfoui dans le sol) pour l'étude des Carabidés.

Les groupes d'insectes retenus comme bioindicateurs sont les Coléoptères Carabidés, les Orthoptères (criquets...) et les Odonates (libellules...).

L'étude des Carabidés se fait par capture dans des pièges « Barber ». Les orthoptères sont reconnus au chant ou visuellement le long de transects. Les Odonates sont reconnus visuellement et à partir des exuvies (la dernière mue larvaire) en bordure de l'étang.



*Notaphus varius* [CD]



Aire de transects pour l'étude des Orthoptères permettant d'estimer un Indice Linéaire d'Abondance



Habitus d'Orthoptère Ensifère

## L'étude des Insectes

*Le rôle des insectes est fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes : recyclage de la matière, ressource trophique, prédation, pollinisation des végétaux.*

*Le Parc Naturel Régional des Boucles de la Seine Normande est chargé du suivi de l'entomofaune durant cinq ans. Ce suivi devrait permettre de répondre aux questions suivantes :*

- . Comment et à quelle vitesse vont se structurer les communautés d'insectes ?*
- . Si les milieux souhaités se développent comme prévu, vont-ils pour autant héberger les peuplements faunistiques caractéristiques ?*
- . Le réaménagement présente-t-il un intérêt écologique et fonctionnel compte tenu de ces peuplements entomologiques ?*

### Les Carabidés

Cette famille de Coléoptères occupe tous les habitats humides sauf le plan d'eau. Certaines espèces très mobiles colonisent rapidement les nouveaux milieux. Les espèces récoltées ont été classées par affinité écologique (hygrophile, mésophile...).

#### Caractérisation du peuplement de référence

En 2009, le peuplement de référence est recensé dans une roselière et une prairie humide, localisées à proximité du site à restaurer (carte page suivante). **42 espèces** et 632 individus sont récoltés. **Près de 80 % des espèces sont hygrophiles ou méso-hygrophiles**, les plus abondantes étant les méso-hygrophiles généralistes tel *Amara communis*.

*L'ensemble des données figure en annexe 12.*

#### Caractérisation des peuplements colonisant les nouveaux milieux en 2008

- **24 espèces** sont identifiées.
- **71 % inféodées aux biotopes humides et moyennement humides.**

Quatre espèces affectionnent les milieux chauds et secs, elles ont colonisé le secteur sableux au sud-est.

**148 individus ont été récoltés.** Les plus abondants sont hygrophiles. L'espèce dominante est *Anisodactylus binotatus*, couramment associée aux habitats ouverts humides.

#### Évolution des peuplements

**En 2009, 1212 individus et 53 espèces** sont notés. La richesse et l'abondance ont augmenté et sont **supérieures à celles des prairies de référence**. Le cortège rassemble des espèces aux affinités écologiques très variées : espèces strictement liées aux biotopes engorgés du bord des eaux, espèces vivants sur les sols très secs, espèces des zones ouvertes ou encore qui dépendent de l'ombrage.

La proportion des espèces inféodées aux milieux humides et moyennement humides reste stable (70%).

**En 2010, l'abondance diminue mais 55 espèces sont recensées.** Le fait majeur est la **forte diminution de l'abondance en secteur humide** (381 individus). La part des espèces affectionnant l'humidité reste néanmoins majoritaire et identique (69 %).

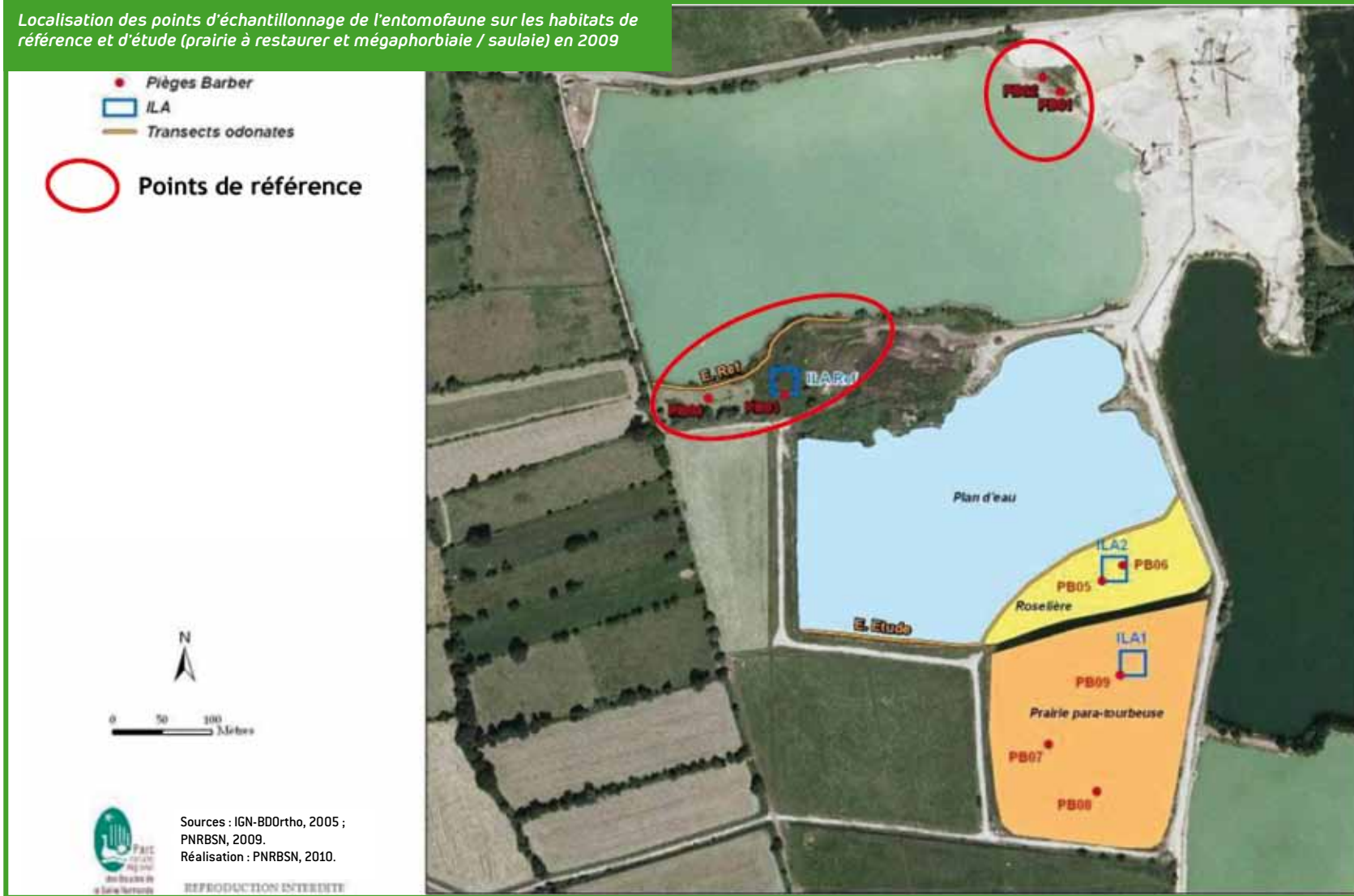
La tendance à la diversification du peuplement, observée depuis 2008, est liée à deux processus : **la poursuite de la colonisation par les espèces et l'augmentation de la compétition interspécifique** qui modifie la taille relative des populations.

**Le peuplement global est déjà très riche et constitué de 50% d'espèces strictement hygrophiles. De forts contrastes existent entre les parties les plus humides du site (prairie hygrophile, typhaie) et la partie sableuse xérophile. Celle-ci apporte incontestablement une originalité à ce peuplement dont les caractéristiques vont probablement encore évoluer avant de se stabiliser.**





Localisation des points d'échantillonnage de l'entomofaune sur les habitats de référence et d'étude (prairie à restaurer et mégaphorbiaie / saulaie) en 2009





## Les Orthoptères

Les criquets, sauterelles, grillons, se rencontrent sur tous types de milieux mais ils sont les hôtes privilégiés des milieux ouverts. En zone humide, des peuplements peu diversifiés mais très caractéristiques peuvent se mettre en place.

### Caractérisation des peuplements de référence

En 2009, le peuplement de référence est recensé dans une prairie humide inondée une partie de l'année, située près de la prairie à restaurer (carte ci-contre). **9 espèces sont notées dont 2, typiques des prairies hygrophiles et assez rares** : le Conocéphale des roseaux *Conocephalus dorsalis* et *Tetrix subulata*.

**41 individus** sont relevés dont 15 *Chorthippus parallelus*, espèce très commune, mésophile et la plus abondante.

### Caractérisation des peuplements colonisant les nouveaux milieux en 2008

**Quatre espèces** ont été recensées. Le Tétrix des vasières *Tetrix ceperoi* est strictement inféodé au biotope humide dénudé. Cette espèce est **rare** en Haute-Normandie et classée **vulnérable** sur la liste rouge régionale.

*Metrioptera roeselii* et *Chorthippus albomarginatus* sont généralement caractéristiques des prairies humides à moyennement humides normandes. *Tettigonia viridissima* est une espèce ubiquiste affectionnant les milieux ouverts avec une structure végétale haute (haies, fourrés, broussailles...) et les lisières forestières.

### Évolution des peuplements

**En 2009, 9 espèces** sont recensées. La richesse a donc augmenté mais l'abondance reste encore faible. Le cortège de la prairie est dominé par des espèces mésophiles à méso-hygrophiles.

**En 2010, le peuplement est plus abondant et plus riche** (graphique ci-après) : 11 espèces et 44 individus sont notés pour la prairie, 5 espèces et 23 individus pour la mégaphorbiaie / roselière.

