



**Les effets du changement climatique sur l'avifaune  
dans le cadre d'une expertise collective  
sur l'estuaire de la Seine**

**Étude réalisée par le  
Groupe Ornithologique Normand  
Université 14032 Caen Cedex**

Sylvain Pinçon, Gérard Debout & Franck Morel

2009

**Table des matières**

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIEL ET METHODES .....</b>	<b>3</b>
2.1. PRESENTATION GENERALE DE L'ESTUAIRE DE SEINE .....	3
2.2. RAPPEL DE L'IMPORTANCE ORNITHOLOGIQUE DE L'ESTUAIRE DE SEINE .....	4
2.3. LA ZONE DE PROTECTION SPECIALE (ZPS) .....	5
2.3.1. <i>Délimitation de la ZPS</i> .....	5
2.3.2. <i>Habitats présents au sein de la ZPS (cf. carte 4)</i> .....	7
2.4. MISE EN EVIDENCE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE AU NIVEAU LOCAL .....	8
2.5. LE CYCLE DE VIE DE L'OISEAU .....	9
2.6. ÉTUDE DES EFFECTIFS .....	10
2.6.1. <i>Dénombrement des effectifs maximaux annuels (hivernants, migrants, estivants)</i> .....	10
2.6.2. <i>Dénombrements des nicheurs</i> .....	11
2.7. ÉTUDE DE LA PHENOLOGIE DU CYCLE DE VIE (MIGRATION, REPRODUCTION) .....	11
2.8. MISE AU POINT D'UNE LISTE D'ESPECES INDICATRICES .....	12
<b>3. RESULTATS .....</b>	<b>13</b>
3.1. EVOLUTION DE LA DIVERSITE SPECIFIQUE : DISPARITION D'OISEAUX DU NORD, APPARITION D'OISEAUX DU SUD .....	13
3.2. HIVERNAGE EN REGRESSION : OISEAUX DEPLACES VERS LE NORD .....	13
3.2.1. <i>Passereaux des régions nordiques</i> .....	13
3.2.2. <i>Macreuses en hivernage</i> .....	14
3.3. HIVERNAGE EN AUGMENTATION .....	16
3.3.1. <i>Oie cendrée Anser anser</i> .....	16
3.3.2. <i>Le fuligule milouin Aythya ferina</i> .....	17
3.3.3. <i>Espèces à affinités méridionales : ardéidés, ciconiformes, sylviidés</i> .....	18
3.3.4. <i>Hivernage des échassiers</i> .....	20
3.3.5. <i>Hivernage des espèces paludicoles</i> .....	21
3.4. LA MIGRATION PRE-NUPTIALE .....	22
3.4.1. <i>Décalage des dates d'arrivée</i> .....	22
3.4.2. <i>L'oscillation nord atlantique : NAO</i> .....	28
3.4.3. <i>Changement de la dynamique des espèces en migration pré-nuptiale</i> .....	28
3.4.4. <i>Changements dans les trajets migratoires</i> .....	29
3.5. LA NIDIFICATION .....	30
3.5.1. <i>Ardéidés, ciconiformes, sylviidés</i> .....	30
3.5.2. <i>Limicoles nicheurs</i> .....	31
3.5.3. <i>Augmentation des nicheurs sédentaires à affinités méridionales</i> .....	32
3.5.4. <i>Les espèces paludicoles</i> .....	33
3.5.5. <i>Nicheurs à affinités nordiques</i> .....	36
3.5.6. <i>Les migrants</i> .....	38
3.5.7. <i>Impacts sur la reproduction</i> .....	40
3.5.7.1. <i>Avancée des dates de ponte</i> .....	40
3.5.7.2. <i>Conséquence sur la productivité</i> .....	40
3.6. LA MIGRATION POST-NUPTIALE .....	41
3.6.1. <i>Décalage des dates de départ</i> .....	41
3.6.1.1. <i>Retard du départ</i> .....	41
3.6.1.2. <i>Avancée du départ</i> .....	41
3.6.2. <i>Changement dans la dynamique de la migration post-nuptiale</i> .....	42
3.7. CHANGEMENTS DES MILIEUX .....	43
3.7.1. <i>Régression des surfaces de vasières</i> .....	43
3.7.2. <i>Augmentation des prés-salés</i> .....	46
3.7.3. <i>La roselière</i> .....	47
3.7.4. <i>Les prairies humides et sub-halophiles</i> .....	47
<b>4. CONCLUSION .....</b>	<b>49</b>
<b>5. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>51</b>
<b>INDEX .....</b>	<b>60</b>
<b>ANNEXE 1 : LISTE DES ESPECES ETUDIEES .....</b>	<b>61</b>
<b>RESUME .....</b>	<b>62</b>





## 1. Introduction

---

Le changement climatique est un sujet d'actualité qui touche le monde entier. Les experts estiment que plus d'un million d'espèces végétales et animales pourraient disparaître d'ici à la fin du siècle, et des millions de personnes pourraient être touchées.

Le climat est généralement défini comme étant les conditions moyennes existantes, dans un endroit donné, calculées d'après des observations d'au moins trente ans, selon la définition de l'Organisation Météorologique Mondiale. À l'échelle de la planète, il représente un ensemble complexe qui est le produit, dans l'espace et dans le temps, de toute une série d'interactions et de rétroactions entre l'atmosphère, la lithosphère, l'hydrosphère et la biosphère. Le climat a subi des modifications au cours de l'histoire. Il y a eu des périodes glaciaires et des périodes interglaciaires qui s'expliquent par la variation de l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre (cycle de Milankovic). Toutefois, l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007) a mis en évidence que, depuis la révolution industrielle, la Terre s'était réchauffée (+0.6°C) en raison du rejet accru de gaz à effet de serre dû à la combustion d'énergie fossile (hydrocarbures). La température moyenne du Globe augmenterait selon leurs prévisions entre 1,5 et 6 °C d'ici 2100.

Le climat influence les conditions de vie des êtres vivants. Les oiseaux n'échappent pas à la règle. De nombreuses études (Furness *et al.*, 1993 ; Burton, 1995 ; Moss, 1998 ; Crick *et al.*, 2004 ; Jiguet *et al.*, 2007) mettent en relation des changements de la biologie des oiseaux, tant au niveau de leur phénologie, de leur comportement que de leur distribution avec le réchauffement climatique. Plus particulièrement, Norris *et al.* (2004), Rehfisch *et al.* (2004), Seithland (2004), et Finlayson *et al.* (2006) ont publié des études récentes concernant les oiseaux des estuaires face aux changements climatiques. L'altération climatique de ces dernières décennies a eu un impact sur ces organismes (Penuelas & Filella 2001, IPCC 2002, Walther *et al.*, 2002, Parmesan & Yohe 2003, Root *et al.* 2003, Parmesan 2006). Un des changements les plus évidents est le changement de la phénologie des migrations (Sparks & Crick 1999, Sparks & Menzel 2002).

Actuellement, de nombreux écosystèmes marins, estuariens, fluviaux et lacustres subissent des changements majeurs dans leur composition et/ou leur structure, et, par conséquent, dans leur fonctionnement. Aux facteurs anthropiques, comme les problèmes de surexploitation, de pollution industrielle, de croissance urbaine, d'eutrophisation, et de perte d'habitats, s'ajoutent (ou se superposent) les fluctuations climatiques. Par conséquent, un des défis majeurs des recherches scientifiques relatives à l'évolution et au devenir de ces

écosystèmes est l'identification des mécanismes clefs dans les interactions climat - homme et écosystèmes.

Parmi ces différents écosystèmes, les estuaires, du fait de leur position à l'interface continent - mer, sont des systèmes complexes particulièrement sensibles aux changements climatiques et aux variations associées du niveau marin. Dans le cas de l'estuaire de Seine, l'incidence de ces aménagements sur l'évolution de l'estuaire a été relativement bien étudiée. En revanche, l'évolution de l'estuaire dans le contexte climatique global n'a pas encore été abordée.

Il s'agit de connaître les effets du changement climatique dans le contexte des changements globaux et de l'appliquer à l'estuaire de Seine. L'intérêt et l'originalité du Programme Seine Aval est de regrouper des scientifiques travaillant sur des thématiques différentes (9 thèmes différents : hydro-climatologie, hydrologie, qualité de l'eau, avifaune, flore, sociologie, microbiologie, économie, prospective) autour de l'enjeu majeur que sont les effets du changement climatique sur un objet d'étude commun : l'estuaire de Seine. Il s'agit ainsi de :

- Faire le point sur les connaissances (bibliographie, données, projets en cours ...) disponibles par thématique sur les effets du changement climatique en estuaire pour construire une base de connaissance partagée,
- créer une dynamique pluridisciplinaire portée par un groupe d'experts,
- aboutir à des priorités en termes d'action de recherche pour la suite du programme Seine Aval...

L'objectif final du projet est d'intégrer les problématiques climatiques dans la gestion de l'estuaire de Seine par les acteurs locaux (entreprises, industries, associations, ports...).

Il faut tenter de faire la part des choses entre les évolutions qui peuvent être liées au changement climatique : température minimal et maximal en hiver, nombre de jours de gel, de neige, phénomènes météorologiques particuliers, modification de la pluviométrie, montée des niveaux d'eau, oscillation nord atlantique, ou qui sont surtout liées à des changements de milieux, à la dynamique des populations ou à d'autres phénomènes.

Les recherches bibliographiques devront permettre de connaître quels sont les effets connus des changements climatiques sur les oiseaux en Normandie (et dans l'estuaire de la Seine en particulier). Mais elles devront aussi prendre en compte le niveau national (en particulier au niveau des estuaires), et les pays proches de la France (comme l'Angleterre) ou plus lointains. En effet, les sécheresses sur les sites africains d'hivernage peuvent conduire à une forte mortalité d'oiseaux (AEWA, 2006).

En ce qui concerne l'avifaune, nous nous focaliserons essentiellement sur la ZPS « Estuaire et marais de la basse Seine » et en particulier sur la réserve naturelle nationale (RNN) située à l'embouchure de l'estuaire de Seine. En effet, cette partie de l'estuaire est bien étudiée et nous disposons donc de données importantes. De plus, c'est dans la ZPS et la RNN que les milieux sont les plus riches et les plus propices pour le développement de populations d'oiseaux. La presque totalité des espèces envisagées dans la présente étude sont en conséquence des espèces d'estuaire et de marais. Cependant, pour les macreuses, la zone étudiée sera étendue au littoral augeron, adjacent à l'estuaire car le nombre de macreuses dans l'estuaire n'est pas assez important pour pouvoir être étudié valablement.



*Carte 1 : localisation de l'estuaire de Seine.*



## 2.2. Rappel de l'importance ornithologique de l'estuaire de Seine

Sur ce site, chaque année, de très nombreux oiseaux migrent et passent par l'estuaire qui est un carrefour migratoire important.

Cette richesse ornithologique du flux migratoire s'explique par la localisation même de l'estuaire et de la vallée de la Seine sur la voie de migration Ouest Paléarctique ou Est Atlantique (cf. annexe). Ce site est situé sur cette voie de migration et certaines de ces espèces migratrices qui effectuent leurs trajets post et prénuptiaux vont transiter sur ce dernier avant de rejoindre leurs quartiers d'hivernage ou leurs zones de nidification.

Toutefois, son importance patrimoniale, de niveau international, n'est pas due qu'aux oiseaux migrateurs, mais aussi (et surtout) aux nicheurs et aux hivernants car l'estuaire est utilisé comme site d'hivernage et/ou nidification / estivage par de nombreuses espèces :

L'estuaire de Seine est une :

- Zone de reproduction pour de nombreuses espèces aquatiques
- Zone d'hivernage pour diverses espèces de limicoles et d'anatidés notamment
- Zone de refuge lors de vagues de froid sur le nord-est de l'Europe
- Étape migratoire essentielle dans les trajets pré et post-nuptiaux de nombreux oiseaux aquatiques
- Lieu de repos diurne sécurisant pour certaines espèces d'anatidés se nourrissant la nuit dans les prairies humides
- Zone de nourrissage pour les différentes espèces d'oiseaux qui exploitent les espèces d'invertébrés des différents faciès sédimentaires.

Plus de 270 espèces différentes d'oiseaux y ont été observées de 1995 à 2004 (Morel, 2006), 164 espèces y sont régulières, 101 espèces nicheuses, 92 espèces sont des hivernants, 59 espèces fréquentant le site sont inscrites à l'annexe 1 de la Directive oiseaux 79/409<sup>1</sup>.

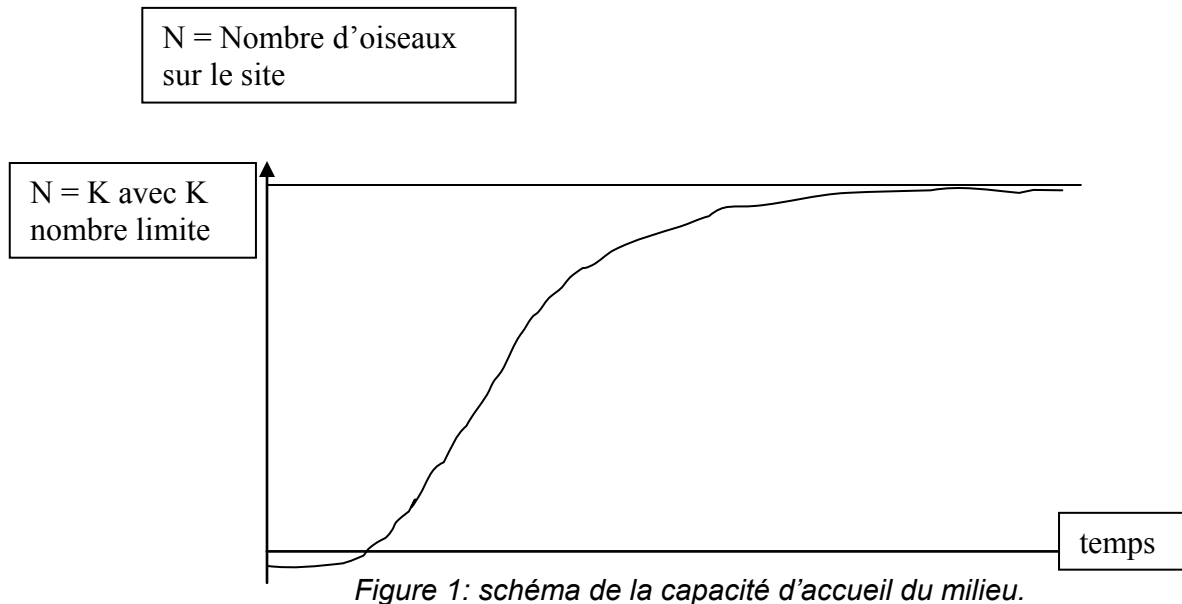
La diversité des milieux qui composent cet éco-complexe est également un facteur influençant la richesse spécifique du site. Nous aurons à la fois des espèces marines voire pélagiques à l'embouchure de l'estuaire jusqu'aux espèces des bocages et des milieux arborés en passant par les espèces fréquentant les mares et les plans d'eau, les roselières, les prairies, les cultures et les falaises. Une espèce donnée va avoir besoin de plusieurs types d'habitats pour satisfaire ses besoins en fonctions des saisons mais également durant une saison donnée. En plus de la diversité des milieux, la taille des différentes mosaïques d'habitats est également importante pour l'accueil de l'avifaune migratrice. L'éco-complexe « estuaire de Seine et marais de la Basse Seine » est riche de milieux de grande superficie,

---

<sup>1</sup> Voir index à la fin du rapport



ce qui influence la capacité d'accueil du site (cf. figure 1). Cette capacité d'accueil est atteinte lorsque l'addition d'un individu provoque la mort ou l'émigration d'un autre individu (Goss-Custard, 1985). La coexistence au sein d'un même milieu résulte de la mise en place de mécanismes qui réduisent la compétition interspécifique, se traduisant en général par une réduction d'effectifs.



Les milieux présentent des fonctions différentes pour les oiseaux : zones d'alimentation, de remise, de nidification... La complémentarité de ces milieux joue un rôle prépondérant. Ces milieux doivent être connectés afin d'assurer la fonctionnalité du site. Avec le changement climatique, on peut raisonnablement envisager que la capacité d'accueil et la fonctionnalité du site soient changées (élévation du niveau de la mer, phénologie de la végétation et des insectes changée, diminution de surface de certains milieux...).

### 2.3. La Zone de protection spéciale (ZPS)<sup>2</sup>

#### 2.3.1. Délimitation de la ZPS

La ZPS (zone de protection spéciale) « estuaire et marais de la basse Seine » se situe à 68 % en Haute-Normandie, 1 % en Basse-Normandie et 31 % en mer sous l'autorité du Préfet maritime. Elle concerne 3 départements : Seine-Maritime (34 %), Eure (34 %) et Calvados (1 %). Elle couvre en surface 18840 Ha (ZPS FR 2310044). Malgré une modification profonde du milieu suite aux différents travaux portuaires, l'estuaire de Seine constitue encore un site exceptionnel pour les oiseaux. Le document Natura 2000 indique 116 espèces d'oiseaux de la directive oiseaux 79/409 fréquentant ou ayant fréquenté la ZPS. L'estuaire et la basse vallée de la Seine représentent un ensemble de zones humides

<sup>2</sup> Voir index à la fin du rapport



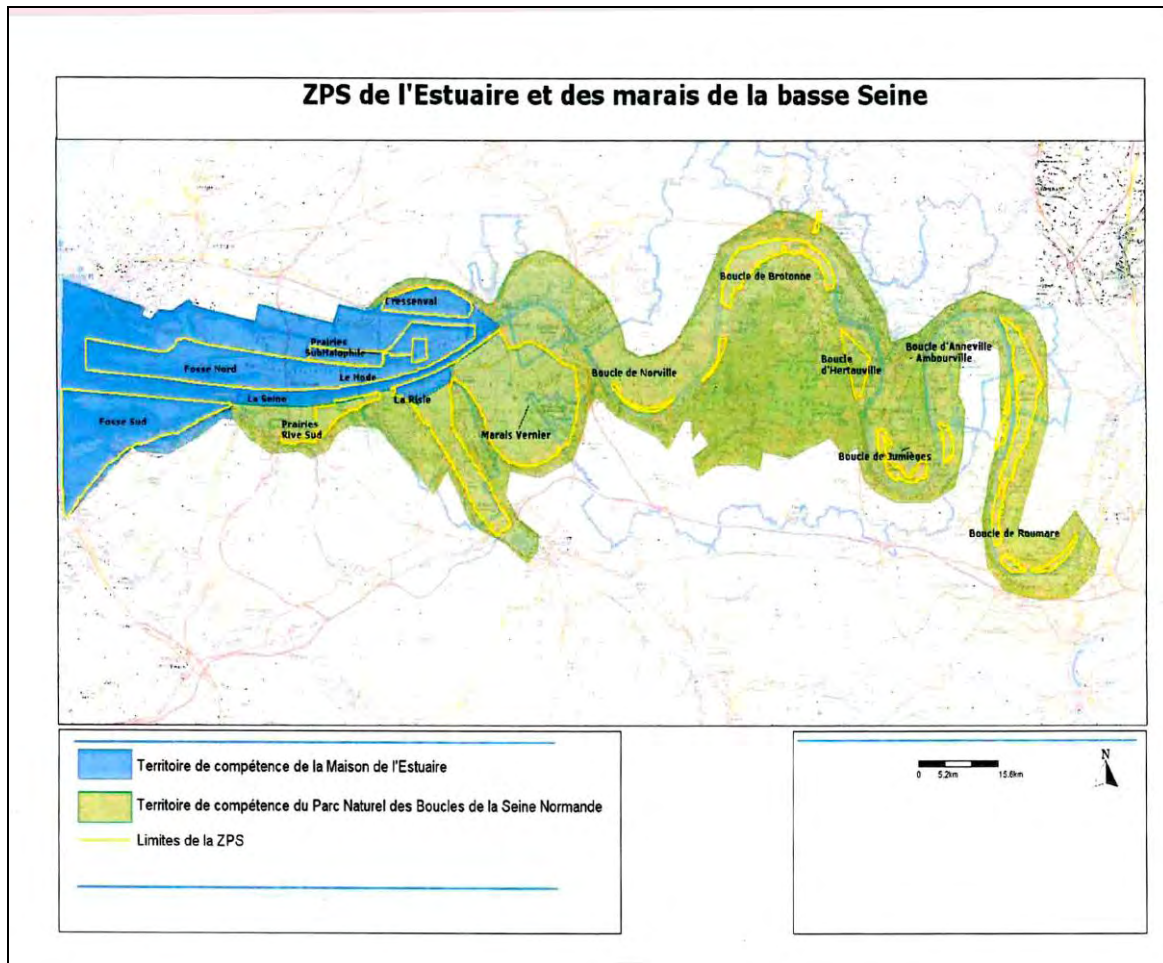
particulièrement riches sur le plan ornithologique. Selon la classification de Rocamora, l'estuaire de la Seine se place au second rang des 285 ZICO (zone importante pour la conservation des oiseaux) étudiées en France, juste derrière la Camargue (Gallien, 2003). Cette ZICO de l'estuaire et de l'embouchure de la Seine a été délimitée en 1994 sur une surface de 22027 ha.

La ZPS de l'estuaire comprend la réserve naturelle nationale (gérée par la Maison de l'estuaire) qui couvre 8621,31 ha et les boucles de la Seine (compris dans le parc naturel régional des boucles de la Seine) qui couvrent 11750 ha de la ZPS (cf. carte 2, et 3).

Un bouchon vaseux, masse turbide de matières en suspension oscillant au gré des marées, permet la création de vasières, qui sont sources de nourriceries et nurseries pour les poissons et les oiseaux. Il piège aussi une grande partie des pollutions diffusées par le fleuve. Enfin, la rencontre des masses d'eaux du fleuve et de la mer crée un gradient de salinité, diminuant d'ouest en est. Ce dernier conditionne la répartition des espèces. C'est l'origine de l'eau (fleuve, mer, précipitations) et la durée d'inondation (marée, saison) de la réserve naturelle qui conditionnent les caractéristiques des différents milieux présents sur la réserve (roselière, prairies, mares).



carte 2 : délimitation de la réserve naturelle nationale (source : maison de l'estuaire).

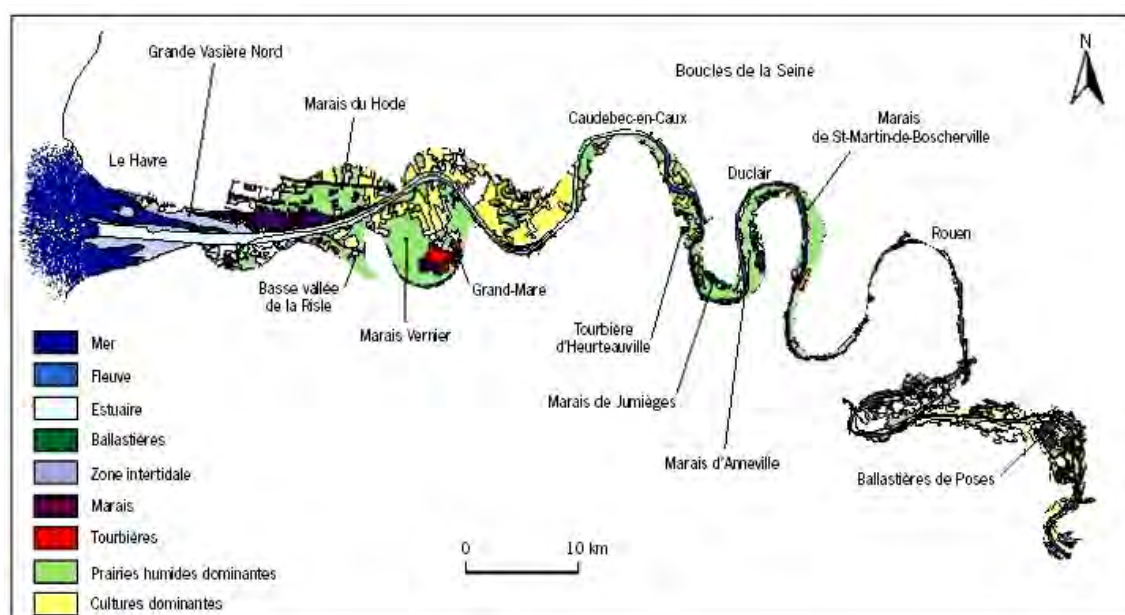


Carte 3 : la ZPS au sein de la réserve et du parc naturel régional (source : Aulert et al, 2009).

