



Seine-Aval
GROUPEMENT D'INTÉRÊT PUBLIC

Contextes climatique, morphologique & hydro-sédimentaire : Effets prévisibles du changement climatique dans l'estuaire de la Seine

Problématique

A l'échelle de la planète, le climat représente un ensemble complexe qui est le produit, dans l'espace et le temps, d'interactions et de rétroactions entre l'atmosphère, la lithosphère, l'hydrosphère et la biosphère. L'atmosphère est notamment composée de gaz à effet de serre (vapeur d'eau, dioxyde de carbone, ozone, méthane, protoxyde d'azote), qui permettent de maintenir une température clémente à la surface du globe. A l'échelle des temps géologiques, cette température moyenne n'est pas stable et des périodes glaciaires et interglaciaires se succèdent depuis le quaternaire.

Bien que naturellement présents dans l'atmosphère, les gaz à effets de serre sont également produits par les activités humaines (utilisation massive des combustibles fossiles, agriculture, déforestation,...).

L'augmentation de leurs rejets et la hausse de leur teneur dans l'atmosphère (+36% pour le dioxyde de carbone depuis 250 ans) sont aujourd'hui l'hypothèse privilégiée pour expliquer le réchauffement global de la planète observé depuis le début du 20^{ème} siècle [Houghton *et al.*, 1996, 2001 ; IPCC, 2007].

Pour le climat du siècle à venir, le Groupement Intergouvernemental d'Etudes sur le Climat (GIEC) propose des projections. Elles sont basées sur différents scénarios socio-économiques, avec des rejets et des teneurs atmosphériques en gaz à effets de serre variables. Ces données sont alors utilisées dans les modèles dont sont issues les projections climatiques.

Système déjà fortement modifié par l'homme, l'estuaire de la Seine est un milieu potentiellement sensible aux effets du changement climatique et aux conséquences hydrologiques et écologiques qui en découlent. Les résultats présentés ici sont issus des travaux scientifiques menés dans le cadre d'une expertise collective dédiée à cette thématique [GIPSA, 2010].



Prairies humides à l'embouchure de l'estuaire de la Seine (C. Fisson)

Effets prévisibles du changement climatique dans l'estuaire de la Seine

Situation

Un hydro-système sous forçage climatique

L'augmentation de température se répartit inégalement à la surface de la Terre. En France, entre 1901 et 2000, l'augmentation moyenne des températures est comprise globalement entre 0,7 et 1,1°C. Sur le secteur de l'estuaire de Seine, cette augmentation est comprise entre 0,7 et 0,9°C [Moisselin *et al.*, 2002]. Les projections climatiques régionales indiquent une augmentation des températures atmosphériques moyennes annuelles de l'ordre de 1,5 à 3°C d'ici 2050 et de 2 à 4°C d'ici 2100 dans le bassin de la Seine [Ducharne *et al.*, 2009].

L'augmentation des températures entraîne un réchauffement des eaux, une fonte des glaciers, ainsi qu'une dilatation thermique des océans. La combinaison de ces phénomènes explique l'augmentation du niveau des eaux à l'échelle du globe (+18 à +59cm en moyenne d'ici 2100) [IPCC, 2007].

Localement, les données du marégraphe du Havre montrent une montée des eaux de $1,8 \pm 0,4$ mm/an depuis 1938 et de $2,7 \pm 1,5$ mm/an depuis 1993 [Pirazzoli, 2007 ; Indicateur 1].

La sensibilité du territoire au regard de ces projections est illustrée par la cartographie des secteurs topographiques inférieurs à la cote 10m CMH (Figure 1). Cette cote correspond à la cote des plus hautes eaux actuelles (8,5m CMH pour les marées de vives-eaux au Havre) à laquelle s'ajoute 1m selon les projections des effets du changement climatique (60cm pour l'augmentation maximum du niveau marin selon les projections du GIEC à l'horizon 2100 + 40cm liés à l'amplitude des phénomènes de surcote ; la cote a été arrondie à 10m CMH en raison de l'incertitude sur les données topographiques). De nombreux secteurs de la vallée de la Seine présentent une topographie inférieure à cette cote, notamment en aval de La Bouille, ce qui fait peser un risque de submersion et d'inondation sur ces zones, avec des effets sur les activités humaines, la faune et la flore.

