



**HAL**  
open science

## Programme TERRA : mise au point d'indicateurs pour l'aide à la décision en matière de gestion des espaces d'influence du Bassin d'Arcachon

J. Leibreich, Henri Beuffe, J.C. Chossat, François Delmas, R. Laplana, Françoise Vernier

### ► To cite this version:

J. Leibreich, Henri Beuffe, J.C. Chossat, François Delmas, R. Laplana, et al.. Programme TERRA : mise au point d'indicateurs pour l'aide à la décision en matière de gestion des espaces d'influence du Bassin d'Arcachon. irstea. 2000, pp.103. hal-02580500

**HAL Id: hal-02580500**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02580500>**

Submitted on 14 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

00/0969



Agence de l'Eau  
Adour Garonne



## Programme TERRA

*Mise au point d'indicateurs  
pour l'aide à la décision en matière de  
gestion des espaces d'influence  
du Bassin d'Arcachon*

Johann LEIBREICH  
Henri BEUFFE  
Jean-Claude CHOSSAT  
François DELMAS  
Ramon LAPLANA  
Françoise VERNIER

Départements : Gestion des Territoires  
Gestion des Milieux Aquatiques

Unités de Recherche : Agriculture et Dynamique de  
l'Espace Rural  
Qualité des eaux

Centre de Bordeaux  
50, avenue de Verdun  
33612 CESTAS cedex  
Tél. : 05 57 89 08 00 - Fax : 05 57 89 08 01  
<http://www.bordeaux.cemagref.fr>

Octobre 2000

La réalisation de ce document a été rendue possible grâce au soutien financier de l'Union Européenne.

# Programme TERRA

*Mise au point d'indicateurs  
pour l'aide à la décision en matière de  
gestion des espaces d'influence  
du Bassin d'Arcachon*

Johann LEIBREICH  
Henri BEUFFE  
Jean-Claude CHOSSAT  
François DELMAS  
Ramon LAPLANA  
Françoise VERNIER

Départements : **Gestion des Territoire**  
**Gestion des Milieux Aquatiques**  
Unités de Recherche : Agriculture et Dynamique de  
l'Espace Rural  
Qualité des eaux

**Centre de Bordeaux**  
50, avenue de Verdun  
33612 CESTAS cedex  
Tél. : 05 57 89 08 00 - Fax : 05 57 89 08 01  
<http://www.bordeaux.cemagref.fr>

*Octobre 2000*

## **REMERCIEMENTS**

Nous tenons sincèrement à remercier les personnes et organismes qui, par leur contribution, en particulier la fourniture de données, ont permis ou facilité la rédaction de ce rapport :

M. CAPDEVILLE du Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon

MM. MONZIE et ALVADO de la DDAF de la Gironde (Direction des Services Vétérinaires)

M. VIEL de la DDAF des Landes (Direction des Services Vétérinaires)

Mme TRITSCHLER du Conseil Général de la Gironde (SATESE)

M. HUGONNENG du Conseil Général des Landes (SATESE)

Les adhérents du GRCETA ainsi que son directeur M. PROUZET

L'Agence de l'Eau Adour-Garonne

Le Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne

Nos collègues Yvan RACAULT et Philippe JATTEAU

## SOMMAIRE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....</b>                   | <b>4</b>  |
| 1.1 CONTEXTE.....  | 4         |
| 1.2 OBJECTIF GÉNÉRAL.....  | 4         |
| 1.3 OBJECTIFS MÉTHODOLOGIQUES.....                               | 5         |
| 1.4 DONNÉES ET PARAMÈTRES MOBILISÉS AU SERVICE DU PROJET.....    | 6         |
| 1.4.1 Description du milieu.....                                 | 6         |
| 1.4.2 Réglementations et usages.....                             | 6         |
| 1.4.3 Indicateurs produits.....                                  | 6         |
| <b>2 PREMIÈRE SYNTHÈSE DES DONNÉES SUR LE MILIEU.....</b>        | <b>8</b>  |
| 2.1 DONNÉES SUR LE MILIEU NATUREL.....                           | 8         |
| 2.1.1 L'unité géographique de référence : le bassin versant..... | 8         |
| 2.1.2 Situation géographique du territoire d'étude.....          | 8         |
| 2.1.3. Réseau hydrographique et unités fonctionnelles.....       | 8         |
| 2.1.4 Relief et pentes.....                                      | 13        |
| 2.1.5 Les isochrones.....  | 13        |
| 2.1.6 Le climat.....   | 17        |
| 2.1.7 Géologie.....  | 17        |
| 2.1.8 Le sol et l'eau.....                                       | 19        |
| 2.2 OCCUPATION DU SOL.....                                       | 20        |
| 2.2.1 Méthodes.....  | 20        |
| 2.2.2 Modes d'occupation du sol actuels.....                     | 23        |
| <b>3 INVENTAIRE ET CARTOGRAPHIE DES ZONAGES.....</b>             | <b>28</b> |
| 3.1 AMÉNAGEMENT ET DÉVELOPPEMENT.....                            | 28        |
| 3.1.1 Programme de développement des zones défavorisées.....     | 28        |
| 3.1.2 Mise en valeur de territoires.....                         | 29        |
| 3.2 ZONAGES SECTORIELS : FORÊT ET AGRICULTURE.....               | 31        |
| 3.2.1 Forêt.....   | 31        |
| 3.2.2 Agriculture.....   | 31        |
| 3.3 FAUNE ET FLORE.....  | 32        |
| 3.3.1 Inventaires.....   | 32        |
| 3.3.2 Cours d'eau.....   | 33        |
| 3.3.3 Territoires et gestion environnementale.....               | 34        |
| 3.3.4 Zones sensibles, zones vulnérables.....                    | 37        |
| 3.3.5 Compétences administratives eau et pêche.....              | 38        |
| <b>4 CONSTRUCTION D'INDICATEURS.....</b>                         | <b>40</b> |
| 4.1 PROBLÉMATIQUE.....   | 40        |
| 4.1.1 Les apports de nutriments au Bassin d'Arcachon.....        | 40        |
| 4.1.2 Activités humaines et pollution des eaux.....              | 40        |
| 4.1.3 Rappel sur le cycle de l'azote.....                        | 41        |
| 4.2 MÉTHODE.....   | 42        |
| 4.2.1 Construction d'indicateurs.....                            | 42        |
| 4.2.2 Protocole expérimental.....                                | 43        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.2.3 Mode de calcul des flux spécifiques.....                          | 44        |
| 4.2.4 Résultats expérimentaux.....                                      | 44        |
| 4.2.5 Robustesse des standards de flux spécifiques.....                 | 46        |
| 4.3 INDICATEURS DE FLUX D'AZOTE.....                                    | 48        |
| 4.3.1 Flux annuel d'azote d'origine agricole (carte n°14).....          | 48        |
| 4.3.2 Flux annuel d'azote d'origine forestière (carte n°15).....        | 51        |
| 4.3.3 Flux annuel d'azote d'origine urbaine (carte n°16).....           | 51        |
| 4.3.4 Flux annuel d'azote provenant des piscicultures (carte n°17)..... | 54        |
| 4.3.5 Flux total annuel d'azote (carte n°18).....                       | 56        |
| 4.3.6 Validation des valeurs de flux total obtenues.....                | 56        |
| 4.4 INDICATEURS DE PRESSION DE POLLUTION AZOTÉE.....                    | 57        |
| 4.4.1 Pression d'azote des élevages (carte n°19).....                   | 59        |
| 4.4.2 Pression d'azote de l'assainissement autonome (carte n°20).....   | 61        |
| 4.4.3 Epandage de boues de stations d'épuration.....                    | 61        |
| 4.4.4 Apports bruts d'azote de l'agriculture (carte n°21).....          | 64        |
| 4.4.5 Apports nets d'azote de l'agriculture (carte n°22).....           | 64        |
| 4.4.6 Pression totale nette d'azote (carte n°23).....                   | 66        |
| <b>5 DISCUSSION ET CONCLUSION.....</b>                                  | <b>67</b> |
| 5.1 FLUX D'AZOTE.....   | 67        |
| 5.2 PRESSION D'AZOTE.....   | 67        |
| 5.3 CAPACITÉ D'AUTOÉPURATION DU MILIEU.....                             | 68        |
| 5.3.1 Dénitrification.....  | 68        |
| 5.3.2 Autoépuration linéaire.....                                       | 68        |
| 5.3.3 Effet d'un réservoir artificiel : le plan d'eau de Mano.....      | 69        |
| 5.4 CONCLUSION.....   | 70        |
| 5.4.1 Y a-t-il pollution des hydrosystèmes ?.....                       | 70        |
| 5.4.2 Conclusion.....   | 72        |
| <b>6 PERSPECTIVES.....</b>  | <b>73</b> |
| <b>7 OUTIL DE GESTION INTÉGRÉE.....</b>                                 | <b>74</b> |
| <b>8 BIBLIOGRAPHIE.....</b>   | <b>75</b> |
| <b>TABLE DES CARTES.....</b>  | <b>77</b> |
| <b>ANNEXES.....</b>   | <b>78</b> |
| <b>TABLE DES ANNEXES.....</b>   | <b>79</b> |

# **I CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE**

## **1.1 CONTEXTE**

Le fonctionnement de l'écosystème aquatique du Bassin d'Arcachon est directement sous la dépendance de nombreux facteurs biotiques et abiotiques interférant dans des processus complexes. Cet espace est le siège d'activités multiples et d'enjeux économiques, touristiques et patrimoniaux importants. Or, depuis la fin des années quatre-vingts, cette lagune révèle des signes de dysfonctionnements dont certains en relation avec les modifications de la dynamique des flux de nutriments (notamment proliférations de macro-algues vertes de type ulves). La préservation environnementale et le développement économique durables se trouvent donc sous la dépendance du niveau de qualité des eaux, lui-même fortement influencé par les modes d'utilisation des espaces d'influence.

L'un des enjeux actuels, auquel travaille la communauté scientifique, est de situer le mieux possible le niveau de flux arrivant au bassin d'Arcachon et le degré de vulnérabilité et de déséquilibre trophique actuels de ce système. En fonction de ce constat et de ses actualisations à venir, il importe de raisonner les pratiques humaines sur sa zone d'influence afin de garantir leur compatibilité avec l'équilibre durable de ce fragile écosystème.

## **1.2 OBJECTIF GENERAL**

Une hypothèse de travail susceptible, si elle s'avère fondée, d'appuyer et d'orienter fortement la gestion des espaces d'influence est de vérifier que, du fait de différents facteurs dont la capacité d'assimilation des hydrosystèmes, l'endroit où s'exerce une activité polluante joue un rôle sur l'intensité de l'impact subi à l'aval. En tenant compte des acquis de la recherche en la matière, l'objectif finalisé du présent programme placé sous l'égide de TERRA est d'intégrer et de mettre sous une forme accessible aux décideurs ou gestionnaires de ces espaces les éléments scientifiques, indicateurs et outils (cartes, base de données), permettant de les appuyer dans leurs décisions par rapport à certaines questions, du type :

- Le Bassin d'Arcachon est-il d'ores et déjà en surcharge chronique ? Si non, quelle est encore la marge de sécurité ?
- faut-il s'opposer, ou peut-on encore accorder de nouvelles autorisations administratives de défrichement pour l'implantation d'exploitations agricoles ? Si oui, dans quels périmètres ? Périmètres à préserver à tout prix, ou ratios par sous-bassins versants à respecter ?
- Est-il écologiquement possible et supportable de multiplier les élevages, les piscicultures ? Est-il envisageable d'accorder des autorisations à l'implantation de porcheries ? Sous quelles conditions (capacités, emplacements, cahier des charges d'installation classée, plan d'épandage...)

### 1.3 OBJECTIFS METHODOLOGIQUES

Le principal objectif méthodologique du projet est de produire, à une échelle utilisable sur l'ensemble des espaces d'influence du bassin d'Arcachon, des données géoréférencées, indicateurs et outils permettant de représenter la relation entre la pression polluante liée à l'occupation des sols et aux pratiques humaines d'une part, et la qualité de l'hydrosystème de surface d'autre part.

Pour arriver à ce résultat, le cheminement envisagé est le suivant :

- Proposer un découpage de l'espace amont du Bassin d'Arcachon en unités hydrologiques fonctionnelles pertinentes,
- Qualifier ces ensembles au regard des organisations spatiales des milieux qui les composent, des activités présentes et de leurs pratiques (créations d'indicateurs et en particulier d'indicateurs de pression polluante),
- Construire une zonation de risque (pression polluante acceptable),
- Confronter les données et indicateurs relatifs à l'utilisation du territoire et à la pression polluante aux données de qualité des eaux superficielles, vérifier le niveau des corrélations,
- Etudier l'éventualité de développement des activités en situations non contraignantes vis à vis de la qualité des eaux et cohérentes avec les politiques de l'eau.

A l'occasion de ses travaux de recherche passés et en cours, le Cemagref a structuré des référentiels et alimenté des bases de données spécifiques à cette zone : données hydrologiques et de qualité des eaux, notamment chroniques de données collectées depuis 1995 sur 2 bassins versants ateliers, données géoréférencées de description du territoire et des activités organisées dans un système d'information à référence spatiale (S.I.R.S.). Il s'est également appuyé sur certaines bases de données extérieures non publiques, pour lesquelles il a obtenu ou acquis les autorisations ou droits d'utilisation, ainsi que sur des images satellitales achetées.

Ce travail n'a pas pour objet de créer de nouvelles données scientifiques, mais de mobiliser et d'organiser les informations et connaissances existantes au service de l'aide à la décision et à la gestion. Pour la présente étude, le Cemagref a mobilisé ses ressources informatiques ainsi que l'ensemble des données précitées, dont la plupart ne sont pas publiques, afin de les intégrer au sein d'indicateurs synthétiques. En l'absence de réseau institutionnel de surveillance de la qualité des eaux de surface au maillage adéquat - il existe une seule station du Réseau National de Bassin sur la zone, celle de Pont de Lamothe à Biganos - le dispositif des 2 bassins versants ateliers revêt une importance primordiale pour aborder la phase de généralisation permettant d'estimer des flux et bilans annuels sur des sous-bassins versants à partir d'une stratégie d'échantillonnage très allégé de la qualité instantanée des eaux de surface.

## **1.4 DONNEES ET PARAMETRES MOBILISES AU SERVICE DU PROJET**

### **1.4.1 Description du milieu**

Les unités géographiques de base sont les bassins versants hydrologiques. La plupart des données et des indicateurs produits peuvent leur être associés. En matière de description du milieu naturel et anthropisé, les informations portent sur le climat, la géologie, la morphologie, l'hydrologie, la qualité des eaux de surface, les zones humides, les types de landes, les ripisylves, et les différents modes d'occupation du sol.

### **1.4.2 Réglementations et usages**

Les réglementations en cours et les zones d'influence des différents programmes zonés sont répertoriées et font l'objet de représentations cartographiques. Il en est de même pour ce qui est des différents usages liés aux deux ressources que sont l'espace et l'eau. Une qualification de ces différents usages en termes de pratiques et d'impacts est fournie.

### **1.4.3 Indicateurs produits**

Nous avons construit des indicateurs traduisant aux mêmes échelles des unités hydrologiques les niveaux différenciés de pression polluante potentielle. Ces représentations ont été validées. Les situations géographiques critiques ont été repérées.

# Carte n°1 NOMMAGE DES UNITES HYDROGRAPHIQUES



**Légende**

Unités hydrographiques de base

**Echelle**

N

0    5    10 kilomètres

Projection Lambert II étendu

**Localisation**

## **2 PREMIERE SYNTHSE DES DONNEES SUR LE MILIEU**

### **2.1 DONNEES SUR LE MILIEU NATUREL**

#### **2.1.1 L'unité géographique de référence : le bassin versant**

La notion de bassin versant peut être définie en tant que surface drainée par un cours d'eau, en amont du point définissant son exutoire . En premier lieu, le bassin versant est donc un territoire qui répond à une définition hydrologique : c'est une unité fonctionnelle permettant l'étude du cycle de l'eau et des flux d'autres substances. Dans un second temps, la notion de bassin versant entre dans le champ géographique parce qu'il est une unité spatiale. En association avec des outils tels que les Systèmes d'Informations Géographiques, qui permettent d'associer des informations grâce à leurs caractéristiques spatiales, le bassin versant permet d'intégrer de multiples thématiques. Il permet le croisement d'informations diverses telles que les réglementations, l'occupation du sol et son utilisation, ainsi que ses caractéristiques naturelles (réseau hydrographique, zones humides, etc.).

#### **2.1.2 Situation géographique du territoire d'étude**

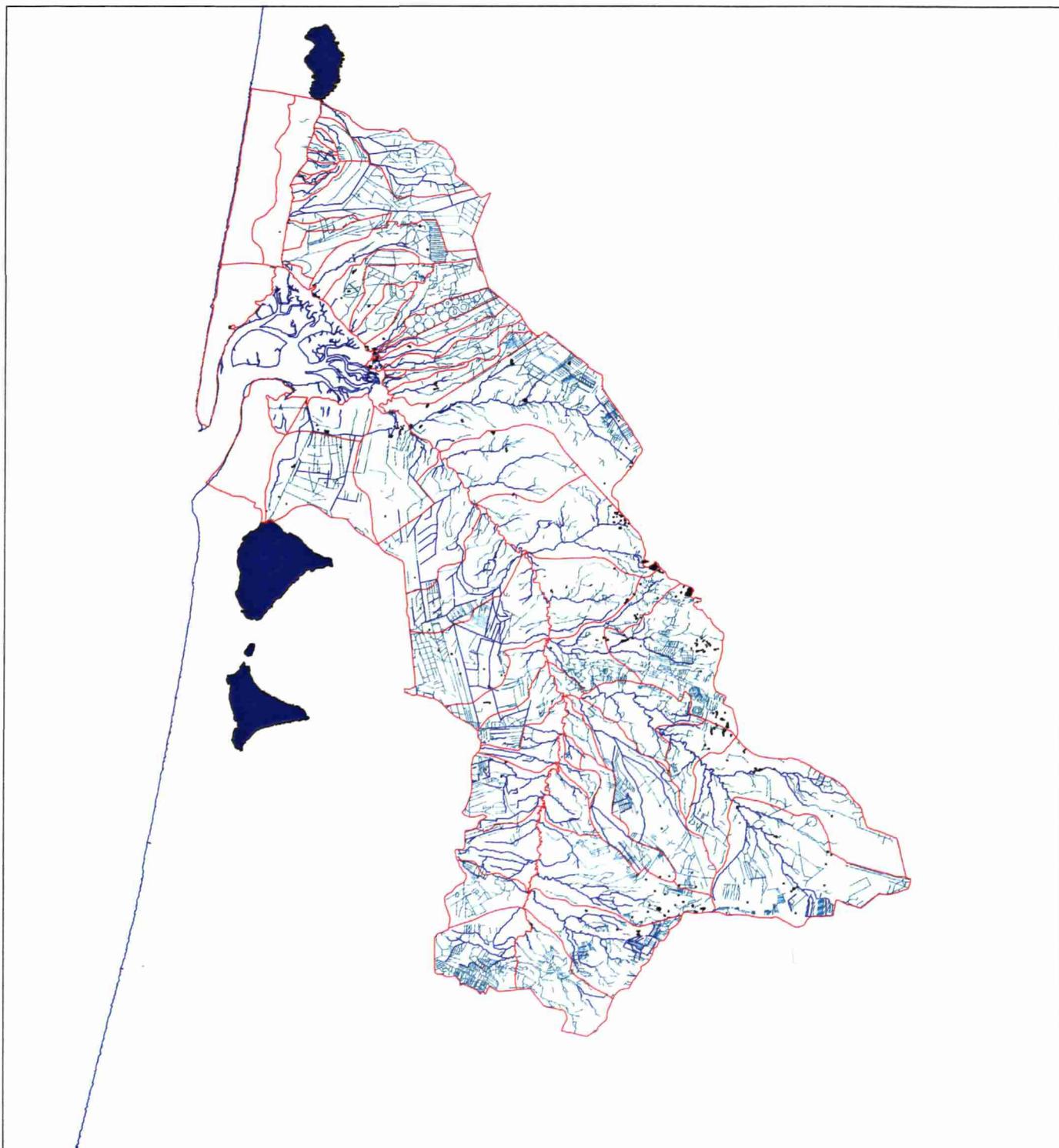
La zone d'influence du Bassin d'Arcachon a été définie comme son bassin versant, c'est à dire le territoire constitué par tous les bassins versants unitaires qui y déversent leurs eaux. La région objet de l'étude se localise dans la partie centrale des Landes de Gascogne à cheval sur les départements de la Gironde, au nord et des Landes, au sud. Elle couvre une superficie de 300.000 hectares, soit 3.000 km<sup>2</sup>. Les communes concernées par ce territoire sont représentées sur deux cartes en **annexes 1** (partie nord) et **2** (partie sud).