### 2.3.2. Habitats présents au sein de la ZPS (cf. carte 4)

170246,01 ha sur les 18840 ha ont pu être identifiés au titre du code Corinne biotope.

L'habitat dominant est représenté par les prairies humides et mégaphorbiaies (3910,31 ha soit 22,6 % de la surface étudiée). Viennent ensuite l'habitat estuaires et rivières tidales (3160,45 ha soit 18,3 %), les cultures (3056,02 soit 17,7 %), les eaux douces et stagnantes (2368,35 ha soit 13,7 %) et l'habitat mers et océans (1791,25 ha soit 10,4 %). Ces habitats montrent bien que nous sommes ici dans une zone humide sous influence marine. La végétation de ceinture des bords des eaux constituent 945,19 ha (5,5 %) de la ZPS, et les forêts riveraines, forêts et fourrés très humides 690,5 ha (4 %). Nous trouvons ensuite les prairies mésophiles (351,26 ha soit 2 %), les villes, villages et sites industriels (276,32 ha soit 1,6 %), les bas marais, tourbières de transition et sources (197,72 ha soit 1,1 %), les vasières et bancs de sable sans végétation (132,38 ha soit 0,8 %) et enfin les marais salés, prés salés (schorres), steppes salées et fourrés sur gypse (106,35 ha soit 0,6 %).



Carte 4 : habitats dans la ZPS (source : Ecodiv, IFEN, Agence européenne de l'environnement).

#### 2.4. Mise en évidence du changement climatique au niveau local

L'IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) a mis au point différents scénarios utilisés dans les modèles des climatologues pour prévoir le climat (cf. tableau 1).

Tableau 1: synthèse des différents scénarii de l'IPCC.

Scénario GIEC	Libéralisation	Protectionnisme
Priorité économique	A1Fi (utilisation-énergie fossile) A1T (utilisation-énergie autre que fossiles)	A2
Priorité environnementale	B1	B2

A1 ; croissance économique mondiale sans virage environnemental, croissance démographique jusqu'en 2050 puis déclin, technologies plus efficaces, homogénéisation du revenu par habitant.

A2 ; croissance économique régionale sans virage environnemental, démographie continue, évolution technologique lente, maintien des différences entre les revenus.

B1 ; croissance économique mondiale avec virage environnemental, croissance démographique jusqu'en 2050 puis déclin, technologies plus efficaces, homogénéisation du revenu par habitant.

B2 ; croissance économique régionale avec virage environnemental, démographie continue, évolution technologique lente, maintien des différences entre les revenus.

La Haute-Normandie connaîtrait une augmentation des températures moyennes annuelles de l'ordre de 1,5 à 2°C et de 3 à 5°C d'ici 2100 (synthèse GIP Seine aval). Cette élévation de température serait à l'origine d'une augmentation importante du nombre de jours de canicule en période estivale. Sur le bassin de la Somme et de la Seine, la température régionale augmenterait, avec des valeurs comprises entre +2°C pour le mois de février et + 5,5°C pour le mois d'août.

Le changement climatique se traduirait essentiellement par une intensification des précipitations. À l'échelle de l'Europe, les divers travaux montrent l'existence d'un dipôle assèchement Méditerranée/humidification sur l'Europe de l'Ouest et du Nord sur ces dernières années. En Europe de l'Ouest (Ecosse, Angleterre), les précipitations en hiver augmenteraient au détriment des précipitations estivales. Les travaux du projet RexHyss (Impact du changement climatique sur les Ressources en Eau et les Extrêmes Hydrologiques dans les bassins de la Seine et de la Somme) mené sur les précipitations montrent que, jusqu'à 2050, les quantités de précipitations annuelles sur les bassins de la Somme et de la Seine diminueraient, puis les valeurs se stabiliseraient. Toutefois, tandis que les valeurs des précipitations seraient plutôt à la hausse en automne et en hiver, ces augmentations seraient fortement contrebalancées par la forte diminution des valeurs de précipitations lors de la période estivale.

De 1938 à 2006, l'élévation du niveau de la mer au Havre a été de +1,8mm +/-0,4mm par an avec une accélération de 1993 à 2006 : +2,7mm +/-1,5mm par an. Le niveau de la mer pourrait s'élever de 60 cm à 1 mètre d'ici 2100.

Enfin, on constate que la température moyenne des océans a augmenté de 1°C au cours du XXème siècle.

## 2.5. Le cycle de vie de l'oiseau

Le cycle de vie des oiseaux suit celui des saisons. Il se divise en plusieurs étapes. Beaucoup d'oiseaux sont des migrateurs. Ils divisent donc leurs temps entre des aires d'hivernage plutôt méridionales (Afrique, pourtour méditerranéen, Europe océanique) et des aires de reproduction qui s'étendent de l'Europe du Sud à la Scandinavie voire au-delà du cercle polaire arctique.

Classiquement, d'octobre-novembre à février, les oiseaux sont en période d'hivernage. À partir de février-mars, débute la migration prénuptiale. Les oiseaux migrent de leurs aires d'hivernage vers leurs aires de reproduction. La migration prénuptiale continue jusqu'en mai, mais certaines espèces plus tardives peuvent arriver en juin. La nidification des migrateurs commence en général en mars et dure jusqu'en août, voire septembre pour certaines espèces. Cependant, les périodes varient selon les espèces mais aussi en fonction des populations. Après s'être reproduit (ou non), les oiseaux subissent un renouvellement de leur



plumage : c'est la mue. La migration post-nuptiale commence en été (souvent fin août, début septembre, mais parfois dès juin pour certaines espèces), et se prolonge jusqu'en octobre-novembre. Un nouveau cycle recommence alors, avec le début d'une nouvelle période d'hivernage.

Hivernage	Migration pré nuptiale	Mue nuptiale	Nidification	Mue	Migration post nuptiale	Hivernage
-----------	---------------------------	-----------------	--------------	-----	----------------------------	-----------

## 2.6. Étude des effectifs

### 2.6.1. Dénombrement des effectifs maximaux annuels (hivernants, migrants, estivants)

Nous utiliserons les publications et les données non publiées du GONm, qui étudie l'estuaire depuis le début des années 1970, et de la Maison de l'estuaire, qui gère la réserve depuis une dizaine d'années. Le GONm possède une base comprenant plus de 875 000 données sur l'avifaune normande depuis le milieu des années 1970, dont plus de 45 000 concernent la rive nord de la Seine entre Tancarville et Le Havre. Une donnée correspond à une espèce, un effectif, à une commune, à une date donnée et parfois à des commentaires.

Les effectifs maximaux tiennent compte des différentes études ornithologiques, notamment des bilans ornithologiques sur le territoire actuel de la réserve naturelle située sur l'embouchure (Benoist et al, 1986 ; Morel, 2006) qui utilisent la base de données du GONm. L'effectif maximum annuel est le nombre maximum d'oiseaux vus sur une journée dans l'année. On tient compte également des observations réalisées dans le cadre des suivis mis en place dans la réserve nationale de l'estuaire (Aulert et al, 2009). Pour les macreuses, il s'agit des hivernants (décompte en janvier) au large du littoral augeron, puisque ces oiseaux sont marins et se retrouvent donc devant les côtes.

Pour plusieurs espèces d'oiseaux, les variations d'effectifs observées dans l'estuaire de Seine sont comparées à celles qui sont notées au niveau national afin de savoir si la situation des oiseaux dans l'estuaire est propre au site ou si elle est liée à un contexte plus général comme le changement climatique. Pour les effectifs nationaux, on utilise les décomptes Wetland réalisés chaque mois de janvier pour les oiseaux d'eau (limicoles, anatidés). Pour les effectifs nationaux des autres oiseaux (passereaux, ardéidés, ciconiidés), on dispose de l'ouvrage réalisé par Dubois et al (2008a). Nous utilisons également les résultats obtenus par le programme STOC (suivi temporel des oiseaux communs). Ce programme a été mis en place par le CRBPO (Centre de Recherches par le Baguage des Populations d'Oiseaux) au Muséum d'histoire naturelle de Paris. Il suit annuellement 65 espèces d'oiseaux nicheurs jugés communs, selon une méthodologie codifiée :



- Relevés de présence-absence sur une grille de points d'écoute (Le STOC-EPS échantillonnages ponctuels simples)
- Mesures de variations de deux paramètres démographiques dits de fitness : survie des adultes et succès de la reproduction : Le STOC capture. La technique capture /recapture de passereaux nicheurs est utilisée depuis 1989. Pour chaque espèce est calculé un indice de variation d'abondance sur la période considérée (1989-2007), pour l'ensemble des sites suivis en France métropolitaine. Chaque oiseau capturé est identifié par une bague en aluminium. L'espèce, le sexe, l'âge, l'adiposité sont déterminés (si possible). D'autres caractéristiques peuvent être notées comme la présence de plaque incubatrice. Pour chaque oiseau, l'aile est mesurée. Enfin, l'animal est pesé puis relâché.

### 2.6.2. Dénombrements des nicheurs

Le nombre de couples est déterminé par les études annuelles menées dans l'estuaire par le GONm à la demande de la Maison de l'Estuaire et de la DIREN Haute-Normandie.

Si, pratiquement, tous les oiseaux d'eau sont notés par les observateurs, les autres espèces le sont souvent moins et l'analyse de leur évolution est donc plus difficile. Pour les passereaux, on se base sur le bilan ornithologique de la ZPS de l'estuaire de Seine (Aulert et al, 2009), sur le suivi des espèces nicheuses entre 1999-2004 (Morel, 2005), le bilan ornithologique du Hode de 1995-2004 (Morel, op. cit.), et le bilan ornithologique du Hode de 1972-1986 (Benoist et al, 1986).

### 2.7. Étude de la phénologie du cycle de vie (migration, reproduction)

Les modifications récentes du climat ont, d'ores et déjà, entraîné une réponse des oiseaux migrateurs au niveau de leur cycle de vie (Cotton, 2003). La phénologie des dates d'arrivée (Pearce-Higgins et al 2005 ; Edvarsen et al 2006 ; Töttrupp et al 2006 ;), de départ (Sparks 2001), et les périodes de reproduction (Crick et al 1997, 1999, Halupka et al 2004) ont subi des changements au cours du temps. C'est dans ce contexte de connaissances générales que nous avons cherché à vérifier s'il s'appliquait au cas normand.

La phénologie des dates d'arrivée et de départ des oiseaux nicheurs normands est étudiée à partir de la base de données du GONm. Pour chaque espèce, on dénombre les données pour chaque année. Même si, statistiquement, la date moyenne d'arrivée obtenue en faisant la moyenne des cinq premières données de l'année, est discutable, c'est la seule référence actuellement disponible. La date moyenne de départ est symétriquement obtenue en faisant la moyenne des cinq dernières données de l'année. En outre, on utilise également les publications de Lang (1981, 2001a, 2001b) concernant les dates d'arrivée et de départ des

oiseaux nicheurs de Normandie. Les données nationales proviennent des études STOC (suivi temporel des oiseaux communs) mise en place par le CRBPO.

Les données concernant les dates de ponte sont issues des différents volumes de « Handbook of the Birds of Europe the middle East and North Africa » (Cramp *et al.*, 1983) et des études anglaises menées par la BTO (British Trust for Ornithology).

## 2.8. Mise au point d'une liste d'espèces indicatrices

Afin de mieux comprendre les effets du changement climatique sur l'avifaune et dans un souci de synthèse, nous établissons une liste d'espèces indicatrices. Les espèces choisies doivent être présentes sur le site d'étude, et être susceptibles de réagir aux changements climatiques (température, pluviométrie, élévation du niveau de la mer). Les espèces sont regroupées en synusie ou communautés (espèces qui vivent dans des milieux similaires), ou selon leur ordre systématique. Ainsi, nous avons élaboré 9 groupes adaptés au cas de l'estuaire de Seine et des impacts provoqués par les modifications climatiques. Ces groupes d'espèces : anatidés hivernants, nicheurs à affinités méridionales, nicheurs à affinités nordiques, hivernants à affinités méridionales, hivernants à affinités nordiques, migrants transsahariens, espèces paludicoles, limicoles et espèces patrimoniales (cf. annexe 2).

Pour l'étude des dates d'arrivée et de départ, nous prendrons en compte les oiseaux sur la Normandie entière afin de disposer d'un jeu de données suffisant.



### 3. Résultats

---

#### 3.1. Evolution de la diversité spécifique : disparition d'oiseaux du Nord, apparition d'oiseaux du Sud

Entre 1972 et 1986 (Benoist, 1986), on pouvait observer dans l'estuaire quelques espèces que l'on ne retrouve plus durant la période 1995-2004 (Morel, 2006) : oie des neiges *Anser caerulescens*, mésange boréale *Parus montanus* par exemple. Ces espèces sont originaires du nord de l'Europe (Pays-Bas, Grande-Bretagne, Irlande, Îles Féroé, Scandinavie), de la Sibérie, de l'Arctique nord américain et du Groenland et elles étaient exceptionnelles ou très rares.

Ces disparitions peuvent donc s'expliquer aisément par le caractère aléatoire de leurs apparitions. Par ailleurs, des hivers moins rudes peuvent expliquer que l'oie des neiges, par exemple, semble renoncer à atteindre des régions aussi méridionales que la Normandie tant que les hivers restent doux (Lang, 2004a).

En ce qui concerne les espèces nouvellement observées au cours de la période 1995-2004, une part de ces apparitions est due à une pression ornithologique plus forte au cours des trente dernières années. De plus, certaines de ces espèces ont toujours un statut exceptionnel ou occasionnel dans l'estuaire de Seine.

Parmi ces nouvelles apparitions, beaucoup sont d'origine méridionale : sterne caspienne *Sterna caspia*, sterne voyageuse *Sterna bengalensis*, gobe mouche à collier *Ficedula albicollis*, qui ont un statut exceptionnel ou occasionnel. Ces espèces sont en augmentation au niveau national tant en migration qu'en hivernage. Les principales causes de cette augmentation, outre la pression d'observation, seraient des conditions météorologiques plus clémentes.

Mais le raisonnement sur des espèces aussi rares n'a pas une grande valeur démonstrative.

#### 3.2. Hivernage en régression : oiseaux déplacés vers le Nord

##### 3.2.1. Passereaux des régions nordiques

Certains oiseaux des contrées nordiques comme l'alouette hausse-col *Eremophila alpestris*, le bruant des neiges *Plectrophenax nivalis* et la linotte à bec jaune *Carduelis flavirostris* connaissent une régression des effectifs en France et en Normandie en raison des hivers plus doux qui leur permettent de rester hiverner plus au Nord. Plus les isoclines (courbes de température) remontent vers le Nord, plus la végétation, les insectes et les oiseaux

remontent vers le Nord, mais chacun à une vitesse particulière pas forcément synchrone de celle des autres taxons, ce qui accentue le risque de diminution de la survie de ces oiseaux (Dubois, 2008b).

La linotte à bec jaune niche en Irlande, Grande-Bretagne, Norvège mais on la trouve aussi beaucoup plus à l'Est en Arménie, et en Asie centrale. L'espèce a fortement régressé depuis 1977-1981 (Jean Baptiste in GONm, 2004). L'oiseau était présent chaque saison intermédiaire avec lors des hivers froids (1984-1985, 1985-1986 et 1986-1987), avec des invasions comptant parfois plusieurs centaines d'individus. De plus, la linotte à bec jaune qui hivernait régulièrement dans quelques sites normands cesse, par exemple, d'être régulière en baie du Mont-Saint-Michel à partir des années 1980. Dans l'estuaire de la Seine, entre novembre et mars durant la période 1972-1986, elle avait été notée 45 fois avec un maximum de 200 oiseaux. Entre 1995-2004, elle n'a plus été notée que deux fois en baie de Seine avec un maximum de 15 oiseaux le 2 mars 1996. Cette espèce, très rare aujourd'hui en Normandie, se retire vers des zones plus nordiques probablement en raison des hivers plus doux.

Le bruant des neiges niche dans les toundras circumpolaires du Groenland, de l'Islande, de l'Ecosse et de la Russie. L'hivernage en France concerne une fraction infime de ces populations. Le nombre d'hivernants en métropole varie de 100 à 500 oiseaux, les observations sont surtout littorales. Depuis une vingtaine d'années, les effectifs sont, en moyenne, de quelques dizaines d'oiseaux. En Normandie, l'importance des effectifs n'est pas corrélée aux vagues de froid.

L'alouette hausse-col est observée tous les ans en Normandie. Les côtes françaises constituent la limite Sud de son aire d'hivernage. Néanmoins, elle reste rare en hiver avec moins de 15 individus en moyenne, localisés en baie du Mont Saint-Michel, en baie des Veys et en baie d'Orne.

Il est probable qu'à l'horizon 2100, plus aucun de ces oiseaux ne sera signalé en Normandie. Les zones d'hivernage seront déplacées vers le Nord dans les pays de la mer du Nord et de la Baltique, ainsi que sur les côtes britanniques.

### 3.2.2. Macreuses en hivernage

Les macreuses sont des canards plongeurs. La macreuse brune et la macreuse noire étaient des hivernants communs des côtes normandes, le gros des effectifs étant présent entre octobre et mars.



Le changement climatique serait en défaveur de l'hivernage de ces oiseaux sur les côtes françaises, car elles se situent en limite méridionale de l'aire d'hivernage.

Nous constatons une chute significative ( $R^2=0,6027$ ) des effectifs de macreuse brune *Melanitta fusca* sur le littoral augeron (le site d'hivernage le plus fréquenté) entre 1992 et 2007. Le nombre de macreuse brune est passé de 3260 en 1992 à 159 individus en 2005-2006 et aucun individu en 2003-2004 et 2004-2005. Cette baisse dans la baie de Seine explique fort logiquement la tendance nationale puisque l'essentiel de l'hivernage français a lieu sur le littoral augeron (cf. figure).

En Normandie, en hivernage, la macreuse brune arrive en octobre et repart surtout en mars, mais des individus peuvent s'attarder en avril (fichier GONm).. En 1990, on comptait en France 3509 macreuses brunes contre 188 seulement en 2007, avec un minimum de 14 atteint en 2001. Les effectifs moyens hivernants en France étaient de 3100 entre 1987-1996 et seulement de 700 entre 1997-2006 (Dubois et al, 2008a).

Le pays d'Auge ne serait plus qu'un site de repli très secondaire pour les oiseaux qui auraient tendance à rester plus au nord. En effet, les hivers plus doux, en raison des changements climatiques, implique que celles-ci descendent moins au sud pour hiverner (Debout, 2008 ; Massé & Aulert, 2008).

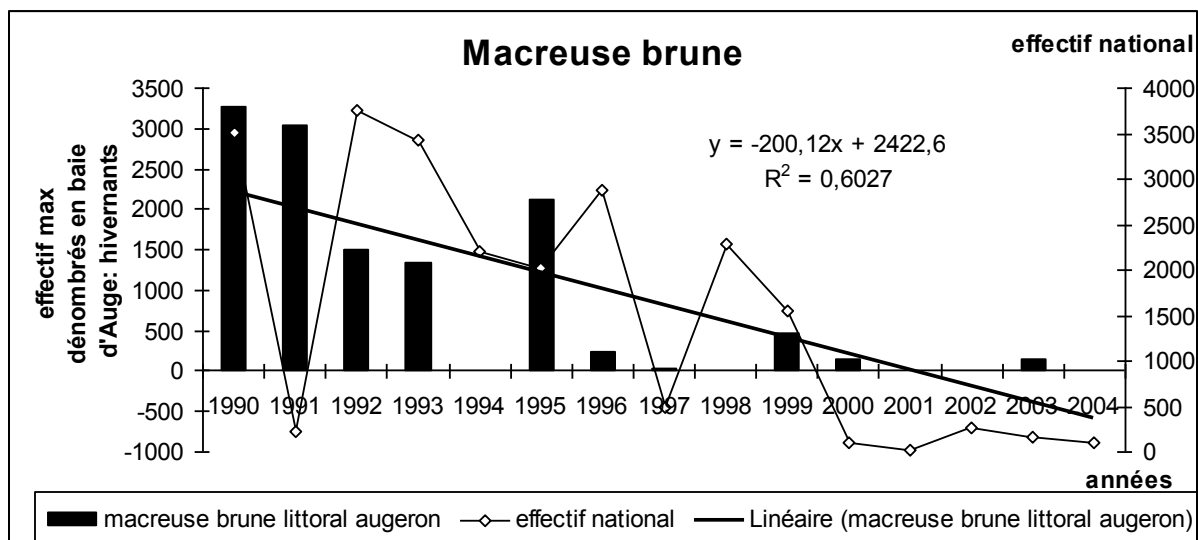


Figure 2 : évolution des effectifs maximaux (ici uniquement les hivernants) de macreuses brunes sur le littoral augeron entre 1990 et 2004 et comparaison avec l'effectif national.

Tout comme la macreuse brune, la macreuse noire *Melanitta nigra* connaît une baisse de ses effectifs en hivernage entre 1992 et 2007 dans le pays d'Auge, mais elle est moins marquée que celle de la macreuse brune ( $R^2=0,4331$ ). Durant l'hiver 1995-1996, on comptait 13691 hivernants contre seulement 15 pendant l'hiver 2006-2007. Cette chute n'est pas

compensée par d'autres sites normands (Baie du Mont-Saint-Michel, Baie des Veys). Elle est corrélée avec l'évolution des effectifs au niveau national. En 1990, 72369 macreuses noires ont été dénombrées contre 22321 en 2007 (cf. figure 3). Les effectifs moyens hivernants en France étaient de 57100 entre 1987-1996 contre seulement 29100 sur la période 1997-2006 (Dubois et al, 2008a). La présence de la macreuse noire sur le littoral augeron est très ancienne et a fait l'objet d'une exploitation traditionnelle par la pêche (Debout, 1995). La diminution des effectifs en hivernage de la macreuse noire a des causes locales mais aussi externes. La population paléarctique était estimée selon Redman à 2 millions en 1952 (in Debout, 2008). Aujourd'hui, elle fluctue entre 300000 et 400000 individus depuis 1970. Les effectifs hivernants sur le littoral augeron étaient vraisemblablement gigantesques dans les années 1950 car les macreuses permettaient une véritable activité économique et un volume de capture impensable de nos jours (Debout, 2008). Localement, s'ajoute une raréfaction des proies des macreuses noires, notamment de *Donax vittatillus* suite aux changements de la nature des fonds marins (envasement). La baisse des effectifs de macreuse noire serait donc due au cumul de la baisse de la population paléarctique, de la diminution de la nourriture (Massé & Aulert, 2008 ; Debout, 2008) mais aussi des hivers plus doux qui permettent aux macreuses noires d'hiverner plus au Nord.

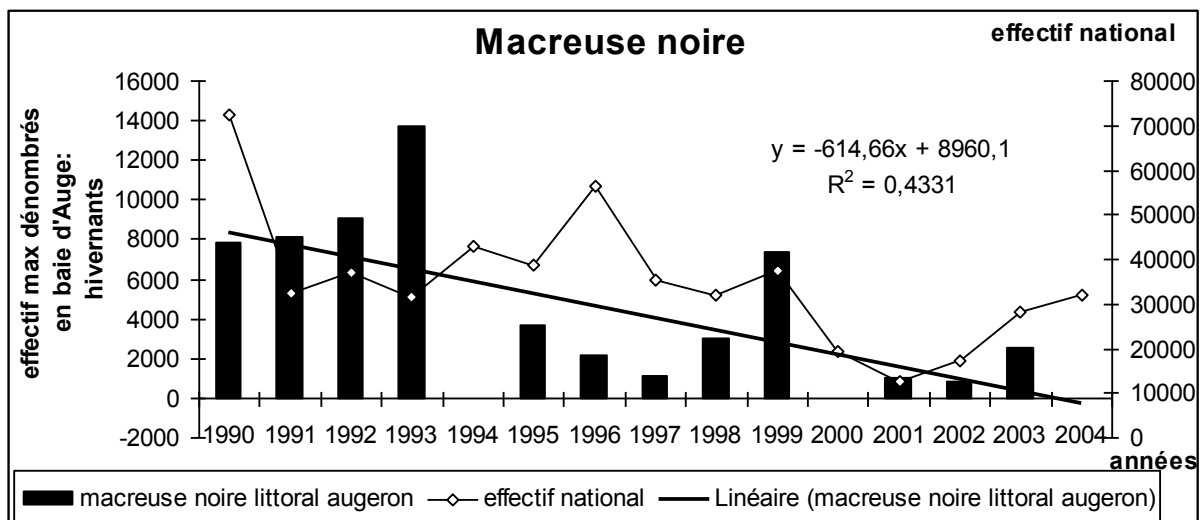


Figure 3 : évolution des effectifs maximaux (ici uniquement les hivernants) de macreuses noire sur le littoral augeron entre 1990 et 2004 et comparaison avec l'effectif national.