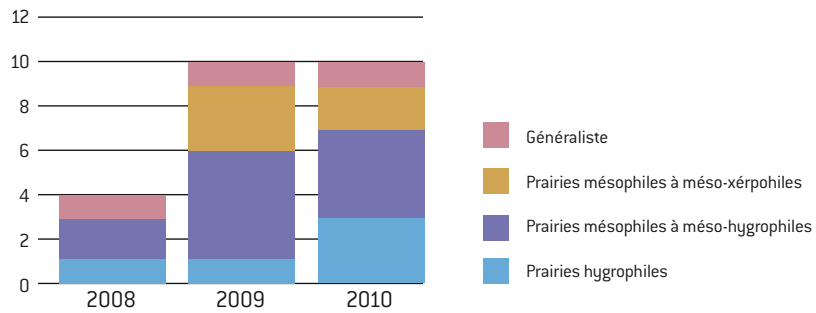
Le bilan patrimonial s'enrichit, les trois espèces strictement hygrophiles notées sont assez rares à rares : le Conocéphale des roseaux *Conocephalus dorsalis*, et deux espèces de Tétrix *Tetrix subulata* et *Tetrix ceperoi*. Quatre sont mésophiles à méso-hygrophiles. L'espèce la plus abondante est encore *Chorthippus parallelus*, très commune.

Si l'on compare la richesse du peuplement et les exigences écologiques des espèces recensées de 2008 à 2010 sur la zone réaménagée, on constate que la **richesse spécifique du peuplement se stabilise** avec une **tendance hygrophile plus marquée** (graphique page suivante) .

*Le peuplement encore instable présente des similitudes avec le groupement caractéristique des orthoptères des prairies humides normandes.*



**Evolution de la richesse et de l'écologie du peuplement d'Orthoptères observé de 2008 à 2010 hors site de référence**



*La Decticelle bariolée **Metrioptera roeselii** est une sauterelle très commune affectionnant les prairies mésophiles à méso-hygrophiles. Elle est bien représentée sur le site.*

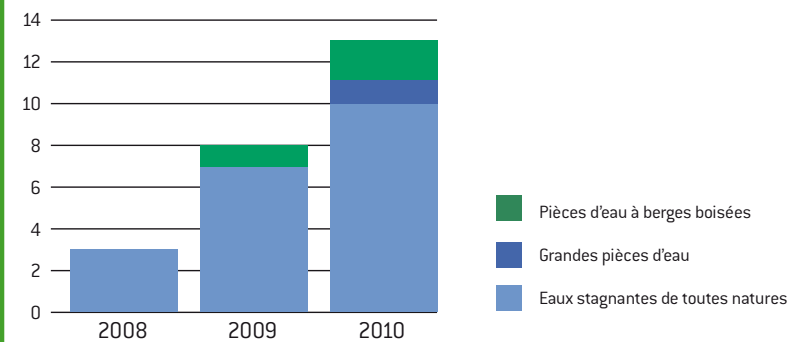


***Elaphrus riparius** est un carabe strictement inféodé au biotope engorgé du bord des eaux (hygrophile ripicole), présent depuis 2008.*



*L'Agrion porte-coupe **Enallagma cyathigerum**, assez commun, est l'une des deux espèces les plus abondantes. Sa reproduction sur le site restauré est avérée.*

**Evolution de la richesse et de l'écologie du peuplement d'Odonates observé de 2008 à 2010 hors site de référence**



## Les Odonates

Le développement des larves de libellules et de demoiselles s'effectue dans le milieu aquatique. Certaines espèces, étroitement liées aux facteurs du biotope (profondeur de la lame d'eau par exemple), sont bioindicatrices des habitats.

### Caractérisation des peuplements de référence

En 2009, le peuplement de référence est recensé en bordure sud de l'étang à voile (carte p 74). **Huit espèces sont notées dont six liées aux eaux stagnantes de nature diverse** (Agrion porte-coupe *Enallagma cyathigerum*, Agrion élégant *Ischnura elegans*...). Une espèce inféodée aux grandes pièces d'eau est présente : *Gomphus pulchellus*.

Ce peuplement de référence est relativement pauvre sachant que le cortège moyen des étangs de plaine compte 30 à 50 espèces.

### Caractérisation des peuplements colonisant les nouveaux milieux en 2008

L'inventaire est partiel car il n'a démarré qu'en juin et les bords de l'étang étaient inaccessibles (manque de portance).

**Quatre espèces en faible abondance** ont été recensées : *Enallagma cyathigerum*, *Orthetrum cancellatum*, *Ischnura elegans* et *Gomphus pulchellus*. Les trois premières sont assez communes à communes, et à large amplitude écologique (répandues dans divers milieux humides). ***Gomphus pulchellus* est peu commun et davantage inféodé aux vastes pièces d'eau.**

## Évolution des peuplements

**En 2009 et 2010, le peuplement se diversifie et s'enrichie. 13 espèces** sont recensées en 2010 (annexe 14). **Une large majorité est généraliste** et adaptée aux divers habitats aquatiques. Parmi ce groupe, **trois espèces dominent** les effectifs : *Enallagma cyathigerum*, *Erythromma viridulum*, *Ischnura elegans*, demoiselles assez communes et communes.

**Le cortège s'est diversifié par la présence de deux espèces affectionnant les berges boisées et les ripisylves** : le Leste vert *Chalcolestes viridis*, assez commun et la Cordulie bronzée ***Cordulia aenea*, peu commune**. *Gomphus pulchellus* est toujours noté et reste l'unique représentant des vastes plans d'eau.

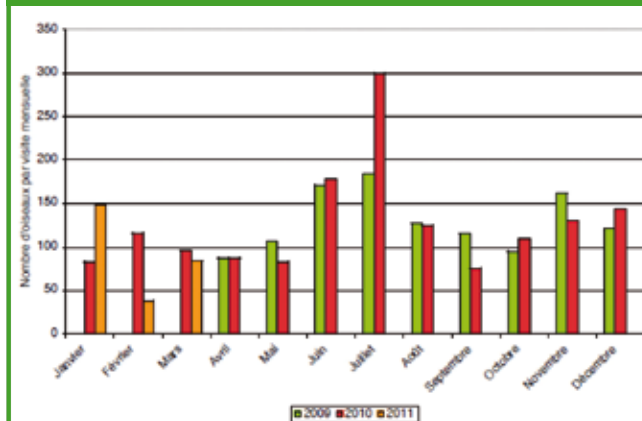
Une espèce **assez rare** est notée ponctuellement : le Sympétrum à nervures rouges ***Sympetrum fonscolombii***. Elle vit au bord des eaux stagnantes, peu profondes à réchauffement rapide.

*Le peuplement d'Odonates s'enrichit lentement mais reste relativement pauvre au bout de trois années. La diversité spécifique est néanmoins supérieure à celle des peuplements de référence.*

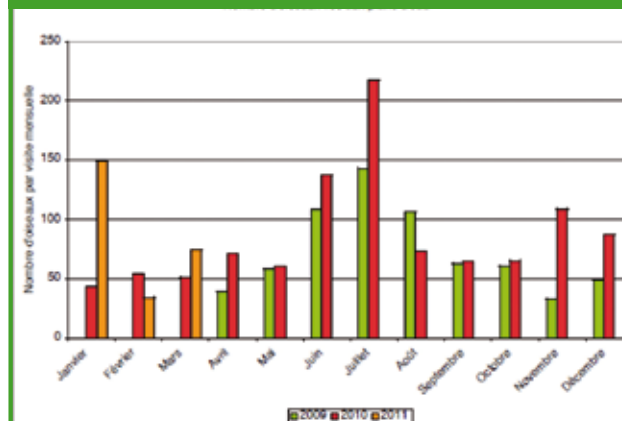


Martin pêcheur (C. Lequien)

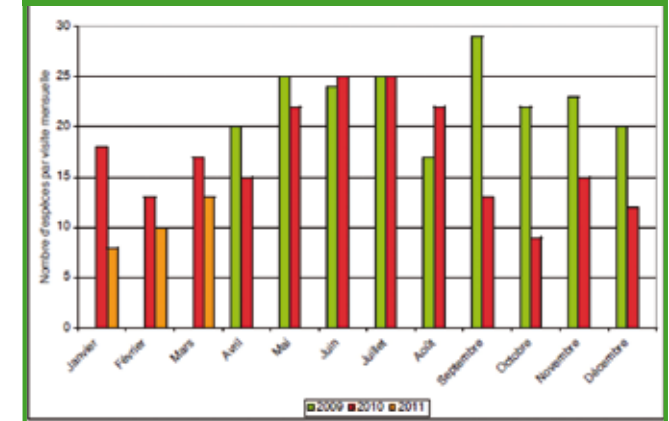
Variation annuelle de la fréquentation  
(effectifs mensuels – toutes espèces)



Variation annuelle de la fréquentation  
(effectifs mensuels – espèces liées aux plans d'eau)



Variation annuelle de la richesse (nombre d'espèces)





## L'étude des Oiseaux

*Depuis le mois d'avril 2009, le Groupe Ornithologique Normand suit la fréquentation mensuelle des habitats reconstitués par les oiseaux. Ces observations apportent diverses informations sur la recolonisation avifaunistique du site : l'identification des espèces présentes, leurs effectifs, les périodes les plus fréquentées, quelles sont les nicheuses et le nombre de couples pour chacune des espèces, la présence d'espèces patrimoniales, le rôle des différents habitats...*

Le site présente **une richesse ornithologique intéressante : 81 espèces** ont été recensées durant les deux années.

Lors des onze premiers mois, d'avril 2009 à février 2010, **83 à 184 individus** ont été observés par visite mensuelle, avec des maxima en juin, juillet et novembre. Au total, 73 espèces ont été notées.

De mars 2010 à mars 2011, **76 à 300 oiseaux** ont été comptés par visite mensuelle, représentant 62 espèces. C'est encore en juin et juillet que le nombre d'oiseaux a été le plus important.

