

**Les effets du changement climatique dans le contexte des  
changements globaux  
Expertise collective sur l'estuaire de Seine**

**Synthèse sur le thème :  
flore et végétation**

Thierry CORNIER avec la collaboration de Clémence SALVAUDON  
Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire botanique national de Bailleul

Juin 2009

# INTRODUCTION

La présente synthèse s'appuie pour l'essentiel sur le travail réalisé dans le cadre d'un stage effectué durant le printemps et l'été 2008 (SALVAUDON, 2008<sup>1</sup>). On consultera utilement ce document afin d'approfondir certains aspects et de consulter les références bibliographiques.

Outre l'analyse bibliographique préalable sur les changements climatiques, à différentes échelles et portant particulièrement sur la flore vasculaire terrestre<sup>2</sup> et les communautés végétales, le travail réalisé s'est attaché notamment à :

- identifier les espèces et les communautés (plantes vasculaires) présentes au niveau de l'estuaire de la Seine et susceptibles d'être impactées par les changements climatiques ;
- identifier les espèces et communautés végétales les plus pertinentes à suivre vis-à-vis des changements climatiques ;
- évaluer les conséquences globales du changement climatique sur le fonctionnement écologique de l'hydrosystème estuarien ;
- essayer d'évaluer les conséquences globales du changement climatique sur l'occupation des sols et la couverture végétale.

## 1. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

### 1.1 Effets sur la flore et la végétation

L'analyse bibliographique s'est d'abord attachée à reconnaître les effets attendus des changements climatiques sur la flore et les végétations. On identifie ainsi des effets physiologiques directs tel que le stress hydrique, les modifications de la croissance ou de la productivité.

La phénologie des espèces est également touchée. Chez les espèces vivaces, particulièrement les phanérophytes et le chaméphytes, on note un allongement de la période de végétation, des dates de débourrage plus précoces (feuilles, fleurs, etc.). Chez les arbres, on observe un jaunissement des feuilles plus tardif. On note également la possibilité d'effets létaux dus à des sécheresses estivales plus marquées. Chez de nombreuses herbacées, particulièrement les thérophytes, le cycle est avancé en saison.

On observe aussi localement des effets génétiques potentiels comme la sélection d'individus ou de populations plus adaptées aux nouvelles conditions climatiques.

Les populations d'espèces sont effectivement susceptibles d'adaptations grâce à une certaine plasticité écophysiologique et « phénotypique » des plantes. Elles peuvent également migrer, mais se posent alors le problème des possibilités de dispersion dans des écosystèmes fragmentés (peu d'habitats favorables) et de la vitesse de migration qui pourrait s'avérer insuffisante face à la rapidité des changements climatiques en cours. Enfin, la sélection pourrait engendrer localement des génotypes plus adaptés.

---

<sup>1</sup> SALVAUDON, C., 2008. – Étude des impacts potentiels des changements climatiques sur la flore et la végétation dans l'estuaire de la Seine. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'agronomie approfondie, Agrocampus Ouest, Rennes, CRP/CBN Bailleul, 42 p. + annexes.

<sup>2</sup> Incluant les espèces de phanérogames et de ptéridophytes de la partie continentale et à l'exclusion des espèces marines, de l'ensemble des bryophytes et des algues.

Les modifications climatiques, quelles qu'elles soient, auront donc (ont déjà) des effets parfois majeurs sur les aires de répartition des espèces : contraction d'aires (vers le nord, entre autres), remontée d'espèces méridionales, acclimatation ou renforcement d'espèces allochtones voire invasives, etc.

Les changements climatiques peuvent aussi intervenir de façon importante au niveau des communautés végétales en modifiant leur composition floristique et leur structure : répartition spatiale horizontale et verticale (stratification), abondances relatives des différentes espèces, apparition ou disparition d'espèces rares ou accidentelles (au sens phytosociologique), etc. Au-delà de ces phénomènes, les communautés végétales sont susceptibles de se transformer en communautés inédites. Par ailleurs, la dynamique temporelle (successions végétales) sont susceptibles d'emprunter aussi des voies nouvelles. Les moteurs de ces changements dans l'évolution de ces communautés végétales peuvent être dues à des modifications au niveau des processus de compétition intra et interspécifique, mais également à des interactions avec les autres compartiments biologiques qui évoluent concomitamment avec le climat : bactéries et champignons du sol éventuellement symbiotiques ou parasites divers, faune consommatrices de plantes : herbivores, granivores, insectes xylophages, divers prédateurs, etc.