### 3.3. Hivernage en augmentation

#### 3.3.1. Oie cendrée *Anser anser*

Pour d'autres anatidés, dont les limites méridionales de l'aire de répartition sont situées jusqu'ici au Sud des côtes normandes, l'hivernage progresse.



L'oie cendrée se reproduit de l'Islande et de Scandinavie à l'Europe centrale. En France, c'est une nicheuse rare, et une migratrice et hivernante localement commune.

On constate que les effectifs maximaux annuels augmentent relativement ( $R^2=0,2233$ , cf. figure 4) dans l'estuaire de Seine atteignant 350 individus en 2001 et 1096 en 2004. Cette tendance à la hausse suit la tendance nationale. L'effectif moyen des hivernants en France était de 132 oiseaux pour la période 1967-1976, 948 entre 1977-1986, 3310 entre 1987-1996. L'hivernage de l'oie cendrée augmente donc en France et dans l'estuaire. Entre 1972 et 1986, quelques oies seulement séjournaient occasionnellement en hiver et au printemps dans les prairies humides. On est passé de moins de 20 individus durant les années 1990 hivernant dans l'estuaire et le Marais Vernier à plus de 100 après 2001 avec un maximum atteint en 2003 avec plus de 120 hivernants. Les conditions d'hivernage, liées au changement climatique permettent désormais aux oiseaux d'hiverner non plus majoritairement en Europe du Sud comme par le passé (jusqu'au début des années 1980), mais à présent en Europe tempérée, en France notamment où l'hivernage augmente (Birdlife, 2004), mais aussi dès le sud de la péninsule scandinave. Les oiseaux effectuent désormais des trajets migratoires plus courts, ce qui a un effet positif sur leur condition physiologique pré-nuptiale (dépense énergétique moindre).

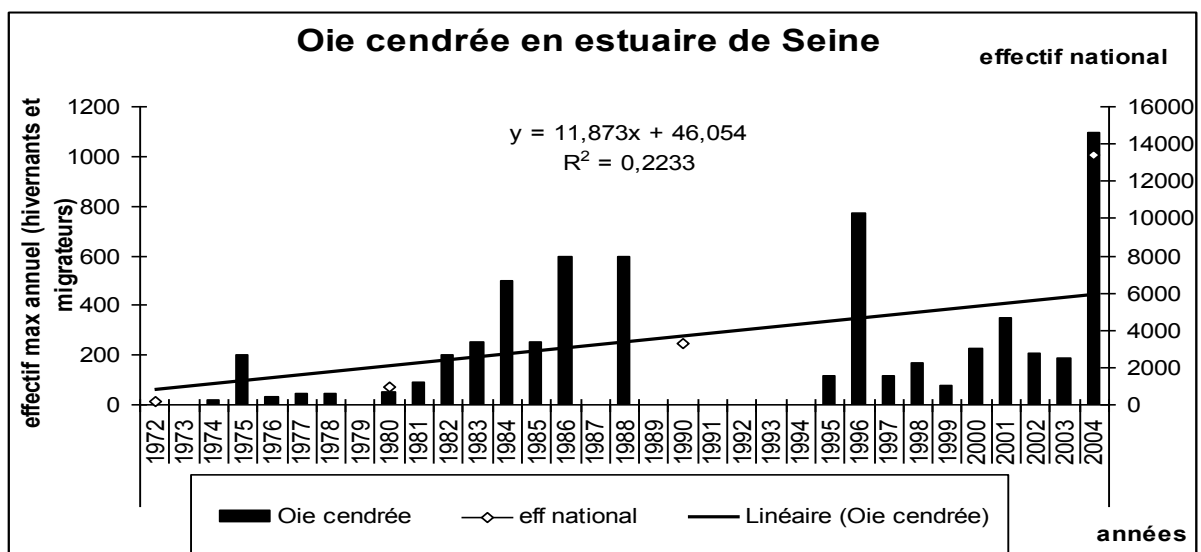


Figure 4: évolution des effectifs maximaux annuels (hivernants et migrants) d'oie cendrée en estuaire de Seine et effectif national entre 1972 et 2004 (années 1987, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994 non inventorié).

### 3.3.2. Le fuligule milouin *Aythya ferina*

Sur la réserve de la Grande Noë, à Poses, l'hivernage du Fuligule milouin augmente : moins d'une centaine d'hivernants jusqu'en 1980, 2000 en 1986 4500 en 1996 et 5061 en 2006.

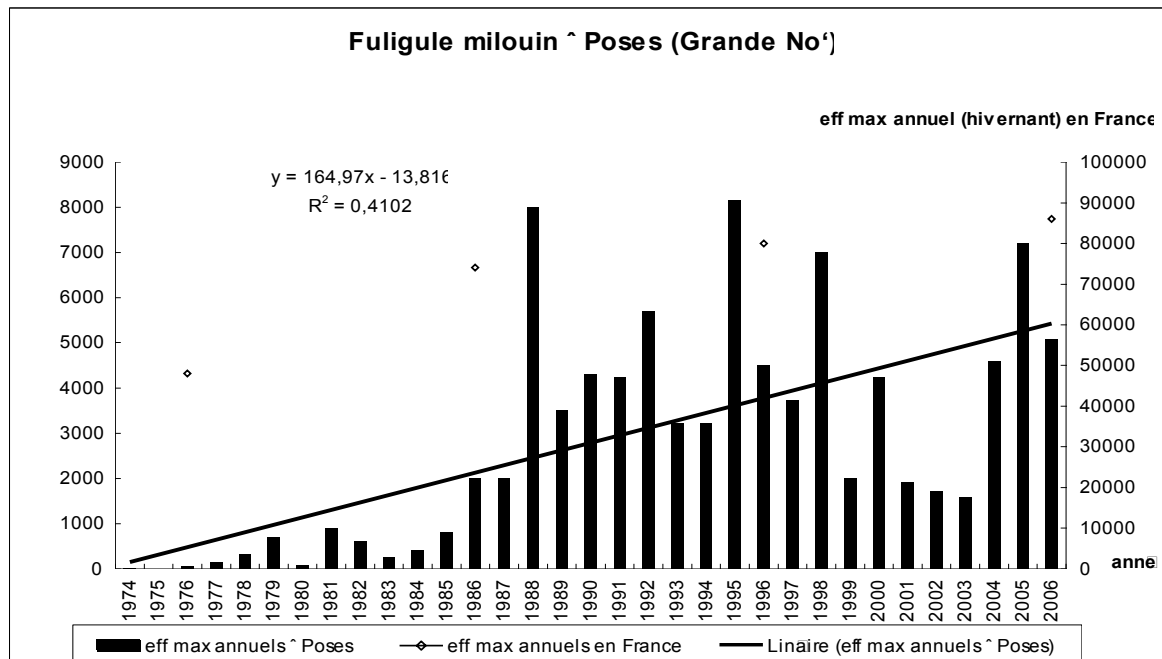


figure 5 : évolution du fuligule milouin entre 1974 et 2006 à Poses

Cet accroissement suit la tendance nationale (cf. figure 5). Depuis les années 1970, l'hivernage du fuligule milouin augmente sur le territoire national (48000 entre 1976-1986, 80000 entre 1986-1996, 86000 entre 1996-2006). Toutefois, certains sites sont désertés par les fuligules milouins comme la Corse et la Camargue (Dubois et al., 2008a), tandis que d'autres voient le nombre d'hivernants progresser, et des nouveaux sites d'hivernage apparaissent à la faveur de barrages ou d'exploitations de ballastières, comme pour la réserve de la Grande Noë. En outre, l'augmentation des températures hivernales entraîne un déplacement de l'aire d'hivernage plus au Nord.

### 3.3.3. Espèces à affinités méridionales : ardéidés, ciconiformes, sylviidé

Les successions d'hiver doux et de printemps chauds ont conduit les oiseaux qui passaient habituellement la mauvaise saison sur les côtes méditerranéennes, voire en Afrique centrale et tropicale, à exploiter des sites d'hivernage plus au nord. Ceci se traduit par une augmentation des effectifs en hivernage des oiseaux à affinités méridionale (cf. figure 6).

L'aigrette garzette *Egretta garzetta* a connu une croissance marquée ces dernières décennies.

Elle apparaît dans l'estuaire pour la première fois en 1975 avec 3 individus, puis 5 en 1984. L'hivernage dans l'estuaire ne commence qu'au cours des années 1990-2000. Lors des 6

hivers recensés entre 1999 et 2005, la moyenne des maxima observés est de 130 hivernants (et entre 4300-9300 en France). Cette progression de l'aigrette garzette en France et dans l'estuaire s'explique par le changement climatique, qui laisse disponible les crevettes et les alevins pour l'aigrette. Les mesures de protection ont aussi favorisé cette espèce méridionale mais pas seulement : il est remarquable de constater que cette implantation vers le nord a immédiatement suivi une très forte mortalité due à une vague de froid, comme si ce froid avait sélectionné les individus les plus résistants (Debout, 1997).

Une autre espèce symbolise la colonisation des oiseaux méridionaux : le héron garde-bœufs *Bulbucus ibis*, espèce d'origine tropicale africaine. Elle hiverne en France depuis 1970, principalement en Camargue. En France, Dubois *et al.* (2008a) estiment le nombre d'hivernants à 10000-12000 individus au milieu des années 2000. L'estuaire a accueilli 14 hivernants en 2004. Cette expansion est favorisée par une diminution de la mortalité hivernale et par une sédentarisation de l'espèce (Hafner *et al.*, 1992 ; Marion *et al.*, 1993).

L'hivernage de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* s'accroît également en Normandie et dans l'estuaire.

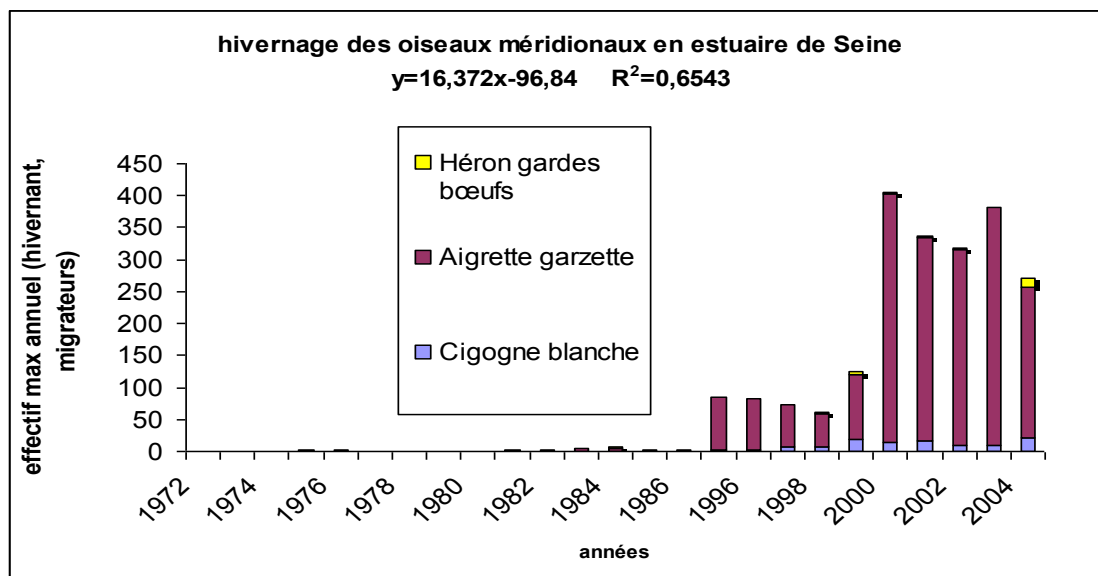


Figure 6 : évolution des effectifs maximaux annuels d'aigrette garzette, héron garde-bœufs, cigogne blanche en estuaire de Seine.

Le cas de la fauvette à tête noire *Sylvia atricapilla* est également notable. Elle hiverne habituellement en Afrique tropicale. Aujourd'hui, l'effectif hivernant français est compris entre 200000-300000 individus.

Dans l'estuaire de la Seine, elle est signalée à partir de 1984 avec 1 ou 2 individus régulièrement capturés fin août. Entre 1995 et 2004, elle est signalée trois fois en hivernage.



L'hivernage est de plus en plus fréquent dans le nord de la France comme cela a été noté dès 1990 en Normandie. Le nombre de données hivernales a augmenté durant ces dernières décennies (cf. figure 7). Cet accroissement de l'hivernage s'expliquerait par le changement climatique favorisant les hivers doux, mais aussi par une augmentation des forêts en France.

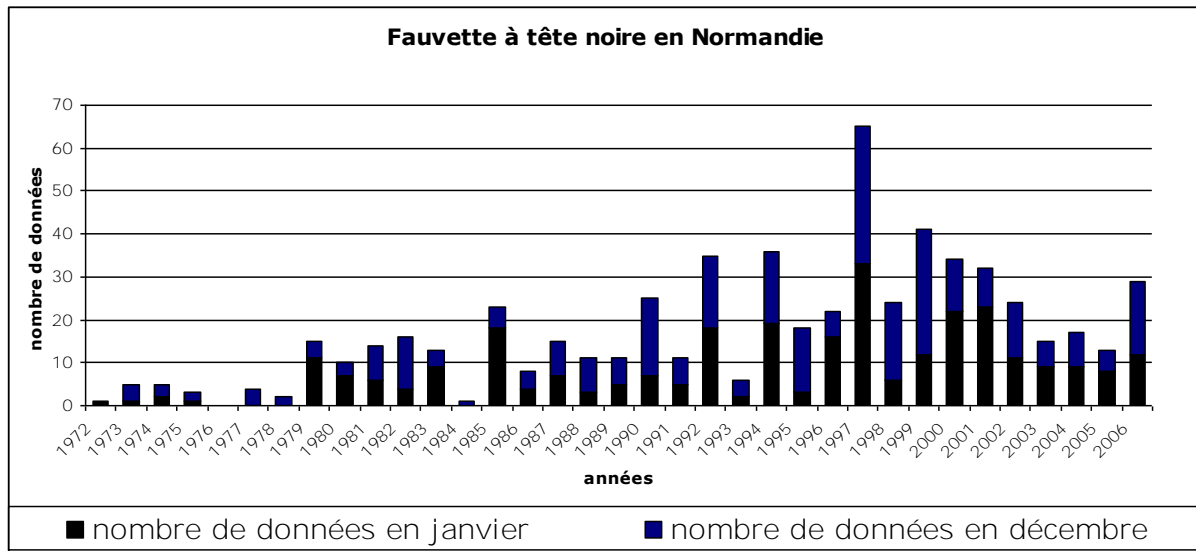


Figure 7 : évolution du nombre de données hivernales (mois de janvier et de décembre) concernant la Fauvette à tête noire entre 1972 et 2006.

### 3.3.4. Hivernage des échassiers

Beaucoup de limicoles (oiseaux se nourrissant sur les vasières) ont réagi à la succession d'hivers doux de ces dernières années. Avec ces hivers de plus en plus cléments, les limicoles hivernants dans le bassin méditerranéen pourraient déplacer leur aire d'hivernage de plus de 200 km au Nord-ouest (Maclean et al, 2008). Ces nouvelles conditions de températures hivernales permettent à ces limicoles de voyager moins loin de leur aire de reproduction, ce qui a un effet positif sur leur taux de survie. Ainsi, les limicoles qui hivernaient habituellement en Afrique ou dans le bassin méditerranéen sont de plus en plus nombreux à passer la mauvaise saison en France et, en particulier, dans l'estuaire de Seine. La figure 8 montre que les effectifs maximaux annuels de pluvier argenté *Pluvialis squatarola* ont augmenté entre 1972-1986 et 1995-2004 dans l'estuaire, témoignant d'un accroissement du nombre d'hivernants et de migrants. Dans l'estuaire de Seine, on comptait 400 individus à la fin mai 1975, 245 en avril 1976, 598 individus le 30 avril 2004 alors qu'au début du vingtième siècle, Mayaud (1953) le considérait comme un hivernant rare en France. L'effectif

national hivernant augmente passant de 4800 individus au début des années 1970 à 14400 dans les années 1980, 28000 dans les années 2000, en raison des hivers plus cléments.

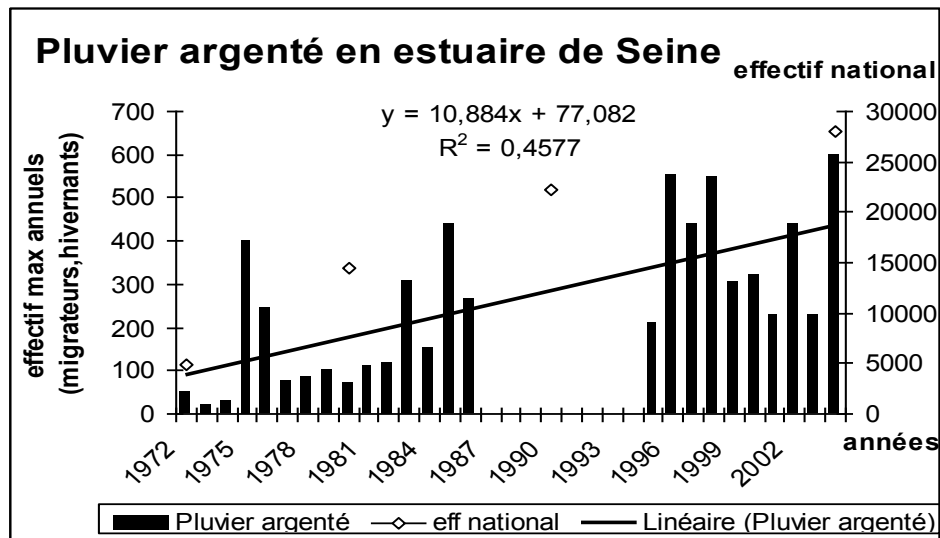


Figure 8: évolution des effectifs maximaux annuels, du pluvier argenté, entre 1972 et 2004, ainsi que de leur évolution au plan national (années 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994 non inventorié).

Cette tendance se révèle également chez le bécasseau minute *Calidris minuta*. En France, l'hivernage augmente sur les côtes méditerranéennes depuis 1970, jusqu'à 600-900 décomptés à la fin des années 1980 et continuant de progresser dans les années 2000 (740-2600 hivernants). Trois oiseaux ont été présents en hivernage dans l'estuaire durant la période 1995-2004.

Chez la spatule blanche *Platalea leucorodia*, l'hivernage commence à devenir régulier en France au début des années 1980, une dizaine en moyenne. Au milieu des années 1990, on comptait de 50-60 hivernants. Durant l'hiver 2006-2007, 420 à 470 individus y ont été dénombrés. Cela est également vrai pour le territoire de la ZPS. Deux à trois individus ont hiverné dans l'estuaire en décembre 2002 et janvier 2003 et un en décembre 2004 et 2006. L'hivernage, encore ponctuel, semble à présent quasi régulier en Méditerranée, notamment dans l'Hérault (Disca et Rufray, 1995) pour l'échasse blanche *Himantopus himantopus*, et il augmente en France pour le gravelot à collier interrompu *Charadrius alexandrinus*.

### 3.3.5. Hivernage des espèces paludicoles

Les espèces de la roselière de l'estuaire réagissent à la douceur hivernale de ces dernières décennies.

Par exemple, l'hivernage du butor étoilé *Botaurus stellaris* a changé. En effet, Mayaud (1936), le donnait comme hivernant seulement en Camargue et en Corse. Actuellement, on

observe régulièrement des oiseaux dans le Nord ouest du pays depuis le milieu du vingtième siècle. Nous ne savons pas s'il s'agit des individus de l'Europe de l'Est qui viennent hiverner en plus grand nombre ou si les nicheurs français se sédentarisent et restent sur leur lieu de reproduction.

L'hivernage de la gorge-bleue *Luscinia svecica* miroir devient régulier sur le littoral méditerranéen (Camargue jusqu'aux Pyrénées orientales) depuis le début des années 1980, en réponse aux hivers plus doux. Cette région constitue désormais la limite nord de l'aire normale d'hivernage de l'espèce. Sa présence hivernale future en Normandie, et dans l'estuaire de la Seine en particulier, doit faire l'objet d'une grande attention.

### 3.4. La migration pré-nuptiale

#### 3.4.1. Décalage des dates d'arrivée

Le comportement migratoire des oiseaux est ancien, très certainement antérieur aux glaciations. Dans les régions où les saisons sont marquées, la migration permet aux oiseaux de revenir profiter de tous les écosystèmes à la bonne saison et de se soustraire aux conditions d'existence défavorables de l'hiver. Les contrastes entre été et hiver ont considérablement changé au cours du temps. Cependant, le comportement et les orientations prises par les migrateurs ont une forte composante génétique. Le comportement migratoire est, par conséquent, assez stable malgré le changement climatique. De nombreux facteurs interviennent pour faire débiter la reproduction chez l'oiseau. Une grande part de la reproduction est conditionnée par des signaux internes comme la condition physique, dépendant des ressources du milieu, elles-mêmes tributaires de la phénologie du milieu (cf. figure 9). Cependant, la plasticité phénotypique des oiseaux joue un grand rôle dans l'adaptation des migrateurs aux changements climatiques. Comprendre les limites de l'adaptation par la plasticité phénotypique est un point important pour les recherches futures (Charmentier et al, 2008).

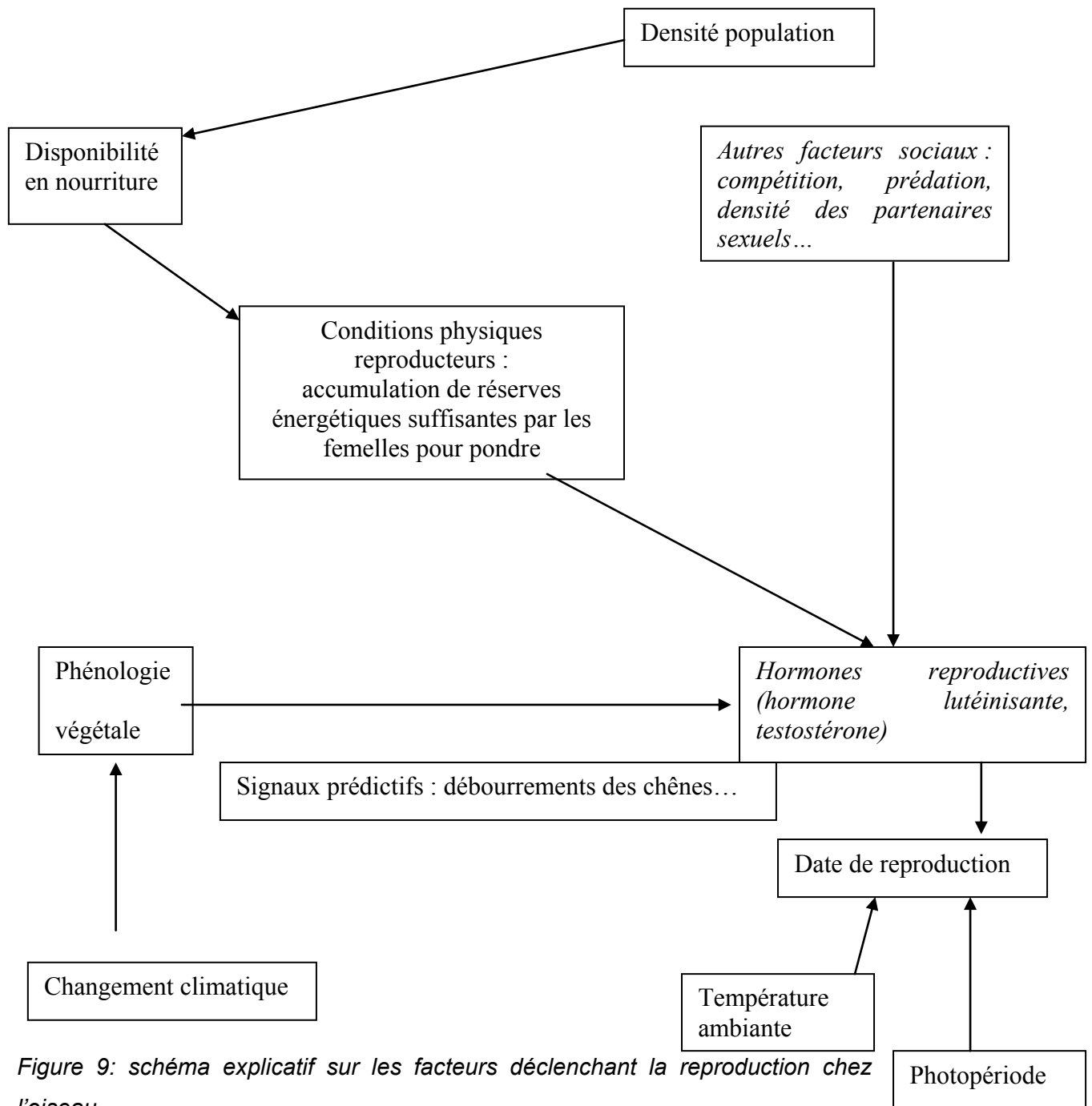


Figure 9: schéma explicatif sur les facteurs déclenchant la reproduction chez l'oiseau

Il semblerait que certains passereaux anticipent l'arrivée de la nourriture en se basant sur le débourrement des chênes. Des expériences en laboratoire ont montré que

certaines substances présentes dans les bourgeons et les plantules stimulent la production de LH qui induit le développement des gonades. Il se peut que les changements phénologiques influent sur l'hypophyse stimulant la LH (directement ou indirectement). Toutefois cela reste encore à approfondir. De plus ces résultats, obtenus en laboratoire, ne prennent donc pas en compte la complexité des milieux naturels (Vaché, 2006).