#### **2.1.3. Réseau hydrographique et unités fonctionnelles**

La zone d'influence du Bassin d'Arcachon a été découpée en sous-bassins versants élémentaires ou unités hydrographiques de base, au niveau desquelles différents indicateurs ont été calculés. Ce découpage figure sur la **carte n°1**.

Le secteur littoral ne présente pas d'écoulement de surface organisé : l'épaisse dune littorale absorbe les précipitations et ne porte aucun cours d'eau structuré. Ce secteur est bordé, dans la partie nord, par le canal de Lège ou du Porge et dans la partie sud par le canal des Landes, alimentés respectivement par l'étang de Lacanau et par celui de Cazaux et de Sanguinet.

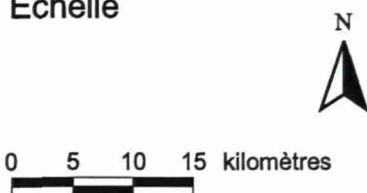
# Carte n°2 RESEAU HYDROGRAPHIQUE



## Légende

-  Limites des unités hydrographiques
-  Réseau permanent
-  Réseau temporaire
-  Lagunes
-  Niveau zéro de la mer
-  Lacs sud
-  Lacs nord

## Echelle



Projection Lambert II étendu

## Localisation



A l'est du Bassin, se succèdent des petits cours d'eau côtiers aux bassins versants étroits, en lanières accolées comme le Cirès, le Lanton, le Ponteil ou l'Aiguemorte ; le réseau hydrographique est peu ramifié.

Au sud se développe le vaste bassin versant de la Leyre, comprenant ses principaux tributaires, la Grande Leyre et la Petite Leyre, qui draine la partie centrale des Landes de Gascogne. Il a été divisé en unités plus fines, définies comme des territoires alimentant le réseau hydrographique à l'amont d'un point de contrôle sur un cours d'eau et correspondant strictement au concept de bassin versant, ou bien déterminées par un point amont et un point aval sur un cours d'eau et une localisation en rive droite ou en rive gauche. Ces unités hydrographiques correspondent alors à des portions de territoire englobant des petits cours d'eau affluents des Leyres qui leur donnent leur nom, séparés entre eux par des lignes de partage des eaux mais comportant aussi un tronçon des Leyres. Il ne s'agit pas là de bassins versants au sens strict du terme, mais d'unités hydrographiques qui permettent une partition complète du territoire d'étude et des calculs de contribution à la formation des flux de pollution qui parviennent au Bassin d'Arcachon.

Les bassins versants ont été définis à partir d'une base de données géoréférencée fournie par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et de travaux du Cemagref ayant permis une délimitation plus précise : en effet, la topographie locale ne suffit pas pour déterminer les lignes de partage des eaux sans difficulté à partir d'une carte présentant les courbes de niveau ; seuls un examen du terrain, des sens d'écoulement des différentes crastes et canaux et des éléments hydrogéologiques permettent d'aboutir à un résultat satisfaisant.

L'ensemble forme une mosaïque de zones de taille variable qui constituent les unités fonctionnelles de notre étude. Certaines correspondent strictement à des bassins hydrographiques unitaires qui font l'objet de travaux plus ou moins anciens et portent des noms connus (Tagon, Grand Arriou, Lanton...). D'autres correspondent à des territoires plus vastes, pouvant contenir plusieurs affluents et auxquels nous avons attribué, en guise d'appellation, le nom du principal affluent.

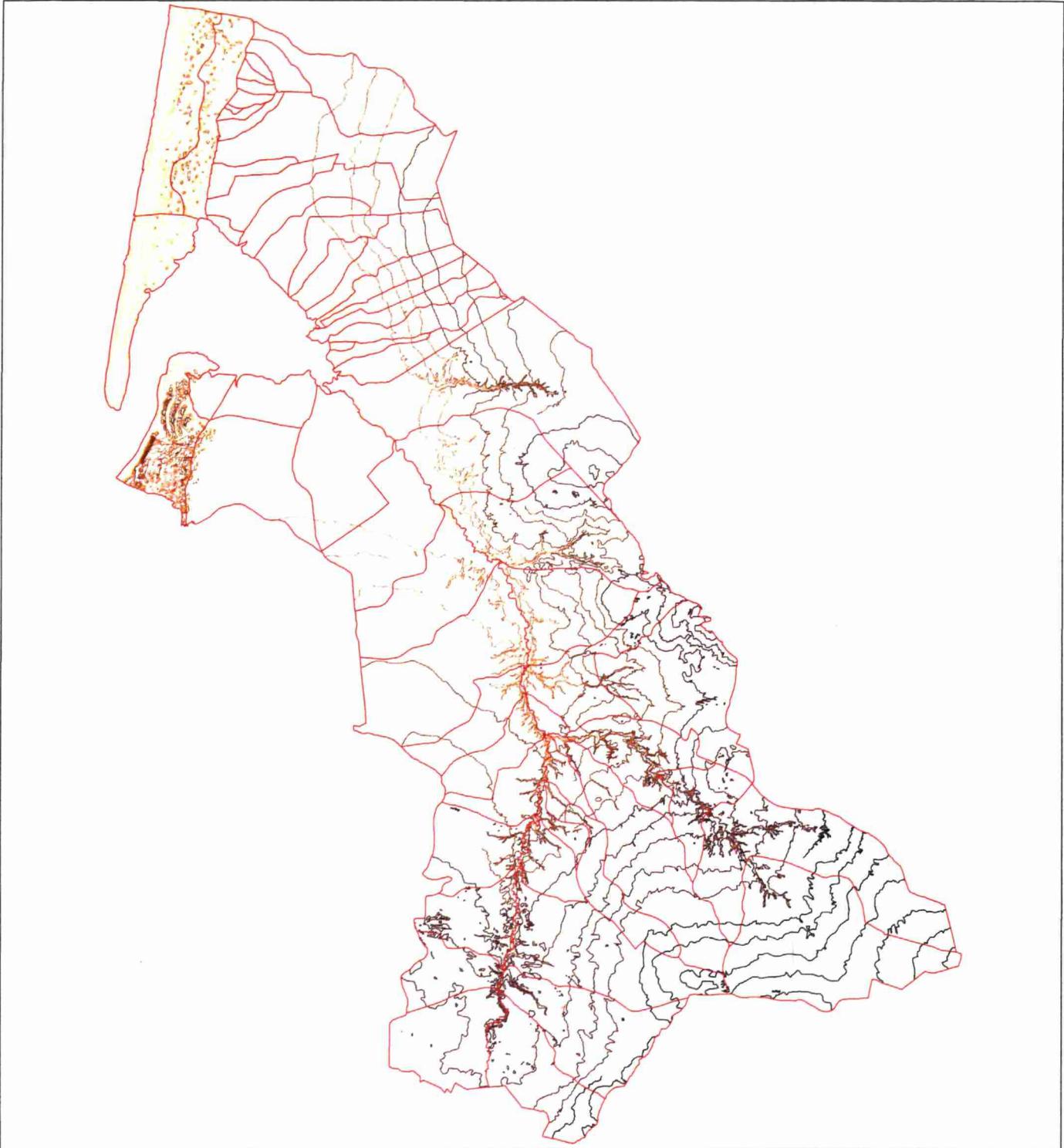
La **carte n°2** présente le découpage des bassins versants et le réseau hydrographique qui lui est associé.

Le réseau hydrographique naturel, de par la perméabilité des sols, est relativement peu dense. Il est complété à l'amont par un réseau intermittent, susceptible de s'assécher à l'étiage et par un réseau artificiel de fossés ou crastes, destiné à l'assainissement des massifs forestiers ou au drainage des parcelles agricoles. Sur la carte n°2, ce réseau intermittent figure en bleu clair.

Le réseau hydrographique principal, celui de la Leyre, est d'ordre 5, si on ne prend pas en compte le réseau temporaire. Sur ce bassin, la longueur totale du réseau permanent est de 1.138 km et la longueur totale du réseau temporaire de 2546 km. La densité moyenne de drainage (longueur totale / surface) est de 1,72 km par km<sup>2</sup>.

Les autres bassins hydrologiques sont beaucoup moins ramifiés.

Carte n°3  
RELIEF



**Légende**

□ Limites des unités hydrographiques

**Courbes de niveau**

- 0 - 25 mètres
- 26 - 40 mètres
- 41 - 66 mètres
- 67 - 90 mètres
- 91 - 130 mètres

**Echelle**

0 5 10 kilomètres

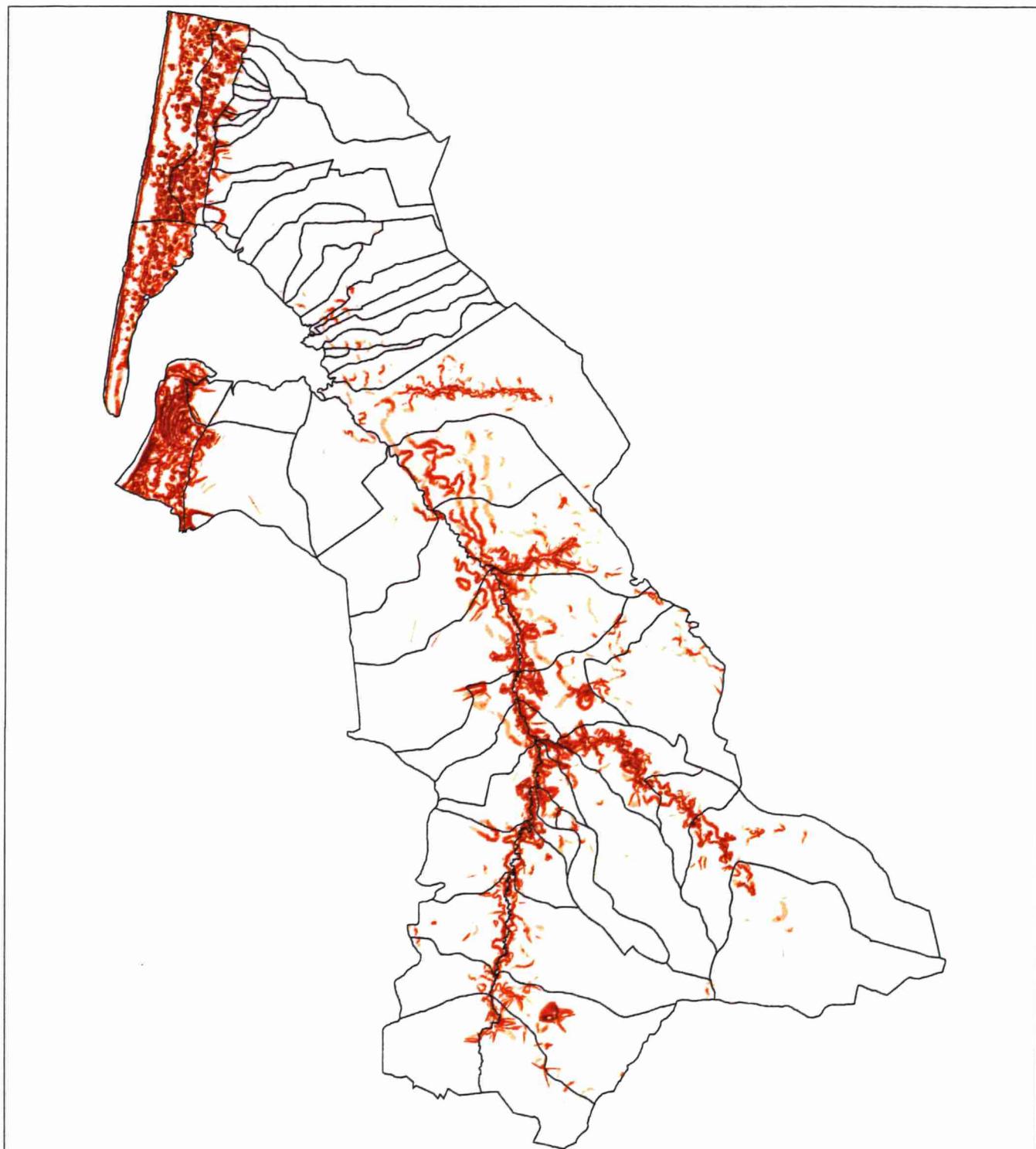
Projection Lambert II étendu

N

**Localisation**

An inset map showing the location of the study area within the region of Occitanie, France. The study area is highlighted in orange and circled with a red line. The rest of the region is shown in light blue.

Carte n°4  
PENTES (en %)

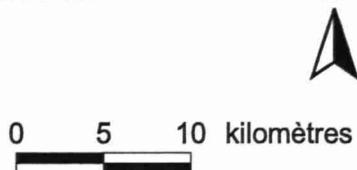


Légende

□ Limites des unités hydrographiques

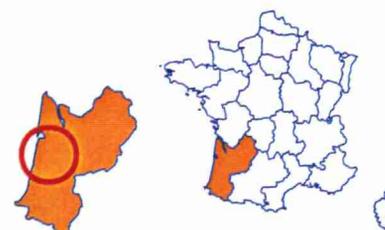
- < 1 %
- 1 à 1,5 %
- 1,5 à 2 %
- 2 à 5 %
- 5 à 10 %
- > 10 %

Echelle



Projection Lambert II étendu

Localisation



La région présente de nombreuses « lagunes », petits étangs naturels d'origine glaciaire, relativement moins représentées sur notre zone d'étude que dans la partie est des landes de Gascogne (voir carte). Zones humides originales, elles constituent des secteurs de biodiversité dont certains font l'objet de mesures de protection.

Le bassin de la Leyre présente un coefficient de compacité de 1,56 ; c'est le rapport entre le périmètre du bassin et la circonférence du cercle de même aire. Comme ce coefficient est supérieur à la valeur seuil de 1,22 le bassin est considéré comme allongé. En fait il s'étire en amont autour des cours d'eau principaux tributaires et s'allonge en deux endroits, lieux où la Grande Leyre et la Petite Leyre prennent leur source. La réponse hydrologique du bassin versant aux précipitations sera "tamponnée" par cet allongement.

Les bassins hydrographiques situés à l'est du Bassin d'Arcachon présentent également une forme allongée.

#### 2.1.4 Relief et pentes

Le secteur de notre étude présente l'aspect général d'un plateau légèrement incliné vers le nord ouest (voir **carte n°3**). Les seules formes de relief notables sont constituées par les vallées, encaissées, et par les dunes côtières. Dans les interfluves, les terrains sont relativement plats. L'écosystème présente des microreliefs, de taille décimétrique, imperceptibles, mais qui sont déterminants pour l'évolution des sols, en particulier la formation de l'aliol.

Le bassin versant de la Leyre présente une pente moyenne de 1,4 / 1.000. L'ensemble de la zone d'influence a une pente moyenne de 2,5 / 1.000. Ces valeurs confirment combien le relief est très peu accentué. Ce chiffre moyen cache cependant des disparités (voir **carte n°4**).

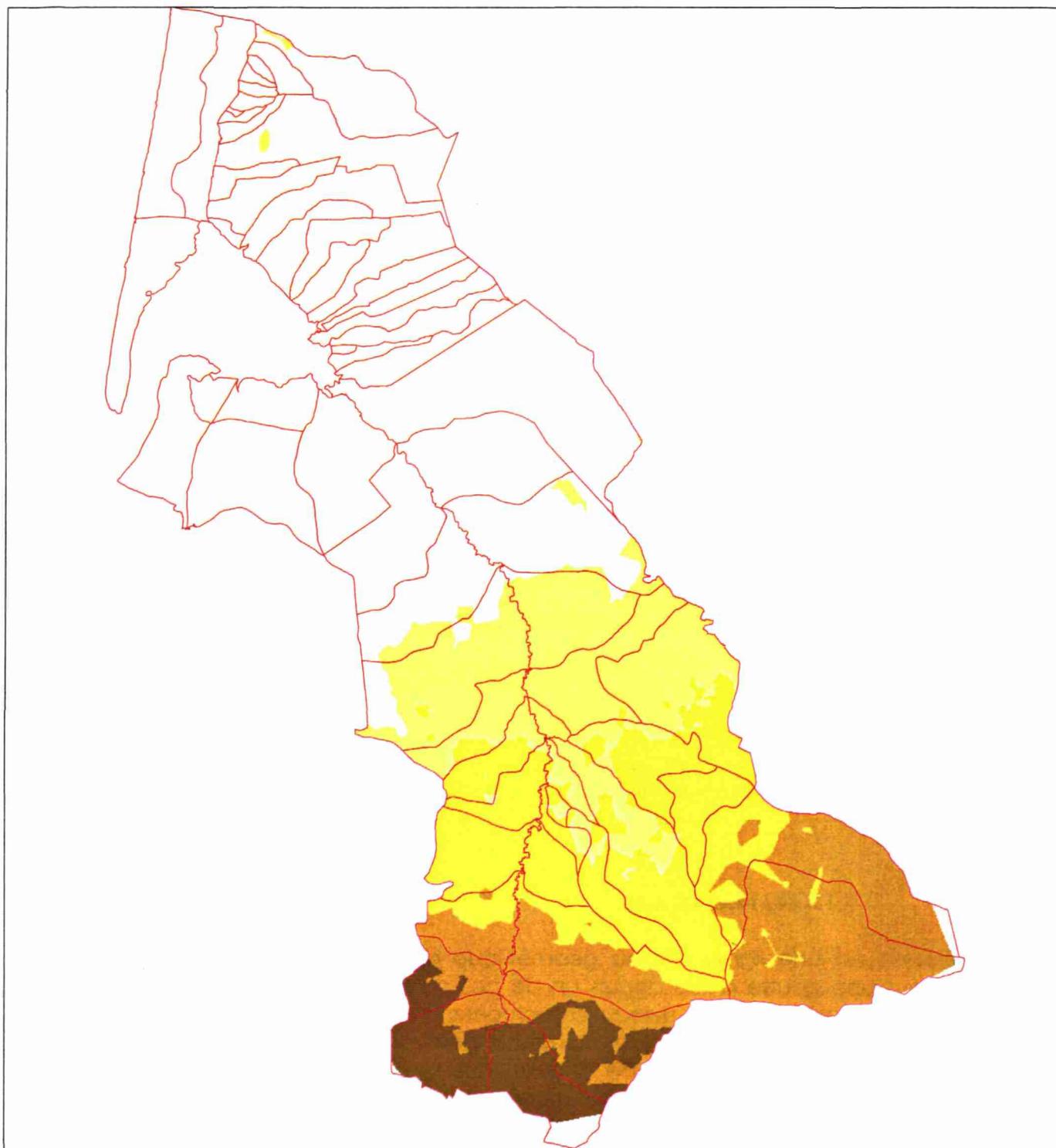
Si l'on considère que la Leyre se jette au niveau 2 m et que la Grande Leyre prend sa source à une altitude de 92 m, la hauteur relative n'est que de 90 mètres. La pente moyenne du cours de la Leyre est de 0,9 / 1.000, soit une valeur très faible.