## **1.2 Modélisations**

### **1.2.1 Modélisation expérimentale : écosystèmes artificiels**

La modélisation peut passer par des modèles expérimentaux mimant plus au moins les écosystèmes. Ces modèles sont intéressants pour étudier des effets létaux, la croissance, les modifications physiologiques des plantes, mais ils reproduisent bien mal la réalité des écosystèmes naturels car ils ne prennent pas bien en compte l'ensemble des interactions mentionnées notamment dans le § 1.1.

### **1.2.2 Modélisation empirique**

Ce type de modélisation repose sur les composantes climatiques actuelles et les aires de distribution des espèces. Certains modèles intègrent d'autres paramètres comme l'occupation du sol ou la fragmentation des écosystèmes. Dans cette catégorie, on distingue deux grands types de modèles : les modèles statiques, « à l'équilibre », indépendants du temps et les modèles dynamiques qui prennent en compte la croissance, de la compétition, de la capacité de dispersion et de colonisation des plantes. Un des principaux problèmes qui se pose à ce niveau est que ces modèles concernent actuellement qu'un faible nombre d'espèces en Europe, avec une majorité d'arbres. Par ailleurs, et c'est là le point le plus délicat, ces modèles n'intègrent pas des différents types d'interactions entre espèces et ne reconnaissent pas la notion de communauté végétale. En outre, la prise en compte du mode de dispersion des plantes et de l'occupation des sols reste trop embryonnaire.

## **1.3 Données au niveau des estuaires**

L'observation de la bibliographie, peut-être encore lacunaire, montre très peu de données exploitables et essentiellement tournées vers des espèces ou écosystèmes marins (hors du champ de compétence).

Au niveau de l'estuaire de la Seine, les données historiques sur la flore sont difficilement exploitables car elles sont trop localisées géographiquement, trop influencées par divers aménagements, et dont la pertinence est pénalisée par l'absence de suivis réguliers.

Selon toute vraisemblance, les changements climatiques vont entraîner une montée du niveau marin (de 0,7 à 1 m en 2100), une forte perturbation de la dynamique hydrosédimentaire et l'érosion des vasières. Cela se traduira par la perte d'habitats côtiers (perte de progressivité dans l'espace des gradients écologiques, remontées salines). Outre les effets liés aux modifications de température et

de précipitations, les effets directs sur les plantes se feront aussi via la, la salinité, la nature physique du substrat et la richesse ou l'accessibilité en éléments nutritifs.

## 1.4 Réseaux de suivis

Les réseaux de suivi incluant la flore et la végétation à l'échelle régionale ou suprarégionale sont :

- RENECOFOR (Réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers). Réseau de 102 stations mis en place par l'ONF à partir de 1992, il possède une station en forêt domaniale de Brotonne ;
- OREF (Observatoire régional des écosystèmes forestiers) mis en place par le CRPF en Nord – Pas-de-Calais et Picardie. Il intègre des suivis climatiques, phénologiques, floristiques et phytosanitaires divers ;
- Réseau national ODS (Observatoire des saisons), mis en place par le GDR SIP-GECC (CEFE-CNRS & AGROCLIM-INRA) propose la compilation des données phénologiques.

## 1.5 Impacts sur les écosystèmes de l'estuaire de la Seine

Un des impacts reconnus des changements climatiques sur la flore concerne les espèces exogènes et invasives. En effet, les estuaires sont particulièrement sensibles à l'arrivée de néophytes (commerce, transports). Les modifications climatiques engendrent des levées de barrières climatiques favorisées par les nouvelles composantes du climat en général propice aux caractéristiques biologiques des invasives. De plus, beaucoup d'espèces invasives pourraient profiter de l'élévation du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique.

Il est assez difficile de connaître exactement les types de milieux qui seront impactés prioritairement par les changements climatiques. Toutefois, les pelouses calcicoles devraient être logiquement touchées par :

- la remontée des espèces méridionales : actuelle limite septentrionale pour certaines espèces comme *Astragalus monspessulanus* (Astragale de Montpellier) ;
- des impacts positifs possibles pour les espèces et les végétations thermophiles et xérophiles mais de grosses interrogations demeurent (effets de l'urbanisation, de la fragmentation des écosystèmes, de la déprise agricole dans les systèmes agropastoraux) ;
- des impacts négatifs sur les espèces ne tolérant pas les trop grosses chaleurs.