**L'étang est très attractif pour les oiseaux liés aux pièces d'eau soit 34 espèces :** les plus abondantes sont la Foulque macroule, la Poule d'eau, le Canard colvert, le Grand Cormoran, le Cygne tuberculé et le Grèbe castagneux.

Les hauts fonds étant rares dans la boucle d'Anneville-Ambourville, l'étang

et ses abords présentent un intérêt pour les limicoles et certains canards de surface, assez peu observés ailleurs.

Le site accueille aussi diverses **espèces dépendant des arbustes ou des arbrisseaux** rapidement développés : l'Accenteur mouchet, le Pouillot véloce, le Troglodyte mignon, la Mésange bleue, le Traquet pâtre, le Tarin des aulnes, la Bouscarle de Cetti...

Certaines espèces apprécient **la prairie** : le Vanneau huppé, les Pipits spioncelle et farlouse, la Linotte mélodieuse, l'Alouette des champs ou la Bergeronnette printanière. Cet habitat serait probablement plus attractif s'il était plus humide.

D'autres dépendent de **la roselière** : le Bruant des roseaux et la Rousserolle effarvate notamment.

Les Hirondelles (surtout l'Hirondelle de rivage) chassent des insectes sur l'ensemble du site et le Petit Gravelot niche où la végétation est rase ou absente.

Les Laridés (mouettes) peuvent exploiter la zone en eau ou les secteurs où la végétation est peu développée.



Tableau n°4 : Statut des espèces nicheuses ou potentiellement nicheuses et nombre de couples par espèce

Espèces	2009		2010		Cumul des indices de nidification des 2 années
	Indices de nidification	Nombre de couples	Indices de nidification	Nombre de couples	
Cygne tuberculé	13	1	12	1	25
Foule macroule	13	2	12	3	25
Vanneau huppé	13	2	12	1	25
Petit gravelot	13	1	12	1	25
Mésange bleue	12	1	13	1	25
Canard colvert	12	5	12	1	24
Poule d'eau	12	2+	12	5	24
Bergeronnette grise	12	2	12	2	24
Rousserolle effarvatte	4	2	14	2	18
Grèbe huppé	4	1	12	2	16
Grèbe castagneux	4	1	12	3	16
Fauvette grisette	4	1	12	1	16
Bruant des roseaux	4	3	12	2	16
Traquet pâle			12	1	12
Pigeon ramier	4	1	4	1	8
Fauvette des jardins	4	1	4	1	8
Fauvette à tête noire	4	1	1	1	5
Fuligule milouin	4	1		0	4
Tourterelle des bois	2	2	2	2	4
Alouette des champs	2	1	2	1	4
Pipit farouze	2	1	2	1	4
Troglodyte mignon	2	1	2	1	4
Rousserolle verderolle	2	1	2	1	4
Pouillot véloce	2	1	2	1	4
Accenteur mouchet	1	1	1	1	2
Merle noir	1	1	1	1-2	2
Mésange charbonnière	1	1	1	1	2
Bruant jaune	1	1	1	1	2
Grive draine	1	1		0	1

Les couleurs suivantes ont été attribuées aux différentes « catégories » de nicheurs

Nicheurs certains	Nicheurs probables	Nicheurs possibles
-------------------	--------------------	--------------------

### Critères retenus pour l'évaluation du statut de reproduction (codes EBCC)

#### Nidification possible (Po)

- 01 – espèce observée durant la saison de reproduction dans un habitat favorable à la nidification
- 02 – mâle chanteur (ou cris de nidification) en période de reproduction
- 03 – couple observé dans un habitat favorable durant la saison de nidification

#### Nidification probable (Pr)

- 04 – territoire permanent présumé en fonction de l'observation de comportements territoriaux ou de l'observation à 8 jours d'intervalle au moins d'un individu au même endroit
- 05 – parades nuptiales
- 06 – fréquentation d'un site de nid potentiel
- 07 – signes ou cri d'inquiétude d'un individu adulte
- 08 – présence de plaques incubatrices
- 09 – construction d'un nid, creusement d'une cavité

#### Nidification certaine (C)

- 10 – adulte feignant une blessure ou cherchant à détourner l'attention
- 11 – nid utilisé récemment ou coquille vide (œuf pondu pendant l'enquête)
- 12 – jeunes fraîchement envolés (espèces nidicoles) ou poussins (espèces nidifuges)
- 13 – adulte entrant ou quittant un site de nid laissant supposer un nid occupé (incluant les nids situés trop haut ou les cavités et nichoirs, le contenu du nid n'ayant pu être examiné) ou adulte en train de couver
- 14 – adulte transportant des sacs fécaux ou de la nourriture pour les jeunes
- 15 – nid avec œuf(s)
- 16 – nid avec jeune(s) vu(s) ou entendu(s)

Depuis 2010, le site a permis la nidification certaine de 14 espèces (tableau page précédente). En tenant compte des indices de nidification probable, le nombre total d'espèces nicheuses est 18, toutes années confondues. L'ensemble des habitats représentés sur le site semblent être exploités pour la reproduction.

En période internuptiale, le rôle de l'étang est aussi à souligner : les espèces les mieux représentées sont la Foulque macroule, la Poule d'eau et la Mouette rieuse.

Le bilan patrimonial est riche : le site a accueilli des espèces fragiles ou remarquables, notamment 8 espèces classées en annexe 1 de la Directive Oiseaux : Bernache nonnette, Harle piette, Balbuzard pêcheur, Grande Aigrette, Aigrette Garzette, Cigogne blanche, Sterne pierregarin et Martin pêcheur.

Sont aussi concernées :

- 11 espèces de la liste rouge nationale des nicheurs,
- 6 espèces de la liste rouge nationale des hivernants,
- 4 espèces de la liste orange nationale des hivernants,
- 2 espèces de la liste rouge des nicheurs en Normandie,
- 5 ou 6 espèces de la liste orange des nicheurs en Normandie.

Parmi les passereaux, aucune espèce rare n'a été observée. Toutefois, la Bouscarle de Cetti, peu commune en Normandie, a été observée à 3 reprises depuis septembre 2009.



Grande aigrette (A. Delamotte)



Vanneau huppé (J. Rivière)



Cygne tuberculé (juin 2008)

Liste complète des espèces avec leur statut patrimonial en annexe 16.





Les deux pouliches nées en 2008, Sarcelle et Bécassine, sont des Camargue, une race rustique qui s'adapte bien au milieu humide et tourbeux. (juillet 2010)



(mai 2011)



Paramètres	Dicotylédones 2009	Seuil Arrêté Fourrage	
		mg / kg MS	mg / kg brut (88 % ms)
Matières sèches	36,5%		
unité : en mg / kg MS			
Arsenic	0,1		
Cadmium	0,35	2,27	2
Cuivre	16,9	1,14	1
Mercure	0,02		
Plomb	0,4	0,11	0,1
Nickel	0,5	11,36	10
Chrome total	0,6		
Zinc	213		
Conforme ?	OUI		

Analyses réalisées sur l'échantillon de fourrage en 2009



## La gestion écologique

*Sur la prairie reconstituée, la végétation s'est rapidement développée. Afin de maintenir des habitats ouverts et variés, favorables à la biodiversité végétale et animale, Sarcelle et Bécassine, deux pouliches de race Camargue ont été acquises par le Grand Port Maritime de Rouen et introduites en mars 2010 sur la prairie humide.*

Les chevaux Camargue sont **des espèces rustiques couramment utilisées dans la gestion conservatoire des zones humides.**

C'est dans la région, au Marais Vernier, que le Parc naturel régional a expérimenté pour la première fois en France, ce type de pâturage extensif à finalité écologique, au début des années 80.

La dynamique végétale induit une uniformisation structurale avec une strate herbacée haute de plus en plus homogène sur le plan floristique. De plus, les ligneux pionniers tels que les saules colonisent rapidement le milieu herbacé humide. A cette évolution naturelle correspond souvent une baisse de la biodiversité.

Par le broutage, les chevaux exercent une **pression faible et sélective** (consommation et piétinement), mais suffisante et **génératrice d'une mosaïque végétale** (différentes hauteurs de strates et trouées), source de diversité biologique.

### Qualité du fourrage et de la tourbe

La qualité du fourrage et de la tourbe a été contrôlée en octobre 2009, avant la mise en pâturage, puis à nouveau en 2010. Les mesures des métaux, PCB et HAP n'ont pas révélé de concentrations importantes (résultats complets en annexe 17). **De plus, les teneurs en métaux respectent les seuils de toxicité de l'arrêté « Fourrage »** du 12 janvier 2001.

### Débroussaillage de saules arbustifs

En octobre 2010, une partie des bosquets de saules a été éliminée par un **débroussaillage mécanique**, afin de faciliter le travail des juments au départ. En effet, la saulaie était très dense à leur arrivée et composée d'individus d'assez grande taille.

La biomasse coupée a été en grande partie exportée.

### Suivi de l'état sanitaire

Le Parc naturel suit l'état sanitaire des juments par l'observation des manèges (les dépôts graisseux), l'état des sabots et la présence éventuelle de parasites. Après 18 mois de pâturage, **les chevaux se sont bien adaptés et leur état de santé est jugé très satisfaisant.**

### Impacts du pâturage

La diversification structurale et floristique de la végétation prairiale et les effets sur les biocénoses animales n'étaient pas encore perceptibles fin 2010.