Malgré tout, les oiseaux peuvent s'adapter au réchauffement climatique, y compris pour certains de façon héréditaire : décalage des dates d'arrivée grâce à des variations épigénétiques sans modifications du génome, mécanisme trop long et aléatoire (Denhez, 2009). Hüppop & Hüppop (2002) ont démontré qu'il avait un retour plus précoce de migrateurs au long cours et partiel à Heligoland depuis 1909 : 0,05 à 0,28 jour/an. Tous les migrateurs (à courtes ou longues distances) sont concernés (Hüppop & Hüppop, 2003).

Chez la rousserolle effarvate *Acrocephalus scirpaceus* (espèce la mieux représentée en période de reproduction dans la roselière de l'estuaire de la Seine), les retours prénuptiaux sont de plus en plus précoces (Halupka et al, 2007). En Normandie, la tendance se confirme (cf. figure 10).

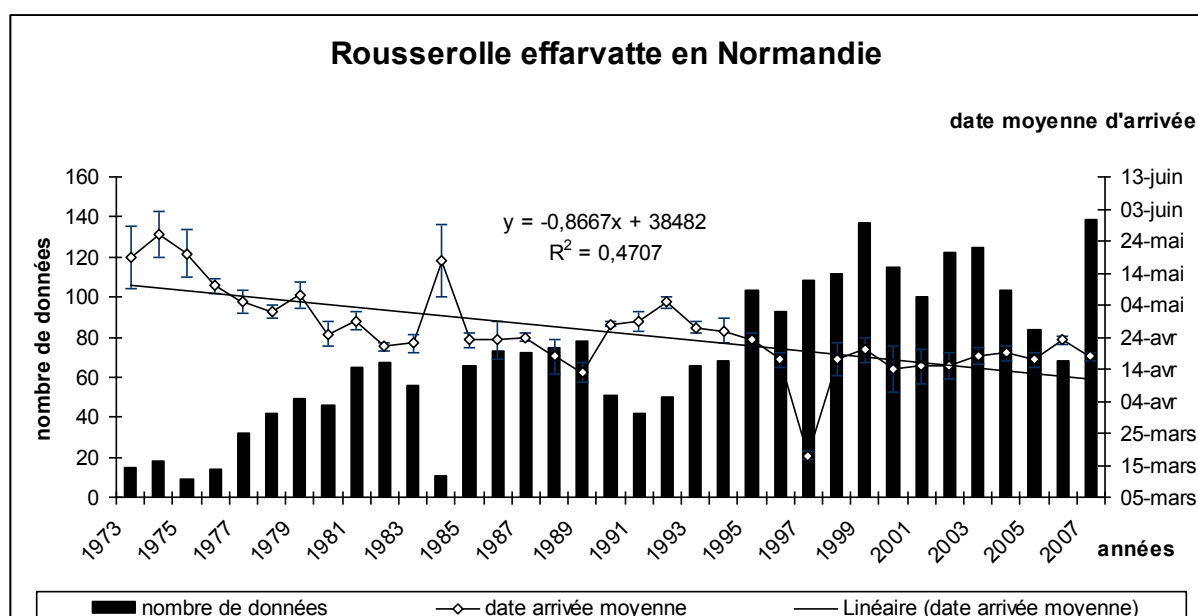


Figure 10: évolution de la date d'arrivée de la Rousserolle effarvate en Normandie.

L'étude de Lang (2001a), montre que la date d'arrivée-record du rossignol philomèle *Luscinia megarhynchos* a avancé : sur la période 1965-1980, la date d'arrivée record était le 11/04, alors que sur la période 1981-2001, elle était du 13/03. Cependant, l'auteur relativise ce résultat en faisant part d'une pression d'observation croissante au fil du temps. Il faut aussi tenir compte de la variabilité interannuelle.

Tryjanowski *et al.* (2002) ont mis en évidence un retour précoce des migrateurs partiels (depuis 2-3 décennies) corrélé aux températures printanières sur les lieux de reproduction. En France, les migrateurs à courtes distances sont plus précoces : 5 à 12 jours en 30 ans. Le programme STOC fait état d'une arrivée plus précoce chez le rouge-queue à front blanc *Phoenicurus phoenicurus* et chez les hirondelles. La date moyenne d'arrivée de ces passereaux est plus précoce en Normandie (cf. figure 11).

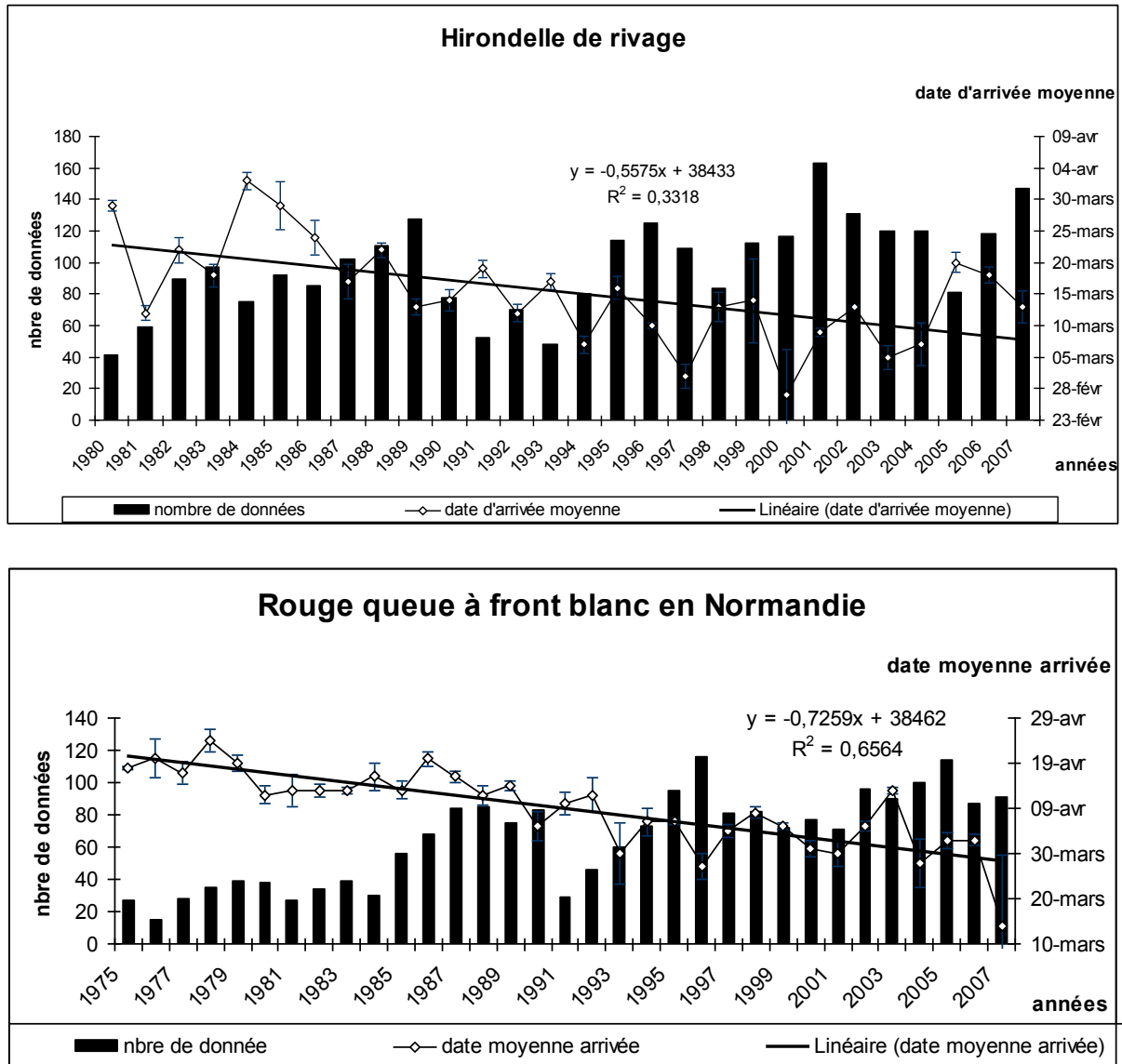


Figure 11 : évolution des dates d'arrivée du Rouge queue à front blanc et de l'hirondelle de rivage *Riparia riparia* en Normandie.

Ces résultats s'expliquent par une arrivée plus précoce du printemps. En effet, plusieurs études montrent une corrélation négative entre les dates d'arrivée et les températures printanières (Lehikoinen et al 2004, Root et al 2005, Gienapp et al 2007). Les oiseaux

arrivent plus tôt lorsque celles-ci sont élevées. La hausse des températures permet d'accroître la productivité primaire et donc d'accroître la quantité de ressources disponibles (Huin & Sparks 1998, Hüppop & Hüppop 2003, Ahola et al 2004, Vähätalo et al 2004, Both et al 2005, Mitrus et al 2005, Rainio et al 2006).

Une arrivée précoce des oiseaux sur leurs sites de reproduction induit une augmentation de la survie : ils bénéficient des meilleurs territoires de reproduction, des meilleurs sites de nidification (Moller 1994, Kokko 1999, Forstmeier 2002, Dunn 2004, Bearhop et al. 2005, Newton 2006). De plus, les ressources alimentaires sont plus précoces, ce qui profite aux oiseaux arrivant plus tôt (Moller 2004).

Néanmoins, quelques populations n'ont pas changé leurs dates d'arrivée durant ces dernières années en dépit des changements favorables au printemps (Wilson et al 2000, Both et Visser 2001, Strode 2003, Gordo et al. 2005, Weidinger & Kral 2007).

Nous constatons ainsi que de nombreux migrateurs comme la mésange charbonnière *Parus major* et le gobe-mouche noir *Ficedula hypoleuca* (Both et al, 2001, 2005) ne sont plus synchronisés avec les pics d'abondance de leurs proies, ce qui induit un échec de la reproduction chez les migrateurs (cf figure 12). Cette dernière espèce est très peu présente en Normandie mais ce phénomène devrait, selon toute vraisemblance, se produire chez d'autres espèces. Une mauvaise synchronisation avec la fenêtre des disponibilités alimentaires sera hautement préjudiciable. La reproduction se retrouve décalée par rapport

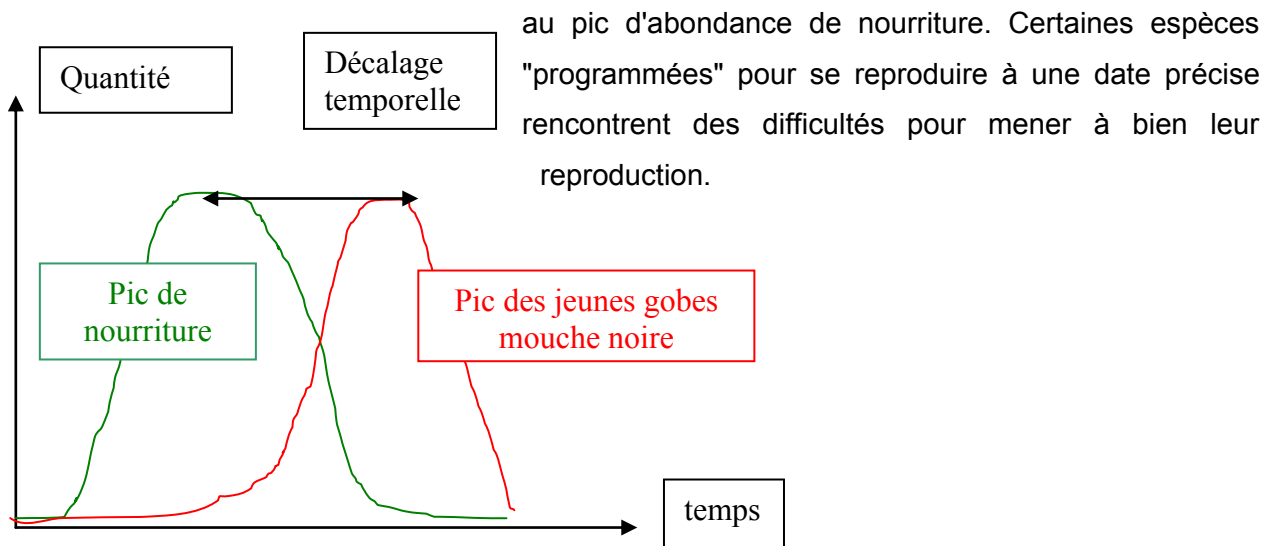
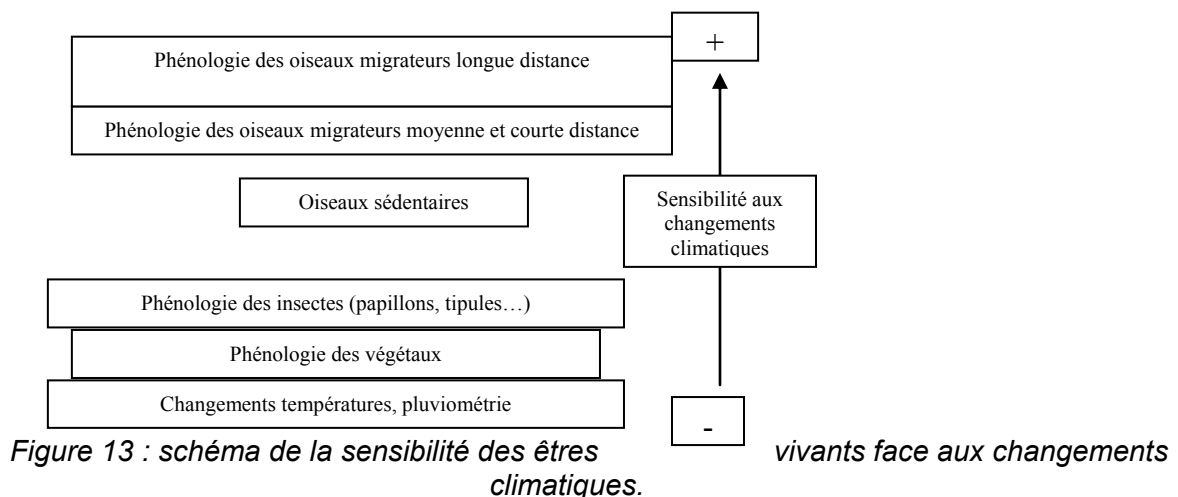


Figure 12 : schéma du décalage du pic alimentaire chez le gobe mouche noire



Both *et al.* (2001, 2005) ont montré que 90% des gobe-mouches noirs hollandais ont disparu en raison d'une asynchronie avec leurs proies. Le gobe-mouche, s'il a tout de même avancé sa date de ponte (15 jours en Suisse, mais essentiellement entre 1930 et 1950), reste en déphasage avec les larves (chenilles principalement), devenues adultes lors de son arrivée. Il ne peut plus nourrir ses petits : il s'en suit un échec de la reproduction. Certaines espèces seront affectées, à court terme, par la dérive des dates d'arrivées des migrateurs ou des dates de la première nichée. Le déphasage dans le temps entre les périodes de présence des oiseaux et la disponibilité des ressources alimentaires, (chenilles, graines...), et d'éventuels effets de compétition entre espèces pour l'accès aux sites de nidification (« premier arrivé, premier servi » !) perturbent la faune. Pour un grand nombre d'espèces, il existe des preuves qu'en raison du changement des événements biologiques saisonniers, les oiseaux n'arrivent pas au moment où la disponibilité des ressources alimentaires est optimale. Les oiseaux migrateurs peuvent répondre au changement climatique en changeant le rythme des événements significatifs de leur cycle de vie, comme la reproduction. Cependant, les ressources dont ils dépendent répondent elles aussi au changement climatique, mais souvent à un autre rythme. Dans ce cadre, il serait alors intéressant de confronter nos résultats à ceux obtenus sur la flore. Les isoclines (courbes de température) remontent vers le Nord ; la végétation, les insectes et les oiseaux aussi mais chacun à des vitesses différentes ce qui accentue le risque de diminution de la survie pour ces oiseaux (cf. figure 13).



Nous ne savons pas dans quelle mesure les oiseaux migrateurs peuvent évoluer suffisamment pour répondre au changement climatique et donc éviter de commettre des erreurs écologiques.

### 3.4.2. L'oscillation nord atlantique : NAO<sup>3</sup>

Les tempêtes et les vents influencent grandement les migrateurs. La NAO (oscillation nord atlantique) bénéficie aux migrateurs passant par l'Ouest et pourrait s'intensifier avec le réchauffement climatique à la faveur des migrateurs empruntant cette voie (Hüppop & Winckel, 2006).

En raison d'une NAO positive, la production primaire augmente dans le sud de l'Afrique. Forchhammer et al (2002) suggèrent que ces conditions permettent un départ plus précoce des quartiers d'hiver africains. Les oiseaux font leur réserve plus rapidement. Beaucoup d'autres études montrent que les oiseaux avancent leurs dates d'arrivée printanières après des hivers avec une phase positive de la NAO (Boyd 2003, Hubalek 2003, Hüppop & Hüppop 2003, Sparks et al 2005, Ahas & Aasa 2006, Jonzen et al 2006, Rainio et al 2006).

### 3.4.3. Changement de la dynamique des espèces en migration pré-nuptiale

L'estuaire de Seine est une étape migratoire pour de nombreux limicoles comme le courlis corlieu *Numenius phaeopus*. C'est en avril et mai qu'il est le plus régulier, et dans une moindre mesure, en août et septembre, lors des migrations. Les effectifs maximaux sont notés entre le 20 avril et le 5 mai et entre le 20 juillet et le 31 août. Cette espèce fréquente les prairies sub-halophiles, les hauts de plages, les vasières et les roselières fauchées. Entre 1999 et 2007, les effectifs ont été moins importants que ceux de 1998, (435 en 1999, 117 en 2007) et continuent à régresser, témoignant d'une réelle diminution des migrateurs ( $R^2 = 0,7446$ , cf. figure 14).

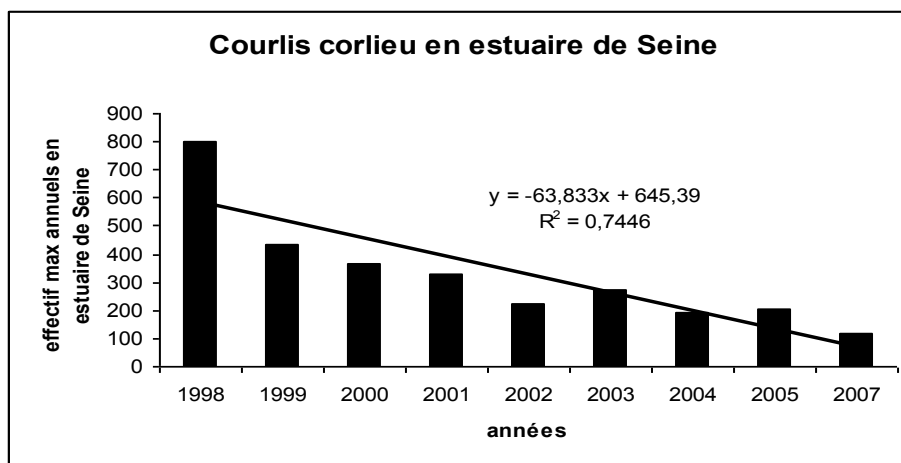


Figure 14: évolution des effectifs maximaux annuels du courlis corlieu en estuaire de Seine entre 1998 et 2007.

<sup>3</sup> Voir index à la fin du rapport

En Vendée, région principale de stationnement du courlis corlieu en France, on comptait jusqu'à 17000 individus dans les dortoirs de la baie de l'aiguillon en 1980, mais moins de 5000 à la fin des années 1990 et quelques centaines au milieu des années 2000. Cette baisse n'est vraisemblablement pas liée à la dynamique des populations à l'échelle nationale, car l'aire de répartition biogéographique reste stable (LPO, 2004). Cette baisse s'expliquerait par des mauvaises pratiques agricoles tant en Vendée qu'en estuaire de Seine (Aulert et al, 2009), mais aussi par la montée du niveau de la mer. Cela pourrait accentuer le phénomène en réduisant la capacité d'accueil des milieux (vasières, estran rocheux) lors des migrations.

D'autres espèces voient leurs effectifs en migration pré-nuptiale augmenter. C'est le cas de l'aigrette garzette (jusqu'à 350 individus dans la ZPS en 2003), et de la spatule blanche (de 152 individus en 1982 à 1112 en 2006). Ces espèces, méridionales, semblent profiter de la hausse des températures printanières pour s'implanter dans le Nord de l'Europe.

#### **3.4.4. Changements dans les trajets migratoires**

Chez la fauvette à tête noire, les oiseaux auraient adopté une nouvelle voie migratoire et pris des quartiers d'hivers plus proches de leur lieu de nidification. En 1965, les fauvettes à tête noire autrichiennes et allemandes passaient tout l'hiver sur les rives de la Méditerranée. Mais quelques individus ont dévié de leur trajectoire migratoire pour se retrouver dans les îles britanniques. Elles trouvèrent là des conditions d'hivernage clémentes, plus près de leur lieu de nidification. C'est ainsi que cette espèce a établi ses nouveaux quartiers d'hiver 1000-1500 Km plus au nord de l'aire traditionnelle. Ce nouveau comportement a pu se maintenir grâce aux conditions climatiques clémentes et à la sollicitude des anglais, mais aussi parce que les hivernants britanniques arrivaient plus rapidement sur les quartiers de reproduction et avaient donc un avantage sur les fauvettes méditerranéennes (Vansteenwegen, 1998)

Néanmoins, toutes les populations ne se sont pas adaptées de cette manière. En effet, Huntley (2008), puis Doswald (2009) ont mis en évidence un allongement des trajets migratoires chez les sylviidés (essentiellement fauvettes). On parle de migrations marathon pour ces oiseaux, peu sensibles aux changements des températures en raison des longues distances qu'ils effectuent. Concernant les fauvettes qui migrent partiellement, la distance moyenne à parcourir serait de 1500-1650 Km contre actuellement 1700 Km. Pour les fauvettes transsahariennes, la distance moyenne à parcourir serait de 5500-5800 Km contre 4550 actuellement.