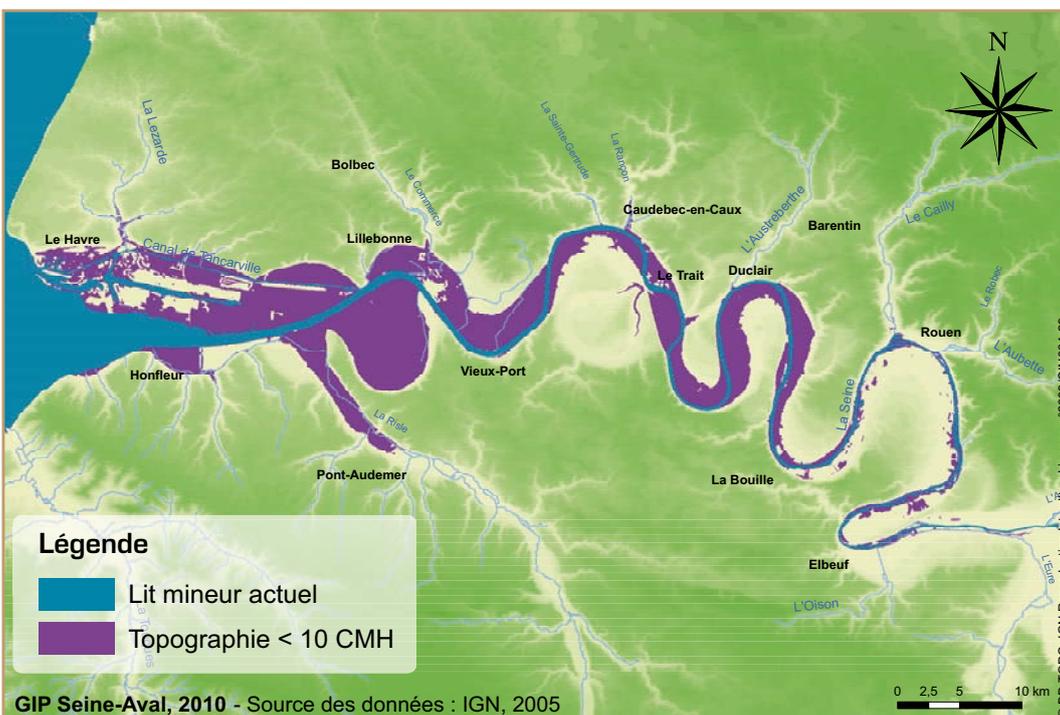


Figure 1 : Secteurs de l'estuaire de la Seine sensibles à une élévation du niveau marin (topographie inférieure à la cote 10m CMH).

Le suivi des précipitations sur les dernières décennies ne montre pas de tendance, mises à part des fluctuations pluriannuelles en lien avec le régime climatique [Massei *et al.*, 2009]. Il est traduit par l'indice d'Oscillation Nord-Atlantique qui définit la position du rail de dépression entre l'Europe du Nord et du Sud [Laignel *et al.*, 2010].



A l'horizon 2100, les résultats issus de la modélisation pour le bassin de la Seine indiquent une **baisse des précipitations** annuelles de l'ordre de 12%, et ce principalement en été [Ducharne *et al.*, 2009]. Un assèchement dû à l'augmentation des températures et à la baisse des précipitations se traduirait également par une **diminution de la recharge annuelle des aquifères** de 33 % (même ordre de grandeur que les prélèvements réalisés actuellement dans le bassin de la Seine), par une **baisse des niveaux piézométriques** et par une **baisse du débit moyen annuel** de la Seine à Poses d'environ 28%, soit $-152\text{m}^3/\text{s}$ à l'horizon 2100. Cette diminution du débit serait surtout marquée entre les mois d'août et février [Figure 2 ; Ducharne *et al.*, 2009].

Concernant les **événements extrêmes**, les résultats diffèrent pour le régime des crues (absence d'évolution significative) et pour les étiages sévères (diminution). La faible fréquence de ces phénomènes rend leur prévision délicate et ces tendances restent à confirmer.

La conjugaison prévue de la hausse du niveau marin et de la baisse du débit de la Seine provoquerait une **remontée du bouchon vaseux et du gradient de salinité vers l'amont** dont l'importance reste à déterminer.