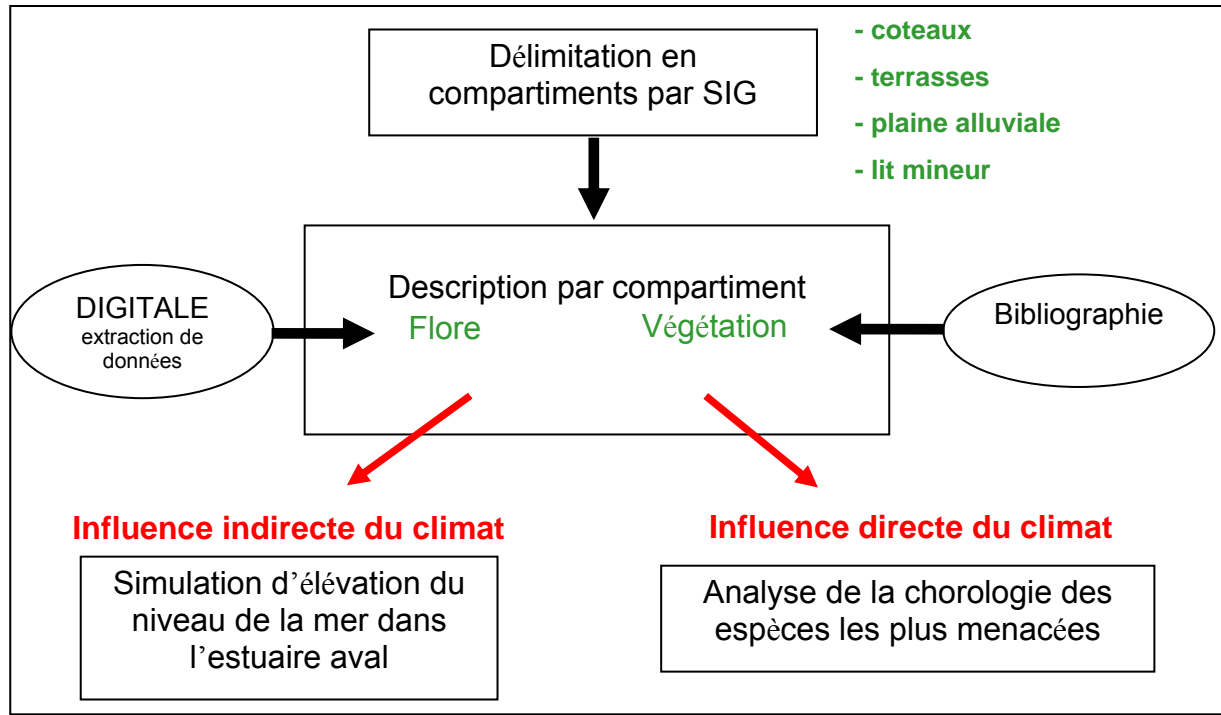
*A contrario*, les écosystèmes forestiers devraient être moins intensément touchés, au moins à court terme, du fait d'une inertie plus importante de ce type d'écosystèmes (même si c'est certainement moins vrai pour certaines espèces d'arbres particulièrement sensibles). Néanmoins, on pourra observer :

- des modifications dans la phénologie des arbres et des arbustes : débourrement plus précoce, chute des feuilles plus tardive ;
- une modification de la croissance : allongement de la période de végétation et accroissement du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique ;
- des risques sanitaires accrus : modification de la physiologie des agresseurs qui se déplacent plus vite que les arbres (non adaptés aux agresseurs venus du sud) ;
- des modifications dans les aires de répartition : modélisations du projet CARBOFOR en lien avec le modèle ARPEGE de Météo France.