Cet allongement des trajets migratoires diminue le taux de survie des migrants. Ces résultats corroborent ceux de Lemoine et al (1997), qui stipulent que les sédentaires prennent l'ascendant sur les migrants.



### 3.5. La nidification

#### 3.5.1. Ardéidés, ciconiformes, sylviidés

Le changement climatique est à l'origine de déplacement, d'extension et/ou de contraction des aires de reproduction de beaucoup d'espèces. Ainsi, nous remarquons que les espèces à affinités méridionales progressent.

L'aigrette garzette a connu une croissance marquée ces dernières décennies. Elle niche en Camargue depuis les années 1930 et colonise le reste de la France à partir des années 1980. Elle niche même maintenant en Pologne, en Grande-Bretagne et aux Pays-Bas.

Cette progression de l'aigrette garzette en France et dans l'estuaire s'explique par le changement climatique. Les hivers doux ont favorisé cette espèce méridionale (Debout, 1997). L'introduction de l'écrevisse américaine en France accentue localement le phénomène. Elle a étendu son aire de reproduction vers le Nord et l'on a assisté depuis une vingtaine d'années à une colonisation du nord de la France. Elle niche dans l'estuaire de la Seine depuis 2007.

Une autre espèce symbolise la colonisation des oiseaux méridionaux. Le héron garde-bœufs niche dans le sud de l'Europe, en Afrique, dans le Sud-ouest asiatique et en Amérique du nord et du sud. Avant 1950, cette espèce était accidentelle dans le midi de la France. Elle niche pour la première fois en Camargue en 1957. À la fin des années 1980, elle niche dans le Piémont, au Nord-Ouest de l'Italie (Burton, 1995). En 1992, on comptait 1200 couples en France dont 1078 en Camargue et une centaine répartie sur plusieurs sites allant jusqu'à la Somme. En 1994, il y avait 2300 couples en France, 3500 en 1995, 7250 en 2000 et 9000 en 2006. Cette augmentation s'explique par une extension de l'aire de répartition de l'oiseau vers le Nord, favorisée par les mesures de protection des milieux et des températures clémentes.

Cette espèce est nouvellement nicheuse dans la ZPS de l'estuaire. La première nidification haut-normande a eu lieu en 2007 (Chartier, 2007) dans les boucles de la Seine à Heurteville et en 2009 il a également niché au Havre. De plus, les zones de reproduction et les zones d'hivernage sont de plus en plus proches, certains individus sont même devenus sédentaires. Mentionnons aussi l'augmentation du nombre de couples nicheurs de cigogne blanche en Normandie : cet accroissement suit les tendances nationales. Là aussi, la hausse des températures ajoutée aux mesures de protection favorisent la colonisation de l'espèce.

Nous pouvons alors nous demander quelles sont les conséquences de l'arrivée de ces espèces africaines sur la fonctionnalité des écosystèmes en Europe. Prennent-elles la place des oiseaux nordiques qui disparaissent ou alors d'autres espèces qui ne sont pas directement touchées par le changement climatique ?



### 3.5.2. Limicoles nicheurs

Selon le programme STOC, les limicoles seraient les plus touchés (61%) dont 42% négativement, le changement climatique agissant sur plusieurs variables écologiques. L'élévation du niveau de la mer serait défavorable aux limicoles (cf. partie 3.7), tandis que la hausse des températures leur profiterait. Il est donc difficile de prévoir les conséquences sur ce groupe.

La population nicheuse européenne de vanneau huppé *Vanellus vanellus* est estimée entre 2 et 11 millions de couples. En France, la population est estimée à 30000 et 45000 couples dans les années 1960 contre 17400 à 20300 en 1984 et 18000 couples actuellement (Tucker et Heath, 1994). En Normandie, on comptait 1500 à 2620 couples entre 1981 et 1984 et l'on n'en dénombre plus que 733 à 966 en 1996. Dans l'estuaire de Seine, de 340 à 660 couples nichaient en 1984, entre 90 et 110 en 1996, entre 67 et 82 entre 2000 et 2005, 98 couples en 2006, 106 en 2007 et 97 en 2008. La population dans la ZPS a donc fortement diminué (de -38,8 à -53,8 %) par rapport aux débuts des années 1980, mais a connu une relative stabilité voire une augmentation ces dernières années qui demeurent cependant 5 fois plus faibles qu'il y a une trentaine d'années. Cette espèce a besoin de prairies rases avec un fort taux d'humidité. Les hivers et les printemps pluvieux prévu en Normandie par certains climatologues pourraient alors lui profiter.

L'échasse blanche *Himantopus himantopus* niche en Eurasie et en Afrique. Nous constatons une augmentation des nicheurs en France depuis 1970. En 1983, la France comptait 1020-1410 couples, 1850 en 1996 et en 2006. Bien qu'elle ait toujours été sujette à vagabondage et à nidification sporadique au nord de son aire de répartition normale, l'échasse blanche semble s'implanter durablement au nord de la Loire depuis le milieu des années 1980, y compris jusque dans l'extrême nord du pays. Sur la façade atlantique, elle a multiplié ses effectifs au cours de cette période.

Dans l'estuaire de la Seine, elle est présente d'avril à juillet. L'estuaire de Seine est le site normand qui a été le plus souvent occupé depuis la première nidification dans la région en 1975. 4 couples y ont niché en 1975, 5 à 8 en 1983, 2 en 1987, 4 à 7 en 1995 et de 1 à 4 couples entre 1999 et 2006, aucun en 2007 et un record de 9 à 10 couples en 2008. Les températures clémentes lui sont bénéfiques.

Cependant, l'échasse blanche niche dans des petites touffes d'herbes dépassant de l'eau, le niveau d'eau ne dépassant pas les 20 cm. Cet oiseau est alors très sensible aux variations des niveaux d'eau au printemps. Si la fréquence des événements d'inondations (violent orage) et de sécheresse augmente, l'échasse blanche pourrait en pâtir.

### 3.5.3. Augmentation des nicheurs sédentaires à affinités méridionales

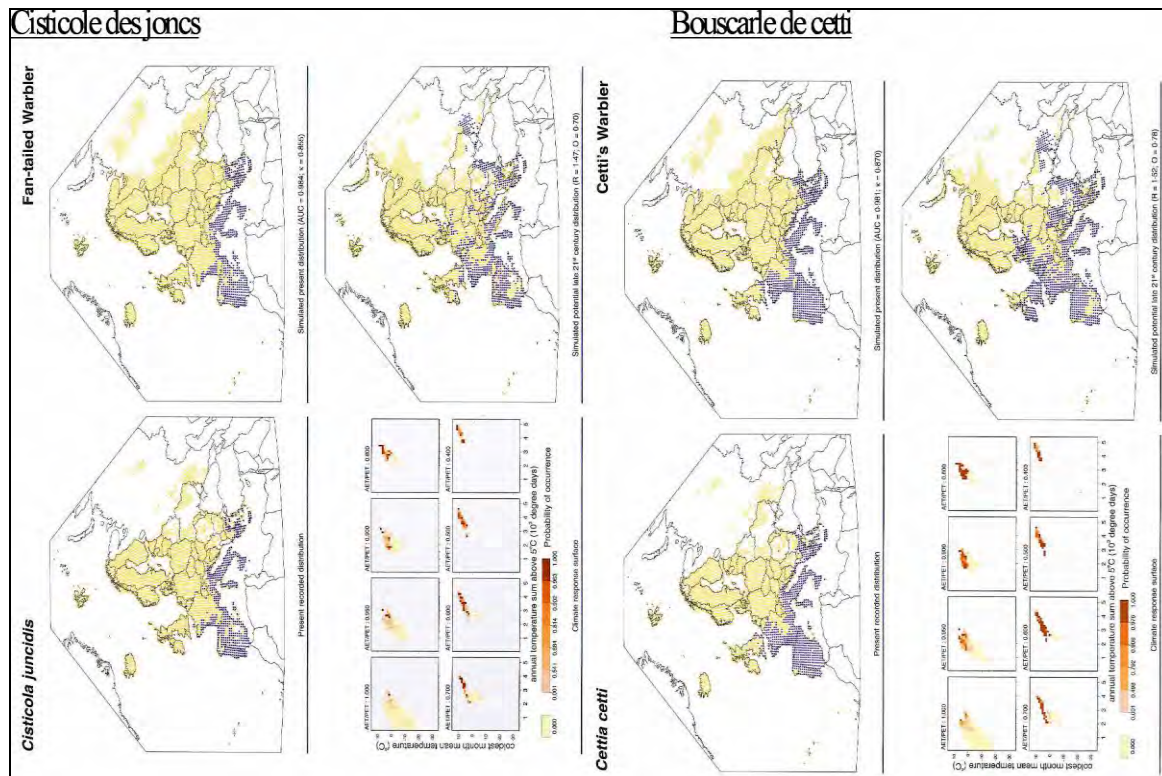
Les évolutions des effectifs de la bouscarle de Cetti *Cettia cetti* et du cisticole des joncs *Cisticola juncidis* sont fortement corrélés aux conditions hivernales. Avec des hivers de moins en moins rigoureux, la tendance actuelle pour ces espèces d'origines méridionales et assez ubiquistes est à l'augmentation dans l'estuaire de Seine, comme ailleurs en Normandie.

Le cisticole des joncs est très sensible aux vagues de froid ; les observateurs du GONm ont démontré qu'il disparaissait lorsqu'il y avait trois jours de gel sans dégel diurne (Chartier).. En revanche, une succession d'hiver doux lui permet de regagner le terrain perdu et de poursuivre sa progression vers le Nord. Il connaît une extension spectaculaire en Normandie depuis 1975 bien que quatre hivers rigoureux entre 1979 et 1987 aient décimé les populations françaises. Cependant depuis cette date, l'espèce semble solidement implantée sur la façade atlantique (jusqu'en Bretagne et en Basse-Normandie), tandis que les observations dans l'extrême nord du pays se multiplient (l'espèce a même niché au Benelux). Des hivers doux et humides, tels que ceux qui sont prévus par les climatologues dans les décennies à venir devraient favoriser ce sylviidé et l'ancrer plus encore dans ses bastions extra méditerranéens. Dans l'estuaire, on compte actuellement une cinquantaine de couples, contre seulement un couple observé dans les années 1970-1980.

La bouscarle de Cetti a connu une histoire un peu similaire. Elle est également tributaire des frimas hivernaux, pouvant, lors des grands froids, quasiment disparaître pour repartir à la conquête du territoire dès que les hivers sont cléments. Depuis le milieu des années 1990, l'espèce gagne de nouveau du terrain et renforce même fortement ses effectifs dans le nord de la France (Dubois, 2008a). Dans l'estuaire en aval du pont de Tancarville, nous évaluons le nombre de couples à plus d'une centaine.

Les modélisations de l'aire de reproduction future de ces deux sédentaires ont été réalisées par Huntley et al (2007). Sur la carte ci-dessous (cf. carte 4), nous remarquons que la distribution va progresser pour ces deux espèces dans l'Europe entière.





Carte 4 : simulation de l'aire de reproduction de la bouscarle de Cetti et du cisticole des joncs à l'horizon 2070-2099 selon Huntley et al (2007).

Les changements climatiques entraînent un taux de survie supérieur chez les espèces sédentaires, au détriment des migrateurs (Lemoine *et al.*, 1997). Elles bénéficieront en effet des hivers plus cléments et pourront davantage profiter des sources de nourriture que les migrateurs, qui reviendront trop tard pour choisir les meilleurs sites de nidification.

### 3.5.4. Les espèces paludicoles

La roselière de l'estuaire constitue un milieu important pour les oiseaux. Elle comporte de nombreuses espèces patrimoniales comme le butor étoilé *Botaurus stellaris*, la gorge-bleue à miroir *Luscinia svecica*, la mésange à moustaches *Panurus biarmicus*, le busard des roseaux *Circus oeruginosus* et, en migration, le très rare phragmite aquatique *Acrocephalus paludicola*.

Le butor étoilé *Botaurus stellaris* est une espèce à statut européen défavorable dont la majorité de la population mondiale se trouve hors d'Europe (Tucker et Heath, 1994). L'effectif européen est estimé entre 20000 et 43000 couples dont 10000 à 30000 en Russie. Ce héron niche de l'Europe à l'Asie et ponctuellement en Afrique du Nord. Il est inféodé aux grandes roselières comme celle de l'estuaire de Seine. La population nicheuse était estimée



entre 400 et 500 couples au début des années 1970 en France. En 1983, elle ne comptait plus que 320 couples. L'effectif national du milieu des années 2000 est de l'ordre 300 à 350 couples (332 en 2008) et semble en diminution sauf dans de rares sites comme les grandes roselières de la vallée et estuaire de la Seine et en Brenne.

La population de la ZPS a nettement augmenté puisqu'elle était estimée entre 1 et 4 couples entre 1983 et 1995, 5 couples chanteurs en 1997, entre 5 et 10 en 1998, et depuis 2000 elle est comprise entre 15 et 29 chanteurs dont 30 chanteurs en 2001 et 2003. À partir de 2004, la population connaît une baisse relative et se stabilise autour d'une dizaine de mâles (cf. Figure 15).

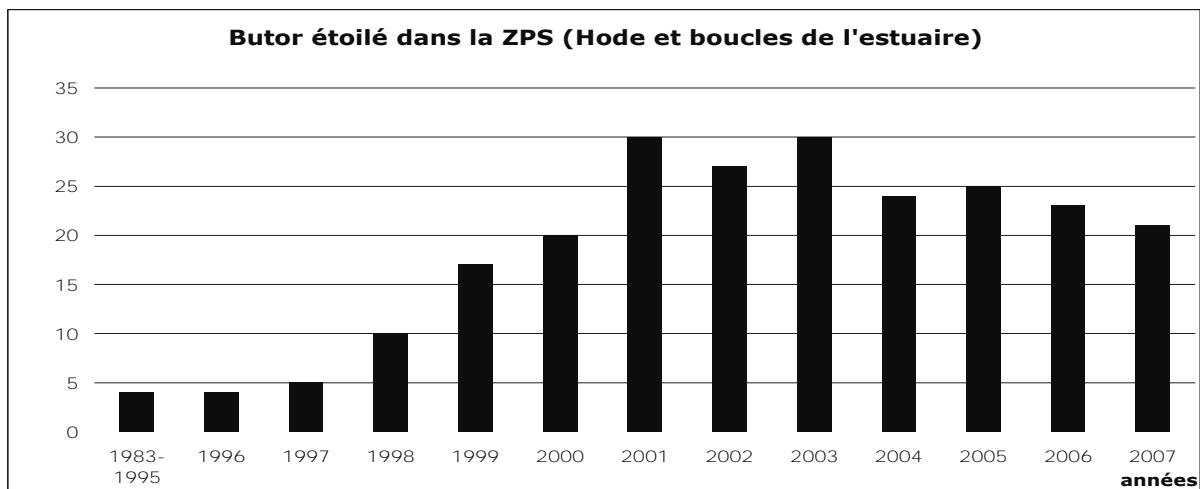


Figure 15: évolution du nombre maximum de couples nicheurs estimés de Butor étoilé dans la ZPS de l'estuaire de Seine entre 1983 et 2007.

La croissance constatée entre 1983 et 2003 s'explique par le retard de la fauche des roselières favorables aux femelles pour l'installation du nid (roseaux hauts non fauchés à proximité de creux, mares ou fossés), et surtout à l'augmentation des surfaces de roselières et des surfaces en eau et en partie par l'amélioration des techniques de dénombrement (Provost, 2007).

Les études menées par le programme LIFE montrent qu'avec des niveaux d'eau bas, le taux de prédation augmente. En cas de printemps de plus en plus pluvieux comme prédit par certains climatologues, le butor étoilé pourrait profiter du changement climatique. Toutefois, le nid de butor étoilé ne s'élève en général que de 10-15 cm au-dessus du niveau de l'eau, cette espèce est donc très sensible aux fluctuations, mêmes lentes du niveau d'eau. Les forts orages avec des pluies brèves mais intenses lui seraient alors défavorables.

Le busard des roseaux *Circus oeruginosus* niche du nord de l'Espagne jusqu'en Scandinavie. Cette espèce a connu un accroissement important de son aire de reproduction

durant les années 1970-1980 vers le littoral atlantique (Charente-maritime) et en Picardie, en Alsace. La population nationale est estimée à 1000-5000 couples en 1990, et 2000 couples dans les années 2000. Au sein de la ZPS, l'effectif nicheur a augmenté avec 2 couples en 1980, 10 de 2004 à 2006, et 5 couples en 2007. Elle suit la tendance nationale qui tend vers une augmentation. Cette espèce profite, peut-être, de la hausse des températures pour étendre son aire de nidification : l'incertitude demeure toutefois pour cette espèce. L'augmentation de la surface de roselière (cf. partie 3.7.3) de l'estuaire a contribué à son développement (Aulert, 2009).

La gorge-bleue à miroir blanc *Luscinia svecica* niche du nord ouest de la France (la Normandie se situe en limite de répartition occidentale) jusqu'en Russie Occidentale. Au cours des cent dernières années, la gorge-bleue à miroir blanc a connu des phases d'expansion et de retrait difficilement interprétables. Lors des années 1990, la population nationale nicheuse était estimée entre 10000 et 40000 couples. D'après Jiguet (2008), cette espèce diminuerait en France. À l'horizon 2100, son aire de reproduction serait, selon Huntley et al (2007), déplacée vers le Nord-est de l'Europe. Toutefois, c'est une espèce récente dans la ZPS. Son arrivée date des années 1980 où 260 couples nichaient. L'effectif varie entre 1999 et 2007 de 238 (1999) à 456 (2007) couples dans l'estuaire de Seine et est donc en progression, en raison notamment d'un atterrissement du site (Aulert *et al.*, 2009) et du développement de la roselière.

La *mésange à moustaches* *Panurus biarmicus* niche en Europe, du centre de l'Espagne à l'est de l'Angleterre et jusqu'à la Grèce. Cette espèce est surtout sédentaire, mais effectue parfois des mouvements invasionnels. En France, la population était estimée entre 3000 et 9000 couples en 1998, et entre 5000 et 7000 couples durant les années 2000. La ZPS représente entre 4 à 23 % de l'effectif national. Nous y dénombrions 420 couples en 1989, 689 couples en 2000 mais seulement 364 en 2007 avec une baisse régulière entre 2000 et 2007. Cela pourrait être imputable à la diminution de la surface de roselières, de la coupe excessive de la roselière mais peut-être aussi en raison d'un changement d'aire de répartition de l'espèce (Dubois *et al.*, 2008a).

Avec le changement climatique, les hivers seront plus humides et les étés plus secs. Les oiseaux paludicoles sont sensibles aux fluctuations des niveaux d'eau. Les bouleversements hydrauliques pourraient avoir des impacts non négligeables sur la nidification de nombreuses espèces. Une bonne gestion des niveaux d'eau dans la roselière devra être entreprise.

### 3.5.5. Nicheurs à affinités nordiques

Les scientifiques (Burton, 1995; Colombe, 1998, Wetland international) ont dernièrement constaté une diminution du taux de survie de la mouette tridactyle *Rissa tridactyla*, de la sterne arctique *Sterna paradisea*, de nombreux alcidés (comme le pingouin torda *Alca torda*), ou le macareux moine *Fratercula arctica*. Ainsi, ses effectifs se chiffraient à plus de 100000 au large des îles Scilly (Angleterre) en 1900, contre seulement 174 à la fin des années 1990. Les zones de reproduction de ces oiseaux marins remontent vers le Nord en raison d'un manque de nourriture.

L'augmentation d'un degré de la température de la mer du Nord a entraîné un dysfonctionnement de toute la chaîne alimentaire (Pitches *et al.*, 2005). Pour son développement, le phytoplancton remonte vers des eaux plus froides, le zooplancton suit ainsi que les petits poissons comme les lançons notamment. Les sternes, le macareux moine, la mouette tridactyle doivent parcourir de plus en plus de Km pour pouvoir nourrir leur nichée. Il en résulte un échec de la reproduction causée par l'accroissement des dépenses énergétiques que nécessite un plus grand effort de prospection pour un résultat de pêche plus faible.

En Normandie, le cas de la mouette tridactyle est intéressant. Les effectifs ont considérablement régressé dans les colonies bretonnes et anglo-saxonnes alors que les effectifs ont augmenté sur les côtes normandes. La Normandie compte 3 colonies de mouettes tridactyles, une dans le Calvados (la première observée en 1975), 2 en Seine-Maritime au Cap d'Antifer (150 nids en 1981) et au Cap Fagnet. La moyenne des effectifs a cru puis a régressé ces dernières années (cf. Figure 16).

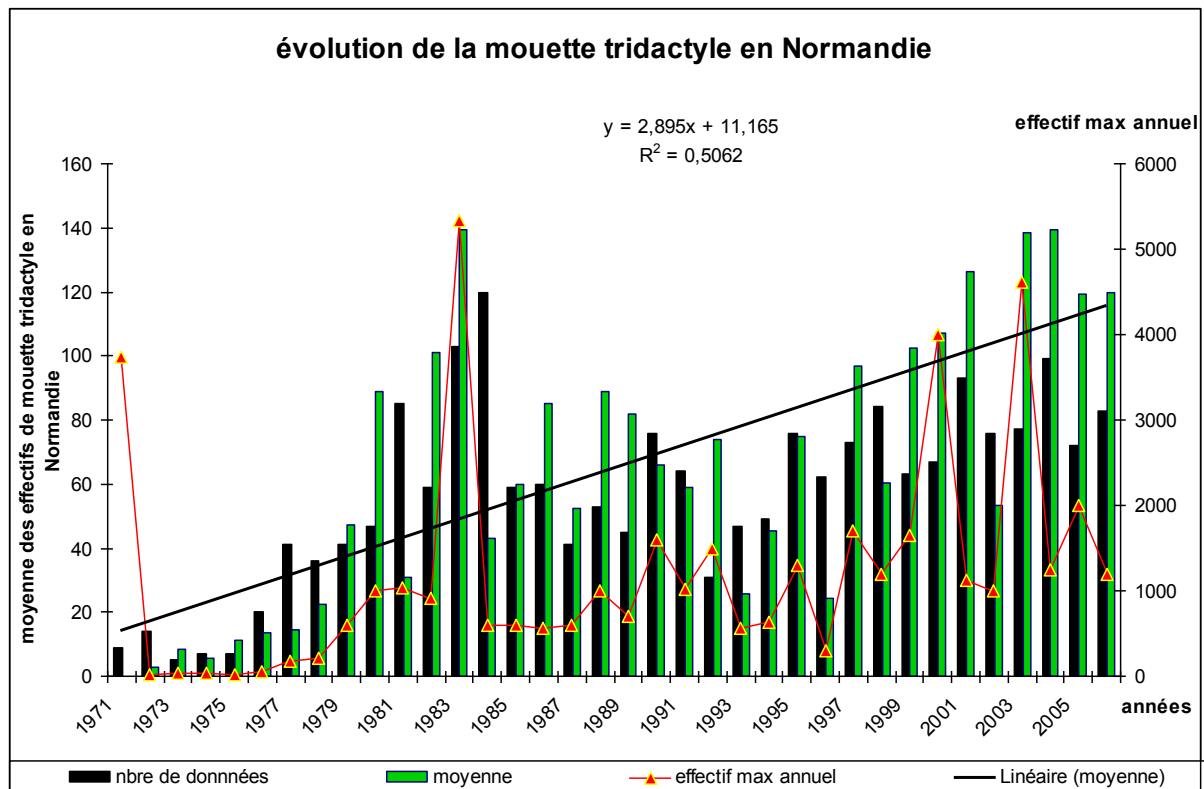
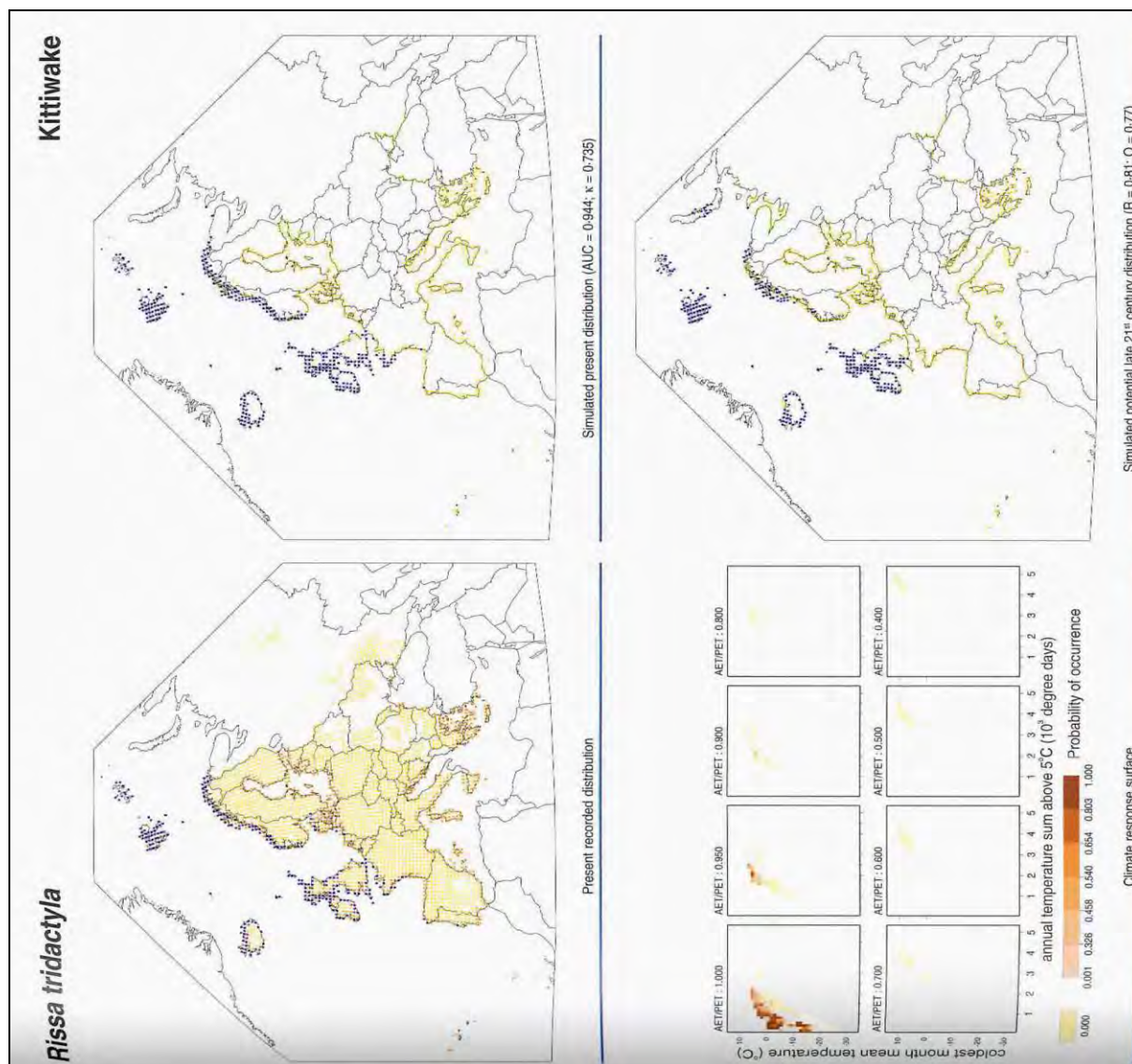


Figure 16 : évolution du nombre de mouette tridactyle en Normandie depuis 1975 (données issues de la base de données du GONm).