Néanmoins, l'impact observé fin 2011 est satisfaisant :

- **abrouissement et écorçage de saules, consommation des joncs, typhas et autres herbacées colonisatrices,**
- atténuation **des fissures du sol** provoquées par la dessiccation de la tourbe et dégradant sa structure **grâce au piétinement des juments.**

*Malgré quelques craintes initiales sur ce mode de gestion, le choix du pâturage se trouve de plus en plus validé par les résultats sur le milieu comme sur les animaux.*



## La gestion de la végétation palustre située entre l'ancienne ballastière et l'étang à voile



En 1999, il a été décidé de décaper une zone de 4350 m<sup>2</sup> à proximité de la ballastière et d'en faire une zone à vocation écologique. Un suivi de la végétation a été réalisé sur cette zone de 1999 à 2002, à l'issue duquel des préconisations de gestion ont été faites par Ecosphère, en particulier pour préserver la population d'*Apium repens* :

- un fauchage trois fois par an avec exportation des produits de fauche afin de maintenir le milieu ouvert
- la mise en place d'un pâturage et/ou la réalisation d'étrépage de façon localisée de manière rotative, permettant de maintenir en permanence des espaces humides dénudés.

**En 2003**, le Conservatoire Botanique National de Bailleul n'observe plus qu'un seul pied de l'Ache rampante. Sa disparition sera constatée en 2007.

Pourtant, depuis 2002, **un fauchage régulier** de la zone a lieu tous les ans, en mai, juillet et septembre.

**Depuis 2009**, une action complémentaire est menée dans le but de favoriser le retour de l'espèce : **un étrépage, au mois de juillet**, sur plusieurs carrés de 5m de côté (différents chaque année, en rotation), afin de régénérer la prairie.



**L'Ache rampante (*Apium repens*)** est une petite plante pionnière hygrophile, qui se développe dans les prairies alluviales pâturées où le tapis végétal laisse par endroit des parties de sol nu, ou encore sur des sables humides ou des **tourbes exondées en bordure de mares**.

Du fait de son extrême rareté, elle bénéficie d'une protection réglementaire au niveau national et au niveau européen, au titre de la Directive Habitats.



Carrés d'étrépage

La plante a été de nouveau recherchée par le CBNBL en 2010, mais aucun individu n'a pu être observé.

Il est probable que le développement de la végétation soit trop important et représente une concurrence trop forte pour cette espèce de petite taille. En dépit de ce constat, le maintien de ces mesures reste important et constitue l'un des seuls moyens pour observer le retour de l'espèce. Ces opérations seront donc renouvelées.

## Le suivi de la faune piscicole

Lors de la phase de remblaiement de la ballastière, la pisciculture de Venables a mené cinq pêches de sauvegarde : entre 2001 et 2006, plus d'une tonne de poissons a été déplacée vers d'autres étangs.

Afin de connaître les populations piscicoles présentes dans le plan d'eau depuis la fin du remblaiement, une pêche d'inventaire a eu lieu en mai 2011 : la biomasse pisciaire est évaluée à 1 tonne pour un étang de 5 hectares.

Les conditions du biotope sont favorables à la reproduction des carpes qui paraissent en excès.

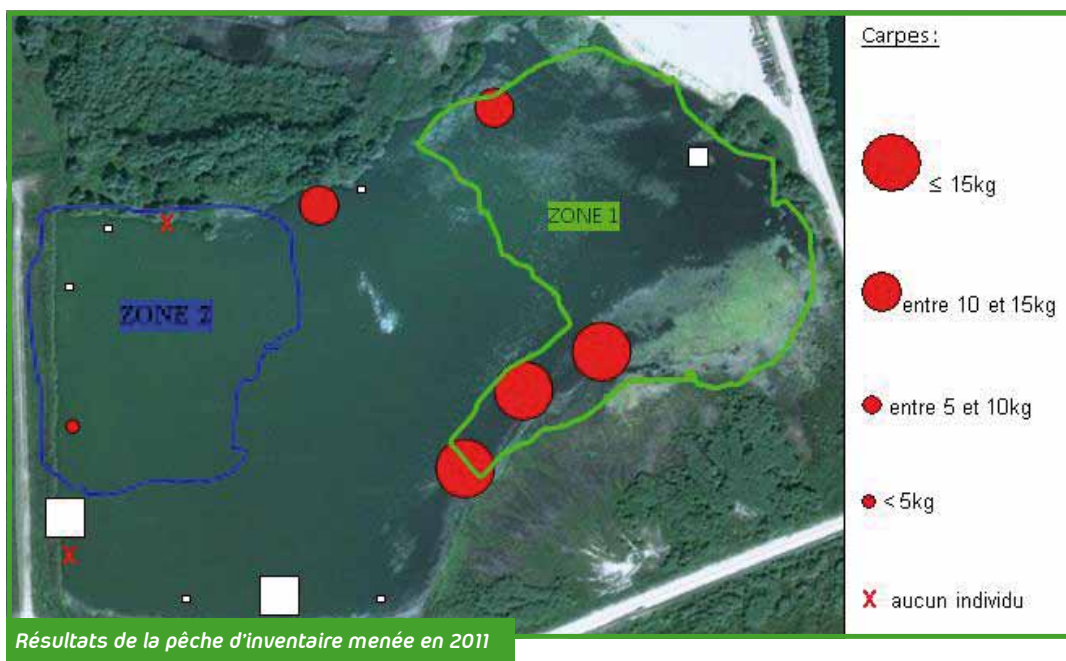
Elles sont largement présentes dans la partie orientale peu profonde (zone 1 sur la carte).

Par ailleurs, plus de 12 kg d'anguilles ont été pêchés.

Des analyses vont être réalisées sur les individus prélevés afin d'évaluer la présence de contaminants dans ces organismes (PCB, HAP, métaux, dioxines...)



Anguille



Verveux : filets spécialement conçus pour la capture des anguilles







## Bilan de la phase de restauration écologique 2008-2010

*Suivi du biotope : topographie, piézométrie, qualité des eaux souterraines et de surface*



Caractère humide de la prairie renforcé par le tassement de la tourbe ; absence d'effets sur la nappe alluviale ; caractère eutrophe du plan d'eau.

*Caractéristiques et fonctionnement du sol*



Hétérogénéité dans la composition et la structure des histosols due aux conditions de remblaiement, se traduisant probablement par une forte biodiversité.

*Colonisation de la prairie par la pédofaune*



Phase de colonisation normalement lente pour la macrofaune, colonisation rapide par la mésofaune en voie de diversification.

*Caractérisation et évolution de la végétation terrestre*



Colonisation rapide de la prairie par la végétation qui tend aujourd'hui à s'homogénéiser et se structure en fonction d'un gradient hydrique.

*Végétation aquatique et amphibie*



Banalisation des groupements végétaux probablement en réponse au caractère eutrophe du plan d'eau. Lutte active contre le développement d'espèces invasives.

*Etude des peuplements d'insectes*



Peuplements en cours de stabilisation : grande diversité des Carabidés, peuplement d'Orthoptères proches des peuplements de référence, colonisation lente par les Odonates.

*Caractérisation et évolution de l'avifaune*



Richesse ornithologique intéressante due à la diversité de milieux présents : milieux arbustifs, prairie, roselière, plan d'eau très attractif.

*Gestion écologique par pâturage*



Bilan positif du pâturage, état sanitaire des juments très satisfaisant

*Suivi de la faune piscicole*



Faible diversité : présence d'anguilles et d'un peuplement important de carpes.





# 5 Une perspective de gestion durable

*L'érosion de la biodiversité est reconnue comme un enjeu environnemental majeur et urgent. Or, cette expérimentation initie une nouvelle démarche dans la gestion des sédiments de dragage : la valorisation de milieux naturels. En conciliant des intérêts économiques, environnementaux et sociaux, cette initiative s'inscrit dans une véritable politique de développement durable.*

## 5.1 Un réel engagement pour l'environnement

**Cette démarche a été le fruit de la réflexion commune entre les différents partenaires sur les alternatives possibles à la mise en dépôt à terre des sédiments de dragage fins de la zone portuaire en vue de la meilleure insertion possible des activités de dragage d'entretien dans l'environnement.**

Elle s'est basée sur **une réelle motivation et un fort investissement** du Grand Port Maritime de Rouen et des acteurs locaux tels que le Carrier (CBN), le Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande ou encore la commune.

Des moyens humains, techniques et financiers conséquents y ont été consacrés.

Par exemple, plus de 140 analyses d'eaux et de sédiments ont été réalisées à ce jour.

Le coût total des dépenses pour le GPMR pour la période 2000 – 2009 s'élève à environ 7 millions d'euros dont 15 % dédiés aux suivis environnementaux et aux mesures d'entretien et de gestion pendant et après réaménagement.

En démarrant cette expérimentation, le GPMR s'est engagé dans une démarche de progrès en matière d'environnement.

**Cette implication est forte** : au-delà de l'expérimentation, des moyens techniques ont été mobilisés pour adapter la technique de refoulement des sédiments au contexte des ballastières. Un système de pompes adaptées pour refouler les sédiments sur des distances importantes a en effet été installé en sortie de tuyau et une cheminée de dissipation d'énergie a été mise en place pour le dépôt des sédiments en ballastière.

D'autres moyens sont aujourd'hui mobilisés pour assurer un entretien écologique et une gestion pérenne, notamment :

- l'achat de deux « gestionnaires de la biodiversité » (chevaux)
- l'organisation annuelle des actions de lutte contre la Jussie, plante invasive
- des fauches et des étrépages chaque année, en faveur de l'Ache rampante, plante protégée,...

**Cette approche est audacieuse** car elle est expérimentale (mode de gestion des sédiments de dragage novateur, incertitudes en termes de réaménagement).