## 2. ÉTUDE DE CAS

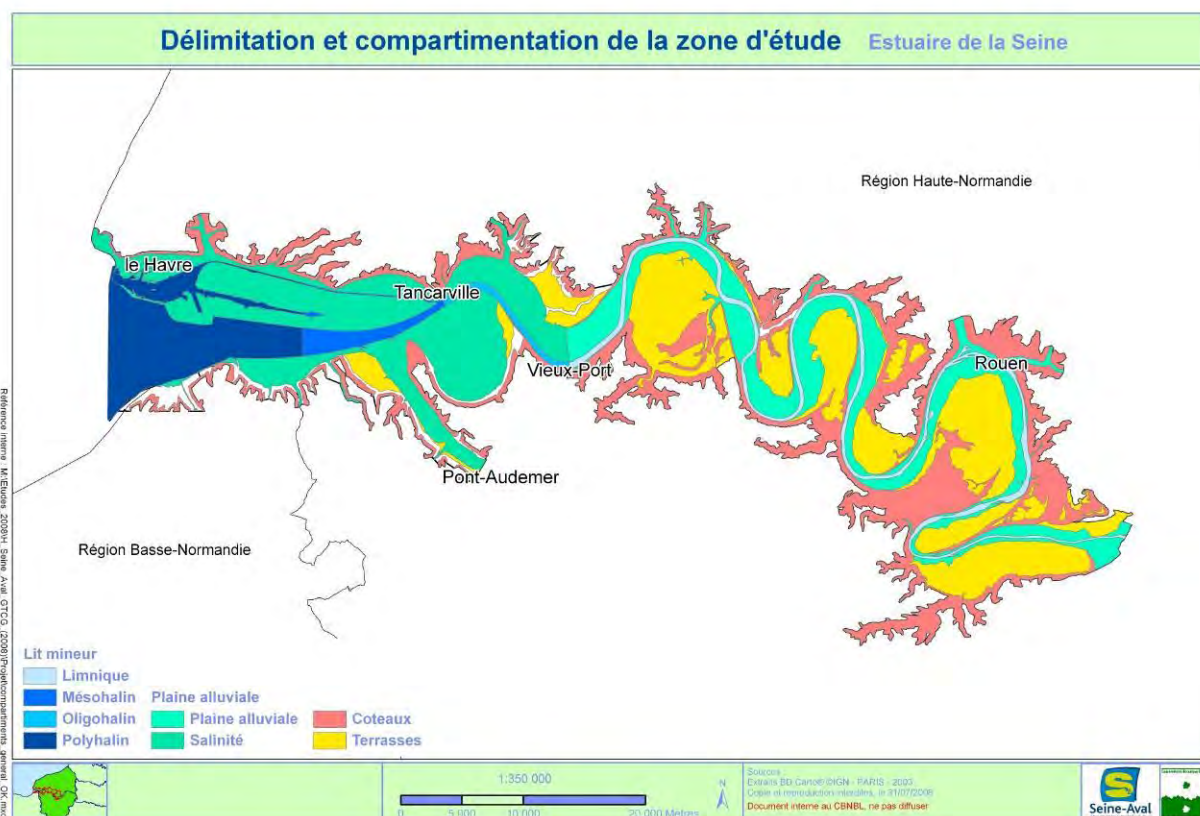
### 2.1 Méthodologie

En fonction des données existantes, nous avons proposé une démarche méthodologique d'analyse de la flore et de la végétation actuelles. Celle-ci est synthétisée par le schéma suivant.



**Figure 1** – Démarche méthodologique générale

Cette démarche a conduit à réaliser une compartimentation de l'estuaire de la Seine en fonction de la topographie et des compartiments biodynamiques et de la salinité. Ce découpage est indispensable car les compartiments identifiés ne vont pas réagir de la même manière aux changements climatiques directs (température, précipitations) ou indirects (débits, niveau marin, salinité).