Ces colonies ont connu ces cinq dernières années une diminution de leurs effectifs, peut-être en raison du manque de nourriture sur les zones de pêche habituellement exploitées par la tridactyle, qui serait contrainte d'aller pêcher plus loin désormais. Les prévisions de Huntley et al (op. Cit) montrent que la mouette tridactyle déplacerait son aire de reproduction au Nord, vers le Royaume-Uni et la Scandinavie. Cette espèce déserterait les côtes bretonnes et Normandes (cf. carte 5).



Carte 5 : simulation de la répartition de l'aire de reproduction de la mouette tridactyle à l'horizon 2070-2099 selon les prévisions de Huntley et al (2007).

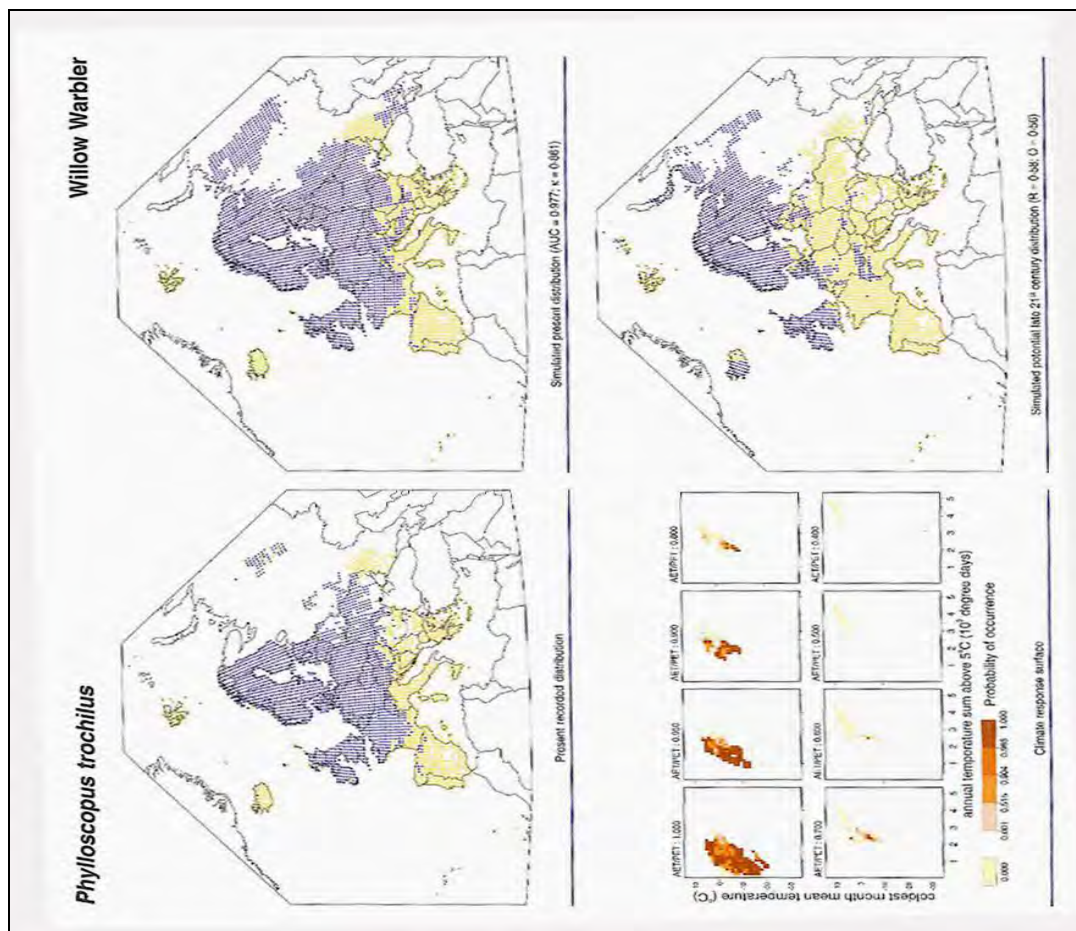
### 3.5.6. Les migrants

Les migrants transsahariens sont en première ligne face aux changements climatiques. Certains migrants vont déplacer leur aire de répartition plus au nord. Le rossignol philomèle *Luscinia megarhynchos* est un migrant hivernant en Afrique équatoriale et nichant de l'Afrique du Nord au Sud de l'Angleterre et du Danemark. Une étude britannique (Wilson et al., 2002) montre que, selon un modèle prédictif utilisé par les auteurs, le rossignol pourrait voir son aire de répartition s'étendre vers le nord et l'ouest dans les décennies à venir, du fait des hivers plus doux. Les simulations d'Huntley et al. (2007),



viennent confirmer ces travaux (cf. carte 6). Son implantation récente sur le littoral occidental du Cotentin illustre ce phénomène (Debout, comm. pers.).

Selon l'étude STOC-EPS du CRBPO (Muséum National d'Histoire Naturelle), le pouillot fitis *Phylloscopus trochilus* est l'une des espèces qui a le plus diminué en France au cours de ces 13 dernières années, avec une chute des effectifs estimés à 56%. Comme les mésanges nonnette *Parus palustris* et boréale *Parus montanus*, le pouillot fitis *Phylloscopus trochilus* se situe en France en limite méridionale de son aire de reproduction. Les modèles de Huntley et al (2007) montrent que l'aire de reproduction du pouillot fitis se déplacerait vers le Nord-est, au détriment de la France et donc de la Normandie.



Carte 6 : simulation de la répartition de l'aire de reproduction de la mouette tridactyle à l'horizon 2070-2099 selon les prévisions de Huntley et al (2007).

Dans la réserve naturelle de Nagshed, Goodenough et al. (2009) ont montré une baisse de 73 % de la population nicheuse de gobe-mouche noir (86 nichées en 1990 à 23 en 2004). La contraction de l'aire de reproduction et la baisse de lépidoptères localement et nationalement sont les causes principales. En outre, les auteurs ont constaté que lors des années avec une NAO négative (fortes précipitations), le succès de reproduction était plus grand.

### 3.5.7. Impacts sur la reproduction

#### 3.5.7.1. Avancée des dates de ponte

Les dates de ponte sont de plus en plus précoces pour certains limicoles. Le vanneau huppé a avancé sa ponte de 3 jours au Pays-Bas (Booth et al, 2005) entre 1897 et 2003, le pluvier doré de 9 jours en Grande-Bretagne au cours du vingtième siècle (Pearce-Higgins et al, 2005).

Chez les migrateurs, comme la rousserolle effarvatte, la date de ponte a été avancée de 6 jours dans l'Oxfordshire en Angleterre (BTO), et de 15 jours en Bavière en quelques décennies (Halupka et al, 2008). Chez le pouillot fitis, elle a été avancée de 6 jours entre 1968 et 2006 dans le sud de l'Angleterre et de 14 jours chez le pouillot véloce *Phylloscopus colibitya* (BTO). Ce décalage des dates de ponte s'explique en raison des printemps plus chauds. Les oiseaux tentent de se caler sur la fenêtre de disponibilité alimentaire, pour nourrir au mieux leurs petits.

#### 3.5.7.2. Conséquence sur la productivité

Le rôle des conditions météorologiques durant la période de nidification et avant l'indépendance des jeunes conditionne directement ou indirectement le succès reproducteur, en particulier chez les espèces nidifuges (dont les jeunes doivent trouver seuls la nourriture dès l'éclosion) (Smyth 1984, Swenson 1994, Young 1994). Winkler *et al.* (2002), ont constaté une avancée de 9 jours des dates de ponte entre 1959 et 1991 chez l'hirondelle bicolore *Tachycineta bicolor*, en Amérique du Nord. Les auteurs s'attendaient à une augmentation de la production de jeunes, puisqu'elles devaient être plus synchronisées sur le pic alimentaire. Certes, la production en jeunes a légèrement augmenté, mais cela reste faible par rapport à quoi l'on pouvait s'attendre.

Bolger *et al.* (2005) ont montré que lors des années sèches, au sud des côtes californiennes, la reproduction est moins bonne : en moyenne les oiseaux produisent 2,37 jeunes à l'envol les années normales, et seulement 1,44 les années arides. Ces résultats s'expliqueraient, selon les auteurs, par une diminution de la nourriture (arthropodes) lors des années chaudes.

Afin de connaître plus précisément l'impact des conditions météorologiques sur la reproduction, il s'avère nécessaire de continuer les programmes de baguage et de mesure des pontes. Les données ainsi collectées pourront permettre de se faire une idée plus précise des conséquences du changement climatique.



### 3.6. La migration post-nuptiale

#### 3.6.1. Décalage des dates de départ

De nombreuses études font part d'un retard ou d'une avancée de la date de départ des migrateurs (Gatter, 1992, Bezzel & Jetz 1995, Sokolov *et al.* 1999, Cotton 2003, Tottrup *et al.* 2006, MacMynowski & Root 2007, Peron *et al.* 2007).

Jenni & Kerry (2003) font part de différences de stratégies entre les migrateurs à courte distance (qui hivernent dans le bassin méditerranéen et en Europe du Sud) et les migrateurs au long cours (migrateurs transsahariens).

##### 3.6.1.1. Retard du départ

Le départ est plus tardif pour certaines espèces, comme le faucon hobereau *Falco subbuteo* et le rouge-queue à front blanc *Phoenicurus phoenicurus*.

Lang (2004) montre que la date de départ record de l'hirondelle de rivage est retardée : du 2/10 sur la période 1965-1980 au 31/10 sur la période 1981-2001. Néanmoins, comme pour les dates d'arrivée, l'auteur fait état d'une pression d'observation croissante au cours des années.

Ces oiseaux profitent le plus longtemps possible de la nourriture disponible sur leurs aires de reproduction (jusque tard dans l'automne) en raison des changements climatiques (Bezzel & Jetz 1995, Jenni & Kerry 2003). Il s'agit généralement de populations hivernant sur le pourtour méditerranéen (courtes distances) qui ne traverse pas le Sahara.

##### 3.6.1.2. Avancée du départ

Les migrateurs transsahariens ont tendance à avancer leur départ post-nuptial en moyenne d'une semaine (programme STOC) ceci afin d'éviter la sécheresse subsaharienne (Berthold *et al.* 1992). Les rousserolles effarvates de Normandie suivent cette tendance (cf. figure 17). Elles semblent partir plus tôt de la région, notamment ces dernières années. Si nous comparons la fin des années 1980 avec les années 2005 et 2006, les différences sont significatives, comme le montre les barres d'erreur standard.

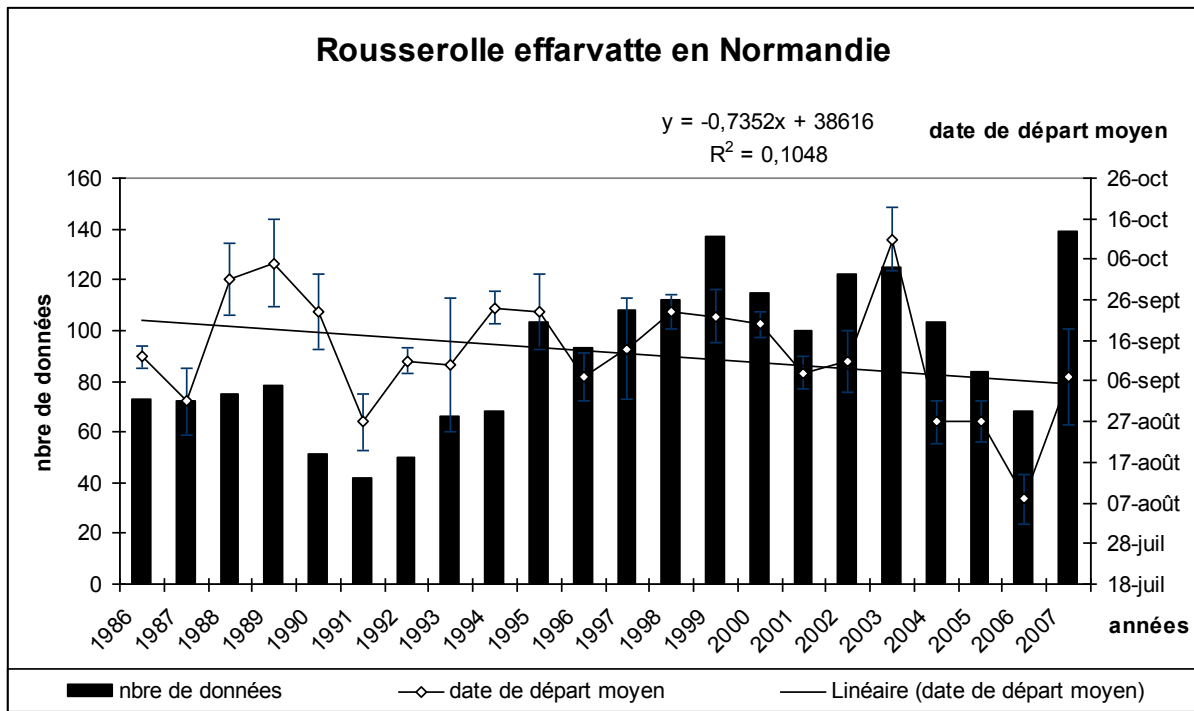


Figure 17 : Date de départ moyen de la rousserolle effarvate en Normandie.

Les longues distances partent le plus tôt possible pour profiter des pics d'abondance de nourriture à la fin de l'été et commencer leur voyage vers leurs aires d'hivernage en Afrique tropicale (Morel, 1973). De plus, ils évitent la sécheresse saharienne lors de la traversée (Berthold et al, 1992).

Le programme de bagage au camp du Hode a mis en évidence une avancée de la migration post-nuptiale chez le phragmite des joncs *Acrocephalus schoenobaenus*. Celui-ci arrive plus tôt au printemps (arrivée corrélée aux températures du mois de mars ; Aulert *et al.*, 2009), et repart également plus tôt en automne. L'abondance des ressources automnales et en particulier l'abondance en pucerons conditionne la phénologie de la migration du phragmite des joncs au Hode. De plus, ils semblent obéir à une stratégie de minimisation du temps de migration.

### 3.6.2. Changement dans la dynamique de la migration post-nuptiale

Les effectifs en migration post-nuptiale baissent ou augmentent selon le type d'espèces. Ainsi, chez la macreuse noire, l'effectif en migration post nuptiale diminue. En effet, le nombre d'oiseaux aux passages au large du cap Griz Nez a connu un déclin. 190 000 individus passaient par cet endroit en octobre 1966 en migration post-nuptiale alors qu'ils n'étaient plus que 38 000 dix ans plus tard soit une baisse de 20% (Redman, 1976). Chez le pouillot fitis, le nombre de migrateurs observés aux deux passages semble avoir fortement diminué depuis une bonne décennie. Les conditions d'hivernage en Afrique sont mal connues, comme l'aridité accrue constatée dans certaines régions où l'espèce hiverne, mais

ils sont vraisemblablement responsables d'une partie de la mortalité à l'instar d'autres espèces (hirondelle de rivage, locustelle lusciniôïde, phragmite des joncs, fauvette griset, rouge-queue à front blanc...).

Pour d'autres espèces, les effectifs qui transitent en migration post-nuptiale augmentent. C'est le cas de la spatule blanche dont les effectifs croissent depuis 2000 : dans l'estuaire de la Seine, nous passons d'une cinquantaine d'oiseaux entre 2000 et 2003 à 481 en 2006. Il faudra prolonger les suivis sur plusieurs années pour vérifier ou non cette tendance.

### 3.7. Changements des milieux

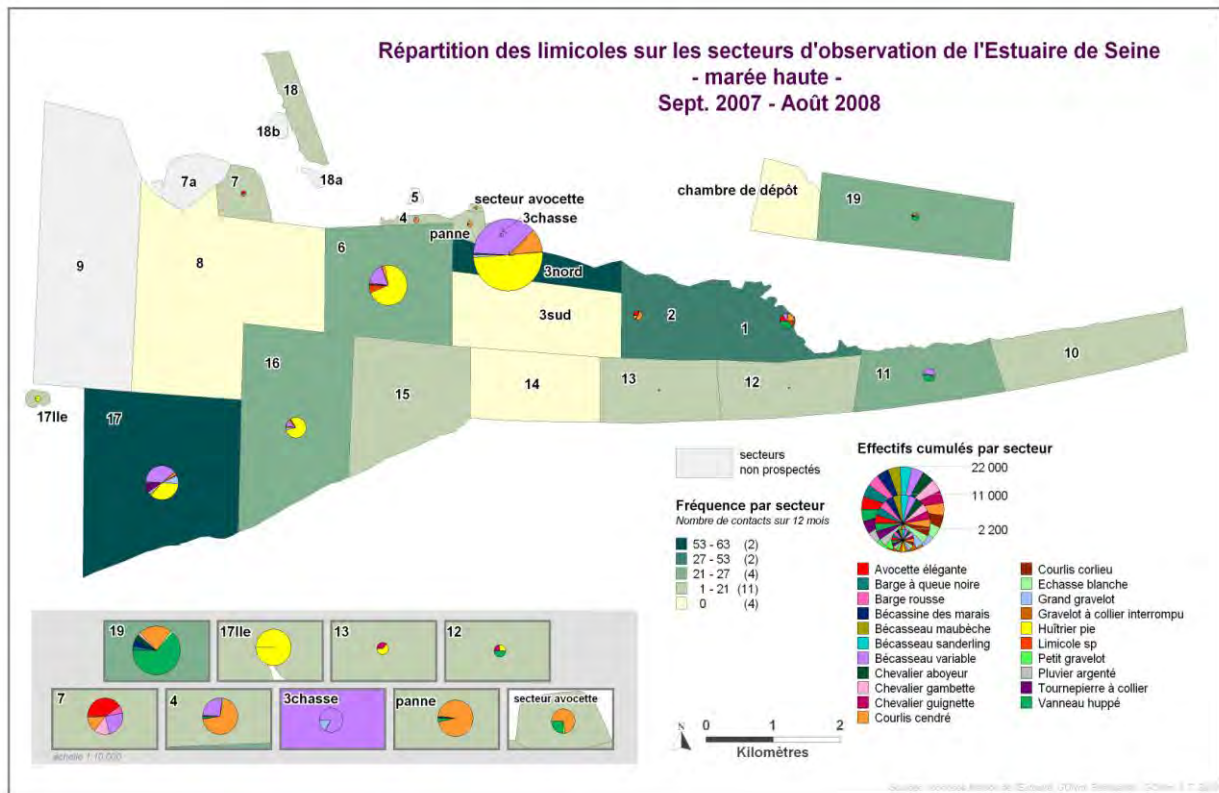
#### 3.7.1. Régression des surfaces de vasières

Les vasières sont constituées de la slikke située à l'aval, et du schorre en amont. Ces milieux sont des écotones entre le milieu marin et continental. Ceux-ci abritent bon nombre d'espèces patrimoniales. La slikke est la partie recouverte à chaque marée, surtout composée de vase molle, non végétalisée. Elle abrite une faune composée d'espèces bivalves (palourdes, coques...) et de petits gastéropodes brouteurs appréciés des oiseaux limicoles. Le schorre est la partie haute : plus souvent émergé, il est exposé aux embruns et recouvert aux grandes marées. Il est recouvert de plantes halophiles (supportant le sel), comme l'aster maritime *Aster tripolium*, les salicornes *Salicornia sp*, les spartines *Spartina sp* et la lavande de mer *Limonium sp*.

Ces habitats vont être directement touchés, à cause notamment de la montée des eaux, liée au réchauffement des eaux océaniques. La marée pourrait alors submerger plus fréquemment les vasières, et prolonger les temps d'immersion des zones plus en amont du schorre. Or de nombreuses études (Morel, 2001a, 2001b, 2003a, 2003b, 2004, 2005, 2006b) montrent que le tadorne de Belon *Tadorna tadorna*, et particulièrement les poussins, exploitent préférentiellement les secteurs de vasières situés en amont de la rive nord de l'estuaire. En cas de montée des eaux, ces secteurs pourraient disparaître ou être réduit, ce qui serait dommageable pour la reproduction du tadorne.

Par ailleurs, en cas de montée des eaux, les limicoles n'auraient plus d'endroit pour se reposer lors des marées hautes. La carte 7 représente les zones de repos des limicoles lors des marées hautes. La capacité d'accueil de la rive nord de l'estuaire serait hautement réduite. En effet, les modélisations des experts climatologie-hydrologie (Fritier et al, 2009) montrent la configuration de l'estuaire en cas de montée des eaux, en passant de la cote 8 CMH (niveau moyen de pleine mer de vive eau) à la cote 9. Les secteurs 3, 6 et 17, seraient submergés. Toutefois, ces prévisions restent à approfondir et ne sont réalisés qu'à titre illustratif.





carte 7: exemple de la répartition des limicoles à marée haute sur la rive nord de l'estuaire de Seine, au sein de la réserve naturelle (le Hode, grande vasière nord), source : GONm).