#### 2.1.5 Les isochrones

L'isochrone est une ligne, un lieu géométrique de points tels que le temps de parcours d'une goutte d'eau depuis un de ces points jusqu'à l'embouchure est le même. La construction du réseau d'isochrones d'un bassin est nécessaire pour comprendre son comportement hydrologique général et plus particulièrement pour connaître l'importance relative de chacun des sous-bassins dans l'hydrogramme d'une averse quelconque. Les isochrones permettent de "spatialiser le temps". L'isochrone la plus éloignée de l'embouchure représente le "temps de réponse du bassin versant", c'est à dire le temps requis pour que toute la surface du bassin contribue à l'écoulement dans l'embouchure, après une averse uniforme.

Les isochrones permettent de renseigner sur la composante "temps" de la dynamique spatio-temporelle des apports de composés azotés dans le Bassin d'Arcachon. Ainsi, les eaux tombant par précipitations sur les différents points du bassin peuvent être classées par ordre d'arrivée.

Carte n°5  
TEMPS DE TRANSFERT A L'EXUTOIRE (en jours)

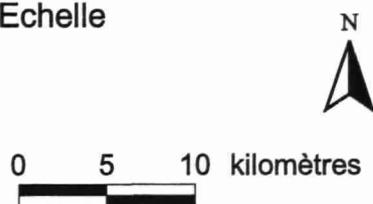


Légende

 Limites des unités hydrologiques

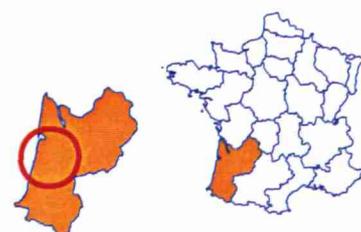
-  1 jour
-  2 jours
-  3 jours
-  4 jours
-  5 jours

Echelle

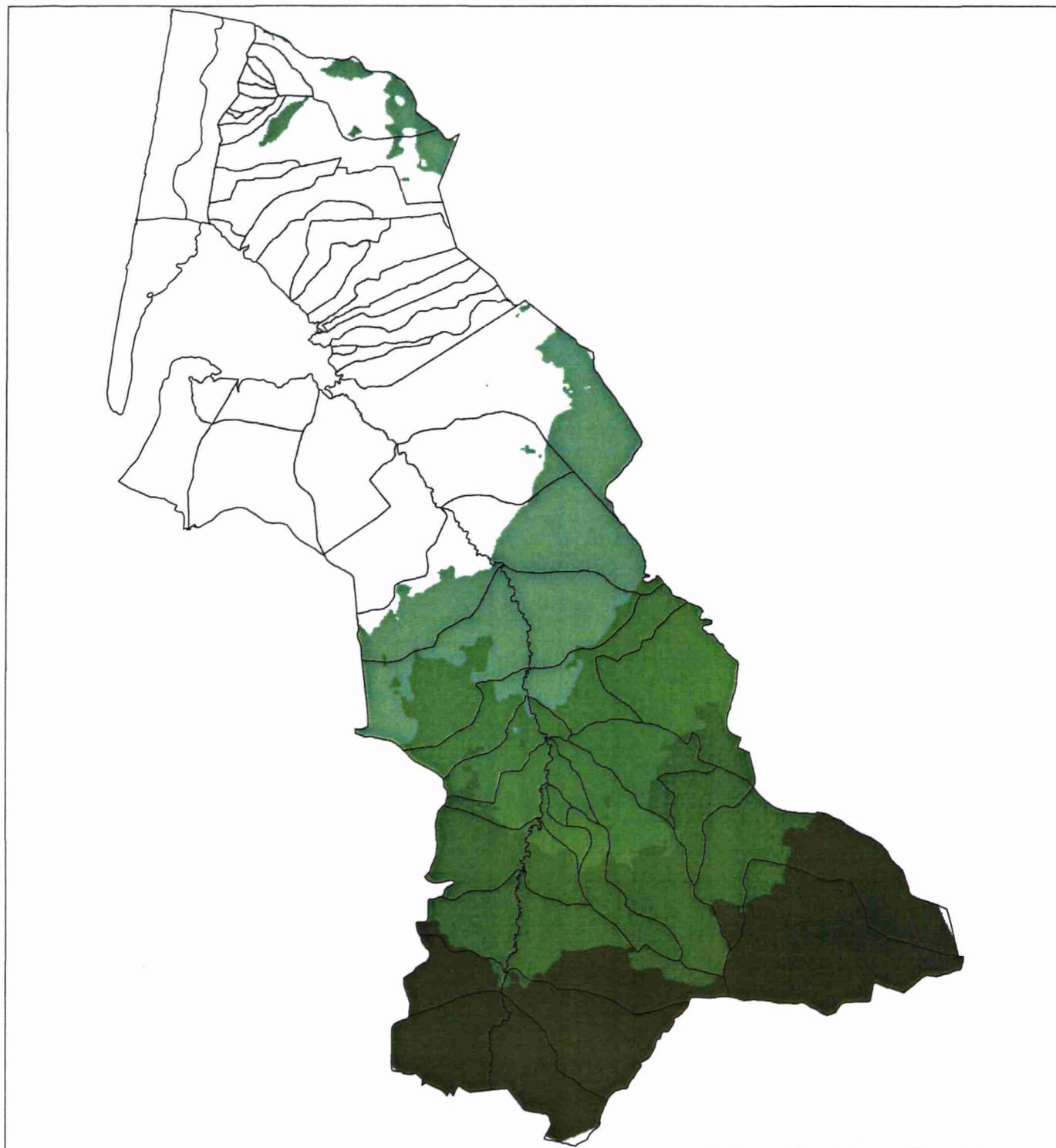


Projection Lambert II étendu

Localisation



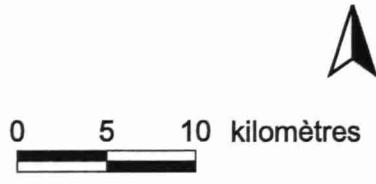
Carte n°6  
DISTANCES A L'EXUTOIRE (en kilomètres)



Légende

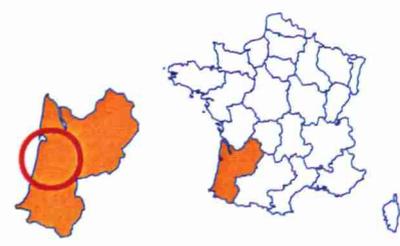
- Limites des unités hydrologiques
- 5 - 25 kilomètres
- 26 - 45
- 46 - 65
- 66 - 90
- 91 - 115

Echelle

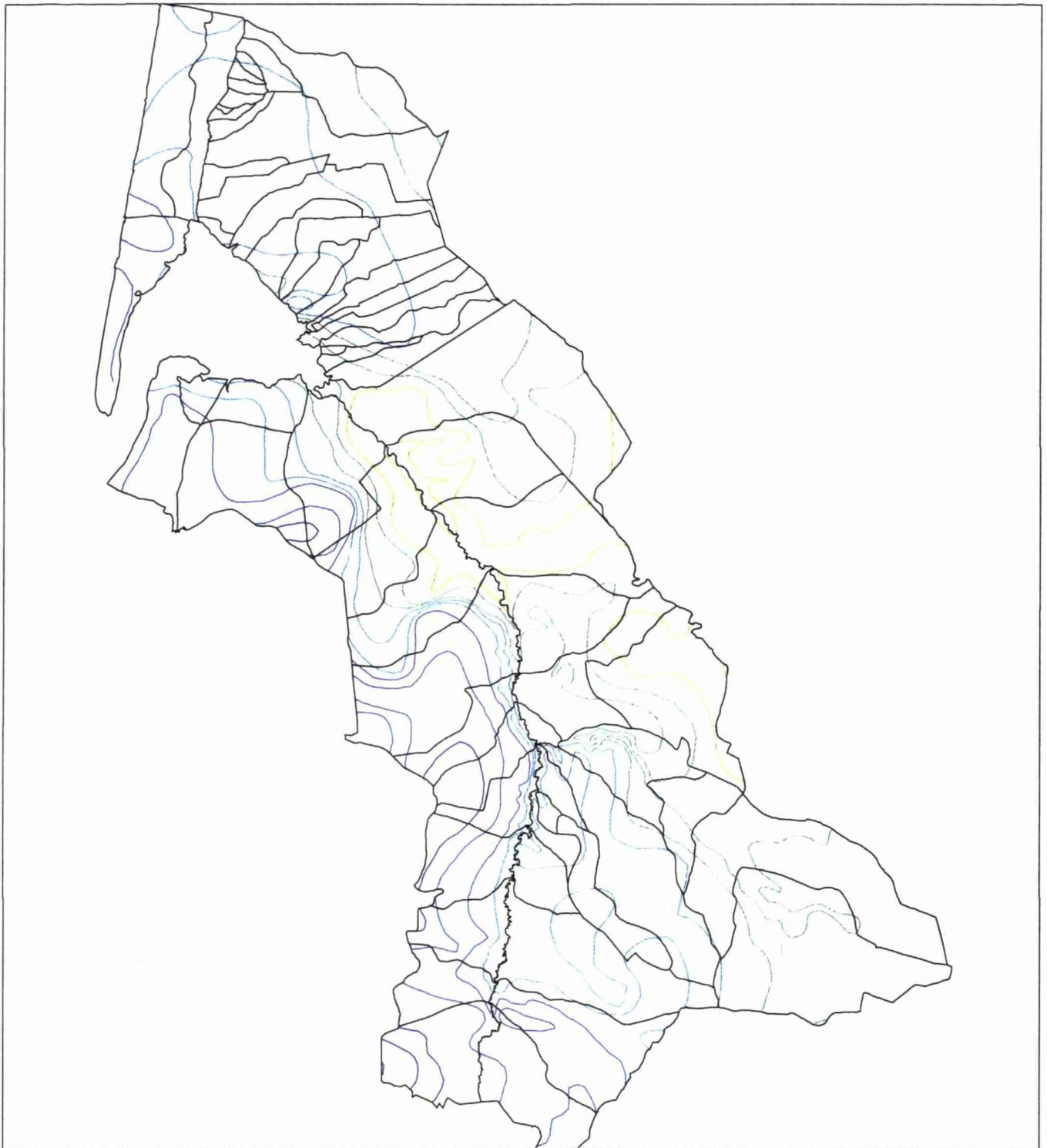


Projection Lambert II étendu

Localisation



# Carte n°7 EPAISSEUR DE LA NAPPE DU PLIO-QUATERNAIRE



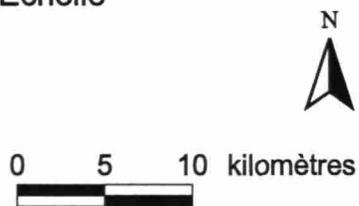
## Légende

□ Limites des unités hydrologiques

Épaisseur de la nappe Pliocène :

- 10 - 30 mètres
- 31 - 50 mètres
- 51 - 70 mètres
- 71 - 90 mètres
- 91 - 120 mètres

## Echelle



Projection Lambert II étendu

## Localisation



La **carte n°5** ci-après représente les isochrones du bassin versant de la Leyre correspondant à 1, 2, 3, 4 et 5 jours et les territoires correspondant aux durées intermédiaires. On peut remarquer une forte différence de temps d'arrivée dans la partie amont du bassin, le côté Grande Leyre présente des valeurs de l'ordre de 5 jours alors que la partie haute du bassin de la Petite Leyre présente un maximum d'environ 4 jours. En effet, pour des linéaires à peu près équivalents (voir **carte n°6**), la partie haute de la Petite Leyre a une altitude supérieure à celle de la Grande Leyre, ce qui accroît la pente et par voie de conséquence la vitesse. Ainsi, au sein des zones de départ des deux cours d'eau principaux du bassin versant, malgré une distance à l'exutoire comparable, suite à un épisode pluvieux réparti de façon homogène, la réponse hydrologique de la Leyre et les départs conséquents de nutriments ne seraient pas enregistrables le même jour à l'exutoire.

### 2.1.6 Le climat

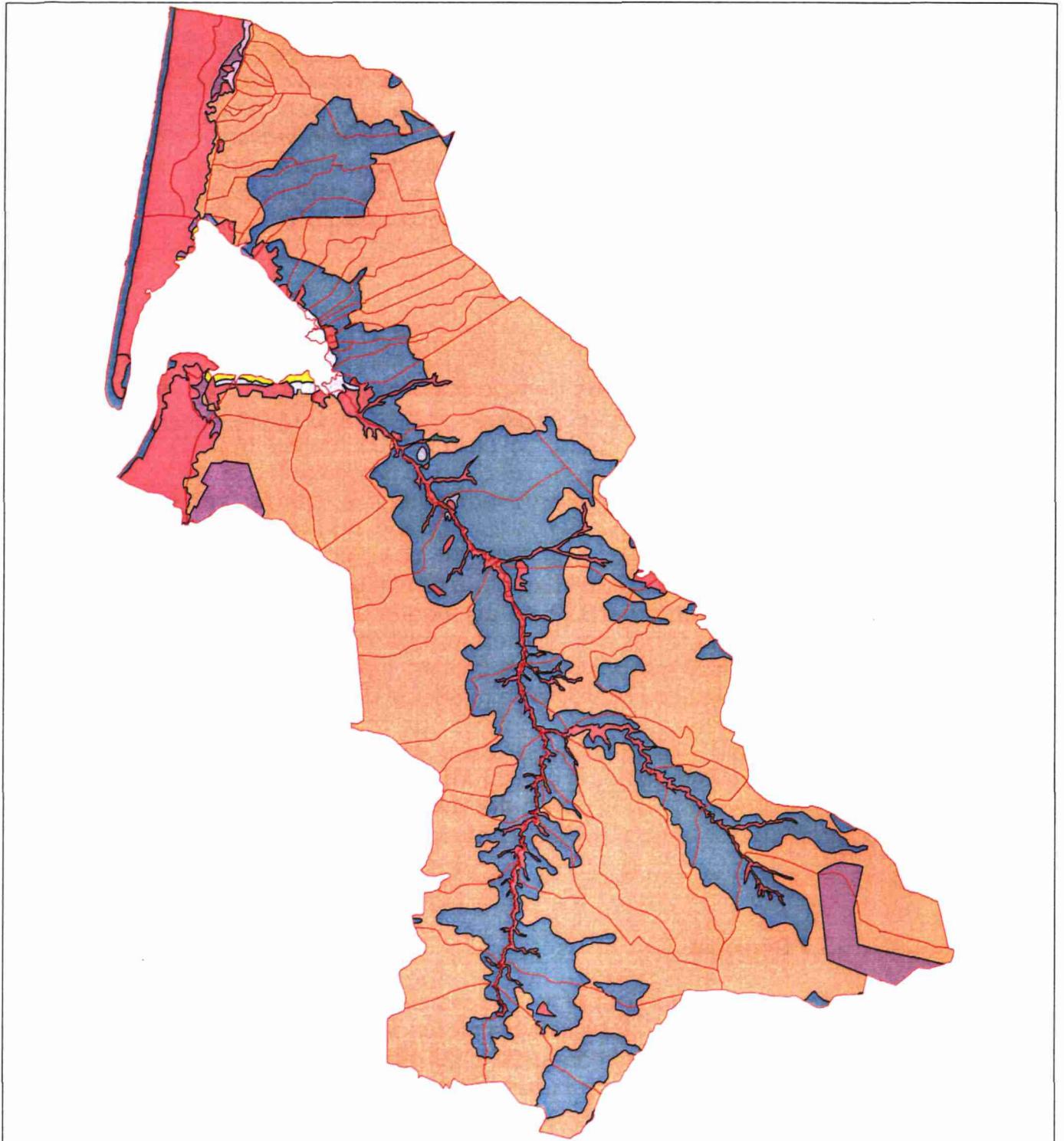
Le climat des Landes de Gascogne est de type océanique aquitain, doux et humide avec une tendance sèche en été. Le degré de sécheresse (F) pour la zone est de 3,77, soit un degré d'aridité très faible. La pluie est un facteur hydrologique de premier ordre, elle est directement à relier aux ruissellements de surface, aux infiltrations et percolations. Elle représente également le premier vecteur de la pollution azotée par sa concentration initiale et son haut pouvoir solvant. Les moyennes annuelles tournent autour de 1000 mm avec une assez forte variabilité (CV = 0,60). Les coefficients de variation sont tous supérieurs à 0,33, avec une pointe pour juillet à 0,86 et pour octobre à 0,79, ce qui montre une certaine dispersion des valeurs pluviométriques au fil des ans. Juin est le mois le moins pluvieux avec une pluviométrie moyenne de 57 mm, suivi de très près par juillet avec 58 mm. Janvier est le mois le plus pluvieux avec une pluviométrie moyenne de 115 mm.

L'évapotranspiration se réfère au volume d'eau exsudé par deux phénomènes, l'évaporation de surfaces inertes comme le sol, les plans d'eau, et la transpiration de surfaces végétales. L'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle est de 728 mm et l'évapotranspiration réelle moyenne annuelle de 622 mm.

### 2.1.7 Géologie

Les sables des Landes (Quaternaire) et les graviers du complexe intermédiaire sous-jacent (Pliocène) recèlent une nappe à faible profondeur dite Plio-Quaternaire, d'un volume très important, très aisément accessible, qui alimente les petits cours d'eau et les crastes par drainage de la lande humide. La **carte n°7** présente l'épaisseur de cette nappe sur notre zone d'étude.