**Figure 2** – Carte des compartiments de l’estuaire de la Seine

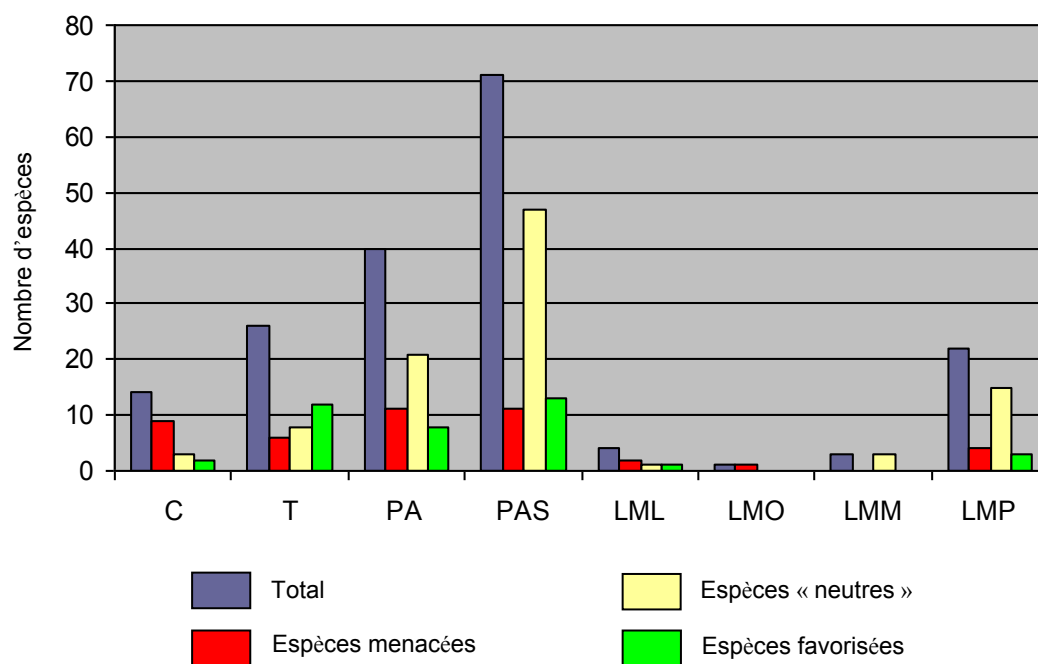
## 2.2 Principaux résultats

### 2.2.1 Analyse de la chorologie des espèces

Cette synthèse a été réalisée à l’aide des données de la base DIGITALE du CRP/CBNBL (plus quelques données du Conservatoire botanique national de Brest, antenne de Basse-Normandie) disponibles à l’été 2008. Les données en cours d’acquisition, de saisie ou de validation, liées notamment à la réalisation de l’atlas floristique, ne sont donc pas toutes prises en compte. Faute de temps, les résultats analysés ne concernent que les espèces les plus menacées : catégories de l’IUCN EX (présumées disparues de Haute-Normandie) et CR (fortement menacées en Haute-Normandie), ce qui représente déjà 123 taxons. Cette analyse a porté sur les différents compartiments définis. L’aire de répartition de ces 123 taxons a été examinée. L’analyse est illustrée par les figures 3 à 5.

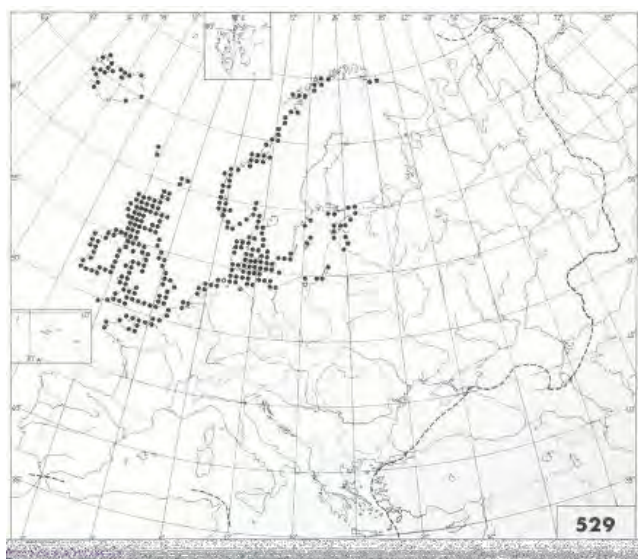
Les espèces endémiques de Haute-Normandie (Violette de Rouen (*Viola hispida*) et Lunetière de Neustrie (*Biscutella neustriaca*) font partie des espèces les plus menacées par les changements climatiques. On peut également citer l’Arroche de Babington (*Atriplex glabriuscula*), la Gymnadénie odorante (*Gymnadenia odoratissima*) et le Tabouret des montagnes (*Thlaspi montanum*). Certaines espèces hautement spécialisées sur le plan écologique pourraient être également menacées comme le Scirpe triquètre (*Schoenoplectus triqueter*).

Et parmi les espèces qui pourraient être favorisées, on a la Crassule mousse (*Crassula tillaea*), l’Œillet des chartreux (*Dianthus cartusianorum*) et la Cotonnière de France (*Filago gallica*).