D'autres études menées sur l'avocette élégante mettent en évidence l'importance des vasières pour les limicoles. La population augmente en France, mais baisse dans l'estuaire. La population française était estimée à 2500 couples en 1996 soit en augmentation par rapport à 1983 et 1984 où 1473 et 1633 couples étaient signalés. Dans l'estuaire, l'avocette y est en régression par rapport au milieu des années 1980 (58-90 couples entre 1983 et 1985, 35-58 en 2006, 8 en 2007, 21-26 couples en 2008). L'hivernage est en baisse dans l'estuaire, mais il augmente en France (4780 hivernants en 1960, 19350 pour les années 2000). Cette diminution tant au niveau des nicheurs et des hivernants a donc une cause locale. La diminution des surfaces de vasières en serait la cause principale, en raison de la progression de la roselière sur la vasière et la régression de celles-ci par le développement des activités humaines. De 1700 ha de vasières en 1970, on passe à moins de 500 ha en 2004. Ce phénomène pourrait s'aggraver dans le futur (cf. Figure 18).

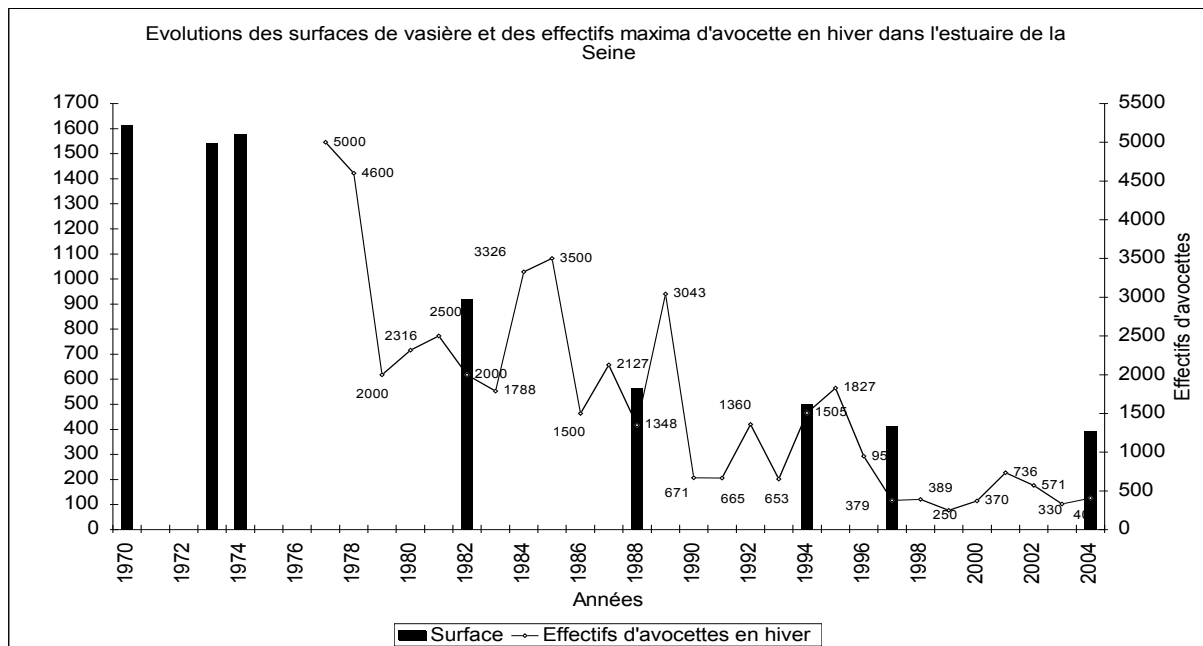


Figure 18 : évolution de la surface de vasières et des effectifs maximums hivernants d'avocette élégante dans l'estuaire entre 1970 et 2004.

D'autres espèces de limicoles ont régressé en raison de la diminution des surfaces des vasières (et de la disparition des reposoirs de marée haute) et peut-être également de la qualité de ces vasières. Ce groupe était de loin le mieux représenté dans les années 1990 dans l'embouchure de l'estuaire. Il a subi une nette régression entre 1995-2004 puisque jusqu'en 2001, les maxima annuels étaient toujours supérieurs à 21000, mais depuis 2002 ils sont compris entre 15589 en 2003 et 17727 en 2002.

La montée du niveau de la mer entraîne une submersion des nids disposés sur le haut schorre. C'est le cas chez le gravelot à collier interrompu *Charadrius alexandrinus*. La population nationale est au mieux stable avec, en France 1500 couples en 1996. Cependant, on a constaté une disparition de la nidification sur la rive nord de l'estuaire de la Seine depuis 1983-1984 : 12 couples en 83-84, 10 en 1995, 9 en 1999, 1 en 2000, 4 en 2001, 3 en 2002 et 2003, et aucun couple de 2004 à 2007 (cf. figure 19). Ces oiseaux pondent leurs œufs sur les laisses de mer. La marée qui monte de plus en plus haut explique cette chute des effectifs. En 1971, 47,5% des échecs de la reproduction était dus à la marée contre 85,3% en 2006 (Debout, 2009). Avec l'élévation du niveau de la mer, les gravelots à collier interrompu pourraient disparaître à moins qu'ils ne s'adaptent et construisent leurs nids plus hauts sur les dunes.

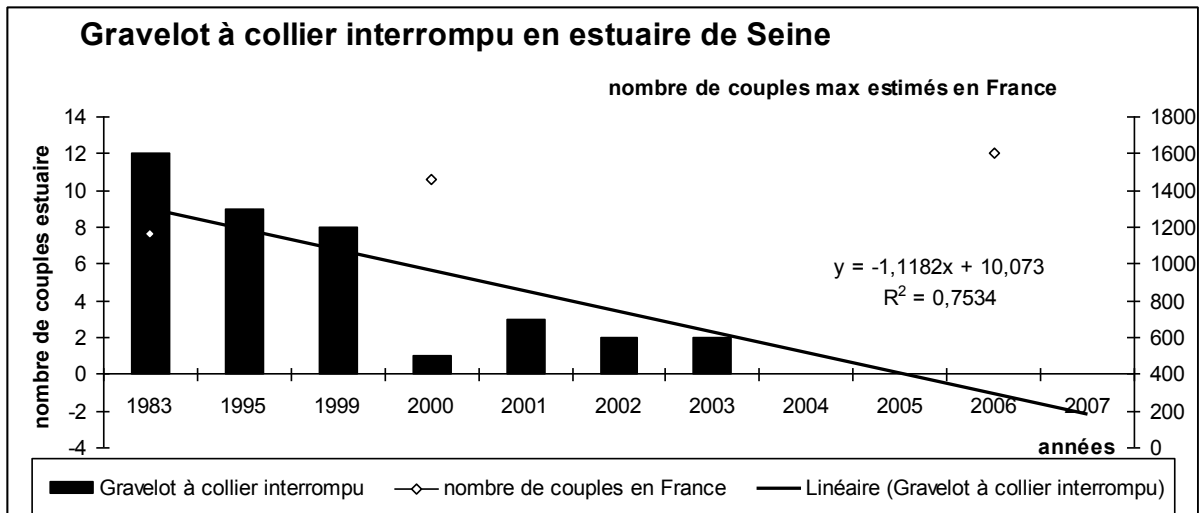


Figure 19 : évolution du nombre de couples nicheurs en estuaire de Seine et au niveau national pour le gravelot à collier interrompu.

Une réduction de la superficie des vasières et surtout du temps pendant lequel les vasières sont exondées pourrait affecter des espèces de petite taille comme les bécasseaux et les gravelots (Finlayson *et al.*, 2006). En effet, ces oiseaux au métabolisme important se nourrissent en permanence quand la marée est basse. La diminution du temps potentiel d'exposition aux ressources alimentaires peut dans un premier temps conduire à l'abandon de la fréquentation de certains sites pour ces espèces de petite taille. À plus long terme, le stress métabolique possible et les conséquences physiologiques peuvent aboutir à une diminution de la survie hivernale et à de mauvaises conditions physiologiques des oiseaux lors du retour printanier sur les sites de reproduction (Newton, 1998).

Cependant, il est nécessaire de relativiser ce scénario dans la mesure où un apport de sédiments suffisamment important permettrait aux prés-salés de s'étendre. Une accrétion suffisante de sédiments induirait une croissance verticale et maintiendrait donc leur présence malgré l'élévation du niveau de l'eau. C'est ce qui a été montré sur certaines zones de marais salés de Grande-Bretagne (Hughes, 2004).

### 3.7.2. Augmentation des prés-salés

À la suite du dernier épisode de la fonte des glaces qui s'est achevé au cours de ces derniers 10 000 ans, la mer s'est stabilisée autour du niveau actuel. Entre temps, elle a rempli les anciens golfes et vallées côtières creusés par les cours d'eau pendant la période glaciaire précédente. Les sédiments terrestres et marins sont venus se déposer et combler ces dépressions, et les zones abritées ont connu le développement de grandes vasières, au fur et à mesure de la lente remontée de la mer jusqu'au niveau actuel. Les prés salés sont

en extension sur le littoral français, et en particulier dans l'estuaire de Seine, en raison du comblement actuel des baies par les sédiments. Ce phénomène naturel est accentué par les végétaux, en particulier les spartines. Les aménagements portuaires, l'agriculture accélèrent le phénomène en apportant un surplus de sédiments.

Les prés-salés sont fréquentés par un certain nombre d'espèces comme le grand gravelot *Charadrius hiaticula*. De 80 à 100 gravelots occupent les vasières de l'estuaire de Seine entre octobre et avril entre 1972 et 2004. Les effectifs sont donc assez faibles en hivernage. En revanche, l'estuaire est très utilisé lors des deux périodes migratoires avec 1531 oiseaux en mai 2000 et 3000 en août 1995. L'estuaire de Seine est un site d'importance internationale en période de migration pour le grand gravelot (seuil Ramsar pour l'Europe est de 730). L'augmentation des prés-salés en raison de l'accrétion sédimentaire en estuaire de Seine pourrait lui être favorable lors des migrations.

### 3.7.3. La roselière

Avec l'atterrissement progressif de l'estuaire, les roselières et les mégaphorbiaies se sont fortement développées. Des nouveaux cortèges d'espèces sont apparus, ce qui a contribué à augmenter la patrimonialité de la ZPS. Les roselières constituent à l'heure actuelle le plus fort enjeu en termes de conservation d'espèce à forte patrimonialité. La roselière était de 1000 ha dans les années 1980-1990, et de plus de 1300 ha entre 1995 et 2000. Suite aux travaux portuaires (port 2000), elle a été ré-estimée à 1100 ha. Cette augmentation de la surface de la roselière à profiter aux passereaux paludicoles, ainsi que les mesures de protection (date de fauche de la roselière). En migration post-nuptiale, elle constitue une zone essentielle pour d'escale de milliers de passereaux paludicoles sur leurs routes d'hivernage (dont le phragmite aquatique mondialement menacé). Les haltes du phragmite aquatique dans l'estuaire sont parmi les dernières zones d'engraissement avant qu'il ne rejoigne ses quartiers d'hiver en Afrique.

En période de nidification, l'état des roselières est bon, mais certains indices laissent penser qu'il y aurait peut-être une dégradation de ces milieux qui seraient en cours de fermeture et tendraient vers des milieux boisés. De plus, des incursions salines pourraient menacer les nids de butor présents dans la roselière, comme cela a été démontré sur les côtes du Suffolk en Angleterre (Wotton et al, 2009).

### 3.7.4. Les prairies humides et sub-halophiles

Les prairies humides sont des zones de forte importance ornithologique. En effet, le rôle des genêts *Crex crex* y niche (18-19 couples en 2008). Cette espèce décroît dans toute la France et la ZPS de l'estuaire de Seine est le seul endroit où l'espèce se reproduit régulièrement en Normandie. Le rôle des genêts se trouve principalement dans les prairies





de fauche, constituées de l'association végétale d'*Hordeo-Arrhenatheretum*. Il serait intéressant de voir quels seront les effets du changement climatique sur cette communauté végétale.

Le hibou des marais *Asio flammeus*, espèce à fort intérêt patrimonial, hiverne dans la ZPS, et fréquente les prairies. L'hivernage de cette espèce est fortement dépendant des conditions climatiques : lors des coups de froid, les populations nordiques viennent gonfler les effectifs de la ZPS.

Les inondations hivernales longues sont favorables aux râles des genêts dans l'estuaire (Aulert *et al.*, 2009), l'augmentation des précipitations hivernales lui bénéficierait alors. Il s'avère donc essentiel de surveiller les niveaux d'eau dans les prairies humides.

En période de migration, les prairies sub-halophiles revêtent un intérêt particulier pour l'avifaune migratrice et surtout pour certains limicoles et anatidés. Le changement des débits d'eau, des précipitations ainsi que l'augmentation du niveau de la mer influenceront très probablement les niveaux d'eau dans les prairies. Ainsi, pour les limicoles, c'est la durée d'immersion qui sera importante : plus l'immersion sera longue en fin d'hiver et au printemps, plus l'estuaire de Seine captera des limicoles en halte migratoire. L'augmentation de la durée d'immersion dans les prairies sub-halophiles serait favorable à la migration et la nidification des limicoles.

Pour les anatidés de surface (oie cendrée), la hauteur d'eau conditionne leur bien-être. Plus les niveaux d'eau sont élevés sur les prairies sub-halophiles en fin d'hiver et au printemps, plus les surfaces en eau sont grandes et donc plus les contingents de canards, et d'oie seront importants.

#### 4. Conclusion

---

Le changement climatique entraîne un déplacement des aires de reproduction et d'hivernage vers le Nord, certaines espèces du Sud apparaissent en France, et d'autres disparaissent. Les migrateurs modifient plus ou moins la phénologie de leurs cycles de vie. La présence de zones naturelles protégées permet de suivre ces évolutions avec un peu plus de recul et d'objectivité.

La destruction des zones de halte par le changement des pratiques agricoles et l'assèchement des zones humides, leur salinisation ou pire leur engloutissement à cause de l'élévation du niveau de la mer contraignent certaines espèces à faire des vols journaliers plus longs, et par conséquent, les affaiblissent et augmentent leur mortalité.

Des oiseaux deviennent sédentaires, « estimant » que la douceur des hivers leur évite désormais de se risquer sur les routes migratoires mortelles. Du coup, avec une survie accrue, ces espèces, et celles déjà sédentaires avec lesquelles elles peuvent être en concurrent désormais pour l'accès à la nourriture (ou d'autres facteurs écologiques) profitent au mieux du réchauffement climatique.

Le problème de la hausse des températures ne se limite pas à la simple translation vers le nord des aires de répartition d'espèce du Sud (comme l'aigrette garzette ou le héron garde-bœufs). Mais cette hausse induit aussi une modification des rapports interspécifiques en terme, de concurrence pour la nourriture, de compétition pour l'espace (sites de nids, reposoirs,...). Or, une espèce est avant tout, d'un point de vue écologique, un nœud de relations entre les autres espèces et son milieu de vie. Les oiseaux devront s'adapter aux déséquilibres des écosystèmes engendrés par le réchauffement climatique... ou disparaîtront.

Les suivis futurs devraient poursuivre les dénombrements et être axés sur la phénologie (dates d'arrivée, de nidification, premiers nourrissages, envol des jeunes, départ, etc...) pour les espèces suivantes :

- passereaux paludicoles
- limicoles
- ardéidés en priorité

Une gestion écosystémique des populations animales et végétales s'avère être le plus pertinent afin de prendre en compte les interactions au sein des communautés vivantes. Toutefois, les études de l'impact des changements climatiques sur la fonctionnalité des

peuplements et de l'écosystème sont peu nombreuses. La gestion des niveaux d'eau dans la ZPS sera essentielle dans le futur, de nombreuses espèces étant sensibles aux fluctuations hydrauliques.

Dans une optique de conservation, il s'avère important de réduire les autres contraintes auxquelles les oiseaux sont exposés : chasse, mauvaises pratiques agricoles, fragmentations des habitats...

## 5. Bibliographie

---

AEWA (The African Eurasian Migratory Waterbirds Agreement), 2006. *Migratory species and Climate Change : Impacts of a changing Environment Wild animals*. Published by United Nations environment programme (UNEP) and the secretariat of the convention on the conservation of migratory species of wild animals, 68 pages.

Ahas R, Aasa A ,2006. *The effects of climate change on the phenology of selected Estonian plant, bird and fish populations*. Int J Biometeorol 51 :17-26.

Ahola M, Laaksonen T, Sippola K, Eeva T, Rainio K, Lehikoinen E, 2004. *Variation in climate warming along the migration route uncouples arrival and breeding dates*. Global change Biology 10 : 1610-1617.

Aulert C, 1998. *Les stationnements de macreuses (Melanitta) au large du littoral augeron*. Le Cormoran 10 (47) : 121-129.

Aulert C, Ranvier G, Hemery D, Provost P, 2009. *Bilan ornithologique de la zone de protection spéciale « estuaire et marais de la Basse Seine »*, 307pages.

Avlova K.V, 2008. *Number of waterfowl wintering in Moscow (1985-2004) ; dependence on climate conditions*. Revista catalana d'Ornithologia 24: 71-78.

Baillie R.S, Balmer D.E, Downie I.S, Wright K.H.M, 2006. *Migration watch : an Internet survey to monitor spring migration in Britain an Ireland*. Journal of Ornithology 147 : 254-259.

Bearhop S Fielder W, Furness RW, Votier SC and others , 2005. *Assortative mating as a mechanism for rapid evolution of a migratory divide*. Science 310 :502-504.

Benoît O, Grand Pierre J.L, Pourreau J, 1986. *Avifaune de l'estuaire de Seine, bilan des connaissances (1972-1986)*. Le Cormoran, 30 : 434-472.

Bezzel E, Jetz W, 1995. *Verschiebung der Wegzuperiode bei der Mönschgrâmucke Sylvia atricapilla 1966-1993. Reaktion of die Klimaterwärmung*. Journal Of Ornithology 145 :356-359.

BirdLife International, 2004. *Birds in Europe. Population estimates, trends and conservation status*. Cambridge, UK : BirdLife International (BirdLife conservation Series n°12).

Bolger, D.T., M.A. Patten, and D.C. Bostock. 2005. *Avian reproduction failure in response to an extreme climatic event*. Oecologia 142(3): 398-406.

Booth C.B., Piersma Th. & Roodbergen S.P., 2005. *Climatic change explains much of the 20 th century advance in laying date of Northern Lapwing Vanellus vanellus in the Netherlands*. Ardea 93 : 79-88.

Both C, Visser ME, 2001. *Adjustement to climate change is constrained by arrival date in a long distance migrant bird*. Nature 411 :296-298.

Both C, Bijlsma R, Visser ME, 2005. *Climate effects on timing of spring migration and breeding in a long distance migrant, the pied Flycatcher Ficedula hypoleuca*. Journal avian Biol 36 :368-373.



Boyd H ,2003. *Spring arrival of passerine migrants in Iceland*. Ringing Migr 21:193–201.

Burton J.F, 1995. *Birds and climate change*. Christopher helm (Publishers) Ltd, a subsidiary of A & C Black (Publishers) Ltd, 35 Bedford Row, London WC1R 4 JH, 376p.

Charmentier A, McCleery R.H, Cole CR, Perrins C, Kruuck L.E.B, Sheldon B.C, 2008. *Adaptive Phenotypic Plasticity in Response to Climate Change in a Wild Bird Population*. Sciences vol 320 n°5877,pp800-803.

Chartier A., Jacob C. et Ranvier G., Décembre 2007. *Première nidification du héron gardes-bœufs en Normandie*. Le Cormoran tome 15 numéro 66 :pp 221-225.

Colombe S & Robins M, 1998. *The current and historical status of breeding seabirds of the english coast of the channel including the isles of scilly*. Le Cormoran tome 10 n°47 :157-166.

Coordinateur Nadal I. *Atlas des oiseaux nicheurs de France métropolitaine, guide méthodologique du participant*, mars 2009, 18 pages.

Cotton P.A, 2003. *Avian migration phenology and global climate change*. Proceeding of the National Academy of Sciences USA, 100, 12219-12222.

Cramp S, Brooks JD, Gillmor R, Nicholson EM, Roselaar CS, Wattel J, Simmons KEL, Collar NJ, Hollom PAD, Ogilvie MA, Voous KH, Wilson MG, Dunn EUAN, Hudson R Olney PJS, Wallace DIM, 1983. *Handbook of the Birds of Europe the middle east and north Africa*. Oxford University Press, volume I-IX, 882p.

Crick, H.Q.P., C. Dudley, D.E. Glue, and D.L. Thomson. 1997. *UK birds are laying eggs earlier*. Nature 388: 526-526.

Crick, H. Q. P., and T. H. Sparks., 1999. *Climate change related to egg-laying trends*. Nature 399:423–424.

Crick H.Q.P, 2004. *The impact of climate change on birds*. Ibis, 146, 48-56.

Cury-Lindahl K., 1980. *Les oiseaux migrants à travers mer et terre*. Édition delachaux & Niestlé, Paris, 241 pages.

Dawson, A. 2005. *The effect of temperature on photoperiodically regulated gonadal maturation, regression and moult in starlings – potential consequences for climate change*. Functional Ecology 19: 995-1000.

Debout G, 1997. *Evolution récente du statut de l'Aigrette garzette en Normandie*. Le Cormoran tome 10, 45, 43-48.

Debout G, 1998. *Les oiseaux marins nicheurs en Normandie*. Le Cormoran 10 (47) : 142-144.

Debout G, 2008. *La ZPS du littoral augeron. Synthèse des données 1997-2006. Macreuses et autres espèces*. Etude réalisée par le GONm à la demande de la maison de l'estuaire, 37 pages.

Debout G., 2009. *Gravelot à collier interrompu Charadrius alexandrius en Basse-Normandie : écologie, biologie de la reproduction, évolution de son statut*. Alauda 77(1), pp 1-19.



- Denhez F., 2009. *Quelle France en 2030 ?* Ed. Armand Colin 75009 Paris, 214 pages.
- Disca T & Rufray X, 1995. *Hivernage de l'échasse blanche Himanthopus himanthopus sur l'étang de l'Or (Hérault)*. Alauda 63 : 333.
- Doswald N., Willis S.G, Collingham Y.C, Pain D.J, Green R.E, Huntley B, 2009. *Potential impacts of climatic change on the breeding and non breeding ranges and migration distance of European Sylvia warblers*. Journal of biogeography :
- Dubois P., Le Maréchal P., Oliosio G., Yésou P., 2008a. *Nouvel inventaire des oiseaux de France*. Édition Delachaux & Niestlé. Paris, 559 pages.
- Dubois P., 2008b. *Le syndrome de la grenouille*. Ed. Delachaux&Niestlé, Paris, 190 pages.
- Dunn PO, 2004. *Breeding dates and reproductive performance*. Adv Ecol Research 35 : 69-87.
- Ferns P.N, 1992. *Bird life of coasts and estuaries*. Cambridge University Press, 336 pages.
- Finlayson C.M., Gitay H., Bellio M., van Dam R. & Taylor I., 2006. *Climate variability and change and other pressures on wetlands and waterbirds : impacts and adaptation. Waterbirds around the world*. Eds. G.C. Boere, C.A. Galbraith & D.A. Stroud. The Stationery Office, Edinburgh, UK. pp 88-97.
- Forchhammer MC, Post E, Stenseth NC, 2002. *North Atlantic Oscillation timing of long and short-distance migration*. J Anim Ecol 71 :1002-1014.
- Forstmeier W, 2002. *Benefits of early arrival at breeding grounds vary between males*. J Anim Ecol 71 :1-9.
- Frebourg P, Pourreau J., 1990. *Déplacement des oiseaux dans l'estuaire de Seine en période post nuptiale*. Le Cormoran, tome 8 n°37, pp 53-57.
- Fritier N, Laignel B, Massei N, Ducharne A, Etcheber H, Laverman A, 2009. *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 :57 pages.
- Furness R.W and Greenwood J.JD, 1993. *Birds as monitor of Environmental change*. Edited by Chapman&Hall, Londres, 356 pages.
- Gallien F, 2003. *Les actions du GONm dans l'estuaire de Seine*. Le Cormoran 13 :4-5.
- Gatter W ,1992. *Zugzeiten und Zugmuster im Herbst: Einflußdes Treibhauseffekts auf den Vogelzug*. J Ornithol 133:427–436.
- Gienapp P., R Leimu, and J Merilä. 2007. *Response to climate change in avian migration times: microevolution vs plasticity phenotypic*. Climate Research 35: 25-35.
- GONm, 2004. atlas des oiseaux de Normandie en hiver. Le Cormoran 13 : 232p.
- Goodenough A.E, Elliot S.L, Hart A.G, 2009. *The challenges of conservation for declining migrants: are reserved-based initiatives during the breeding season appropriate for the Pied Flycatcher Ficedula hypoleuca?* Ibis, 151: 429-439.