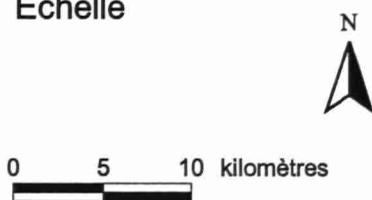
# Carte n°8 APTITUDE DES SOLS



## Légende

- glacis des vallées
  - bas fonds inondables
  - dunes
  - tourbe
  - palus
  - mottes non inondables
  - vertisols
  - graves
  - plage de l'atlantique
  - étang
  - zone urbanisée
  - terrain militaire
  - faciès des barthes
- Limites des bassins versants
  - lande sèche
  - lande humide

## Echelle



Projection Lambert II étendu

## Localisation



### 2.1.8 Le sol et l'eau

La totalité des landes de Gascogne est couverte par une couche plus ou moins épaisse de sables éolisés de texture grossière, avec une faible teneur en argile et limons (3 %) ; ce milieu constitue l'écosystème sableux landais. Ces sols, de par leur nature siliceuse, sont caractérisés par une forte acidité (pH entre 4 et 5,5). Il s'agit essentiellement de podzols et de sols humiques hydromorphes.

L'excès d'eau provient de la variation de niveau de la nappe permanente (Plio-Quaternaire) dont l'alimentation est sous la dépendance des précipitations durant les périodes de pluies (hiver et printemps). On observe généralement les débits les plus importants en février et les plus faibles en juillet.

Les caractéristiques propres à l'écosystème sableux landais dans notre zone d'étude : substrat sableux à forte conductivité, structure plane et jeunesse du système hydrographique, ont abouti à la formation d'un plateau entaillé par les cours d'eau. Le long de ce réseau, le système sableux est drainé naturellement : la nappe est rabattue, les terrains assainis, c'est le domaine de la lande sèche. Dans la platitude de la lande, les berges des cours d'eau sont les seuls reliefs notables, avec les dunes littorales qui constituent des formes de relief marqué. Les interfluves, où la nappe Plio-Quaternaire demeure proche de la surface toute l'année, sont le domaine de la lande humide. Entre ces deux espaces se trouve une zone à fonctionnement intermédiaire, la lande mésophile (voir carte).

De manière plus précise, quatre types de « landes » peuvent être définis, en fonction de la hauteur de la nappe selon les périodes de l'année :

- **Lande humide** : Jusqu'en mai, la nappe se trouve entre la surface et 50 cm de profondeur. L'alios est souvent absent, ou présent par taches (peau de léopard). Pratiquement, la nappe se trouve toujours au-dessous de l'alios lorsque celui-ci existe.
- **Lande mésophile** : A la crue de décembre à mai, la nappe se situe entre 60 cm et environ 2 mètres. L'alios est présent de façon plus ou moins continue.
- **Lande sèche** : la profondeur à la crue est supérieure à 1,5 m.

La **carte n°8** représente les principaux types de sols de notre zone d'étude. Elle met en évidence la présence majoritaire des types lande humide / lande sèche. La lande mésophile est également présente en de nombreux endroits, mais de manière plus diffuse, elle est donc malaisée à cartographier.

Malgré sa faible capacité de rétention – la réserve utile n'est que de 20 à 30 mm - le sol joue un rôle de réservoir d'eau ; ce rôle est particulièrement important pour les plantes, car les apports d'eau par les précipitations ne sont pas réguliers. Une faible partie de ces apports d'eau peut ruisseler en surface en cas d'averse intense. Ce qui s'infiltre peut être retenu par les pores du sol. Les capacités de stockage du sol sont cependant limitées et l'excédent percole en profondeur pour alimenter les nappes d'eau souterraines et les cours d'eau.

La circulation souterraine de l'eau se fait toujours ainsi, de la nappe vers les cours d'eau, dont le niveau est inférieur, et qui drainent la région en permanence. Les débordements ne se produisent, à la faveur des crues, que dans le cours aval du réseau, en particulier dans le delta de la Leyre, où les eaux de surface rechargent momentanément la nappe dans la zone alluviale. Ce mode de fonctionnement est primordial eu égard à la problématique qui nous occupe, à savoir le devenir des flux de pollution dans la zone d'influence du Bassin d'Arcachon.

Dans une région sableuse aussi plane, les nappes peu profondes sont sollicitées directement par les plantes et les arbres. Les nappes peuvent alimenter par capillarité la couche moyenne du sol si celle-ci se dessèche.

Par ailleurs, la médiocre densité hydrographique naturelle fait de cette région une zone mal drainée. Les problèmes d'assainissement concernent essentiellement la lande humide, là où l'eau stagne en hiver, et où la nappe est saisonnièrement superficielle en hiver et au printemps. Le pin ne peut se développer correctement sur un sol d'où l'eau ne peut s'évacuer rapidement, et les parcelles cultivées ne sont pas accessibles lorsque la nappe affleure. C'est pourquoi la lande humide a nécessité l'intervention de l'homme pour mettre en place un réseau de drainage artificiel.

Les terres agricoles sont drainées par des fossés à ciel ouvert associés de plus en plus à des drains enterrés. Les parcelles sont ceinturées par un collecteur périphérique. La moitié des surfaces comportent des fossés profonds (1,40 m minimum) espacés de 200 à 400 mètres et des drains enterrés. Les autres terres sont drainées avec des fossés plus rapprochés, tous les 70 à 80 mètres.

Des réseaux d'assainissement constitués de fossés, moins denses et moins profonds (60 cm), permettent de drainer les parcelles forestières, par simple écrêtement de la partie supérieure de la nappe.

La densité du drainage est ainsi d'environ 12 mètres par hectare en forêt, et de 40 mètres par hectare en secteur agricole.

La faible réserve en eau du sol sableux des landes, couplée au climat d'été à forte évapotranspiration sont des facteurs limitants pour l'alimentation en eau du maïs. C'est pourquoi on exploite la nappe phréatique pour l'irrigation. L'eau est extraite par pompage entre 15 et 20 mètres de profondeur et arrose les cultures par des systèmes circulaires ou pivots, pouvant avoir un rayon d'un kilomètre et permettant d'arroser jusqu'à 300 hectares. On amène aux plantes de l'ordre de 5.000 m<sup>3</sup> d'eau par hectare et par an, soit 500 mm, avec d'importantes variations liées au climat, à la culture et aux pratiques.

L'aménagement de ces réseaux de drainage et la pratique de l'irrigation influent fortement sur le cycle de l'eau.

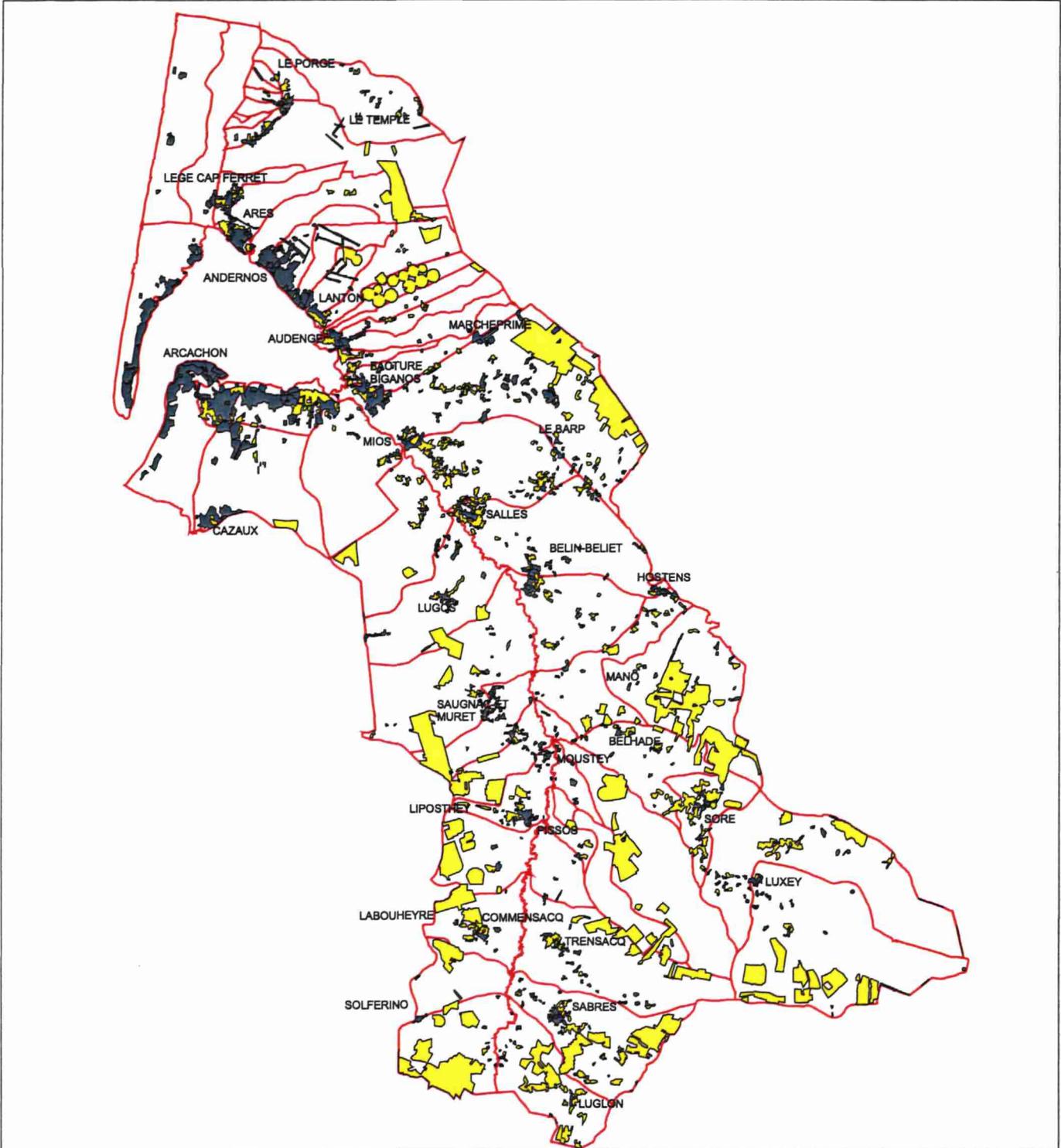
## **2.2 OCCUPATION DU SOL**

Les modes d'occupation du sol sont déterminants pour les flux de pollution qui parviennent au Bassin d'Arcachon. Avant de songer à corréler activités humaines et flux, il convient de produire la cartographie des occupations du sol.

### **2.2.1 Méthodes**

Plusieurs sources d'information ont été utilisées afin de définir l'occupation de l'espace dans la zone d'étude : il s'agit de CORINE land cover, des données d'inventaire de l'IFN et d'une image du satellite LANDSAT de septembre 1998.

# Carte n°9 ZONES URBANISEES ET ZONES AGRICOLES (CORINE land cover 1988)



**Légende**

- Limites des unités hydrographiques
- Zones urbanisées
- Terres agricoles

**Echelle**

N

0 5 10 kilomètres

Projection Lambert II étendu

**Localisation**

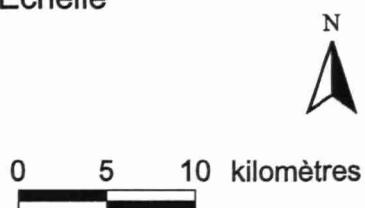
Carte n°10  
OCCUPATION DU SOL SIMPLIFIEE 1998  
(Composition IFN - CORINE land cover - LANDSAT)



Légende

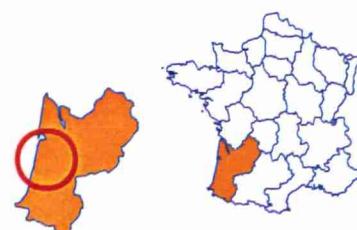
-  Unités hydrologiques
-  Zones urbanisées
-  Zones agricoles
-  Fiches, landes
-  Forêt de feuillus ou mixte
-  Forêt de pin maritime
-  Dunes
-  Terrain militaire

Echelle



Projection Lambert II étendu

Localisation



CORINE land cover est un inventaire homogène de l'occupation du sol des pays de l'Union Européenne, réalisé par photo-interprétation d'images satellitales (SPOT ou LANDSAT) assistée par ordinateur. L'échelle de travail est le 1:100.000. Le seuil minimal des unités cartographiées est de 25 hectares. Ces zones homogènes sont classées selon une nomenclature découpée en 3 niveaux et 44 postes. Cet inventaire est une base de données géographiques produite, gérée et utilisée à l'aide de systèmes d'informations géographiques (SIG). Le maître d'ouvrage de cet inventaire pour la France est l'institut français de l'environnement (IFEN).

Notre zone d'étude a été cartographiée en 1988 (voir **carte n°9**), ce qui rend les données en partie obsolètes. De plus, le seuil de 25 hectares conduit à des approximations et erreurs lorsqu'on s'intéresse à des unités territoriales de petite taille, comme c'est le cas dans notre étude. Ainsi, des petits îlots agricoles ou des secteurs d'habitation disséminés dans un vaste massif forestier sont gommés, conduisant à une sur-représentation de l'occupation du sol dominante, la forêt, et à une sous-représentation de l'agriculture traditionnelle par exemple.

Afin d'actualiser ces informations, nous avons acquis une image du satellite américain LANDSAT TM (thematic mapper), datant du 19 septembre 1998. Cette image comporte 7 canaux, dont 6 canaux à 30 mètres de résolution spatiale, et un canal dans l'infra rouge thermique à 120 mètres de résolution. Grâce à des enquêtes de terrains réalisées pendant les étés 1999 et 2000 et portant sur les assolements de l'année 1998, nous avons pu effectuer une classification de cette image (classification supervisée) à l'aide du logiciel ERDAS Imagine.

Les inventaires de l'IFN (Inventaire Forestier National) fournissent, dans le domaine forestier, beaucoup plus de détails et de manière plus fiable que la classification d'une seule image satellitale ; c'est pourquoi nous avons utilisé ces données pour la partie forestière et utilisé une classification seulement sur les autres parties du domaine d'étude. Ceci nous a permis de caler l'occupation du sol sur environ 80 % du territoire, ce qui minimise les erreurs. Nous disposons des inventaires de 1995 pour le sud Gironde, et de ceux de 1998 pour les Landes et la partie nord du secteur d'étude. Les données d'occupation du sol obtenues ont été comparées avec celles de CORINE land cover, afin de vérifier la cohérence globale de ces deux sources, et de vérifier que les évolutions significatives observées étaient bien justifiées et non pas liées à des erreurs de traitement automatique.

### 2.2.2 Modes d'occupation du sol actuels

La **carte n°10** représente l'occupation du sol de notre zone d'étude actualisée à 1998.

Le zonage naturel se retrouve à travers l'occupation du sol. Les interfluves, mal assainis, à faible croissance forestière et enfrichés, ont été la proie de violents incendies de forêt dans le passé. Ils ont été défrichés sur de vastes surfaces converties à l'agriculture intensive, afin de réduire ce risque. Cette évolution historique est lisible dans le paysage, la localisation des plus vastes zones d'agriculture correspond en effet à des espaces de lande humide. Ce caractère se retrouve dans l'expression de la densité des terres agricoles par bassin versant : les

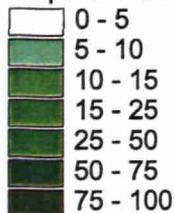
# Carte n°11 PROPORTION DE FORET PAR UNITE HYDROGRAPHIQUE



## Légende

 Unités hydrologiques

Proportion de forêt (%) :



## Echelle

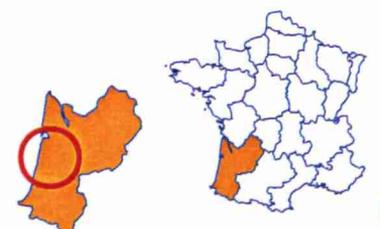


0 5 10 kilomètres

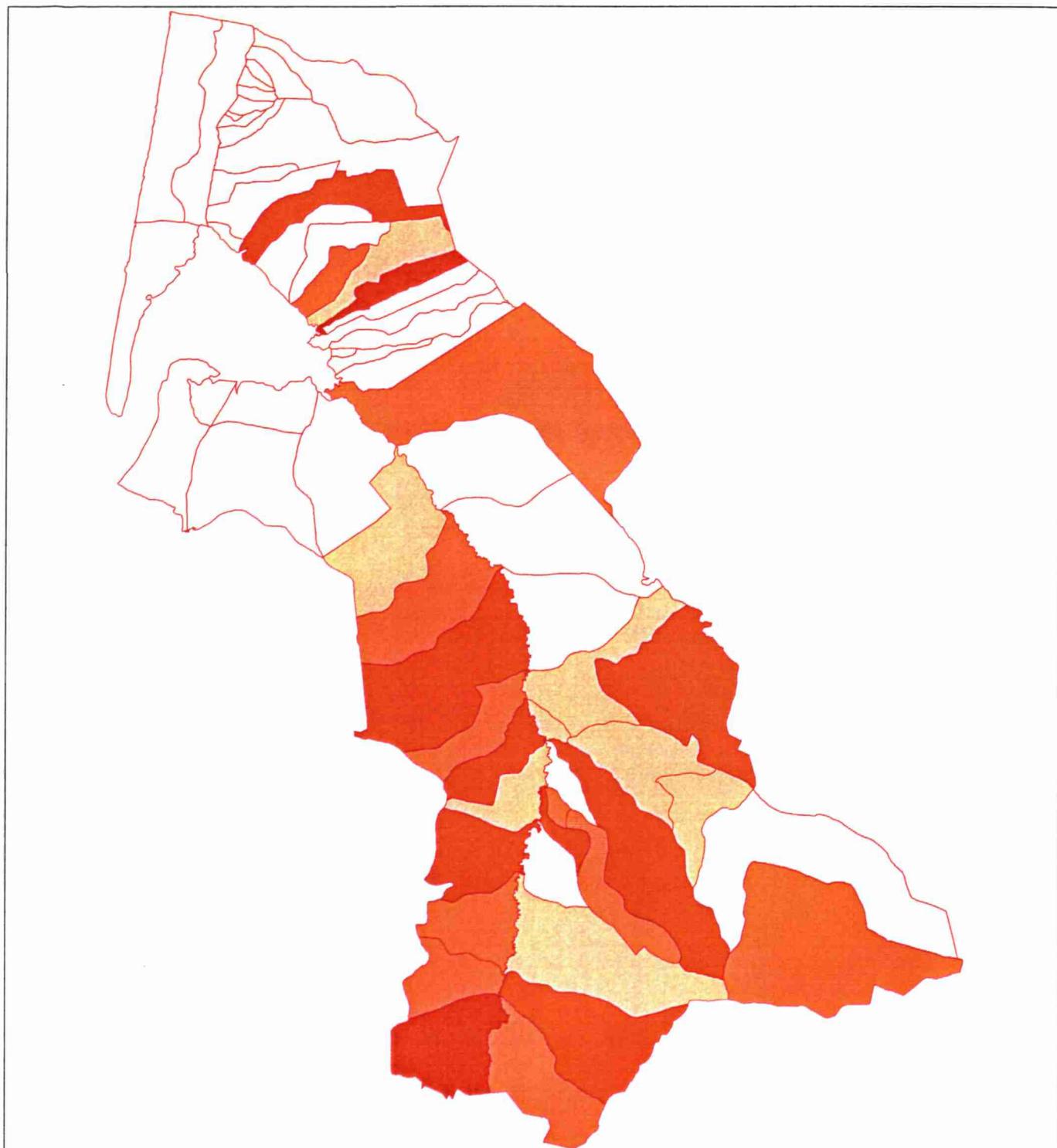


Projection Lambert II étendu

## Localisation



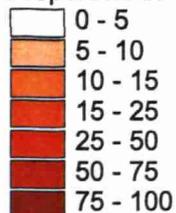
Carte n°12  
**PROPORTION DE TERRES AGRICOLES  
 PAR UNITE HYDROGRAPHIQUE**