C : coteaux ; T : terrasses ; PA(S) : plaine alluviale (saline) ; LM(O/M/P) : lit mineur (oligohalin, mésohalin, polyhalin)

**Figure 3** – Résultats par compartiments de l'estuaire



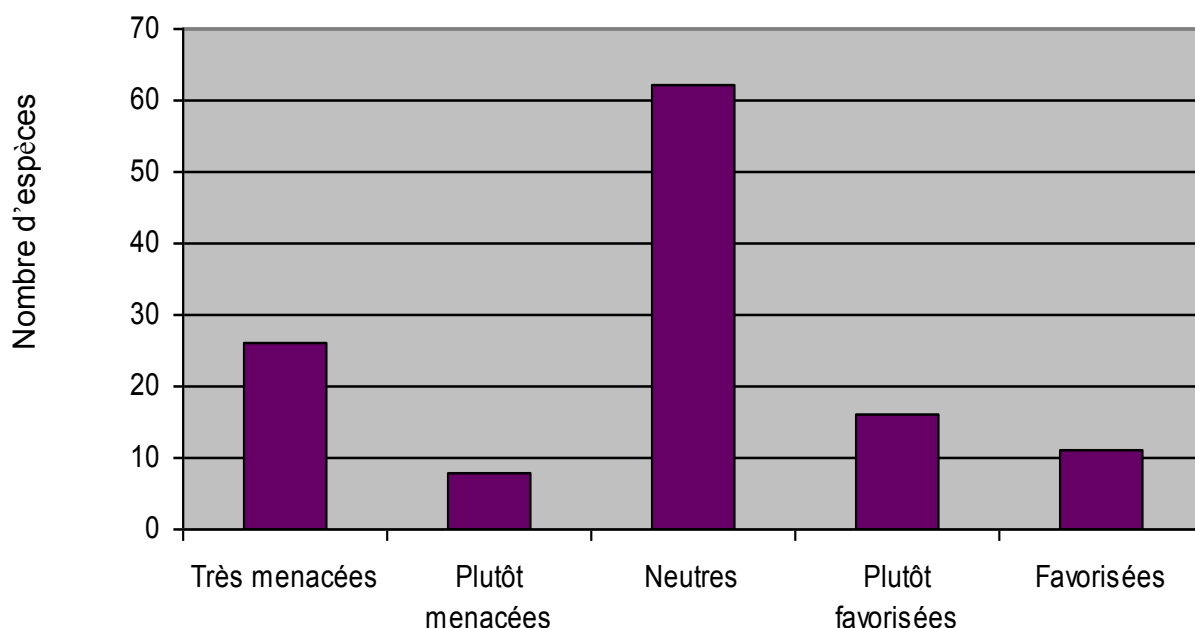
Atlas Florae Europaea (Jalas et Suominen, 1972-2004)



137 *Atriplex glabriuscula*

Atlas of the wild flowers of Britain and Northern Europe (Fitter, 1978)

**Figure 4** – Exemple sur *Atriplex glabriuscula*, espèce boréale donc menacée dans l'estuaire



**Figure 5** – Résultats sur l'ensemble de la zone d'étude

### 2.2.2 Exercice sur l'élévation du niveau de la mer dans l'estuaire aval

Cet exercice avait pour but de tester la mise en place d'une méthodologie pour évaluer l'impact de l'élévation de la mer à partir d'une simulation du GIP SA. Cette simulation a été réalisée à partir de données topographiques et bathymétriques approximatives avec une élévation d'environ 1 m. Les données concernant la flore (DIGITALE) ont été extraites en fonction des zones indiquées comme directement inondées. Ces données ont été analysées en fonction de la tolérance des espèces vis-à-vis de l'inondation et/ou de la présence de sel.

Les résultats ont montré l'existence d'un faible jeu de données (ces données, rappelons-le seront largement complétées dans un avenir proche). Les principaux milieux touchés sont les prairies humides plus ou moins saumâtres. Au niveau de la Réserve naturelle nationale de l'estuaire de la Seine, on note les espèces communes suivantes qui pourraient être menacées (écologie défavorable au sel) : Trèfle rampant (*Trifolium repens*), Ray-grass (*Lolium perenne*), Pâturin commun (*Poa trivialis*), Renoncule rampante (*Ranunculus repens*). En revanche, certaines espèces pourraient facilement se maintenir : Trèfle fraisier (*Trifolium fragiferum*), Troscart maritime (*Triglochin maritimum*), Vulpin genouillé (*Alopecurus geniculatus*).