*Création de nombreux plans d'eau par l'activité des carrières  
(exemple : CBN)*



*Pourvoiement extensif et bonne cohabitation entre  
les carrières et les chevaux*

*Acheminement des sédiments  
de dragage vers la ballastière*





*Pâturage extensif et bonne cohabitation entre les carriers et les chevaux*

L'initiative du GPMP et la synergie des différents partenaires, ont permis de concilier différents intérêts :

- la **gestion des sédiments de dragage d'entretien** en constituant une nouvelle voie de valorisation pour les sédiments fins de la zone portuaire rouennaise et un nouveau mode de gestion durable des sédiments,
- l'**exploitation alluvionnaire et le réaménagement des carrières** en constituant une alternative aux réaménagements classiques des ballastières,
- la **protection de la nature** en permettant la recréation d'habitats écologiques humides rares en Vallée de Seine (milieux tourbeux) et propices au développement de la biodiversité,
- la **gestion de l'espace communal** en redonnant un espace à la commune (prairie),
- la **gestion du paysage** en participant à la reconquête paysagère de la boucle d'Anneville.

Ainsi, de nombreux acteurs se sont impliqués et ont été amenés à échanger sur leurs activités réciproques : carriers, Parc naturel régional, collectivités territoriales, Etat, associations, scientifiques, Agence de l'Eau ...



Carte extraite du projet de reconquête des paysages de la Boucle d'Anveville - Ambourville - PNRBSN 2005



Carte extraite du schéma départemental des carrières - 1998  
Zones 4 et 8 : Constitution de prairies humides par remblaiement avec des sédiments de dragage, conditionné par la réussite de l'opération d'Yville-sur-Seine.



## 5.2 Un savoir-faire à valoriser

*Au-delà du site d'Yville-sur-Seine, le remblaiement d'autres ballastières des boucles de la Seine par les sédiments de dragage devrait apporter un réel bénéfice environnemental et paysager à la vallée.*

### *Une démarche encouragée par les acteurs locaux*

Le remblaiement des ballastières par des sédiments de dragage d'entretien a été fixé par le Schéma Départemental des Carrières approuvé par arrêté préfectoral du 6 mars 1998, comme **objectif prioritaire** « sous réserve que l'expérimentation que conduirait le Port Autonome de Rouen sur la commune d'Yville-sur-Seine soit satisfaisante en matière d'impacts directs et indirects sur l'environnement. »

Le schéma précise qu'il faut trouver pour les sédiments de dragage un nouveau débouché dans les années futures et qu'il est souhaitable à l'échelle de la boucle d'Anneville que les surfaces en eau restent limitées dans leur étendue.

En effet, à l'échelle de la boucle d'Anneville, ce sont plus de 300 ha de plans d'eau qui existent aujourd'hui.

Un schéma d'aménagement global a d'ailleurs été réalisé dans le cadre du schéma départemental des carrières de 1998 et a défini **deux zones prioritaires dévolues à des opérations de remblaiement futures** en vue de reconstituer des zones humides. Ceci sous réserve que l'expérimentation menée par le Port Autonome de Rouen fournisse des résultats satisfaisants sur la commune d'Yville-sur-Seine.

La Charte 2001-2011 du Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande encourage également ce mode de gestion et indique « qu'un bilan scientifique et technique complet de l'expérience d'Yville-sur-Seine sera effectué. Sous réserve que ce bilan conclut définitivement à la faisabilité de la réutilisation d'anciennes ballastières, le Territoire du Parc n'accueillera plus de nouvelles chambres de dépôt à terre. »

Le Parc a d'ailleurs mené, dans le cadre de cette charte, une étude sur la reconquête paysagère de la boucle d'Anneville avec la mise en place d'un programme d'actions, parmi lesquelles la définition des orientations de qualification par grande unité territoriale de la boucle. Elle a abouti à l'établissement de la carte des fonctionnalités prospectives de l'espace de la boucle (Carte en page précédente).

La remise en état à vocation écologique (zone 3) intègre la possibilité d'utiliser les sédiments de dragage pour aboutir à la création de zones humides.

La Charte du PNR, en cours d'élaboration pour la période 2013-2025, intègre dans ses objectifs opérationnels, **la poursuite du remblaiement de ballastières**, si l'étude des caractéristiques du site permet de s'assurer de l'innocuité du dépôt et qu'un gain écologique peut être obtenu.

Au-delà de la boucle d'Anneville, il existe d'autres boucles en vallée de Seine qui présentent des plans d'eau susceptibles d'être remblayés (boucle de Jumièges, amont de Rouen,...).



Boucles en vallée de Seine où d'autres plans d'eau pourraient être remblayés



## Comment étendre ce mode de gestion ? Quelles précautions prendre ?

Un **schéma prospectif de valorisation** de ce mode de gestion pourrait être établi en partenariat avec les entreprises de carrières alluvionnaires, l'Etat, les collectivités territoriales, le PNRBSN... Ce schéma permettrait de sécuriser les débouchés de valorisation des sédiments fins du Port.

Tout d'abord, il permettrait d'**identifier les sites potentiels**, c'est-à-dire les ballastières « inutiles », sans intérêt économique ou écologique ou dont le potentiel pourrait être amélioré, ainsi que les ballastières dont le réaménagement nécessite l'utilisation de matériaux de remblai.

Il sera nécessaire pour chaque site retenu de définir les **enjeux prioritaires de valorisation : écologique et/ou agricole**, selon le contexte paysager local, les opportunités de reprise agricole, les souhaits des collectivités... Il sera également nécessaire de vérifier la faisabilité technique selon les conditions de sols et d'hydrogéologie. Le modèle hydrogéologique existant à l'échelle de la boucle d'Anneville et développé dans le cadre de l'expérimentation de remblaiement menée à Yville-sur-Seine sera, par exemple, un outil nécessaire pour évaluer l'impact sur les écoulements hydrogéologiques des différents scénarii de remblaiement qui pourraient être envisagés sur ce secteur.

## Plusieurs choix de réaménagement

L'expérimentation menée par le GPMR s'est surtout orientée sur la réhabilitation écologique de zones humides.

Selon le contexte des sites et leur emplacement, d'autres types de réaménagement pourraient être envisagés.

Ainsi, des milieux plus secs, de type silicicole peuvent être reconstitués en prenant un substrat sableux pour recouvrir le sédiment au lieu d'un substrat tourbeux.

Les besoins agricoles étant croissants, les actions engagées en vue d'une mise en valeur agricole vont se poursuivre :

- L'expérimentation du laboratoire *ECODIV* (Université de Rouen) concernant la recolonisation rapide d'une prairie à partir de semis de mélanges commercialisés : cet essai sur des petites parcelles expérimentales a montré une reprise intéressante de la végétation deux ans après la fin du remblai et le réaménagement. Elle pourrait désormais être renouvelée sur une grande parcelle « en champ » (quelques hectares).
- Les analyses de la qualité du fourrage : qu'il s'agisse d'espèces semées ou spontanées, l'innocuité doit être garantie dès lors que les parcelles sont pâturées ou fauchées pour le foin.

Une fois les sites hiérarchisés et pour chacun, leur objectif défini, **un programme d'exploitation** pourrait être mis en place tel que celui qui existe actuellement pour les chambres de dépôts : planification, organisation des opérations, organisation des suivis, partenariat, communication...



## Quel avenir pour le site d'Yville-sur-Seine ?

La surveillance du régime de la nappe et de la qualité des eaux souterraines se poursuit, ainsi que celle de la qualité des eaux de l'étang et de son eutrophisation.

De plus, la fonctionnalité écologique et l'intérêt des milieux créés seront encore étudiés au moins jusqu'en 2012.

La gestion écologique sera régulièrement évaluée et ajustée si besoin (ajout de chevaux par exemple).

La fonction de décantation et d'épuration de la zone humide pourrait faire l'objet d'une étude approfondie.

Cette expérience pourrait être valorisée sur le plan pédagogique, en développant des animations sur divers thèmes : éducation au développement durable, vitrine d'expérience de génie écologique, gestion écologique des espaces naturels...



# Conclusion

*En démarrant le remblaiement expérimental de la ballastière d'Yville-sur-Seine, encore appelé « Les tas dans les trous », le Grand Port Maritime de Rouen s'est engagé dans une double démarche :*

- > de développement durable, par l'intégration de la biodiversité dans une activité économique, tout en proposant une solution partagée entre les différents acteurs,*
- > d'ingénierie écologique, par la valorisation d'un plan d'eau en zone humide diversifiée.*

*Les résultats des suivis scientifiques rigoureux sont positifs et confirment la faisabilité du remblaiement de plans d'eau par des sédiments de dragage d'un point de vue technique et environnemental.*

*Ces dix années de mise au point et de concertation doivent donc maintenant permettre de conclure à la recevabilité et à l'extension de ce mode de gestion des sédiments et de création d'écosystèmes ou d'agrosystèmes, à d'autres sites de la vallée de la Seine. Cette alternative présente en effet de nombreux intérêts sur les plans économique, écologique et paysager, et répond à la nécessité de gestion durable des sédiments de la Seine.*





© Photo J.-P. Thorez / AREHN

# *Ballastière d'Yville-sur-Seine :* **retour à la nature**







> Le site d'Yville-sur-Seine

# Astucieux et écologique

## Une véritable opération pilote

L'opération réalisée par le Grand Port Maritime de Rouen avec ses partenaires à Yville-sur-Seine, en aval de Rouen, a consisté à remblayer une ancienne **ballastière** avec des sédiments dragués dans la Seine pour entretenir le chenal de navigation du port de Rouen. Ce mode de gestion baptisé « les tas dans les trous » constitue une alternative astucieuse et très écologique au stockage à terre des sédiments dans des « chambres de dépôt ».



> Salicaria fleurie dans une mégaphorbiaie

## « Les tas dans les trous »

Les « trous » sont situés dans la plaine alluviale de la Seine. Leur comblement par des sédiments n'est qu'un juste retour des choses, car ce qu'on a extrait des carrières, ce sont également des sédiments de la Seine. Rappelons que le dragage est nécessaire pour maintenir une hauteur d'eau suffisante pour l'accès des navires à Rouen et à ses terminaux portuaires.