Prévisions liées au changement climatique pour l'estuaire de la Seine	
Températures (océanique et atmosphérique)	Hausse
Niveau marin	Hausse
Précipitations	Baisse
Débit	Baisse
Recharge annuelle des aquifères	Baisse
Niveaux piézométriques	Baisse
Gradient de salinité	Remontée vers l'amont
Bouchon vaseux	Remontée vers l'amont

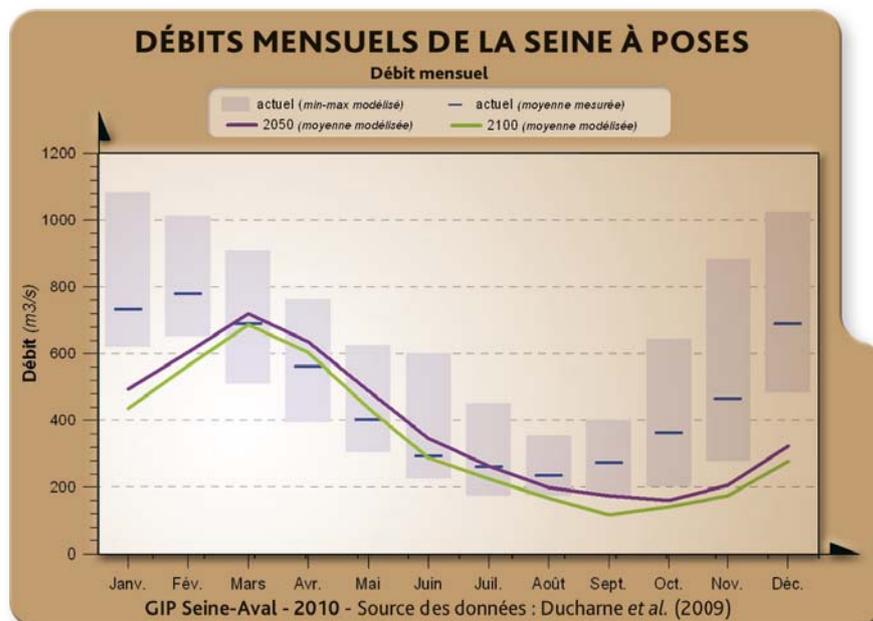


Figure 2 : Débits moyens mensuels de la Seine à Poses : actuel, 2050, 2100.

Vers une modification de l'écosystème

Les modifications hydrologiques (hausse du niveau marin, baisse du débit de la Seine) et thermiques associées au changement climatique (augmentation de la température, diminution des précipitations) auront un **impact sur les habitats et les espèces faunistiques et floristiques** présentes dans l'estuaire de la Seine [Figure 3]. Par exemple, la remontée vers l'amont du gradient de salinité influera sur la distribution des communautés planctoniques côtières et estuariennes. En effet, la salinité influence les paramètres physiologiques et métaboliques de nombreuses espèces (fréquence cardiaque, respiration, acquisition d'énergie et taux de croissance pour la moule *Mytilus edulis* ; déplacement dans la colonne d'eau pour le copépode *Eurytemora affinis* ; ...). Ces modifications pourront se traduire par une réduction de la reproduction et donc du renouvellement des populations ou par la redistribution de certaines espèces.

L'estran, les marais, les roselières ou les vasières, sont également des milieux sensibles à l'augmentation



du niveau marin et à la baisse des précipitations et du débit. Leur superficie et leur répartition spatiale s'en trouveront modifiées. Certaines espèces inféodées à ces milieux s'adapteront (au changement du taux de salinité ou à la disponibilité des ressources édaphiques et/ou nutritives par exemple). D'autres se déplaceront afin de retrouver les conditions nécessaires à leur développement ou pourront disparaître. Les modifications de l'environnement liées au changement climatique affectent les **peuplements d'oiseaux** de différentes manières et à différents moments de leur cycle de vie, certaines espèces étant plus sensibles que d'autres. Des évolutions des comportements migratoires sont d'ores et déjà observées. Par exemple, les retours pré-nuptiaux de la rousserolle effarvate sont de plus en plus précoces dans l'estuaire de la Seine [Indicateur 2]. Ces modifications du cycle de vie ne coïncident pas toujours aux changements phénologiques qui affectent les proies de ces oiseaux. Dès lors, de nombreux migrateurs (exemple du gobe mouche noir) ne sont plus synchronisés avec les pics d'abondance de leurs proies, ce qui a un effet négatif sur leur reproduction. Certaines espèces sédentaires bénéficieront d'hivers plus cléments et pourront davantage profiter des sources de nourriture que les migrateurs qui reviendront plus tard [Both *et al.*, 2006 ; Lemoine *et al.*, 2003]. L'évolution des conditions environnementales impactera les **populations de poissons**. Un scénario de réchauffement des eaux (+2,4°C) montre que l'estuaire resterait favorable pour la majorité des migrateurs aujourd'hui ou historiquement présents. Pour les poissons migrateurs en limite d'aire de répartition, l'estuaire de la Seine deviendrait soit plus favorable (mulet porc), soit défavorable (éperlan) [Figure 4 ; Rochard *et al.*, 2006].