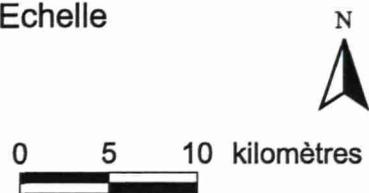
**Légende**

Unités hydrologiques

Proportion de terres agricoles (%) :

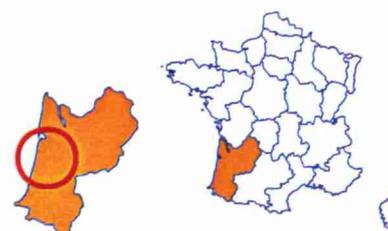


**Echelle**

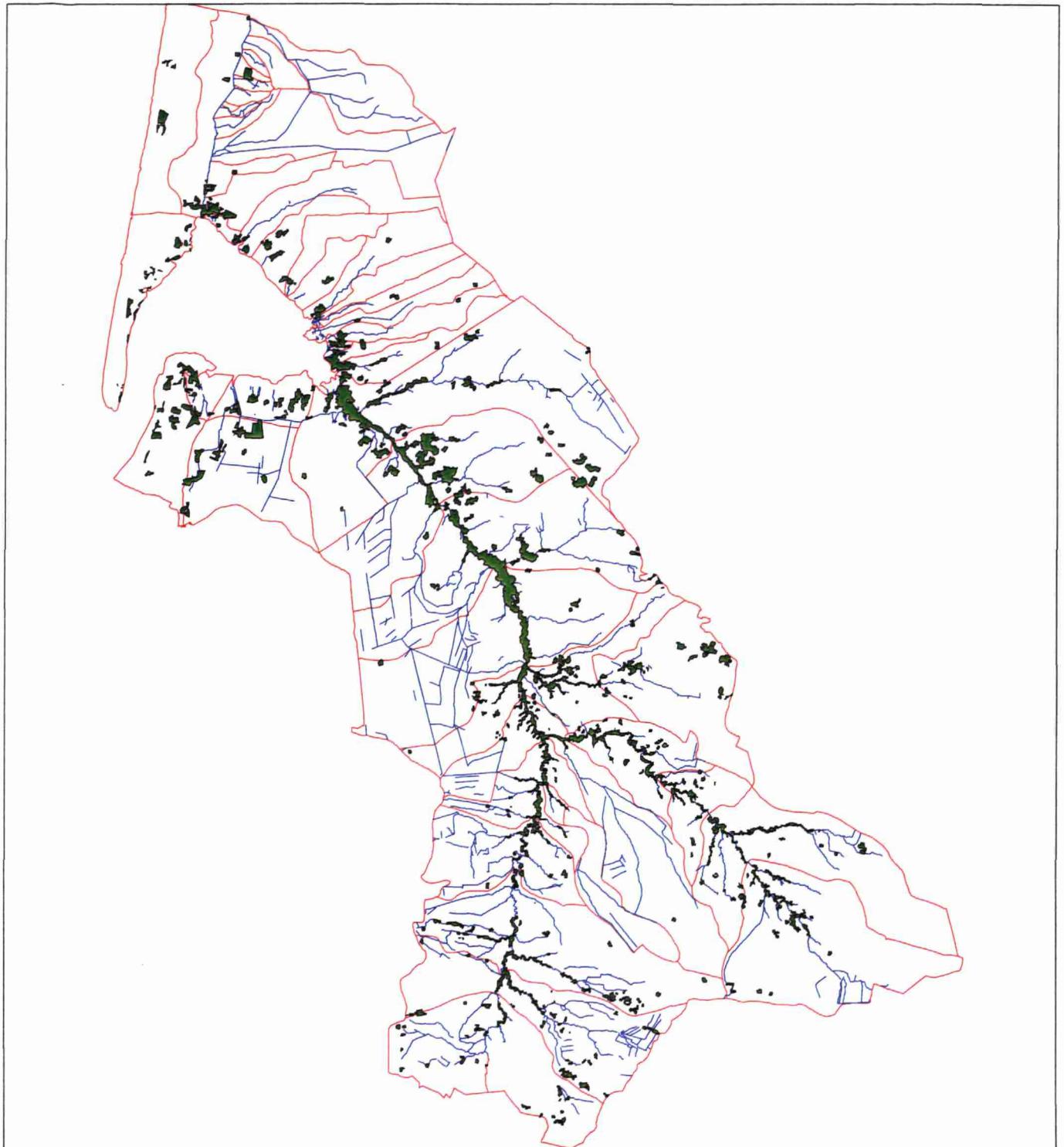


Projection Lambert II étendu

**Localisation**



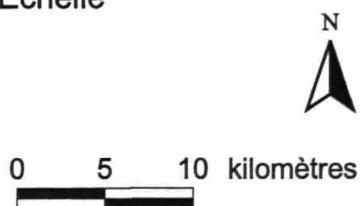
Carte n°13  
FORETS DE FEUILLUS ET RIPISYLVES  
(IFN)



Légende

-  Unités hydrologiques
-  Réseau hydrographique
-  Forêt de feuillus, mixte ou taillis

Echelle



Projection Lambert II étendu

Localisation



unités hydrographiques les plus agricoles sont situées à l'amont des Leyre, sur le Grand Arriou ou sur le Lacanau, alors que la moyenne Leyre est faiblement agricole.

La forêt occupait 88 % du territoire en 1970 et 84 % en 1990. Elle n'en occupe plus que 78,6 % de nos jours. Elle constitue cependant toujours la principale occupation du sol. En 1970, l'agriculture occupait 22.300 ha, dont 13.000 ha en intensif. Elle occupe aujourd'hui 28.000 ha sur l'espace d'influence du Bassin d'Arcachon, soit 9,3 % de la surface. Les **cartes n° 11 et 12** permettent de visualiser les proportions des unités hydrographiques occupées respectivement par la forêt et par l'agriculture.

En périphérie du Bassin d'Arcachon, à l'exception notable du bassin versant du Milieu, largement agricole, les zones urbanisées se substituent en proportion aux terres cultivées, alors que la fraction forestière reste très importante pour ce secteur à très forte pression d'urbanisation.

On peut distinguer, de manière schématique, des espaces agricoles de petite taille mêlés aux zones urbanisées au sein des agglomérations rurales (Mios, Salles, Sabres), correspondant à une agriculture dite traditionnelle, essentiellement de la polyculture élevage, et de vastes secteurs agricoles, aux formes souvent géométriques, correspondant à l'agriculture intensive, culture de maïs et de légumes le plus souvent.

La visualisation des forêts feuillues et mélangées et de celles comprenant des taillis (**carte n°13**) permet de représenter essentiellement les ripisylves. Ces forêts sont associées aux cours d'eau et représentent des espaces de biodiversité. Des essences feuillues comme l'aulne, cultivé sur des terres bien alimentées en eau, ou bien le saule et le frêne, contribuent à la diversification des paysages et à la valorisation touristique du territoire. Ce type forestier est très faiblement représenté, la monoculture du pin maritime domine très largement : avec 225.500 hectares sur notre zone d'étude, cette formation occupe 95,5 % des espaces forestiers !

Entre l'image donnée par CORINE land cover en 1988 et l'image actualisée de 1998, on peut discerner les principales évolutions suivantes :

- une relative stabilité des secteurs d'agriculture intensive, en raison du blocage des surfaces primées consacrées à la culture du maïs à l'occasion de la réforme de la PAC de 1992, de la difficulté à obtenir des autorisations de défrichement et de la réévaluation de la taxe sur le défrichement,
- une forte réduction des surfaces consacrées à l'agriculture traditionnelle (polyculture élevage), du fait de la faible rentabilité de ces exploitations,
- un fort développement des zones urbanisées, périurbaines et artificialisées, en particulier autour du Bassin d'Arcachon et, dans une moindre mesure, autour des agglomérations en milieu rural,
- une faible diminution des surfaces forestières, avec réduction relative dans les secteurs à forte pression d'urbanisation et une extension dans les zones de déprise agricole.

L'ensemble des types d'occupation du sol exprimés en pourcentage pour chacune des unités hydrographiques de base sont repris dans le tableau en **annexe n°3**.

## **3 INVENTAIRE ET CARTOGRAPHIE DES ZONAGES**

Le territoire d'influence du Bassin d'Arcachon fait l'objet de nombreux zonages relatifs aux programmes de développement économique, à la gestion de l'espace, à la protection de l'environnement, etc. Ces zonages peuvent contribuer à la construction d'un outil de gestion intégrée ; nous en avons dressé un inventaire le plus complet possible.

### **3.1 AMENAGEMENT ET DEVELOPPEMENT**

#### **3.1.1 Programme de développement des zones défavorisées**

##### 3.1.1.1 Zones de revitalisation Rurale (ZRR) et Territoires de Développement Rural Prioritaire (TDRP)

Les zones prioritaires d'aménagement du territoire sont des zones à handicaps géographiques, économiques ou sociaux justifiant la mise en œuvre de mesures spécifiques de développement. Elles comprennent notamment les TDRP (territoire de développement rural prioritaire, voir **annexe n°4**) qui recouvrent les zones défavorisées caractérisées par un faible développement économique, ainsi que les ZRR (zones de revitalisation rurale, voir **annexe n°5**) confrontées à des difficultés particulières. Le développement de ces zones est encouragé par la création d'un fond national de développement des entreprises et par l'octroi d'avantages fiscaux.

##### 3.1.1.2 LEADER 2 Haute Lande

LEADER (Liaison entre Actions de Développement de l'Economie Rurale) est une initiative européenne, engagée le 15 Mars 1991. Elle vise à améliorer les potentialités de développement de ces zones en encourageant l'initiative locale, et en favorisant l'acquisition et la transmission de savoir faire en matière de développement rural. L'initiative concerne les zones rurales fragiles, en objectifs 1 et 5b. Les zones retenues sont suffisamment restreintes pour concerner des communautés rurales homogènes, rassemblant un ensemble d'activités. Enfin, elle est mise en œuvre en s'appuyant sur un réseau de Groupes d'Actions Locaux pour le développement rural constitués à partir du programme LEADER.

LEADER 2 est l'extension du premier LEADER, la zone concernée par ce programme ayant été agrandie (voir **annexe n°6**).

##### 3.1.1.3 Plan de Développement des Zones Rurales (PDZR)

Le PDZR Nord Aquitaine s'inscrit dans la politique de renforcement de la cohésion économique et sociale, politique promue pour accompagner la mise en place du « marché intérieur ». Il concerne les zones en objectif 5b (voir **annexe n°7**), et les

instruments communautaires interviennent par des programmes pluriannuels sur des régions et des axes de développement prioritaires. Le contenu de ces programmes est élaboré par l'Union Européenne (U. E.) et les Etats membres en concertation avec les collectivités territoriales concernées.

Le PDZR est ainsi articulé en différents sous-programme : adaptation et diversification du secteur agricole, forêt et filière bois, entreprise et services, tourisme-environnement, formation et animation-évaluation. Il est cofinancé par l'U. E., l'Etat, la région et le département.

#### 3.1.1.4 Projets collectifs de développement (PCD)

Initiative de la région aquitaine remplaçant les « contrats de pays », c'est une coopération intercommunale de développement économique, basée sur un projet validé par la région. Le territoire des PCD est cartographié en **annexe n°8**.

### **3.1.2 Mise en valeur de territoires**

#### 3.1.2.1 Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne (PNRLG)

Un Parc Naturel Régional est un territoire à l'équilibre fragile et au patrimoine naturel et culturel riche et menacé, classé par décret à la demande de la région, pour une durée maximale de dix ans, sur la base d'une charte. Cette charte doit être approuvée par l'ensemble des collectivités locales concernées ; elle est mise en œuvre par un syndicat mixte regroupant les collectivités locales ayant approuvé la charte.

Un parc naturel régional a pour objet :

- . de protéger le patrimoine,
- . de contribuer à l'aménagement du territoire,
- . de contribuer au développement économique, social, culturel et à la qualité de vie,

. d'assurer l'accueil, l'éducation et l'information du public,  
 . de réaliser des actions expérimentales ou exemplaires dans les domaines cités ci-dessus et de contribuer à des programmes de recherche.  
 Il faut savoir avant tout qu'il n'existe pas de réglementation directe sur l'espace par l'intermédiaire de la Charte du Parc. Mais la création du Parc est un outil de plus (par pression politique ) afin de mettre en place des mesures. Ainsi, les dirigeants du Parc travaillent avec les acteurs locaux pour évaluer et valoriser les milieux (informations, conventions). Le Parc peut aussi être une étape administrative supplémentaire pour faire accepter un projet. Enfin il sert d'intermédiaire, valide les demandes de fonds, est un contact pour les projets particuliers comme les chambres d'hôtes.

210.330 hectares du territoire de notre étude sont inclus dans le Parc des Landes de Gascogne, soit 70 % du bassin d'influence du Bassin d'Arcachon. Les communes adhérentes au Parc sont représentées en **annexe n°9**.

### 3.1.2.2 Schéma de Mise en valeur de la mer ( SMVM ) du Bassin d'Arcachon

Le SMVM (voir **annexe n°10**) a pour but, pour un espace géographique possédant à la fois des grandes richesses naturelles et accueillant de multiples activités tournées vers la mer (pêche, cultures marines, activités balnéaires...), de protéger ce patrimoine naturel très riche, tout en favorisant le développement d'un ensemble d'activités parfois concurrentes. Ainsi le SMVM, instrument de planification créé par la loi de décentralisation du 7 Janvier 1993, détermine la vocation des différents secteurs de l'espace maritime et littoral en définissant la compatibilité entre les différents usages et précise les mesures de protection. En ce qui concerne le SMVM du Bassin d'Arcachon, il n'en est pour l'instant qu'au livre bleu, c'est à dire au niveau de propositions.

Des groupes de travail ont été mis en place pour proposer des orientations d'action sur les thèmes suivants:

- . eau,
- . cultures marines et pêche,
- . évolution morphologique et hydrologique du bassin,
- . tourisme,
- . protection du patrimoine naturel et gestion de l'espace terrestre.

Ces rencontres doivent se concrétiser par des mesures et des zonages.

### 3.1.2.3 Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux ( SDAGE ) du bassin Adour-Garonne

Le SDAGE est créé par la loi sur l'eau du 3 Janvier 1992. Ce schéma, ainsi que le SAGE, inspiré des documents d'urbanisme existants ( SDAU, POS ) établit une planification cohérente et territorialisée ( au niveau d'un bassin ) de la ressource en eaux et des milieux aquatiques. Il a un caractère juridique et a des conséquences directes sur les décisions publiques que l'Etat et les élus auront à prendre dans le domaine de l'eau. Ainsi, le SDAGE s'impose aux décisions administratives dans le domaine de l'eau ; il oriente les programmes publics dans le domaine de l'eau (il définit des objectifs de gestion des milieux aquatiques, de quantité et de qualité), il identifie des unités hydrographiques cohérentes et fixe les règles de cohérence.

Un SAGE (schéma d'aménagement et de gestion des eaux) spécifique portant sur le bassin de la Leyre est actuellement en projet.

### 3.1.2.4 Schéma Départemental à Vocation Piscicole et Halieutique ( SDVPH ) de la Gironde

Le SDVPH est constitué, d'une part, d'une analyse de la situation existante, et d'autre part d'un ensemble de propositions comportant des mesures réglementaires et des programmes d'actions techniques. Il constitue un cadre pour l'action de l'administration, des établissements publics, des collectivités territoriales et des associations de pêcheurs, pour tous travaux et aménagements dans le lit des cours d'eau et dans leurs abords.

Le SDVPH de la Gironde est réalisé, celui des Landes est en cours de publication.

## 3.2 ZONAGES SECTORIELS : FORET ET AGRICULTURE

### 3.2.1 Forêt

#### 3.2.1.1 Zone sensible aux incendies de forêt

Elle concerne les bois situés dans des régions particulièrement exposées aux incendies de forêts et qui font l'objet d'un classement après avis des conseils municipaux et du conseil général. Ceci oblige la création d'un syndicat des propriétaires.

Tous le massif landais est en zone sensible aux incendies de forêt.

#### 3.2.1.2 Forêts soumises au régime forestier

Il s'agit essentiellement des forêts domaniales, mais aussi de forêts appartenant aux collectivités territoriales et à certains propriétaires institutionnels (voir **annexe n°11**), qui peuvent également bénéficier du régime forestier. L'avantage de ce régime est d'assurer la conservation et la mise en valeur du patrimoine forestier, dans l'intérêt général et celui des propriétaires.

### 3.2.2 Agriculture

#### 3.2.2.1 Opération Locale Agri-Environnementale (OLAE) du bassin versant de la Leyre

C'est une action incitative se traduisant par une aide à l'hectare, aux agriculteurs qui s'engagent à mettre en pratique des mesures respectueuses de l'environnement. L'OLAE se base sur deux mesures agri-environnementales :

- **l'entretien des fossés** : le contrat « fossés » préconise l'entretien estival régulier des fossés, en favorisant la végétalisation des flancs et bordures, afin de diminuer les risques d'érosion et les transports de sable dans les principaux émissaires.

- **la réduction des intrants** : le contrat « phytos » vise à réduire les risques de départ vers les eaux de produits phytosanitaires par une modification des pratiques culturales, et ceci dans le but de protéger la faune piscicole.

Ces mesures sont financées à 50 % par l'Etat membre et à 50 % par l'Europe. Les territoires ayant bénéficié de cette opération sont représentés sur la carte en **annexe n°12**.

### 3.2.2.2 Plans de Développement Durable ( PDD ) du Delta de la Leyre et de la Haute Lande

Les plans de développement durable constituent un ensemble de mesures agri-environnementales qui proposent aux agriculteurs une organisation des systèmes de production de leur exploitation conciliant activités agricoles, préservation du milieu naturel et gestion de l'espace. On définit un ensemble de communes sur lequel un projet est établi en fonction de la problématique du territoire, et les agriculteurs concernés peuvent bénéficier d'une aide s'il sont candidats et s'ils ont présenté un projet relevant d'une démarche d'« agriculture durable ». Il en existe un sur le Delta de la Leyre qui réunit 12 agriculteurs (voir **annexe n°13**). Son principal objectif est le maintien de l'agriculture traditionnelle qui menace de disparaître d'ici 10 à 20 ans face à la pression de l'urbanisation. Cette dernière n'est pas non plus sans conséquences sur l'environnement. Des pistes sont étudiées, elles reposent sur la diversification des exploitations qui devront aussi s'impliquer dans la protection de leur environnement.

Il existe aussi un PDD de la Haute Lande qui réunit, lui, 15 agriculteurs. Il se penche surtout sur le maintien de la maïsiculture associée à l'élevage de volailles labellisées, et à la maîtrise des intrants. Il propose aussi des scénarios pour résoudre le problème d'ensablement du Bassin d'Arcachon.