- Gordo O, Sanz JJ, 2005. *Phenology and climate change : a long term study in a Mediterranean locality*. *Oecologia* 146 :484-495.
- Gordo O, 2007. Why are bird migrations dates shifting ? *A review of weather and climate effects on avian migratory phenology*. *Climate Research* 35 :37-58.
- Goss-custard JD, 1985. *Foraging behaviour of wading birds and the carrying capacity. Behavioural ecology. Ecological consequences of adaptative behaviour*. Eds RM Sibly and RH Smith:169-188.
- Hafner H, Pineau O, Wallace J.P, 1992. *The effect of winter climate on the size of the Cattle Egret Bulbucus ibis population in the Camargue*. *Rev. Ecol* 47 : 403-410.
- Halupka L, Dyrz A. and Borowiec M, 2004. *J. Avian Climate change affects breeding of reed warblers Acrocephalus scirpaceus*. *Biol.*, 39 :95-100.
- Hughes R.G. (2004). *Climate change and loss of saltmarshes: consequence for birds*. *Ibis* 146 : 21-28.
- Huin N, Sparks TH, 1998. *Spring arrival patterns of the cuckoo Cuculus canorus, nightingale Luscinia megarhynchos and spotted flycatcher Muscicapa striata in Britain*. *Bird Study* 47 :22-31.
- Huntley B, Green R.E, Collingham Y.C, Willis S.G, 2007. *A climatic atlas of European breeding birds*. Lynx Editions, Barcelona.
- Huntley B., Collingham Y.C, Willis S.G, Green R.E, 2008. *Potential impacts of climatic change on European breeding birds*. *Plos ONE*, 3, e1439.
- Hüppop O. et Hüppop K., 2003. *North Atlantic Oscillation and timing of spring migration in birds. Proceedings of Royal Society of London : Biological Sciences* 270 : 233-240.
- Hüppop O. & Winkel W. (2006). *Climate change and timing of spring migration in the long-distance migrant Ficedula hypoleuca in central Europe : the role of spatially different long-distance migratory birds*. *Science* 312 : 1959-1961.
- Jiguet F., Gadot A.-S., Julliard R., Newson S.E. & Couvet D. (2007). *Climate envelope, life history traits and the resilience of birds facing global change*. *Global Change Biology* 13: 1672-1684.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2002. *Climate change and biodiversity*.
- Jean Baptiste J in GONm, 2004. *Atlas des oiseaux de Normandie en hiver*. Le Cormoran 13 :221.
- Jenni L, Kery M, 2003. *Timing of autumn bird migration under climate change : advance in long-distance migrants, delays in short-distance migrants*. *Proc R Soc Lond B* 270 :1467-1471.
- Jonzen N, Linden A, Ergen T, Knudsen E and others, 2006. *Rapid advance of spring arrival dates in long-distance migratory birds*. *Science* 312 :1959-1961.
- Kokko H, 1999. *Competition for early arrival in migratory birds*. *Journal. Anim Ecol* 68 :940-950.





- Lang B, 1981. *Arrivée des oiseaux estivants nicheurs en Normandie (1972-1980)*. Le cormoran, 4 :185-198.
- Lang B, 2001a. *Arrivée des oiseaux estivants nicheurs en Normandie (1972-2000)*. Le cormoran 12 (53) : 25-53.
- Lang B, 2001b. *Départ des oiseaux estivants nicheurs de Normandie*. Le cormoran tome 12 n°54, pp 67-88.
- Lang B in GONm, 2004a. *Atlas des oiseaux de Normandie en hiver*. Le Cormoran, 13 : p 53.
- Lang B in GONm, 2004b. *Atlas des oiseaux de Normandie en hiver*. Le Cormoran, 13 : p 124.
- Lehikoinen E, Sparks TH, Zalakevicius M, 2004. *Arrival and departures dates*. Adv Ecol Reserach 351 :1-31.
- Lemoine N. & Böhning-Gaese K., 2003. *Potential impact of global climate change on species richness of long distance migrants*. Conservation Biology, 17, 577-586.
- Lemoine N., Schaefer H.-C. & Böhning-Gaese K. (2007). *Species richness of migratory birds is influenced by global climate change*. Global Ecology & Biogeography 16 : 55-64.
- Lettre d'information de l'agence régionale de l'environnement Haute-Normandie. Arehn n°51 juin juillet 2007, pp 1-8.
- Mac Lean IMD, Austin GE, Rehfish MM, Blew J, Crowe O, Delany S, devos K, Deceunink B, Günther K, Laursen K, Van Roomen M & Wahl J., 2008. *Climate change causes rapid changes in the distribution and site abundance of birds in winter*. Global Change Biology 14 : 2489-2500.
- Mac Lean I.M.D, Austin G.E, avril 2009. *Waterbirds, climate change and wildlife in britain*. British wildlife, 251-257.
- Mac Mynowski DP, Root TL, 2007. *Climate and the complexity of migratory phenology :sexes, migratory distances, and arrival distribution*. Int J Biometeorol 51 :361-373.
- Marion L, Brugière D, Grisser P, 1993. *Invasion de héron garde-boeufs Bulbucus ibis nicheurs en France en 1992*. Alauda 61 : 129-136.
- Massé A., Aulert C., 2008. *Etude des stationnements de macreuses (Melanitta sp) sur la zone de protection spéciale du littoral augeron*. Observatoire de la ZPS, Estuaire et marais de la Basse Seine, Maison de l'estuaire, 61 pages.
- Mayaud N, 1953. *Liste des oiseaux de France*. Alauda 21:1-63.
- Mayaud N, 1956. *Note d'ornithologie française II*. Alauda 25: 116-121.
- Mitrus C, Tryjanowski P, Sparks TH, 2005. *First evidence of phenological change in transcontinental migrant overwintering in the Indian sub-continent : the red-breasted flycatcher Ficedula hypoleuca*. Ornis fenn 82 :13-19.

- Møller AP , 1994. *Phenotype-dependent arrival time and its consequences in a migratory bird*. Behav Ecol Sociobiol 35:115–122.
- Møller AP , 2002. *North Atlantic Oscillation (NAO) effects of climate on the relative importance of first and second clutches in a migratory passerine bird*. J Anim Ecol 71: 201–210.
- Møller AP , 2004. *Protandry, sexual selection and climate change*. Glob Change Biol 10:2028–2035.
- Møller AP , 2007. *Tardy females, impatient males: protandry and divergent selection on arrival date in the two sexes of the barn swallow*. Behav Ecol Sociobiol 61:1311–1319
- Morel F, 1998. *Richesse faunistique de la Seine en hiver*. Le Cormoran, 47 : 183-186.
- Morel F, 2001a. *Suivi des limicoles nicheurs sur la réserve naturelle de l'estuaire de la Seine. Printemps 1999 et 2000*. Rapport final. Etude réalisé par le GONm à la demande de l'estuaire, 20p.
- Morel F, 2001b. *Suivi des limicoles et de la Spatule blanche en migration sur la réserve naturelle de l'estuaire de Seine, années 2000 et 2001*. Etude réalisé par le GONm à la demande de l'estuaire. 31 p+annexes.
- Morel F, 2003a. *Suivi des limicoles nicheurs sur la réserve naturelle de l'estuaire de la Seine. Printemps 2002*. Etude réalisé par le GONm à la demande de la DIREN haute Normandie, 27p.
- Morel F, 2003b. *Suivi des limicoles et de la Spatule blanche en migration sur la réserve naturelle de l'estuaire de Seine, années 2000 et 2001*. Etude réalisé par le GONm
- Morel F, 2005. *Suivi des limicoles sur la réserve naturelle de l'estuaire de Seine, synthèse des années 1999 et 2004*. Etude réalisé par le GONm à la demande de l'estuaire. 15 p.
- Morel F, 2006a. *Bilan des observations ornithologiques réalisées dans l'estuaire de Seine entre 1995 et 2004*. Le Cormoran 15 (64) : 65-122.
- Morel F, 2006b. *Suivi des limicoles nicheurs sur la réserve naturelle de l'estuaire de la Seine. Printemps 2006*. Etude réalisé par le GONm à la demande de la DIREN haute Normandie, 23p.
- Morel GJ, 1973. *The Sahel zone as an environment for Palearctic migrants*. Ibis 115 :413-417.
- Moss S,1998. *Predictions of the effects of global climate change on Britain's birds*. British birds 91 : 307-325.
- Newton I,1998. *Population limitation in birds*. Academic Press, London. U.K.
- Newton , 2006. *Can conditions experienced during migration limit the population levels of birds?* J Ornithol 147: 146–166.
- Norris K, Atkinson P.W, Gill J.A, 2004. *Climate change and coastal waterbird population past declines and future impacts*. British ornithologist Union, 146 (Suppl.1), 82-89.

- Parmesan C, Yohe G, 2003. *A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems*. Nature 421 :37-42.
- Parmesan C, 2006. *Ecological and evolutionary responses to recent climate change*. Ecol System 37 :637-669.
- Pearce-Higgins J.W, Yalden D. W. & Whittingham M. J., 2005. *Warmer springs advance the breeding phenology of golden plovers *Pluvialis apricaria* and their prey (*Tipulidae*)*. Oecologia 143 : 470-476.
- Peneulas J, Fillela I, 2001. *Response to a warming world*. Science 294 :793-794.
- Peron G, Henry PY, Provost P, Dehorter o, Julliard R, 2007. *Climate change and post nuptiale migration strategy by two reedbed passerines*. Climate research 35 :147-157.
- Quelques bases et constat sur le réchauffement climatique GIEC fiche 3.31 (1) revue GARDE n°63, juin 2008
- Rainio K, Tottrup AP, Lehikoinen E, Coppack T, 2007. *Effects of climate change on the degree of protandry in migratory songbirds*. Climate research 35 :107-114.
- Rapport BRANCH, Natural England 1997 ISBN 978-1-84754-030-0.
- Rehfish M.M, Austin G.E, Freeman S.N, Armitage M.J.S et Burton N.H.K, 2004. *The possible impact of climate change on the future distributions and numbers of waders on britain's non estuaries coast*. British ornithologists'Union. 146 (Suppl.1),70-81.
- Root TL, Price JT, Hall KR, Schneider SH, Rosenzweig C, Pounds JA, 2003. *Fingerprint of global warming on wild animals and plants*. Nature 421 :57-60.
- Seithland W.J, 2004, *Climate change and coastal birds : research questions and policy responses*. British ornithologistes'Union, 146 (Suppl.1),120-124.
- Smyth KE & Broad DA, 1984. *Production in spruce grouse and its relationships to environmental factors and population parameters*. Canadian Journal of Zoology 62:2250-2257.
- Sokolov LV, Markovets MY, Morozov YG, 1999. *Long term dynamics of the mean date of autumn migration in passerines on the Courish Spit of the Baltic sea*. Avian ecology Behav 1:1-21.
- Sparks T.H. & Mason C.F. ,2001. *Dates of arrivals and departures of spring migrants taken temperature changes along migration routes*. J. of Ornithology 147 : 344-353.
- Sparks TH, Menzel A, 2002. *Observed changes in seasons : an overview*. Int J Climate research 35 :159-164.
- Strode PK, 2003. *Implication of climate change for North American woddwarblers (*Parulidae*)*. Global change biology 9:1137-1344.
- Svensson SE, 1985. *Effects of changes in tropical environments on the north European avifauna*. Ornis Fenn 62: 56-63.
- Swenson JE, Saari L, Bonczar Z, 1994. *Effects of weather on hazel grouse reproduction: on allometric perspective*. Journal of avian Biology 25: 8-14.



Tøttrup A.P, Thorup K. & Rahbek C. (2006). *Patterns of change in timing of spring migration in North European songbird populations*. J. Avian Biology 37 : 84-92.

Tucker G & Heath M, 1994. Birds in Europe. *Their conservation Statut*. Birdlife international.

Vaché M., 2006. *En quoi les changements dans la phénologie de la végétation, découlant du réchauffement global, présentent-ils des répercussions sur la phénologie reproductive de vertébrés terrestres ?* Université du Québec à Rimouski, 37 pages.

Vähätalo AV, Rainio K, Lehikoinen A, Lehikoinen E, 2004, *Spring arrival of birds depends on the NAO*. Journal avian Biology 35 :210-216.

Vansteewegen C, *Histoire des oiseaux de France, Suisse et Belgique*, 1998. Delachaux&Niestlé, Paris, 336p.

Virkkala R, Luoto M, Risto K Heikkien, Leikola N, 2005. *Distribution patterns of boreal marshland birds. Modelling relationships to land cover and climate*. Journal of biogeography, 32, pp 1957-1970.

Walther GR, Post E, Convey P, Menzel A and others, 2002. Ecological response to recent climate change. Nature 416 : 389-395.

Weidinger K, Kral M, 2007. *Climatic effects on arrival and laying dates in a long-distance migrant, the collared flycatcher Ficedulla albicollis*. Ibis 149 :836-847.

Wetland international, 2002. *Waterbirds populations estimates*. Third edition. Global serie 12, 221 pages.

Wilson A.M, Henderson A.C.B & Fuller, R.J, 2002. *Status of the Nightingale Luscinia megarhynchos in Britain at the end of the 20th Century with particular reference to climate change*. Bird Study, 49,193-204.

Wilson WH, Kipervaser D, Lilley SA, 2000. *Spring arrival dates of Maine migratory breeding birds :1994-1997 vs 1899-1911*. Northeastern Nat 7 :1-6.

Winkler, D.W., P.O. Dunn, and C.E. McCulloch. 2002. *Predicting the effects of climate change on avian life-history traits*. *Proceedings of the National Academy of Sciences ( USA )* 99: 13595-13599.

Wotton S, Brown A, Burn a, Cunningham R, Dodd A, Droy N, Gilbert G, Rees S, White G and Gregory R, 2009. *Boom or bust-a sustainable future for reedbeds and Bittern ?* British Wildlife, june 2009 :305-315.

Young BE, 1994. *The effects of food, nest predation and weather on the timing of breeding in tropical house wrens*. Condor 96: 341-353.

Zucca M, Champion M, Daumal T, Gonin J, Olioso G, Paul J.P, Reeber S, Vaslin M, 2009. *Observations d'oiseaux migrateurs rares en France, 5<sup>ème</sup> rapport du CMR*. Ornithos 16-1 :2-49.

Sites internet consultés :

Wetland international : <http://www.wetlands.org/>

British Trust for Ornithology : <http://www.bto.org/>

Agence Européenne de l'environnement : <http://www.eea.europa.eu/fr/>



Wikipédia : <http://fr.wikipedia.org/>

## Index

---

**Directive oiseaux :** La **directive 79/409/CEE** (appelée plus généralement **Directive Oiseaux**) du 2 avril 1979 est une mesure prise par l'UE afin de promouvoir la protection et la gestion des populations d'espèces d'oiseaux sauvages du territoire européen.

Cette protection s'applique aussi bien aux oiseaux eux-mêmes qu'à leurs nids, leurs œufs et leurs habitats. Par la mise en place de zones de protection spéciale, importantes pour la protection et la gestion des oiseaux, la directive Oiseaux consacre également la notion de réseau écologique, en tenant compte des mouvements migratoires des oiseaux pour leur protection et de la nécessité d'un travail transfrontalier.

**NAO :** L'oscillation nord-atlantique (NAO) représente les changements "typiques" de la pression au niveau de la mer dans l'Atlantique Nord d'un hiver à l'autre. Plus précisément, l'indice NAO mesure la différence de pression entre l'anticyclone des Açores et la dépression d'Islande. Les vents d'ouest traversant l'Atlantique à nos latitudes dépendent fortement de cette différence de pression : quand ils sont forts (indice NAO positif), ils extraient plus de chaleur et d'humidité de l'océan sous-jacent et l'apportent sur l'Europe. Au contraire, s'ils sont plutôt faibles (indice NAO négatif), ils apportent peu de chaleur et d'humidité sur l'Europe, qui est alors soumise aux influences froides et sèches de l'anticyclone de Sibérie.

**Réserve naturelle nationale :** Partie de territoire - contenant des espèces ou des milieux naturels - présentant un intérêt du point de vue biologique, géologique ou esthétique, et où sont appliquées des mesures de protection spéciales et des méthodes de gestion appropriées. En France, le système de protection par réserve naturelle fonctionne selon une échelle à trois niveaux :

- les réserves naturelles nationales, dont la valeur patrimoniale est jugée nationale ou internationale, et qui sont classées par décision du ministre de l'environnement;
- les réserves naturelles régionales (qui remplacent depuis 2002 les réserves naturelles volontaires), classées par décision en Conseil régional, dont la valeur patrimoniale est de niveau régional ;
- les réserves naturelles de Corse à statut particulier, de par la nature de son statut administratif.

**ZPS :** Les zones de protection spéciale (ZPS) sont créées en application de la directive européenne 79/409/CEE) relative à la conservation des oiseaux sauvages.

La détermination de ces zones de protection spéciale s'appuie sur l'inventaire scientifique des ZICO (zones importantes pour la conservation des oiseaux).

Leur désignation doit s'accompagner de mesures effectives de gestion et de protection pour répondre aux objectifs de conservation qui sont ceux de la directive. Ces mesures peuvent être de type réglementaire ou contractuel. Les ZPS sont intégrées au réseau européen de sites écologiques appelé Natura 2000.

Annexe 1 : Liste des espèces étudiées

Liste espèces indicatrices			
Canards plongeurs hivernant	Macreuse brune	<i>Melanitta fusca</i>	LRH
	Macreuse noire	<i>Melanitta nigra</i>	0
	Fuligule milouin	<i>Aythya ferina</i>	LON;lon
	Oie cendrée	<i>Anser anser</i>	LRN;LRH
	Tadorne de belon	<i>Tadorna tadorna</i>	Berne
Nicheur sédentaire méridionaux	Bouscarle de Cetti	<i>Cettia cetti</i>	Berne
	Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>	Berne
Nicheur boréaux	Mouette tridactyle	<i>Rissa tridactyla</i>	LON;Im
Hivernants nordique	Bruant des neiges	<i>Plectrophenax nivalis</i>	Berne;LRH
	Alouette hausse col	<i>Eremophila alpestris</i>	Berne
	Linotte à bec jaune	<i>Carduelis flavirostris</i>	Berne;LRH
Hivernant méridionaux	Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i>	DCE;Berne;LRN;Im
	Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i>	DCE;Berne;LRN
	Héron gardes bœufs	<i>Bulbucus ibis</i>	Berne
	Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	Berne
Migrateurs transsahariens	Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	Berne
	Rosignol philomèle	<i>Luscinia luscinia</i>	Berne
	Rousserolle effarvate	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	Berne
	Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Berne
Espèces paludicoles	Butor étoilé	<i>Botaurus stellaris</i>	DCE;Berne;LRN
	Phragmite aquatique	<i>Acrocephalus paludicola</i>	DCE;Berne
	Gorge bleue à miroir blanc	<i>Luscinia svecica</i>	DCE;Berne;lon
	Busard des roseaux	<i>Circus oeruginosus</i>	DCE;Berne
	Phragmite des joncs	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	Berne;LON
	Panure à moustaches	<i>Panurus biarmicus</i>	Berne;LON;lon
Espèces limicoles	Courlis corlieu	<i>Numenius phaeopus</i>	0
	Pluvier argenté	<i>Pluvialis squatarola</i>	0
	Grand gravelot	<i>Charadrius hiaticula</i>	DCE;LRN;lon
	Bécasseau minute	<i>Calidris minuta</i>	Berne;LRH
Espèces limicoles nicheurs	Gravelot à collier interrompu	<i>Charadrius alexandrinus</i>	DCE;Berne;LRN;lon
	Avocette élégante	<i>Recurvirostra avosetta</i>	DCE;Berne;LON;Im
	Echasse blanche	<i>Himantopus himantopus</i>	DCE;Berne;lon
	Spatule blanche	<i>Platalea leucorodia</i>	DCE;Berne;LRN;LRH
	Vanneau huppé	<i>Vanellus vanellus</i>	LON;LOH;lon
Espèces patrimoniales	Râle des genets	<i>Crex crex</i>	DCE;Berne;LRN;Im
	Hibou des marais	<i>Asio flammeus</i>	DCE;Berne;LRN;LRH;Im

Dce: directive oiseaux annexe 1; Berne: convention de berne annexe 2 ;

LRN; liste rouge en France des oiseaux nicheurs; LON; liste orange en France des nicheurs;

LRH;liste rouge en France pour les hivernants; LOH; liste orange en France pour les hivernants; Im;liste rouge en Normandie;lon;liste orange en Normandie.



## Résumé

---

Dans le cadre du changement climatique global, les experts du GIP Seine-Aval se sont posés la question de connaître quels sont et seront les effets des bouleversements climatiques sur l'hydrologie, la flore, l'économie, l'avifaune de l'estuaire de Seine. La problématique concernant les oiseaux fut confiée au GONm. Le changement climatique touche toutes les étapes du cycle de vie de l'oiseau, de l'hivernage à la reproduction en passant par les migrations. Les résultats de l'étude bibliographique montrent que le cortège d'espèces d'oiseaux de l'estuaire a été modifié. De nouvelles espèces sont apparues (Aigrette garzette *Egretta garzetta*, Héron garde-bœufs *Bulbucus ibis*) tandis que d'autres tendent à disparaître de l'estuaire (linotte à bec jaune *Carduelis flavirostris*, alouette hausse-col *Eremophila alpestris*) témoignant d'un déplacement des aires de distribution vers le Nord. Le changement climatique agit sur plusieurs compartiments de la biosphère. Certains éléments sont favorables, comme la hausse des températures qui profitent aux hérons, et aux limicoles. D'autres sont défavorables, comme la montée de la mer qui diminue la capacité d'accueil des vasières de l'embouchure de l'estuaire. La gestion hydraulique de la ZPS sera cruciale pour les anatidés et les limicoles. Les dates d'arrivée des migrateurs sont plus précoces. Cette modification de la phénologie de la migration pré-nuptiale entraîne un décalage avec le pic alimentaire. En outre, les dates de départ sont plus tardives pour les courtes distances, et plus précoces pour les transsahariens. L'augmentation des effectifs de bouscarle de cetti *Cettia cetti* et de cisticole des joncs *Cisticola juncidis* et la chute des effectifs de pouillot fitis *Phylloscopus trochilus* révèlent que les sédentaires sont sélectionnés aux dépens des migrateurs. D'ailleurs, le nombre de cigogne blanche *Ciconia ciconia* et de fauvette à tête noire *Sylvia atricapilla* hivernant en Normandie croît.

Mot clés : changement climatique- estuaire - hivernant - migrateurs - phénologie.

## Abstract

In the context of global climate change, experts of GIP Seine Aval wonder what are the effects of climate change on Seine estuary. Climate change affects all stages of life birds, wintering, reproduction and migration. Results shows that birds communities lived in the estuary has been changed.

New species have appeared (Little egret *Egretta garzetta*, Cattle egret *Bulbucus ibis*) whereas others species tend to disappear from the estuary (Twite *Carduelis flavirostris*, Horned lark *Eremophila alpestris*). Breeding range indicate a shift northwards. Climate change affects several compartments of the biosphere. Some are favorable, as rising temperatures that benefit herons and to shorebirds. Others are negative, as the searise which reduces shore area.

There is an advancement of spring migration. Changes in phenology of spring migration causes a mismatch with the peak food. Therefore, autumn migration are later for short distances, and earlier for Transsaharien. Increase Cetti's warbler *Cettia Cetti* and Fan-tailed warbler *Cisticola juncidis* and falling numbers of willow warbler *Phylloscopus trochilus* argue that sedentary species are selected at the expense of migrants. Moreover, the number of White stork *Ciconia ciconia* and Blackcap *Sylvia atricapilla* wintering in Normandy grows.

Keywords : climate change- estuary-wintering-migration-phenology.