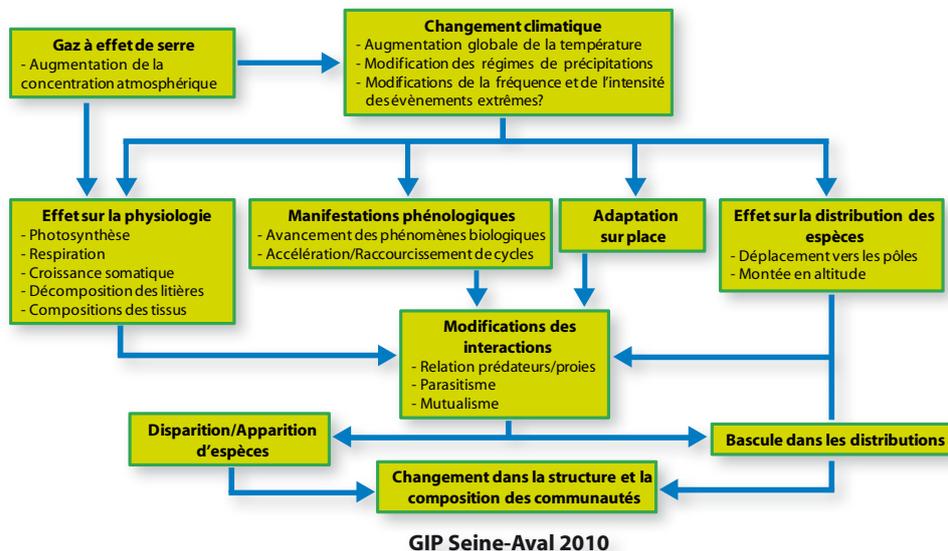


Figure 3 : Effets du changement climatique sur les communautés biologiques.