## **3.3 FAUNE ET FLORE**

### **3.3.1 Inventaires**

#### 3.3.1.1 Zone Naturelle d'Intérêt Faunistique et Floristique (ZNIEFF)

Il s'agit d'un inventaire des zones de grand intérêt biologique du territoire national (voir **annexe n°14**), dont l'objectif est de créer un outil de référence permettant de :

- . bénéficier de bilans scientifiques des connaissances disponibles,
- . faire valoir la prise en compte des milieux naturels de grand intérêt préalablement aux projets d'aménagements,
- . déterminer des priorités de conservation et de gestion de la biodiversité et du patrimoine naturel.

Les ZNIEFF n'impliquent pas de réglementation particulière.

Chacune des ZNIEFF est localisée par un contour, une liste des communes concernées, et est caractérisée par une description physique et biologique ainsi que par une liste des espèces y existant.

Il y a deux types de ZNIEFF :

- . ZNIEFF de type I : elles correspondent à des secteurs définis par la présence d'espèces ou d'associations d'espèces ou de milieux rares, remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel national ou régional,

. ZNIEFF de type II : ce sont de grands ensembles naturels riches ou peu modifiés, ou offrant des potentialités biologiques importantes.

### 3.3.1.2 Natura 2000

La directive n°92-94 CEE du 21 Mai 1992 ou directive « Habitat » a pour objectif de promouvoir la préservation de la diversité biologique européenne, en constituant un réseau, appelé NATURA 2000, de sites abritant les habitats naturels et les habitats d'espèces de faune et de flore sauvages d'intérêt communautaire. Son originalité est d'envisager la sauvegarde du patrimoine naturel grâce à la gestion de territoires conciliant exigences écologiques, économiques, sociales et culturelles des Etats membres.

Après un premier inventaire des sites intéressants, l'élaboration du réseau a été interrompue en Juillet 1996 à la suite de l'action initiée dans le sud ouest entre les agriculteurs, les sylviculteurs et les chasseurs. NATURA 2000 connaît un nouveau départ aujourd'hui, mais le territoire concerné ne représente plus que 2,5 % du territoire national, au lieu des 15 % prévus auparavant.

En Gironde, 23 sites ont été proposés ; ils portent sur 6% du territoire. Les Landes comptent 19 sites proposés, pour 5 % du territoire départemental. Ces propositions concernent notre zone d'étude, puisqu'elles portent sur les vallées et le delta de la Leyre, l'île aux oiseaux ou le banc d'Arguin.

## **3.3.2 Cours d'eau**

### 3.3.2.1 Classement en deuxième catégorie piscicole

Le classement en catégories piscicoles se fait par décret en Conseil d'Etat. Il y a deux catégories :

- . la première concerne les cours d'eau courante, fraîche et bien oxygénée principalement peuplés de truites, de salmonidés et de leurs espèces d'accompagnement ou nécessitant une protection de ces espèces,
- . la deuxième concerne tous les autres cours d'eau.

La Leyre, la Grande Leyre et la Petite Leyre sont en deuxième catégorie piscicole.

### 3.3.2.2 Axe bleu « migrateur »

Ce sont les axes prioritaires pour la mise en œuvre des programmes de restauration des poissons migrateurs du bassin Adour-Garonne. Ces axes sont déjà classés au titre de l'article L .232-6 du Code Rural (à l'exception de quelques tronçons).

Sur ces axes, la liste des espèces migratrices doit être établie de manière cohérente avec la mise en œuvre des programmes de restauration et d'équipement des obstacles et d'amélioration des conditions d'habitat des espèces migratrices, le suivi des populations et la gestion piscicole des stocks, l'information et la sensibilisation, et l'adaptation des objectifs et des moyens de police de la pêche.

La Leyre, la Grande Leyre et la Petite Leyre sont des axes bleus « migrateur » à restaurer (SDAGE Adour-Garonne).

### 3.3.2.3 Milieu aquatique remarquable « zone verte »

Les zones vertes sont des écosystèmes aquatiques et des zones humides remarquables qui méritent une attention particulière et immédiate à l'échelle du bassin. Elles sont à prendre en compte pour l'établissement du réseau « NATURA 2000 ». Enfin, il est recommandé que les Préfets, avec les départements, les collectivités, les commissions locales de l'eau et les acteurs locaux initient des programmes de restauration, de protection et de gestion de ces zones.

La Leyre, la Grande Leyre, la Petite Leyre, le delta de la Leyre et les ripisylves sont concernés.

### 3.3.2.4 Cours d'eau classé

Le classement d'un cours d'eau entraîne l'obligation, pour tout nouvel ouvrage hydraulique, d'être équipé de dispositifs assurant la circulation des poissons migrateurs.

La Leyre est un cours d'eau classé.

### 3.3.2.5 Rivière réservée

Aucune nouvelle autorisation ou concession n'est octroyée pour les entreprises hydrauliques nouvelles. Toute nouvelle utilisation de la force motrice de l'eau est ainsi interdite.

La Leyre est un cours d'eau réservé.

### 3.3.2.6 Cyprinidés et Salmonidés à améliorer

Suivant la population piscicole principale (salmonidés ou cyprinidés), ce classement vise à les protéger et à assurer leur développement.

La Leyre, la Grande Leyre et la Petite Leyre sont à cyprinidés à améliorer.

## **3.3.3 Territoires et gestion environnementale**

### 3.3.3.1 Zone de Protection Spéciale (ZPS)

A la suite de la directive européenne sur la conservation des oiseaux sauvages, qui prévoit la protection des habitats des oiseaux rares ou menacés, ainsi que la préservation de leurs aires de reproduction, de mue, d'hivernage ou de migration, a été réalisé un inventaire des sites comportant des enjeux pour la conservation des espèces d'oiseaux : les zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO).

Ces ZICO ont conduit à la création de Zones de Protection Spéciale (ZPS), qui elles sont soumises à une réglementation particulière (voir **annexe n°15**).

### 3.3.3.2 Espaces Naturels Sensibles (ENS)

Leurs objectifs sont la protection, la gestion et l'ouverture au public. Le Conseil Général du département instaure une taxe départementale sur les espaces naturels sensibles (TDENS, loi du 18 Juillet 1985, code de l'urbanisme articles L.142-1 à L.142-13 et R.142-1 à R.142-18) en vue d'améliorer les moyens de financement d'une politique de préservation, de gestion et d'ouverture au public de ces espaces. Le produit de cette taxe doit être affecté :

- . soit à l'acquisition, l'aménagement et l'entretien des espaces verts appartenant au département et ouverts au public,
- . soit à la participation à l'acquisition de terrains par le Conservatoire du littoral et à la gestion de ces terrains,
- . soit à l'aménagement et à l'entretien d'espaces naturels publics ou privés ouverts au public,
- . soit à l'acquisition, l'aménagement et la gestion des sentiers figurant sur un plan départemental des itinéraires de promenades et de randonnées.

Les espaces naturels sensibles recensés sur le territoire d'étude sont représentés en **annexe n°16**.

### 3.3.3.3 Réserves naturelles et réserves de chasse maritimes

Ces réserves constituent des espaces de tranquillité favorables à la reproduction de la faune sédentaire pour le repeuplement des territoires, et pour l'avifaune migratrice. Enfin, elles permettent des activités de recherche et d'expérimentation. Tout acte de chasse y est interdit, sauf lorsqu'il est nécessaire au maintien des équilibres biologiques.

Ces réserves sont mentionnées en **annexe n°17**.

### 3.3.3.4 Loi Littoral

Elle définit pour le littoral (berges des mers, océans, estuaires et deltas) une politique spécifique d'aménagement, de protection et de mise en valeur : maintien de l'équilibre biologique et écologique, lutte contre l'érosion, préservation de sites et de paysages, maîtrise de l'urbanisation et préservation des espaces (dunes, landes, forêts, marais, îlots).

Pour la maîtrise de l'urbanisation, la loi impose une limite, la capacité d'accueil, et interdit toute urbanisation nouvelle sur une bande de 100 mètres à partir du rivage.

Pour la protection des espaces, elle insère dans le code de l'urbanisme l'article R.146-1 qui rend obligatoire la protection des espaces dont la liste se trouve à l'article R.146-6.

Il existe des terrains soumis à la loi littoral en bordure du Bassin d'Arcachon (voir **annexe n°18**).

### 3.3.3.5 Terrains du conservatoire du littoral

Le conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres (CELRL) est un établissement public de l'Etat chargé de mener une politique de maîtrise foncière en faveur des milieux naturels en bord de mer et des grands lacs. Il intervient sur les sites naturels menacés pour les acquérir en pleine propriété ou pour les soumettre à une servitude : ce sont les terrains du conservatoire du littoral. Le conservatoire est responsable de la gestion de ces terrains, et vise à assurer sur le long terme la sauvegarde de l'espace littoral, le respect des sites naturels et de l'équilibre écologique.

Il ne gère pas lui-même ses terrains, mais il doit passer des conventions avec des établissements publics, des associations, des communes ou des départements.

Il a ainsi permis de limiter les menaces d'urbanisation ou d'artificialisation sur des milieux écologiquement fragiles, de réhabiliter et gérer des terrains fortement dégradés et de les ouvrir au public si le milieu le permet. Le conservatoire possède des terrains autour du Bassin d'Arcachon ; ils sont représentés en **annexe n°19**.

### 3.3.3.6 Sites classés et sites inscrits (loi du 2 mai 1930)

Ce sont des espaces ou des formations naturelles dont la qualité appelle, au nom de l'intérêt général, la conservation en l'état (entretien, restauration, mise en valeur) et la préservation de toute atteinte grave (destruction, altération, banalisation). Après publication du texte (décret ou arrêté) prononçant le classement ou l'inscription d'un site, tous travaux susceptibles de modifier l'aspect ou l'état d'un site sont soumis au contrôle du ministre chargé des sites ou du préfet du département.

Site classé : le classement est prononcé, après une enquête administrative, par arrêté du ministre de l'environnement si aucun des propriétaires concernés ne s'y oppose. En site classé, tout projet de travaux doit être soumis à une autorisation spéciale du Ministre ou du Préfet, selon leur ampleur.

Site inscrit : l'inscription d'un site sur l'inventaire des sites d'un département est prononcé par le ministre de l'environnement. Cela oblige les maîtres d'ouvrage à informer l'administration de tous projets de travaux de nature à modifier l'état ou l'aspect du site quatre mois avant le commencement de ces travaux.

En sites inscrits, on trouve les ripisylves de la Leyre, de la Grande Leyre et la moitié de la Petite Leyre ; il existe également plusieurs sites classés (voir **annexe n°20**).

### 3.3.3.7 Zones de protection des monuments historiques et de leurs abords

Toute construction située dans le champ de visibilité (dans un rayon de 500 mètres) d'un monument classé ou inscrit à l'inventaire des monuments historiques, ou toute modification susceptible de modifier l'aspect d'un immeuble dans la même zone, sont soumises à autorisation préalable. De plus les règles d'urbanisme s'appliquent plus sévèrement en ce qui concerne le déboisement, le permis de démolir, le camping et le caravanning.

Il existe plusieurs monuments historiques sur le bassin versant, avec leur périmètres de protection de 500 mètres, représentés en **annexe n°21**.

### 3.3.4 Zones sensibles, zones vulnérables

#### 3.3.4.1 Zones sensibles à l'eutrophisation

Ces zones sont des bassins versants dont les masses d'eaux sont sensibles aux pollutions ou sujettes à l'eutrophisation où les rejets de phosphore ou d'azote doivent être réduits. Elles sont délimitées par le ministère de l'environnement et actualisables tous les 4 ans. Ce zonage cible essentiellement les eaux urbaines ; les agglomérations (plus de 10.000 équivalents-habitants) et les industries concernées font l'objet d'une priorité pour la police des eaux et l'inspection des installations classées ainsi que pour les programmes quinquennaux de l'agence de l'eau.

Tout le bassin versant de la Leyre est classé en zone sensible à l'eutrophisation.

#### 3.3.4.2 Zone vulnérable au nitrate

Le classement en zone vulnérable découle de l'application de la directive européenne n° 91-676 du 12 décembre 1991 sur la pollution par les nitrates d'origine agricole, dite directive « nitrate ». Elle se traduit par deux types d'actions :

- . l'élaboration d'un code de bonnes pratiques agricoles,
- . le zonage des terres en état préoccupant ou pouvant le devenir.

Pour les secteurs hors directive habitat, le code de bonnes pratiques est volontariste, dans les zones vulnérables, l'application du code est obligatoire.

Le programme d'action qui s'impose aux agriculteurs comporte les points principaux suivants :

- . équilibre et fractionnement des apports en azote,
- . prise en compte des effluents d'élevage,
- . définition des périodes d'épandage (interdites, conseillées),
- . condition d'épandage (distance aux points d'eau, pente, état du sol),
- . stockage des effluents d'élevage,
- . Modalités de suivi des actions (document d'enregistrement).

Tout le bassin versant de la Leyre est classé en zone vulnérable, par un arrêté préfectoral du 19 décembre 1994. La reconduction de ce classement est en cours d'examen.

Il faut noter que ce classement est le seul du territoire français à porter sur un bassin versant en raison non de la qualité des eaux de ce territoire mais de l'impact des flux d'azote qu'il produit sur son exutoire, le Bassin d'Arcachon.

Par ailleurs, une étude du BRGM a évalué la sensibilité de la nappe du Miocène au nitrate. La carte du secteur de notre étude est présentée en **annexe n°22**.

#### 3.3.4.3 Zones sensibles à l'érosion éolienne

De par leur texture sableuse et leur faible teneur en argile, en limon et en matière organique, les sols de l'écosystème sableux landais présentent une texture instable qui les rend vulnérables à l'érosion éolienne. A la faveur de vents océaniques

soutenus, les terrains drainants se dessèchent en surface, les particules du sol se désolidarisent et sont entraînées par le vent. Ce phénomène est aggravé par les longues intercultures, où le sol est laissé nu pendant plusieurs mois. Il a des conséquences néfastes car il favorise l'enlèvement de particules de matière organique, ce qui réduit la fertilité des sols, dégrade leur structure et facilite l'évaporation. Les vents chargés de particules ont un effet traumatisant sur les jeunes cultures et peuvent contribuer à la pollution des eaux.

La carte en **annexe n° 23** constitue une représentation de la sensibilité des terrains à l'érosion éolienne. La proximité de la côte et des vents dominants de nord ouest ainsi que la pente des terrains constituent des facteurs déterminants.

#### 3.3.4.4 Zones sensibles à l'érosion régressive

Le réseau hydrographique est jeune et en constante évolution, ce qui entraîne un assainissement progressif dont l'intensité et les conséquences apparaissent difficilement contrôlables. Ces perturbations se manifestent par un approfondissement du lit des cours d'eau et un sapement des berges. Ces phénomènes progressent de l'aval vers l'amont : c'est l'érosion régressive. Ce processus est naturel et fait partie intégrante de l'évolution du réseau hydrographique. Toutefois, il est accéléré par l'action de l'homme, en particulier le surcreusement à l'occasion de l'entretien ou du curage des fossés et des crastes.

On assiste encore à des reprises violentes de l'érosion régressive des exutoires de drainage. L'objectif souhaitable n'est pas de geler toutes les activités pouvant engendrer des phénomènes érosifs mais d'essayer de contenir l'évolution du réseau afin que les dégradations qu'elle entraîne ne prennent pas trop d'ampleur.

La conséquence la plus visible est l'arrivée de quantités importantes de matériaux sableux au Bassin d'Arcachon. Ce phénomène a conduit à construire des bassins dessableurs, afin d'éviter le comblement de la zone deltaïque. Une opération agri-environnementale a été centrée sur l'entretien des fossés en dehors de la période hivernale, afin de limiter les effets de la déstabilisation du lit et des berges en période de hautes eaux.

La carte en **annexe n°24** présente les secteurs du bassin de la Leyre identifiés comme présentant un risque important d'érosion régressive.

### **3.3.5 Compétences administratives eau et pêche**

#### 3.3.5.1 Délimitation domaine public fluvial et domaine public maritime

Cette limite est déterminée par décret en Conseil d'Etat ; la délimitation est une ligne partant de la pointe nord de Malprat.

### 3.3.5.2 Police de la pêche

Il s'agit de délimiter les zones d'intervention pour la police de la pêche entre l'Agence maritime en aval et la DDAF en amont. Cette délimitation est constituée par la limite de salure des eaux, qui se trouve au niveau du port de Biganos.

### 3.3.5.3 Police de l'eau

Il s'agit de délimiter les zones d'intervention pour la police de l'eau entre le SMNG (Service maritime et de navigation fluviale) en aval, et la DDAF en amont. Pour la Leyre, cette délimitation se trouve au pont de Lamothe.

## **4 CONSTRUCTION D'INDICATEURS**

### **4.1 PROBLEMATIQUE**

Par rapport aux études et travaux existants, ce rapport ne prétend pas apporter une nouvelle évaluation des flux de polluants parvenant au Bassin d'Arcachon, mais d'apporter des précisions sur la formation de ces flux. Il s'agit de les décomposer par activité et par unité hydrographique, afin d'apporter des éléments concourant à la gestion du territoire.

#### **4.1.1 Les apports de nutriments au Bassin d'Arcachon**

Les éléments nutritifs alimentant le Bassin d'Arcachon ont plusieurs origines :

- les apports par les cours d'eau en provenance des bassins versants,
- les apports directs par les précipitations tombant sur le plan d'eau,
- les apports par la nappe,
- les apports ponctuels provenant de sources diverses.

Dans cette étude ne sont pas traités les apports atmosphériques, les apports directs par la nappe ni les rejets pluviaux et domestiques de la zone urbanisée du Bassin d'Arcachon, soit parce que ces apports ont déjà été évalués dans d'autres travaux, soit parce qu'il sont en voie de réduction et de contrôle.

Des substances chimiques variées, entre autres de l'azote, du phosphore, des matières en suspension ou des pesticides, provenant des différents types d'activité ou modes d'occupation du sol présents sur la zone d'influence du Bassin d'Arcachon, sont drainées et transportées par les cours d'eau et acheminées vers le Bassin. Or les formes de l'azote ont été identifiées comme étant une source de déséquilibre pour l'écosystème lagunaire : par les quantités supplémentaires apportées au Bassin annuellement, par les modifications de son rapport au phosphore, l'azote favorise la prolifération d'espèces macroalgales opportunistes comme *Monostroma obscurum*, *Enteromorpha clathrata* et *Centroceras clavulatum*. En ce qui concerne *Monostroma obscurum*, il s'agit d'une espèce allochtone, détectée dans le Bassin postérieurement à 1975 et dont le développement est favorisé par un rapport N/P élevé, condition acquise depuis la maîtrise de l'essentiel des pollutions phosphatées arrivant au Bassin et l'augmentation des apports d'azote, plus importants que par le passé.

#### **4.1.2 Activités humaines et pollution des eaux**

La sylviculture intensive reçoit une fertilisation qui se situe en moyenne à 80 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sur la durée de vie de l'arbre. Une fertilisation complémentaire apportant du potassium peut avoir lieu. Même sans apport de fertilisation azotée, les territoires

forestiers produisent, par minéralisation de la matière organique, des flux d'azote qui peuvent être mesurés dans les cours d'eau qui les drainent.