En limite de la zone de simulation, le Marais Vernier pourrait être fortement touché par une élévation du niveau marin et de la salinité (même très faible). Les espèces suivantes pourraient alors disparaître (peu ou pas de possibilités de zones de refuge) : Rossolis à feuilles rondes (*Drosera rotundifolia*), Ache inondée (*Apium inundatum*), Laïche bleuâtre (*Carex panicea*), Laïche déprimée (*Carex demissa*), Éléocharide à tiges nombreuses (*Eleocharis multicaulis*), Lobélie brûlante (*Lobelia urens*), Myrica galé (*Myrica gale*), Bruyère quaternée (*Erica tetralix*), *Sphagnum* sp., etc.

## 3. PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS

Les investigations menées sur le thème de la flore montrent l'ampleur des difficultés pour mettre en place une méthodologie car le sujet reste encore assez peu cadré scientifiquement. La surface étudiée (plus d'une centaine de km<sup>2</sup>) dans le cadre de la présente expertise est grande, mais reste



très petite à l'échelle des données du changement climatique. Par ailleurs, certaines pistes n'ont pas été explorées comme :

- la sensibilité des espèces plus communes qui sont parfois structurantes pour certains habitats ou végétations ;
- l'analyse du recul du front de salinité ;
- l'inondabilité des milieux en amont (nécessité d'une topographie plus précise et plus générale et d'un modèle numérique de terrain) ;
- les conséquences dues aux mutations de l'agriculture.

Par ailleurs, il convient de rappeler l'importance des autres problématiques environnementales dans l'estuaire. La pression anthropique actuelle en général, les mutations de l'agriculture, la pollution de l'eau (contamination en métaux, déficit en oxygène dissous, excès en éléments nutritifs), les aménagements portuaires sont extrêmement puissants et viennent largement brouiller l'analyse vis-à-vis des effets du changement climatique seul. Ils représentent en effet des menaces à court terme pour les milieux naturels et ils pourraient amplifier les conséquences des changements climatiques.

Les investigations menées dans le cadre de ce travail nous ont permis de réaliser une première synthèse des connaissances et la mise en évidence d'espèces *a priori* sensibles aux changements climatiques. Mais il s'avère qu'il n'est pas possible de prédire quelles vont être les végétations et la flore futures, car trop de facteurs entrent en interaction et modifient la dynamique spatiale et temporelle des populations et des communautés.

Afin d'aller plus loin dans la connaissance des impacts des changements climatiques au niveau de l'estuaire, il conviendrait d'engager les investigations suivantes :

- étude de la répartition suprarégionale voire nationale (et si possible état des populations) des espèces végétales identifiées comme étant *a priori* les plus sensibles aux changements climatiques ; cela nécessitera de s'intéresser notamment aux espèces non fortement menacées de disparition, en particulier à celles caractéristiques et/ou structurantes (en particulier au sens phytosociologique) de certaines végétations ou de certains habitats ;
- réflexion sur les espèces (autochtones ou allochtones du territoire phytogéographique) non présentes dans l'estuaire voire en Haute-Normandie et susceptibles d'y apparaître sous l'influence des changements climatiques (irradiations méridionales notamment) ; une attention particulière devra aussi être portée aux espèces invasives.

Comme nous le voyons, il sera indispensable de s'intéresser à la structuration phytosociologique des habitats au niveau de l'estuaire afin d'avoir une idée de leur sensibilité aux changements climatiques. Visiblement, les habitats de pelouses calcicoles (coteaux) ou silicicoles relictuelles (terrasses) semblent particulièrement vulnérables, mais aussi aptes à s'enrichir plus ou moins rapidement en espèces des cortèges méridionaux.

L'exercice de simulation de la montée des eaux dans l'estuaire devra être conforté avec des données topographiques précises et des lignes d'eau bien calées et en exploitant l'ensemble des données DIGITALE. Des résultats intéressants sont à attendre.

Sur le long terme, il conviendra de mettre en place un réseau de suivi de placettes phytosociologiques permanentes qui seront les seules qui permettront des observations rigoureuses (démographie des populations d'espèces, structuration et dynamique des végétations) et précisément localisées. Ce réseau pourrait s'intégrer à une démarche d'observatoire de la biodiversité à un niveau régional.