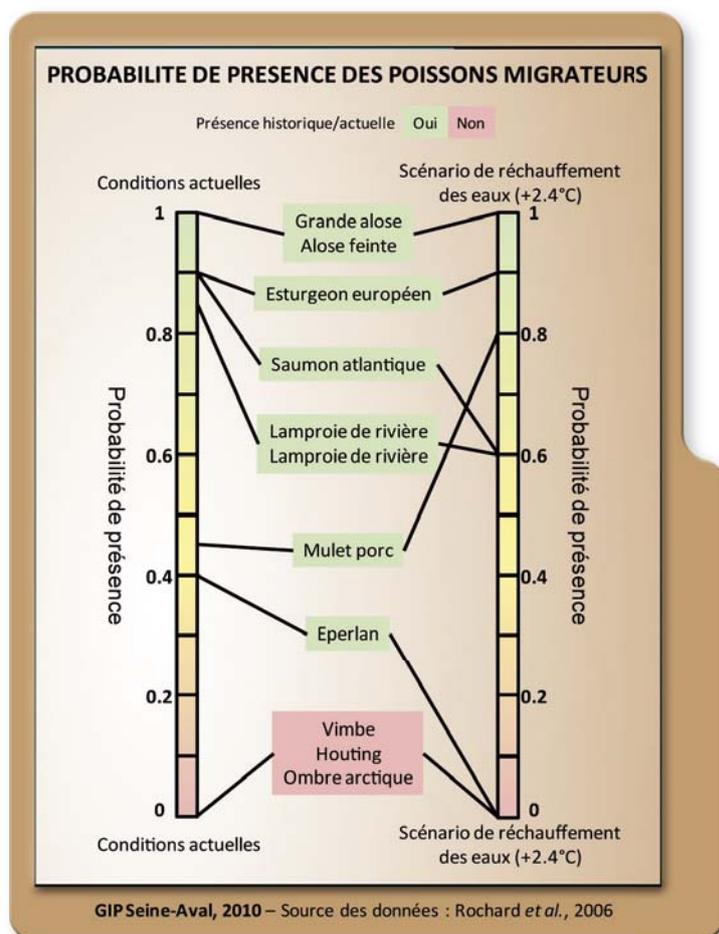


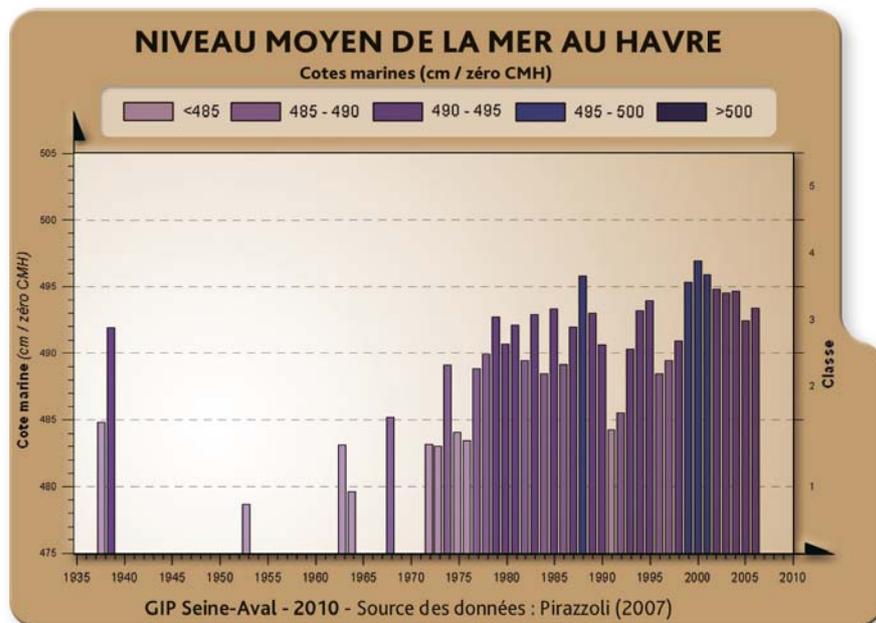
Figure 4 : Probabilité de présence de 11 espèces de poissons migrateurs dans le bassin versant de la Seine.