Enfin, cela apporte une solution élégante au problème de la fin de vie des carrières en eau après leur exploitation. On ne peut pas toutes les transformer en bases nautiques !

## Et l'écologie ?

Le remblaiement d'une carrière en eau, s'il est bien étudié, permet de reconstituer des milieux naturels. Dans le cas d'Yville : prairie humide tourbeuse (milieu présent avant l'exploitation), mégaphorbiaie, plan d'eau peu profond... Et cela évite de détruire de précieux milieux naturels en créant de nouvelles chambres de dépôt.

En définitive, nous avons là un exemple d'écologie industrielle : une activité valorise les sous-produits d'une autre. On peut également parler de développement durable, car la dimension environnementale est prise en compte comme l'économie et la concertation avec tous les acteurs.



› Ballastière en exploitation dans la vallée de la Seine

© Rémi Hondler / GPMR



› Vraquier, porte-conteneur et unité fluviale dans le chenal desservant le port de Rouen

© Rémi Hondler / GPMR



› Localisation géographique de la ballastière d'Yville-sur-Seine

© IGN 2008

## Le Port de Rouen gère aussi des espaces naturels

Le Grand Port Maritime de Rouen reçoit chaque année sur ses 33 terminaux plus de 3 000 navires ! Il se place au 1<sup>er</sup> rang européen pour l'exportation des céréales, aux premiers rangs français pour l'agro-industrie, le groupage (axe nord-sud) et les produits papetiers, au 2<sup>e</sup> rang français pour le bois et au 3<sup>e</sup> rang français pour les produits pétroliers raffinés.

Le GPMR consacre aujourd'hui une part non négligeable de ses investissements aux actions environnementales, soit environ 8 %. En effet, il est devenu évident que le développement du port et de la région – industrielle et agricole – passe par le maintien, la valorisation et la restauration d'espaces naturels. C'est le cas non seulement à Yville-sur-Seine, mais aussi dans d'autres sites comme le marais de l'Aulnay à Grand-Couronne ou sur la plaine alluviale de l'estuaire de la Seine juste en amont de Honfleur.



› Marais de l'Aulnay, à Grand-Couronne

© Rémi Hondler / GPMR

### Définitions

**AOX** : composés halogénés (notamment chlorés) adsorbables.

**Avifaune** : ensemble des espèces d'oiseaux présentes à un endroit donné ou espèces d'oiseaux d'un milieu spécifique.

**Ballastière** : carrière servant à l'extraction de granulats (sable, graviers) dans le fond d'une vallée.

**Biodiversité** : diversité biologique (espèces, milieux).

**Biotope** : milieu de vie défini par des caractéristiques physiques et chimiques relativement stables et homogènes.

**Chambre de dépôt** : casier de stockage à terre des sédiments de dragage.

**Espèces invasives** : voir p. 6 et 7.

**Étrépage** : décapage des couches supérieures du sol.

**Eutrophisation** : enrichissement excessif du milieu en sels minéraux nutritifs.

**HAP** : hydrocarbures aromatiques polycycliques ; substances chimiques polluantes issues principalement des combustions.

**Hydrogéologie** : étude des eaux souterraines.

**Limicole** : se dit d'une espèce d'oiseau fréquentant les milieux vaseux.

**Macrofaune du sol** : ensemble des petits animaux du sol mesurant plus de 4 mm (visibles à l'œil nu).

**Mégaphorbiaie** : formation végétale des zones humides constituée d'espèces de grande taille avec de nombreuses fleurs.

**Mésafaune** : ensemble des petits animaux du sol mesurant de 0,2 à 4 mm.

**Odonates** : groupe d'insectes comprenant les libellules et demoiselles.

**Orthoptères** : groupe d'insectes comprenant notamment les sauterelles et les criquets.

**Parc naturel régional** : importante communauté de communes qui s'organise autour d'un projet concerté de développement durable, fondé sur la protection et la valorisation de son patrimoine naturel et culturel.

**PCB** : polychlorobiphényles. Substances chimiques polluantes issues notamment des transformateurs électriques.

**Pédofaune** : faune présente dans le sol.

**Phytosociologie** : spécialité de l'écologie et de la botanique qui étudie la composition des formations végétales.

**Piézométrie** : mesure de la profondeur d'une nappe d'eau souterraine à partir de la surface.

**Piscicole** : qui concerne les poissons.

**Têtard** : arbre taillé par étação, permettant une exploitation du bois de bûche à intervalle régulier et favorable à l'installation d'insectes, dont certains de fort intérêt patrimonial.



> Le bocage à saules têtards typique de la basse vallée de la Seine



© J.-P. Thorez / AREHN

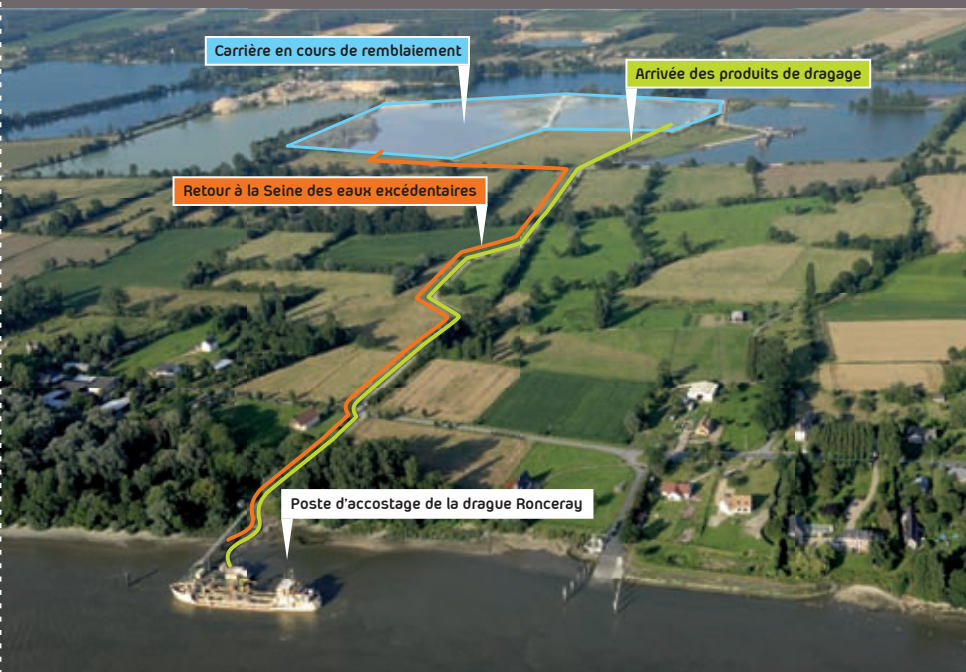
> On recouvre le site d'une couche de tourbe noire d'origine locale, qui renferme naturellement de nombreuses semences

## Une végétalisation spontanée

Pour le réaménagement écologique du site, la végétalisation spontanée a été préférée aux semis et transplantations. En effet, la tourbe étalée en surface renferme naturellement de nombreuses graines de plantes adaptées à ces milieux. Les chercheurs du laboratoire d'écologie ECODIV de l'université de Rouen ont testé d'autres modes de végétalisation, comme le semis ou la transplantation de « banquettes de végétation » [portions de terrain entières avec leurs plantes]. D'autres semences ont ensuite été peu à peu apportées par le vent ou les animaux. Sont apparus, entre 2008 et 2010, le jonc articulé, espèce considérée comme peu commune en Haute-Normandie, et des plantes rares typiques de la tourbe comme le souchet brun et le samole de Valerand.



© J.-P. Thorez / AREHN



© P. Boulien / GPMR

## L'opération de A à Z

### 1<sup>ère</sup> phase : le remblaiement de la ballastière d'Yville-sur-Seine

Un vaste chantier ! Les matériaux servant au remblaiement sont des sédiments fins extraits de la zone portuaire située entre Rouen et La Bouille. Cette extraction se fait au moyen de la drague aspiratrice en marche (Ronceray). Les sédiments sont alors stockés dans le puits de la drague avant d'être transportés par le fleuve jusqu'à Yville, à 42 km de distance. Mais la ballastière ne se situe pas au bord de la Seine, mais à 1200 mètres de là ! Les sédiments sont donc mélangés à 90 % d'eau de Seine afin de pouvoir être acheminés à haute vitesse dans une conduite rigide jusqu'au plan d'eau. Celui-ci représente au début de l'opération une surface de 11 hectares – l'équivalent de 11 terrains de football – pour une profondeur moyenne de 8 mètres. La capacité de stockage est d'environ 1 million de mètres cubes.





## 2<sup>e</sup> phase : renaissance du milieu naturel

Sans le réaménagement écologique du site, l'opération n'aurait pas été aussi intéressante...

Avant l'exploitation des granulats, le site était une prairie humide présentant l'aspect d'un bocage avec des **haies de saules têtards**. L'exploitation de la ballastière a transformé ce milieu en plan d'eau profond (8 m), peu intéressant sur le plan de la **biodiversité**. La seconde originalité de l'opération d'Yville a donc été, à l'issue du remblaiement, de viser la création de milieux humides tourbeux, rares en vallée de Seine et d'intérêt patrimonial : une prairie humide,

une mégaphorbiaie et un plan d'eau peu profond. Pour cela, une couche de 40 à 80 cm de tourbe provenant de sites d'extraction voisins a été étalée par-dessus les sédiments de dragage à la fin du remblaiement.



Une végétation spontanée a aussitôt commencé à se développer : jonc articulé, massette à larges feuilles, iris des marais, véronique des ruisseaux... Deux ans après elle recouvrait tout le terrain, à l'exception de l'eau libre. Dans celle-ci également la dynamique de la végétation a été rapide, basée sur des herbiers de cératophylles, lentilles d'eau, élodées du Canada.