De par la faible fertilité naturelle du sol landais, acide et faiblement chargé en éléments nutritifs, les cultures doivent être fortement fertilisées. Le maïs, par exemple, reçoit la fertilisation suivante :

Azote = 280 kg/ha/an (en N) ;

Acide phosphorique = 100 à 120 kg/ha/an (en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ;

Potasse = 100 à 120 kg/ha/an (en K<sub>2</sub>O).

Pour pallier l'acidité naturelle des sols, on apporte régulièrement des amendements calco-magnésiens sous forme de chaux, afin d'obtenir un pH de 5,5 à 6. Seule une partie des apports en azote est métabolisée par les culture puis exportée à l'occasion de la récolte. Une fraction non négligeable demeure dans le sol et génère des fuites qui peuvent aussi être mesurées ou évaluées.

D'autres usages, à savoir les épandages d'effluents d'élevage, la pisciculture, l'épuration des eaux usées domestiques et l'épandage des boues issues des stations d'épuration sont générateurs de matières azotées rejetées dans l'environnement.

Il paraît donc intéressant d'essayer d'évaluer les contributions respectives à la formation du flux global de pollution azotée de ces diverses activités.

#### **4.1.3 Rappel sur le cycle de l'azote**

Les matières azotées épandues sur les sols sont décomposées plus ou moins rapidement par la microfaune et la microflore bactérienne du sol. Les macromolécules organiques sont tout d'abord ammonifiées, c'est à dire transformées en ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) dissous dans l'eau (ammoniaque), qui est stabilisé par son association électrostatique avec les colloïdes argileux.

L'ammonium est lui-même oxydé en nitrite puis en nitrate : c'est la nitrification.

L'ensemble de ces deux étapes ammonification - nitrification est la minéralisation. Les bactéries qui interviennent produisent du gaz carbonique. La minéralisation se produit aussi dans les cours d'eau.

Une partie de l'ammoniaque se volatilise sous forme d'ammoniac dans l'atmosphère, à l'occasion du stockage et de l'épandage.

Seules les formes minérales NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et NH<sub>4</sub><sup>+</sup> de l'azote sont assimilables par les plantes. L'essentiel de l'azote minéral apporté au sol est valorisé par la culture pendant la saison de végétation.

Le nitrate et l'ammonium peuvent également être réorganisés en matière organique par les bactéries.

La fraction organique non décomposée et le reliquat minéral non assimilé demeurent à la surface et dans le sol, où ils contribuent au stock d'azote. A la faveur

des précipitations ou d'irrigation excessive, l'azote peut être lessivé, entraîné vers la nappe puis le réseau hydrographique ou transféré directement vers les cours d'eau par le ruissellement. En effet, le nitrate est chargé négativement et n'est pas retenu par les colloïdes argileux ou organiques du sol, eux aussi chargés négativement ; il est alors facilement dissous dans l'eau d'infiltration, qui l'entraîne dans les aquifères. Les particules organiques, moins mobiles, sont surtout entraînées avec les matières en suspension et le phosphore à la faveur de l'érosion des berges.

La fraction du stock qui demeure, ou reliquat, est susceptible d'être utilisée en partie par la culture à l'occasion de la saison de végétation suivante.

Dans l'épaisseur du terrain, à quelques mètres de profondeur dans la nappe phréatique où les conditions qui prévalent sont anoxiques, les bactéries nitrifiantes consomment le carbone organique dissous et « respirent » le nitrate qui est réduit successivement en nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ), monoxyde d'azote (NO), protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) puis azote gazeux ( $\text{N}_2$ ), qui s'échappe dans l'atmosphère : c'est la dénitrification, qui conduit à une élimination d'une partie de l'azote présent dans le sol au profit, sinon au bénéfice, de l'atmosphère. Ammoniac, gaz carbonique et oxydes d'azote contribuent au réchauffement de l'atmosphère par effet de serre.

Une fraction résiduelle, transmise rapidement ou incomplètement dénitrifiée, est transférée aux cours d'eau et constitue un apport supplémentaire anormal pour les milieux aquatiques.

## 4.2 METHODE

### 4.2.1 Construction d'indicateurs

Un indicateur est une donnée qui qualifie le niveau de présence d'un caractère et permet de décrire un aspect d'un milieu qui ne peut être appréhendé directement par des mesures de terrain. Selon leur niveau de complexité, ils seront définis comme simples ou élaborés. Pour affiner l'échelle de travail, l'unité prise en compte est l'unité hydrographique de base.

Nous avons identifié 4 activités principales en milieu rural susceptibles de contribuer au transfert de flux d'azote dans le réseau hydrographique ; il s'agit de l'agriculture, la sylviculture, l'épuration des eaux usées des agglomérations et la pisciculture. Elles ont donné lieu à la construction d'indicateurs de flux d'azote, exprimé en tonnes d'équivalent azote par année (t N/an).

4 activités ont par ailleurs été retenues comme utilisant le sol comme système de traitement et d'épuration de substances azotées : l'agriculture, l'élevage, l'épandage de boues de stations d'épuration et l'assainissement autonome. Elles ont permis la construction d'indicateurs de pression d'azote, exprimée en kg d'azote par an et par hectare d'unité hydrographique (kg N/ha/an).

Si l'on dispose de données générales et de références en ce qui concerne l'épuration des eaux usées et les piscicultures, il n'existait pas de référence sur les flux d'azote issus des activités agricoles et forestières dans ce contexte pédo-climatique. C'est la raison pour laquelle le Cemagref a mis en œuvre un protocole expérimental portant sur l'écosystème sableux landais.

#### 4.2.2 Protocole expérimental

Depuis 1996, un suivi précis des bassins versants du Tagon et du Grand Arriou est assuré par le Cemagref de Bordeaux. Il s'agit de deux bassins représentatifs de l'écosystème sableux landais. Le Tagon (2.460 ha) est presque entièrement couvert par la forêt : le pin maritime occupe en effet 89 % de l'espace, contre 11 % pour la zone urbanisée en bordure du Bassin d'Arcachon ; c'est un tributaire direct du Bassin. Le bassin mixte du Grand Arriou (9.960 ha) présente à l'amont un secteur agricole de 2.200 ha suivi à l'aval par un secteur de forêt ainsi qu'un réservoir (la lagune de Mano), intéressant pour l'étude de la capacité d'assimilation de l'hydrosystème. C'est un sous-affluent de la Leyre.

Un travail initial a consisté à vérifier le contour des bassins versants, grâce à la topographie, mais aussi à des données hydrogéologiques : des transects de piézomètres ont été installés afin de mesurer les hauteurs et d'approcher les vitesses d'écoulement de la nappe superficielle.

Les débits et les concentrations des matières en suspension et des différentes formes de l'azote et du phosphore ont été mesurés, sur la base d'une mesure du débit en continu et d'échantillons hebdomadaires analysés au laboratoire, de manière à reconstituer les flux sortants de ces bassins. Une étude plus fine des hautes eaux a été réalisée par asservissement d'un échantillonneur automatique à la dynamique de l'événement de crue.

Les mesures ont été réalisées en un point à l'exutoire du Tagon, à l'amont de la zone urbanisée. Elles concernent 6 points du Grand Arriou ; en effet, afin de caractériser sa capacité d'assimilation, plusieurs tronçons du Grand Arriou ont été étudiés : un tronçon forestier immédiatement à l'aval du secteur agricole, et une section ralentie par un réservoir artificiel. De plus, le point 6 reçoit des eaux sous l'influence d'un élevage.

Nous avons réalisé des enquêtes détaillées des pratiques agricoles à l'échelle de la parcelle auprès des agriculteurs installés sur le bassin versant du Grand Arriou. En ce qui concerne la forêt, les enquêtes ont porté sur un échantillon de propriétaires sylviculteurs et d'experts forestiers de la zone d'étude.

La confrontation des données spatiales et thématiques à l'aide des outils système d'information géographique et télédétection a permis de caractériser les bassins versants et de décrire la dynamique des activités humaines et les pratiques. Ces méthodes permettent également d'envisager un changement d'échelle, du bassin versant expérimental à toute la zone d'étude (généralisation).

### 4.2.3 Mode de calcul des flux spécifiques

Les flux de matières en suspension et des formes de l'azote et du phosphore sont calculés à partir des analyses périodiques, pour l'exutoire du Tagon et pour les 6 points de prélèvement du Grand Arriou. Pour une année calendaire, on peut considérer que la pluviométrie est relativement homogène sur la région, même si en réalité les pluies vont croissant légèrement du nord vers le sud, et de la côte vers l'intérieur des terres et s'étalent de 900 à 1.100 mm environ en moyenne annuelle.

Les flux spécifiques par espèce chimique sont calculés pour le Tagon : le flux total annuel reconstitué en nitrate par exemple, exprimé en kilogrammes par an, est rapporté à un hectare, sachant que le point de mesure du Tagon intercepte une surface de 2.490 hectares. Ce flux spécifique est exprimé en kilogrammes par hectare et par an. Il constitue la valeur de référence forestière.

Le flux total annuel de la même espèce chimique est reconstitué en chaque point de mesure du Grand Arriou, pour la même année. Un point de mesure intercepte une surface composée d'espaces agricoles et forestiers, ainsi que d'autres occupations du sol marginales. Si l'on affecte à chaque hectare forestier le flux spécifique calculé sur le Tagon, on déduit la part du flux total correspondant au territoire agricole. Ce calcul n'est pas significativement modifié en affectant aux autres occupations du sol les valeurs de référence de la littérature.

Notre hypothèse est que l'affectation d'une valeur de flux spécifique à chaque hectare occupé par l'agriculture et la forêt permet de reconstituer le flux total observé en tout point du Grand Arriou. Effectivement, pour une année donnée, le calcul donne une valeur relativement stable du flux spécifique agricole aux six points de mesure sur l'Arriou ; notre mode de calcul est donc valide.

### 4.2.4 Résultats expérimentaux

Nos travaux ont permis de reconstituer les flux annuels des différentes formes de l'azote retrouvées dans les eaux de surface, correspondant à un hectare de forêt et à un hectare de culture intensive. Les résultats suivants constituent les moyennes des mesures effectuées de 1996 à 1999.

Le nitrate est la forme de l'azote prépondérante à l'aval des secteurs agricoles ; il constitue 91,2 % de l'azote total et près de 99 % de l'azote minéral. Globalement, les formes minérales représentent 92,5 % de l'azote total produit. Les espèces chimiques concernées sont le nitrite, le nitrate et l'ammoniaque.

Le nitrite est une forme transitoire de l'azote, entre ammoniaque et nitrate, facilement oxydable en nitrate dans les eaux de surface. Ceci explique qu'on ne le trouve qu'en de très faibles quantités au cours des mesures effectuées dans le Grand Arriou : il représente toujours moins de 0,07 kg de N par ha et par an.

Par contre, nitrate et, dans une moindre mesure, ammoniaque sont présents en quantités considérables et directement assimilables par les végétaux du Bassin d'Arcachon, en particulier par les macro algues comme les ulves et Monostroma, responsables de nuisances pour les autres activités du Bassin.

L'azote organique, quant à lui, se présente généralement sous des formes rapidement décomposables (carbone organique dissous, etc.).

On peut donc considérer que la totalité de l'azote produit par l'activité agricole constitue un nutriment assimilable par la biomasse algale du Bassin.

Sur une année calendaire, le flux annuel d'azote sous forme de nitrate correspondant à un hectare de culture intensive prend des valeurs comprises entre 19,1 et 54,2 kg/ha selon le point de mesure sur le Grand Arriou et selon l'année ; les moyennes annuelles, tous points confondus, vont de 23,2 à 48,1 kg/ha, et la moyenne générale est de 37,6 kg/ha/an. C'est notre standard agricole pour le nitrate. Cette valeur est supérieure mais du même ordre de grandeur que celles obtenues par le Cemagref sur le bassin versant du lac d'Hourtin-Carcans en 1991.

Si l'on ajoute à cette valeur les quantités moyennes de nitrite (négligeables) et d'ammoniaque, on reste dans le même ordre de grandeur, soit 38,4 kg d'azote minéral, c'est à dire directement disponible pour la nutrition azotée des végétaux (phytoplancton, algues et plantes supérieures) présents dans le Bassin d'Arcachon.

A l'aval du bassin forestier, la forme prépondérante est l'azote organique, à raison de 65,3 % de l'azote total . Le nitrate représente seulement 23,1 % de l'azote total ; le reste de l'azote minéral est essentiellement l'ammoniaque.

Un hectare de forêt produit en moyenne 0,37 kg de nitrate par hectare et par an, contre 37,88 kg pour un hectare agricole, soit 100 fois moins. Si l'on considère l'azote total, c'est à dire la somme nitrite + nitrate + ammoniaque (soit azote minéral) + azote organique, l'hectare forestier en produit 1,58 kg par an, contre 41,53 kg pour l'hectare agricole, soit 26 fois moins.

Les quantités d'azote organique produites par un hectare forestier représentent le tiers de la production d'un hectare agricole : 1,03 kg/ha/an contre 3,13 kg/ha/an. De plus, cet azote organique, provenant en particulier de l'érosion des sols le long des crastes et fossés, est composé de débris végétaux issus des peuplements résineux, faiblement décomposables, comme les écorces et aiguilles de pins, globalement de matière organique à rapport C/N élevé. Les substances qui en résultent sont peu disponibles pour l'assimilation par la biomasse végétale présente dans le Bassin.

Si l'on veut comparer les effets potentiels de l'agriculture et de la forêt sur l'écosystème d'Arcachon, il apparaît donc parfaitement justifié de ne retenir que les contributions respectives de ces deux activités aux flux d'azote minéral puisque, comme on vient de le voir, l'azote minéral constitue la quasi totalité des apports agricoles, et que l'azote organique forestier est peu bio-disponible. Ceci nous conduit, pour l'élaboration de nos indicateurs, à retenir les valeurs suivantes : 38 kg par hectare et par an d'azote minéral pour l'agriculture et 0,55 kg par hectare et par an pour la sylviculture.

#### 4.2.5 Robustesse des standards de flux spécifiques

Par rapport au suivi d'autres bassins versants, le protocole expérimental mis en œuvre sur le Tagon et sur le Grand Arriou est très précis et se poursuit depuis plusieurs années. Les valeurs obtenues sont donc fondées à constituer des « standards ». Il s'agit là de valeurs de référence, qui doivent cependant être relativisées.

En effet, les valeurs moyennes calculées fluctuent de manière significative : selon le point de mesure sur le Grand Arriou et l'année considérée, le flux spécifique en azote minéral varie de 19 à 55 kg pour un hectare d'agriculture intensive. Nos travaux montrent que le régime des précipitations, et non les précipitations cumulées sur une année, constitue un facteur déterminant essentiel pour ce paramètre.

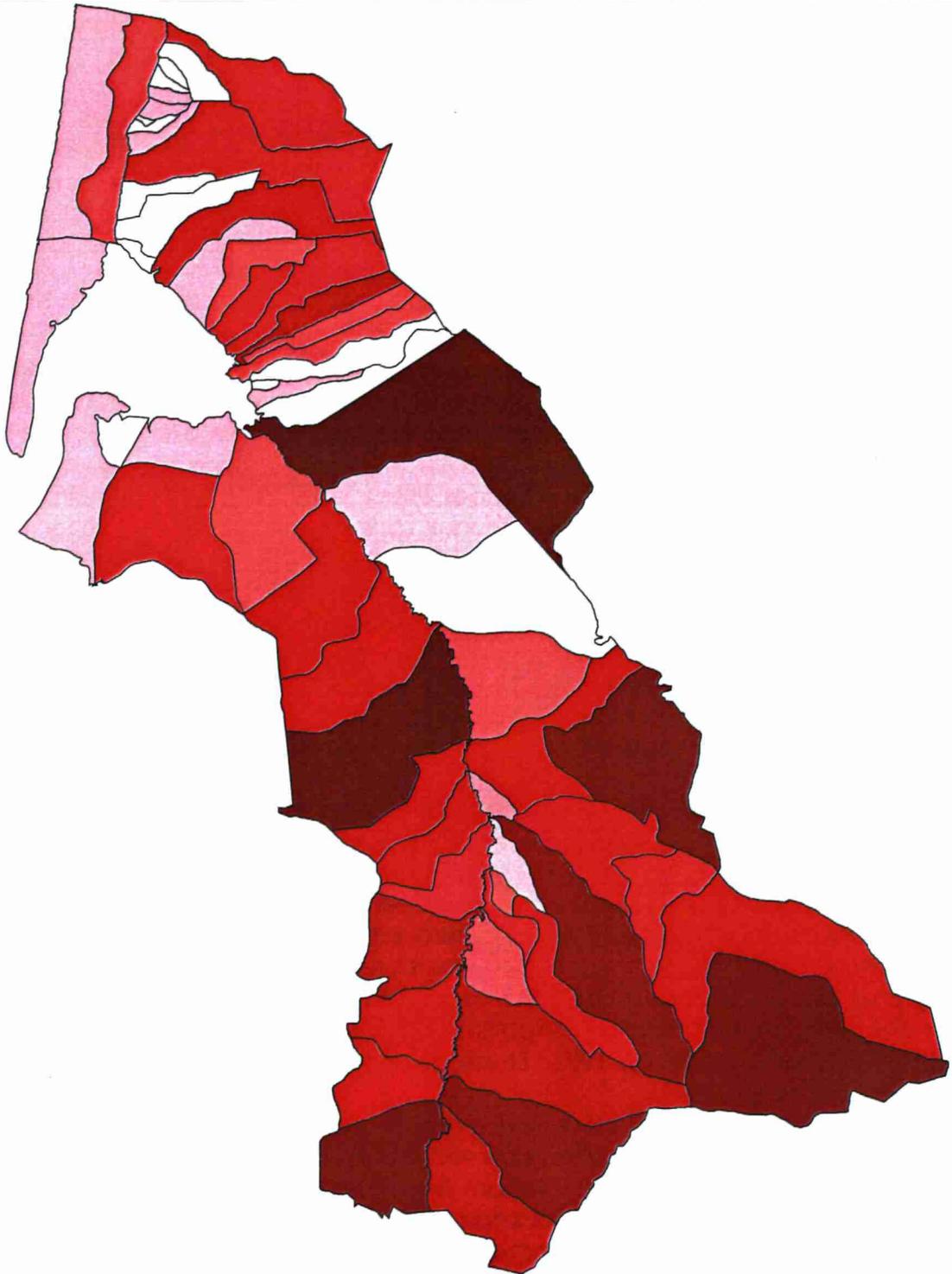
De plus, bien que l'écosystème sableux landais puisse être considéré comme relativement homogène par rapport à d'autres écosystèmes et que nos deux bassins expérimentaux soient tenus comme représentatifs de ce système, les bassins unitaires présentent des disparités de fonctionnement, dues par exemple à la topographie, à la conductivité des sols, aux modes de mise en valeur et aux pratiques, et nos valeurs de références peuvent être critiquées. Elles n'en constituent pas moins le seul référentiel existant actuellement. Des travaux sont en cours afin de valider et de moduler ces références sur un échantillon de bassins versants représentatifs de la diversité de la zone d'influence du Bassin d'Arcachon. Il s'agit d'établir une typologie de ces bassins versants, basée sur l'occupation du sol, mais aussi sur le mode de fonctionnement hydrologique, sur les pratiques, sur la présence d'établissements particuliers (élevages) et d'affecter à chacun des flux spécifiques modulés selon le type auquel ils appartiennent. L'objectif est de généraliser les données expérimentales disponibles à ce jour de manière plus nuancée.