Effets prévisibles du changement climatique dans l'estuaire de la Seine

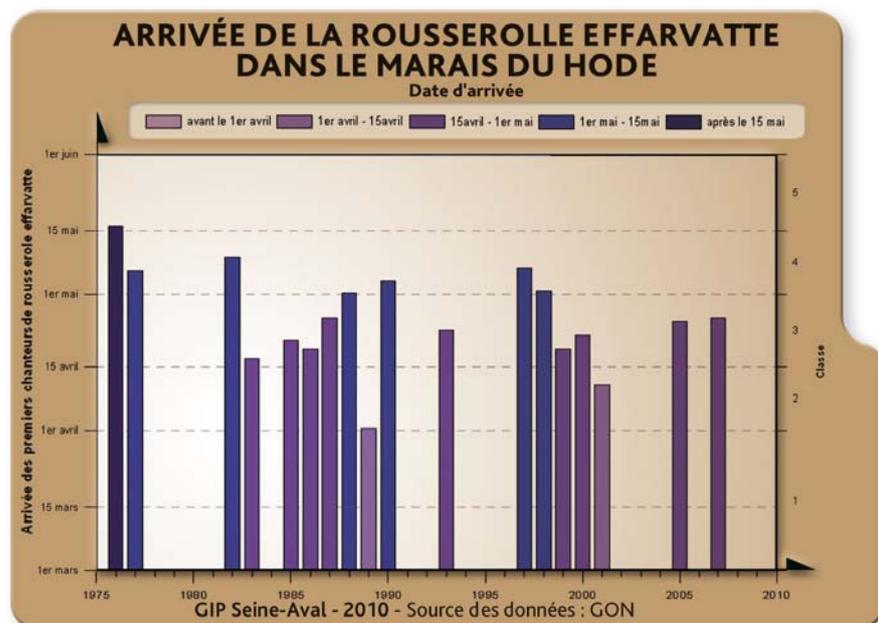
L'essentiel

Les prévisions des conséquences liées au changement climatique montrent une tendance à la hausse des températures qui conduirait à une montée du niveau marin, modifiant ainsi le trait de cote et redistribuant l'énergie hydraulique à l'échelle de l'estuaire. En raison de la diminution des précipitations et de la réduction des apports souterrains, le débit de la Seine diminuerait. Parallèlement à cela, l'estuaire verrait son écosystème soumis à une modification des milieux et donc des communautés biologiques. Ainsi, certaines espèces devraient devenir plus rares, tandis que d'autres devraient bénéficier des effets du changement climatique. De nouvelles espèces pour l'estuaire de la Seine pourraient apparaître. Si les scénarios climatiques se confirment, des changements sont donc à attendre !



Indicateur 1 : Niveau moyen annuel de la mer au Havre.

A l'heure actuelle, il est encore difficile d'avoir une vision précise des conséquences du changement climatique dans l'estuaire de la Seine, vu la complexité des liens entre les composantes biotiques et abiotiques. De plus, les résultats proposés sont dépendants du niveau des connaissances et des scénarii testés, eux même fonction de l'évolution socio-économique future. Ces incertitudes tendent à être comblées par les travaux scientifiques et une meilleure connaissance du système estuarien. Cependant, la société doit anticiper les changements à venir (aménagement, activité,...) pour s'y adapter au mieux.



Indicateur 2 : Date d'arrivée des premiers chanteurs de rousserolle effarvate dans le marais du Hode.

Effets prévisibles du changement climatique dans l'estuaire de la Seine

Sources et méthodes

Figure 1

Cette carte représente la topographie actuelle de la basse vallée de l'estuaire de la Seine. Deux informations sont mises en avant : la cote moyenne actuelle de pleine mer de vive eau (+8,5m CMH) ; les secteurs topographiques potentiellement sensibles à une élévation du niveau marin (cote comprise en 8,5 et 10m CMH). Cette cote de 10m CMH prend en considération les projections du GIEC à l'horizon 2100 (augmentation maximum du niveau marin de 60cm ; phénomène de surcote : 40cm) et a été arrondi à l'unité supérieure en raison de l'incertitude sur les données topographiques (de 50cm à 1m).

[Source des données : IGN, 2005]

Figure 2

Les débits moyens mensuels actuels de la Seine (m³/s) sont calculés à partir des données journalières des débits au barrage de Poses, entre 1970 et 2003. Les minima et maxima des débits mensuels (m³/s) sont simulés pour la période actuelle.

Les débits moyens mensuels (m³/s) pour 2050 et 2100 reprennent les résultats de 5 modèles hydrologiques testés sur 12 scénarios climatiques régionalisés.

[Source des données : Ducharme et al., 2009]

Figure 3

Cette figure montre les conséquences prévisibles du changement climatique sur la physiologie, la phénologie, l'adaptation et la distribution des espèces (faunistiques et floristiques). Les liens possibles qui peuvent entraîner un changement dans la structure et la composition des communautés sont également indiqués.

[Source des données : GIPSA, 2010]

Figure 4

Les données de probabilité de présence d'espèces migratrices dans le bassin de la Seine sont obtenues par une approche statistique. Elle permet d'identifier les espèces migratrices dont il pourrait (au sens de potentiel) exister actuellement une population (ou une fraction de population) dans le bassin de la Seine. Cette probabilité de présence a également été calculée pour un scénario de réchauffement climatique de +2,4°C (scénario le plus probable proposé par le GIEC pour l'Europe à l'échelle d'un siècle), sans prendre en compte d'autres facteurs (modification des courants, de salinité, disponibilité et accessibilité d'habitats, ...).

Les espèces considérées pour cette analyse comprennent les migrateurs amphihalins vivant dans les différents bassins versants d'Europe de l'ouest.

[Source des données : Rochard et al., 2006]

Indicateur 1

L'indicateur correspond au niveau moyen annuel de la mer exprimé en cm par rapport au zéro CMH (cote marine au Havre). Les données sont issues de mesures à la station marégraphique du Havre.