Les oiseaux des zones humides ont également adopté les lieux : rousserolle effarvatte, cygne tuberculé, vanneau huppé... pour les nicheurs, ou encore la grande aigrette et la cigogne blanche (toutes deux d'importance patrimoniale) en ce qui concerne les simples visiteurs.

## La nature reprend progressivement ses droits



## Pourquoi des chevaux ?

*Dans l'évolution naturelle de milieux humides tels que ceux reconstitués dans l'ancienne ballastière d'Yville-sur-Seine, apparaissent très vite des saules.*

*Le but des gestionnaires étant de maintenir des habitats « ouverts » et diversifiés, ils ont introduit des herbivores consommant aussi des arbustes : deux pouliches de race camarguaise répondant aux noms de Sarcelle et Bécassine. Ces deux animaux sont à leur place dans ce marais qu'ils maintiennent en prairie en dévorant les jeunes saules.*



© Hermann Falkner / flickr.com

## Jonc articulé

*Juncus articulatus* L.

Le jonc articulé est courant dans la prairie humide. Il est considéré comme peu commun en Haute-Normandie, où on le rencontre néanmoins fréquemment, dans les lieux sableux et humides.



© Chemagz / flickr.com

## Samole de Valerand

*Samolus valerandi* L.

Espèce considérée comme très rare et patrimoniale par les spécialistes du Centre régional de phytosociologie. Le mouron d'eau (autre nom du samole de Valerand) est à Yville dans son domaine de prédilection : les milieux humides et tourbeux de la vallée de la Seine à l'aval de Rouen.



© Lambert/wikimedia commons

## Ache rampante

*Apium repens*

Petite plante typique des bords de plans d'eau en zone tourbeuse. Elle est considérée comme exceptionnelle en Haute-Normandie, où elle n'est présente que dans une ou deux boucles de la vallée de la Seine. Menacée d'extinction, l'ache rampante est protégée à l'échelle nationale et européenne. Elle a été observée en 1998 sur le site d'Yville, aux abords de la ballastière, suite à un étrépage. Ce type d'intervention permet l'installation de plantes typiques des sols nus, qualifiées de pionnières, comme l'ache rampante. Mais la plante, connue pour être capricieuse et peu compétitive, disparaît en 2007, probablement du fait de la concurrence de la végétation. Des mesures ont été prises par le Port de Rouen pour favoriser son retour. A suivre...



© J.-P. Thorez / AREHN

## Peuplier noir

*Populus nigra*

Grand arbre typique des larges vallées, notamment celle de la Seine. Il est malheureusement menacé par la régression de ses milieux d'élection : c'est une essence pionnière des milieux neufs aux abords des cours d'eau. Plus insidieuse est la menace de pollution génétique par les arbres des peupleries cultivées, différents du peuplier sauvage. Quelques sujets poussent sur le site de la carrière.

# Plantes,

## Gare aux invasives !

Un milieu neuf comme le site d'Yville constitue une belle opportunité de colonisation pour les espèces végétales et animales les plus dynamiques. Parmi celles-ci, les « invasives » se distinguent par leur origine exotique et le fait qu'elles concurrencent la flore ou la faune locale. Elles n'ont pas manqué de faire leur apparition dans la zone en renaturation. Citons, pour le milieu aquatique, l'élodée du Canada et la jussie, originaires d'Amérique. Elles justifient des mesures d'arrachage menées chaque année. Les milieux terrestres ont également leurs plantes invasives, représentées notamment par le bident à fruits noirs.





© flickr (Creative Commons)

## Bruant des roseaux

*Emberiza schoeniclus*

Ce passereau passe facilement inaperçu, sauf lorsqu'il chante, perché sur un arbuste ou une herbe haute. En Haute-Normandie, c'est un oiseau nicheur peu commun. Il est typique des mégaphorbiaies (formations de hautes herbes) surmontées de quelques saules, comme on en trouve sur le site d'Yville.



© A. Delamotte

## Grande aigrette

*Ardea alba*

Ce magnifique échassier vit plutôt en Europe de l'Est. Il a fait son apparition récemment en Haute-Normandie. Il y est rare, mais on l'observe régulièrement entre juillet et mars au bord des plans d'eau, notamment à Yville.

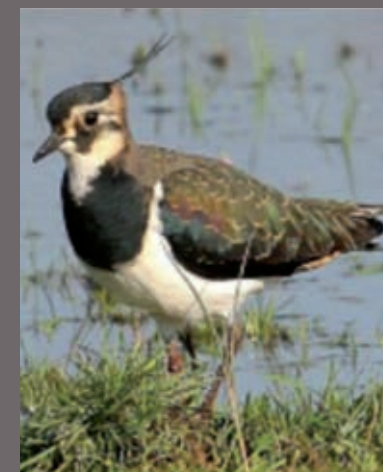


© Scarabaeus\_58 / flickr.com

## Agrion porte-coupe

*Enallagma cyathigerum*

Cette demoiselle - une cousine des libellules - est commune en France, et ne semble pas particulièrement menacée. On la rencontre surtout dans les plans d'eau. Comme la plupart des gros insectes, cette espèce constitue une ressource alimentaire précieuse pour de nombreux oiseaux.



© J. Rivière

## Vanneau huppé

*Vanellus vanellus*

Facile à reconnaître, cet échassier limicole est devenu plutôt rare en Haute-Normandie, sans doute du fait de la régression des zones humides qui constituent son habitat. Son bastion dans la région est la basse vallée de la Seine. Le site d'Yville peut s'enorgueillir d'héberger plusieurs couples nicheurs.

# Animaux,



© J.-P. Thorez / AREHN

> Arrachage manuel des jussies par une association locale d'aide à la réinsertion : l'AIPPAM

# ils ont recolonisé le site...



# Suivi scientifique et concertation : une opération sous contrôle

Dès sa conception, l'opération d'Yville-sur-Seine soulevait deux questions importantes :

- > Le risque de contamination de la nappe phréatique par des sédiments de la Seine.
- > Le risque de perturbation des écoulements souterrains du fait du colmatage de la ballastière et d'un effet de barrière hydraulique.

Comme pour tout aménagement susceptible de modifier profondément le milieu naturel, une étude d'impact a été menée (1998). Elle accompagnait la demande d'autorisation déposée par le Port autonome de Rouen auprès du préfet au titre de la loi sur l'eau. Compte tenu des enjeux et du caractère expérimental de l'opération, l'autorisation administrative a été conditionnée à la constitution d'un comité de suivi et la mise en place d'un programme scientifique d'évaluation.

## Une forte implication des acteurs locaux

Sous l'égide de la préfecture de Haute-Normandie, le comité de suivi se réunit tous les ans depuis 2000. Il regroupe :

- > les communes concernées directement ou indirectement : Yville-sur-Seine, Anneville-Ambourville et Berville-sur-Seine
- > le Port autonome de Rouen (maintenant Grand Port Maritime de Rouen)
- > la société Carrières et Ballastières de Normandie
- > les services techniques de l'Etat (direction départementale de l'Agriculture et de la Forêt, direction départementale des Affaires sanitaires et sociales, direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, direction interservices de l'Eau...)
- > le Parc naturel régional de Brotonne (maintenant Parc naturel régional des Boucles de la Seine-Normande)
- > des associations pour la protection de l'environnement (ADHER, APPA, HNNE)
- > des experts issus des universités du Havre et de Rouen
- > l'Agence de l'eau Seine-Normandie
- > des associations de chasse, de pêche, de randonnée pédestre
- > un hydrogéologue agréé

Chaque réunion du comité de suivi est l'occasion pour chacun d'informer ou d'être informé, d'émettre ou d'écouter des points de vue, éventuellement de voir l'opération « sur le terrain ».



## Sous l'œil des scientifiques

Une opération telle que le remblaiement expérimental de la ballastière d'Yville-sur-Seine fait appel à des compétences très diversifiées.

Le Grand Port Maritime de Rouen s'est chargé logiquement du dragage et du refoulement des sédiments. Des échantillons de sédiments ont été envoyés pour analyse deux fois par an afin de contrôler leur qualité et de vérifier leur admissibilité en ballastière. Le GPMR a aussi pratiqué des relevés réguliers pour suivre l'évolution de la topographie du site, de la profondeur du plan d'eau (bathymétrie) et du niveau des eaux superficielles et souterraines (piézométrie). Depuis le début de l'expérimentation, des échantillons d'eau sont envoyés pour analyse plusieurs fois par an pour surveiller la qualité des eaux superficielles et souterraines. Le service territorial et le service environnement du Port assurent eux-mêmes la gestion écologique des différents espaces créés.

Les suivis écologiques sont de la responsabilité des scientifiques :

- > Suivi de la flore et de la végétation terrestre : *ECODIV*
- > Suivi de la flore et de la végétation aquatique : *Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande*
- > Suivi de la faune :
  - Oiseaux et insectes : *Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande / Groupe Ornithologique Normand*
  - Faune du sol : *ECODIV*
- > Suivi du sol (fonctionnement, structure) : *ECODIV*
- > Suivi des chevaux camarguais (état sanitaire, action sur la prairie) : *Thierry LECOMTE, Conservateur de la Réserve Naturelle des Courtils de Bouquelon*



> Un comité de suivi se réunit tous les ans

© J.-P. Boeje / Access Diffusion



> Comité de suivi

© GPMR



> Les carabes sont suivis en tant que «bioindicateurs»



> Carabe

© C. Dodelin / PNRBSN

© C. Dodelin / PNRBSN

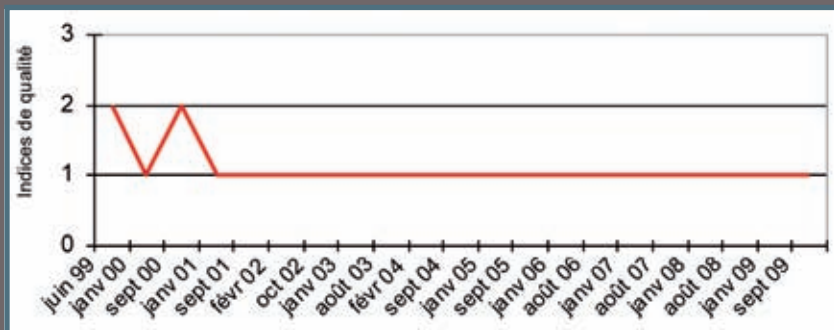


# A l'heure des bilans

L'opération d'Yville-sur-Seine présente un bon bilan écologique, technique et économique. Mais c'est aussi, soulignons-le, une affaire de motivation et d'investissement de tous les acteurs ! Le Grand Port Maritime de Rouen, l'entreprise de carrières CBN, le Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande et la commune d'Yville-sur-Seine ont su mobiliser des moyens humains, techniques et financiers considérables.