[Source des données : Pierazzoli, 2007]

Indicateur 2

Cet indicateur correspond aux dates des premiers chants entendus dans le marais du Hode pour la rousserolle effarvatte. La période couverte s'étend de 1976 à 2007.

[Source des données : GON]

Références Bibliographiques

- Both C., Bouwhuis S., Lessells C.M., Visser M., 2006. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature* 441. 81-83p.
- Ducharme A., Habets F., Déqué M., Evaux L., Hachour A., Lepaillier A., Lepelletier T., Martin E., Oudin L., Pagé C., Ribstein P., Sauquet E., Thiéry D., Terray L., Viennot P., Boé J., Bourqui M., Crespi O., Gascoïn S., Rieu J., 2009. Impact du changement climatique sur les Ressources en eau et les Extrêmes Hydrologiques dans les bassins de la Seine et la Somme. Programme GICC Rapport de fin de contrat. 62p.
- Ducharme A., Habets F., Oudin L., Gascoïn S., Sauquet E., Viennot P., Hachour A., Deque M., Martin E., Page C., Terray L., Thierry D., 2010. Evolution potentielle du régime des crues de la Seine sous changement climatique. Colloque SHF : «Risques inondation en Ile de France», Paris, 24-25 mars 2010.
- GIPSA (Groupement d'Intérêt Public Seine-Aval), 2010. Expertise collective sur les effets possibles du changement climatique sur les écosystèmes estuariens. Rapport scientifique Seine-Aval 4, Coordination : Laignel & Souissi. 60p.
- GON (Groupe Ornithologique Normand). Données de suivi de l'avifaune.
- Houghton J.T., Meiro-Filho L.G., Callander B.A., Harris N., Kattenberg A., Maskell K. (eds), 1996. *Climate Change 1995. The Science of Climate Change*, Cambridge.
- Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.C., Noguier M., van der Linden P.J., Dai X., Maskell K., Johnson C.A., 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IGN (Institut Géographique National), 2005. BD TOPO. Licence N° 2009/CIN034-29.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. *Impacts, Adaptation & Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Laignel B., Fritier N., Massei N., Ducharme A., Etcheber H., Laverman A., 2010. Les effets du changement climatique dans le contexte des changements globaux. Expertise collective sur l'estuaire de Seine – Synthèse sur les thèmes : Climatologie, Hydrologie, Qualité de l'eau. Rapport Seine-Aval 4. 66p.
- Lemoine N. & Böhning-Gaese K., 2003. Potential impact of global climate change on species richness of long distance migrants. *Conservation Biology*, 17. 577-586p.
- Massei N., Laignel B., Deloffre J., Mesquita J., Motelay A., Lafite R., Durand A., 2009. Long-term hydrological changes of the Seine river flow (France) and their relation to the North Atlantic Oscillation over the period 1950-2008. *International Journal of Climatology*, DOI 10.1002/joc.20022.
- Moisselin J.M., Schneider M., Canellas C., Mestre O., 2002. Les changements climatiques en France au 20ème siècle. Etude des longues séries homogénéisées de données de température et de précipitations. *La Météorologie*, n°38, août 2002, 45-56p.
- Pirazzoli P.A., 2007. Données pour le dimensionnement des structures côtières et des ouvrages de bord de mer à longue échéance. *Projet DISCOBOLE – rapport final*. 72p.
- Rochard E., Croze O., Bégier M., Gazeau C., Lassalle G., Marchal J., Ombredane D., Baglinière J.-L., Menvielle E., Pellegrini P., 2006. Identification éco-anthropologique d'espèces migratrices, emblématiques de la reconquête d'un milieu fortement anthropisé : la Seine. *Rapport scientifique Seine-Aval 3*. 87p.

Cette fiche thématique s'intègre dans le système d'observation de l'état de santé de l'estuaire de la Seine. Elle est éditée par le Groupement d'Intérêt Public Seine-Aval - 12 avenue Aristide Briand - 76000 Rouen www.seine-aval.fr

Conception, rédaction : GIP Seine-Aval
Président : Nicolas Mayer-Rosignol
Directeur : Loïc Guézennec
Contact : gipsa@seine-aval.fr
Infographie :
Quai 24, Le Havre
Crédits photos :
GIP Seine-Aval
Tirage : 1000 exemplaires

Le GIP Seine-Aval est financé par :