## 20 ans d'histoire

- 1992 *Note technique du Parc naturel régional de Brotonne.*
- 1994 *Le Parc se prononce en faveur du projet.*
- 1995 *Le Port autonome de Rouen décide de lancer l'opération.*
- 1999 *Arrêté préfectoral d'autorisation, premiers sédiments admissibles.*
- 2000 *Début du refoulement des sédiments.*
- 2002 - 2003 *Pas de déversement, pour privilégier un site de dépôt classique bientôt fermé.*
- 2003 *Validation scientifique pour les paramètres hydrogéologiques.*
- 2008 *Dernière campagne de refoulement, début du réaménagement écologique et des suivis des milieux reconstitués.*
- 2010 *Introduction de chevaux camarguais.*
- 2011 *Bilan général concluant.*
- 2012 - 2013 *Publication d'une brochure destinée au public, réalisation d'un film de présentation de l'opération, organisation d'un séminaire national.*



> Indices de qualité des sédiments pour les métaux lourds depuis 1999. Les sédiments sont restés de qualité acceptable (indice 1 ou 2 sur 3) sur l'ensemble de la période.

## Bilan de la phase de remblaiement 2000-2008

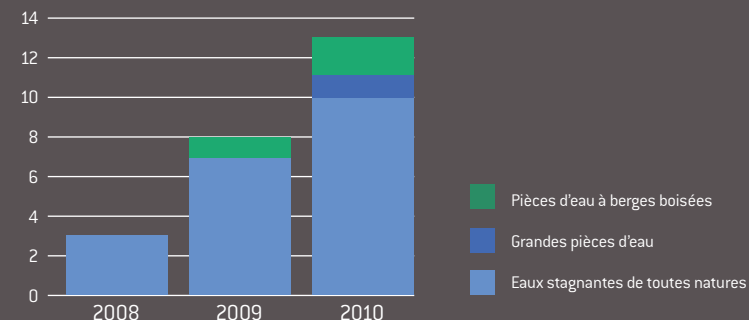
Suivis réalisés	Résultats
<b>Remplissage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 308 chargements</li> <li>• 1 964 889 m<sup>3</sup> de sédiments aqueux</li> <li>• 684 568 t de matière sèche</li> </ul>
<b>Qualité* des sédiments</b> <i>* Teneurs en arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, plomb, nickel, zinc, PCB, HAP</i>	Sédiments de dragage d'entretien de <b>qualité acceptable</b> sans restriction
<b>Piézométrie</b>	<b>Absence d'impact</b> sur le régime de la nappe alluviale
<b>Qualité des eaux souterraines</b>	<b>Absence de transfert de contaminants* vers la nappe</b> <i>* Matières organiques, nitrites, nitrates, ammonium, matières en suspension, micropolluants métalliques, AOX, HAP, PCB</i>
<b>Qualité des eaux de la ballastière rejetées dans la Seine</b>	Micropolluants quasi absents
<b>Evolution des eaux de la ballastière</b>	<b>Eutrophisation accélérée</b> par l'apport de sels nutritifs provenant de l'eau de la Seine et de la dégradation naturelle de la matière organique contenue dans les sédiments
<b>Poissons</b>	<b>Problèmes de manque d'oxygène dans l'eau</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 250 kg de poissons sauvés en 2001 et 2002 lors de pêches de sauvegarde</li> <li>• 2005 : mort de 200 à 300 kg de poissons</li> <li>• 2006 : nouvelle pêche de sauvegarde</li> </ul>

# Bilan de la phase de restauration écologique 2008-2010

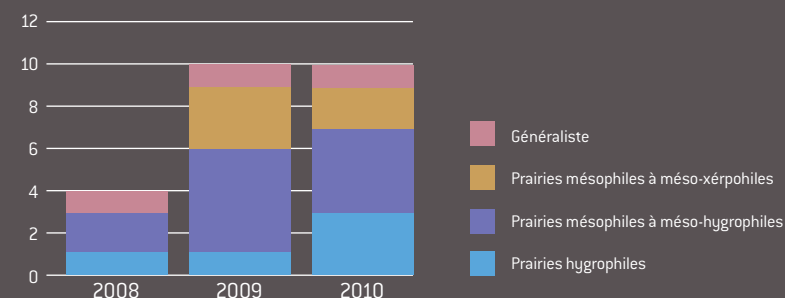
Suivis réalisés	Résultats
<b>Suivi du <u>biotope</u> :</b> · topographie, · <u>piézométrie</u> , · qualité des eaux souterraines et de surface	· Caractère humide de la prairie renforcé par le tassement de la tourbe et des sédiments · Absence d'effets sur la nappe alluviale · Caractère <u>eutrophe</u> du plan d'eau
<b>Caractéristiques et fonctionnement du sol</b>	· Hétérogénéité dans la composition et la structure des sols · Forte <u>biodiversité</u> probable
<b>Colonisation de la prairie par la <u>pédofaune</u></b>	· Colonisation par la <u>macrofaune</u> : lente mais normale · Colonisation par la <u>mésafaune</u> : rapide
<b>Caractérisation et évolution de la végétation terrestre</b>	Colonisation rapide de la prairie par la végétation et répartition en fonction de l'humidité des différentes zones
<b>Végétation aquatique et amphibie</b>	· Banalisation des groupements végétaux · Lutte contre les espèces <u>invasives</u>
<b>Caractérisation et évolution des peuplements d'insectes</b>	En cours de stabilisation · Carabes : grande diversité · Orthoptères : peuplement classique · Odonates : colonisation lente
<b>Caractérisation et évolution de l'<u>avifaune</u></b>	· Richesse ornithologique intéressante du fait de la diversité des milieux
<b>Gestion écologique par pâturage</b>	· Bilan positif du pâturage · Les juments Bécassine et Sarcelle se portent bien !
<b>Suivi de la faune piscicole</b>	Faible diversité des poissons : · beaucoup de carpes · présence de l'anguille

## Combien ça coûte ? Qui finance ?

- 7 millions d'euros ont été investis par le GPMR pour la période 2000-2009.
- 15 % sont consacrés aux suivis environnementaux et à la gestion écologique du site.
- Concours financier du Fonds européen de développement régional et de l'Agence de l'eau Seine-Normandie.



› Evolution de la richesse et de l'écologie du peuplement d'odonates sur les sites de 2008 à 2010



› Evolution de la richesse et de l'écologie du peuplement d'orthoptères sur les sites de 2008 à 2010

# Un modèle à décliner dans d'autres lieux et d'autres contextes



Avec un suivi de plus de douze ans, l'opération de remblaiement de la ballastière d'Yville-sur-Seine avec des sédiments de dragage d'entretien peut prétendre à un bilan positif. L'économie et l'écologie s'y retrouvent. De ce fait, la démarche intéresse par les perspectives de gestion durable qu'elle offre, aussi bien pour les « trous » des carrières que pour les « tas » de produits de dragage. En effet, il existe dans la basse vallée de la Seine de nombreuses ballastières susceptibles d'être remblayées par des produits de dragage, puis « renaturées ». Dès 1998, le schéma départemental des carrières considérait cet objectif comme prioritaire. Sous réserve que l'opération qui allait débiter à Yville-sur-Seine soit couronnée de succès.

Dans sa charte 2001-2011, puis dans sa charte 2013-2025, le Parc naturel régional des Boucles de la Seine Normande s'est positionné favorablement sur la démarche. L'alternative « durable » que représente le remblaiement des carrières avec les sédiments dragués dans la Seine évite en effet d'ouvrir de nouvelles chambres de dépôt à terre, et permet ainsi de préserver le patrimoine naturel et paysager du territoire.

## Passer à l'opérationnel

Pourquoi, alors, après la phase expérimentale, ne pas passer à l'opérationnel dans d'autres sites de la vallée de la Seine ? Le principe développé à Yville peut apporter des solutions dans d'autres contextes, celui de carrières « sèches » par exemple. On y reconstituerait alors des milieux naturels secs, également très intéressants sur le plan de la biodiversité. Des besoins existent, car de nouvelles carrières sont creusées tandis que les dragages se poursuivent, produisant des sédiments qui doivent être stockés :

- Les dragages réguliers de la zone portuaire amont représentent l'extraction chaque année, en moyenne, de 250 000 m<sup>3</sup> de sédiments fins.
- L'amélioration des accès au port de Rouen produira 1,5 millions de mètres cubes de sédiments fins pouvant être utilisés en ballastière.

Un schéma prospectif de valorisation du mode de gestion mis au point à Yville-sur-Seine pourrait être établi en partenariat avec les entreprises de carrières, l'Etat, les collectivités territoriales. Il tiendrait compte des spécificités de chaque site pour déterminer la valorisation dont il pourrait bénéficier : reconstitution écologique de milieu sec ou humide, ou mise en valeur agricole.