Précédemment, une expérimentation a été menée par le Cemagref sur la Matouse, la Garroueyre, la Queytive et le Lambrusse, crastes localisées sur le bassin versant du lac d'Hourtin-Carcans, en 1990-1991. Les pertes en nutriments avaient alors été évaluées à 1 kg d'azote minéral pour la forêt et les cultures fourragères, soit 50 % des pertes en azote total, et à 19 kg d'azote minéral pour la maïsiculture, représentant 80 % des pertes d'azote total ; d'où les « standards » retenus de 20 kg pour l'agriculture et 1 kg pour la forêt (Impact du défrichement à but maïsicole sur la qualité des eaux superficielles en forêt landaise : application à quatre bassins versants tributaires du lac d'Hourtin Carcans - février 1992 ; Etude de la prolifération des algues vertes du Bassin d'Arcachon).

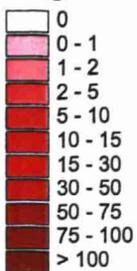
Il faut noter que ces valeurs sont le fruit d'un suivi sur un an et demi seulement, et qu'elles correspondent à une période de sécheresse forte et à des bassins dont les écoulements étaient interrompus pendant les mois de juin à septembre. Ceci se traduit fort logiquement par une réduction des productions d'azote par rapport à une situation où des précipitations normales ou le fonctionnement naturel du bassin versant conduisent à des écoulements soutenus toute l'année, ce qui est le cas du Grand Arriou. On reste cependant dans les mêmes ordres de grandeur, le flux de 20 kg/ha/an correspondant aux valeurs moyennes les plus basses relevées sur le Grand Arriou.

Enfin, ces valeurs peuvent être notablement augmentées lorsque des établissements particuliers sont présents sur le secteur. Ainsi, le flux spécifique agricole s'élève

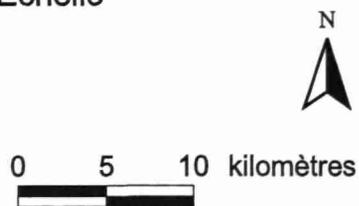
Carte n°14  
FLUX ANNUEL D'AZOTE MINERAL AGRICOLE  
(tonnes d'azote par an)



Légende (tN/an)



Echelle



Projection Lambert II étendu

Localisation



localement à 93 kg/ha/an d'azote minéral sur le bassin de Soustons et à 77 kg/ha/an sur celui d'Aureilhan, à cause d'élevages de volaille et surtout de piscicultures (étude Cemagref de 1992-1993). Il s'agit là d'une appréciation qualitative, un examen plus poussé est nécessaire afin d'évaluer les flux spécifiques de ces établissements.

Sur le Grand Arriou, il existe un élevage dont les effluents sont épandus essentiellement à l'extérieur du bassin. Son influence sur les mesures au point n° 6 est minime. Le protocole de l'Arriou ne permet donc pas de tirer d'information de référence pour ces établissements.

### 4.3 INDICATEURS DE FLUX D'AZOTE

Les modes d'évaluation des flux sont différents selon leur origine. Ils ont été exprimés en tonnes d'azote minéral ou bien d'azote total provenant du secteur géographique considéré en une année (t N/an) estimées à l'exutoire de l'unité hydrographique. Les résultats permettent d'identifier les secteurs les plus concernés, ils permettent aussi de comparer les sources d'apport entre elles.

Les valeurs obtenues ont été découpées en classes, selon une échelle commune. Si la gradation des couleurs utilisée pour la représentation cartographique est progressive, les valeurs correspondantes ne le sont pas : pour mieux rendre compte des faibles apports issus de la forêt ou des stations d'épuration par exemple, les premières classes sont de faible amplitude (moins de 5 t/an) ; les classes suivantes présentent une amplitude de 15 à 25 tonnes par an.

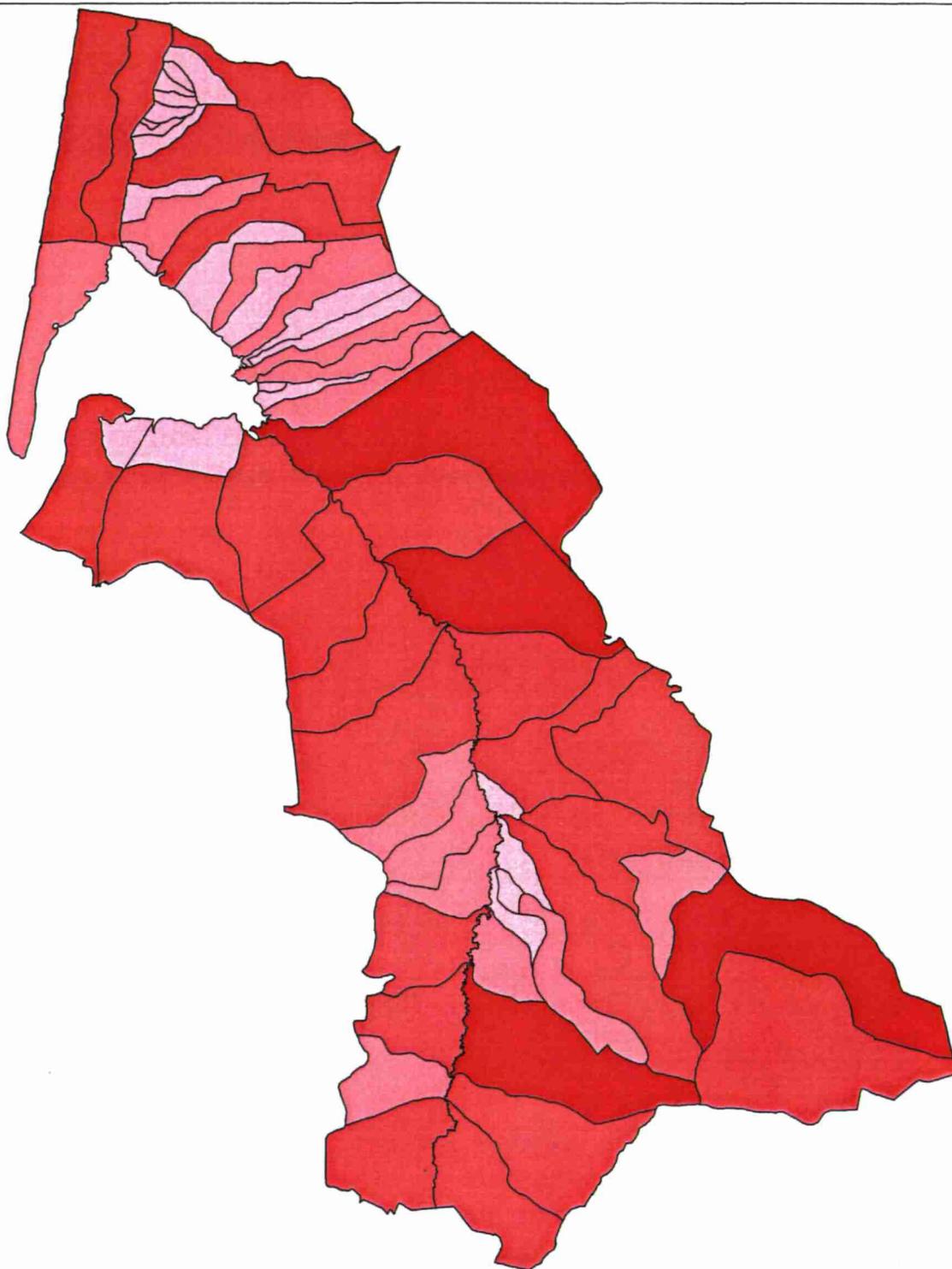
#### 4.3.1 Flux annuel d'azote d'origine agricole (carte n°14)

La carte de l'indicateur « flux annuels d'azote minéral agricole » reste une image fidèle de la densité de terres agricoles par unité hydrologique. On retrouve, parmi les plus forts producteurs, les bassins identifiés précédemment, comme le Lacanau, le Grand Arriou, Petite Leyre, Grande Leyre, l'Escamat ou le Lilaire. Bien entendu, cet indicateur est lié à la taille du bassin, puisque proportionnel à la surface d'agriculture intensive.

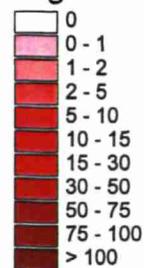
Les valeurs de flux d'azote minéral s'échelonnent de zéro, pour l'Aiguemorte, le Paillasse ou le Tagon, à plus de 100 tonnes par an pour le Lilaire ou le Lacanau, ce qui est considérable : un bassin comme le Lacanau représente à lui tout seul plus de 11 % des flux d'azote minéral d'origine agricole du bassin de la Leyre, le Grand Arriou (au sens de notre découpage) plus de 10 %. Le total calculé imputable à l'agriculture est de 1.064 tonnes d'azote minéral annuellement pour l'ensemble du secteur d'étude, dont 945 tonnes pour le bassin de la Leyre (89 %).

Le même calcul effectué pour l'azote total donne 1.165 tonnes pour l'ensemble de la zone d'étude et 1.035 tonnes pour le bassin versant de la Leyre.

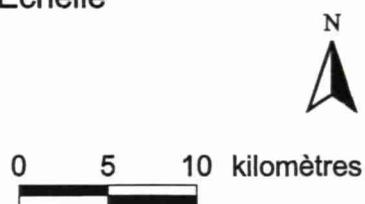
Carte n°15  
FLUX ANNUEL D'AZOTE MINERAL FORESTIER  
(tonnes d'azote par an)



Légende (tN/an)

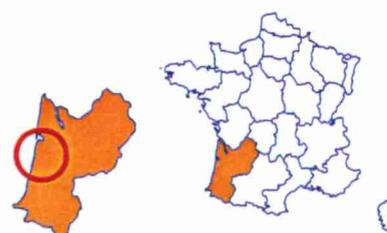


Echelle

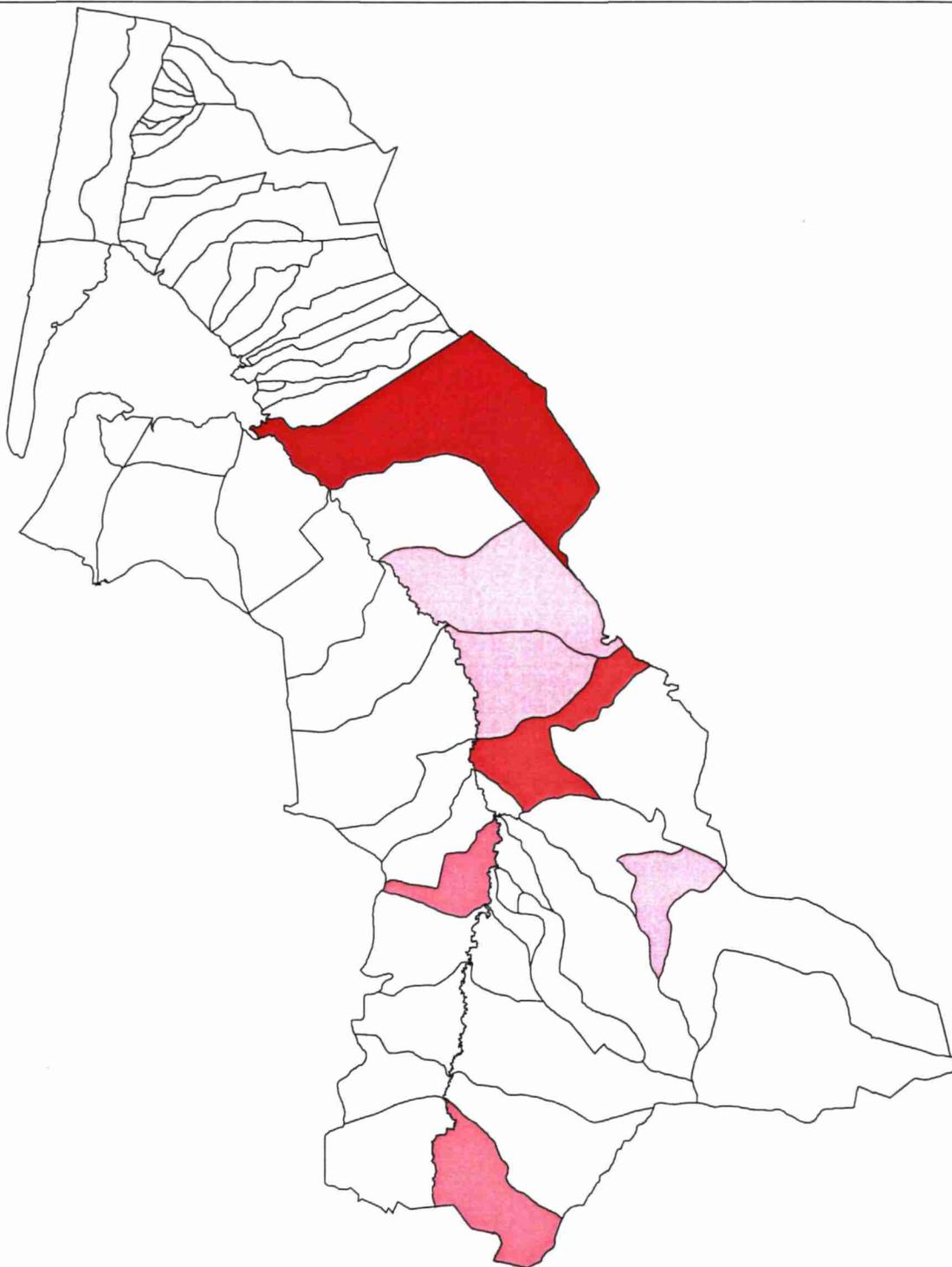


Projection Lambert II étendu

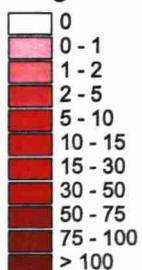
Localisation



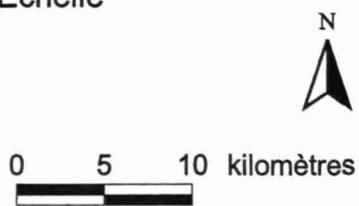
Carte n°16  
FLUX ANNUEL D'AZOTE DES STATIONS D'EPURATION  
(tonnes d'azote par an)



Légende (tN/an)

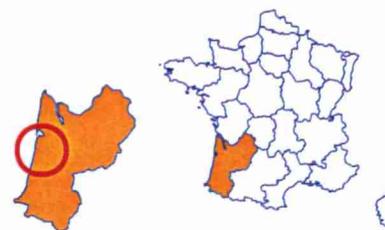


Echelle



Projection Lambert II étendu

Localisation



### 4.3.2 Flux annuel d'azote d'origine forestière (carte n°15)

L'occupation du sol de notre secteur d'étude est marquée par la forêt : près de 80 % de forêt, tous types de peuplements confondus. Cependant, l'indicateur « flux annuels d'azote minéral forestier » est moins élevé dans l'ensemble que le précédent. Le flux annuel nominal d'un hectare de forêt, tel que déterminé par notre suivi sur le Tagon, n'est en effet que de 0,55 kg d'azote minéral par ha et par an en moyenne sur la période d'étude. L'indicateur ne dépasse pas les 4 premières classes de notre échelle ; en effet, le flux annuel varie de près de zéro à seulement 7,5 tonnes d'azote minéral, contre 106 pour les bassins agricoles. En effet, l'usage forestier est garant d'une faible production d'azote, inférieure même à celle d'une lande à ajonc ou d'une zone humide à molinie.

Le total imputable au massif forestier dans les apports au Bassin d'Arcachon s'élève ainsi à 130 tonnes d'azote minéral, soit seulement le dixième des apports cumulés agricoles et forestiers.

Si l'on considère l'azote total, la contribution de la forêt est notablement augmentée, puisque, comme nous l'avons vu, l'azote minéral forestier représente le tiers seulement des apports azotés forestiers, le reste étant constitué par de la matière organique ; cela revient à tripler les valeurs.

L'apport total au Bassin d'Arcachon est évalué à 375 tonnes d'azote total, pour 268 tonnes via le seul bassin de la Leyre. La proportion devient 24 % du total agricole et forestier ; cette proportion n'est que de 20,5 % pour le bassin de la Leyre, caractérisé par les grandes exploitations agricoles.

### 4.3.3 Flux annuel d'azote d'origine urbaine (carte n°16)

Le bassin d'influence du Bassin d'Arcachon est une région rurale, à l'exception de la vaste zone urbanisée qui le ceinture. Les eaux usées de cette zone sont drainées par un réseau de collecte unique qui achemine les effluents vers quatre stations d'épuration. Le taux de raccordement des foyers est supérieur à 98 % et devrait atteindre les 100 % sous peu. Le rejet ultime se fait non pas en milieu continental mais en mer, via le wharf de la Salie, avec les rejets traités de la papeterie de Facture.

Il existe peu d'autres systèmes d'assainissement collectif. Ils concernent les agglomérations de le Barp, Belin-Béliet, Hostens, Marcheprime, Mios, le Porge et Salles en Gironde, Moustey, Pissos, Sore et Sabres dans les Landes, qui représentent environ 25.000 équivalents habitants. Pour le reste, la perméabilité du substrat sableux est propice à l'assainissement autonome, qui fait appel au pouvoir d'épuration du sol pour traiter les eaux usées domestiques des 6000 habitants des secteurs ruraux (voir l'indicateur « pression de l'assainissement autonome »).

Après traitement des eaux usées, ces installations émettent un rejet dans les eaux de surface, à l'exception de la station du Porge, qui n'est connectée à aucun écoulement de surface, et dont le rejet s'infiltré dans le sable dunaire du bassin du Bredouille. La station de Mios bénéficie également d'un traitement de finition par infiltration dans un massif sableux. Les analyses disponibles, réalisées sur les stations d'épuration du secteur par les DDASS, puis par les SATESE de la Gironde et des

Landes, permettent d'évaluer le flux annuel d'azote rejeté dans les exutoires de ces installations.

Les rejets de station d'épuration contiennent les principales formes de l'azote dans l'eau : azote organique, ammoniacque (la somme des deux constituant l'azote total Kjehldal), nitrate et nitrite.

Le nitrite est peu représenté ; il s'agit d'une forme transitoire et instable de l'azote dans les stations, rapidement oxydée en nitrate ou réduite en azote gazeux. Le nitrate est mieux représenté, parfois à des teneurs élevées dans les rejets, en général en raison d'un mauvais fonctionnement des cycles de nitrification - dénitrification ; il peut alors constituer l'espèce chimique prépondérante. L'ammoniacque est toujours présent, il constitue d'ailleurs un indice de pollution du milieu naturel par les rejets d'eaux usées domestiques. Le rejet contient aussi de l'azote organique : contenu dans les résidus non traités par les stations d'épuration, ainsi que dans les dépôts de boues accidentels, il est très fermentescible. Dans l'ensemble, les différentes formes de l'azote présentes sont destinées à être rapidement dégradées ou oxydées dans le milieu naturel, essentiellement en ammoniacque (ammonification) et en nitrate, assimilables par la végétation du Bassin d'Arcachon.

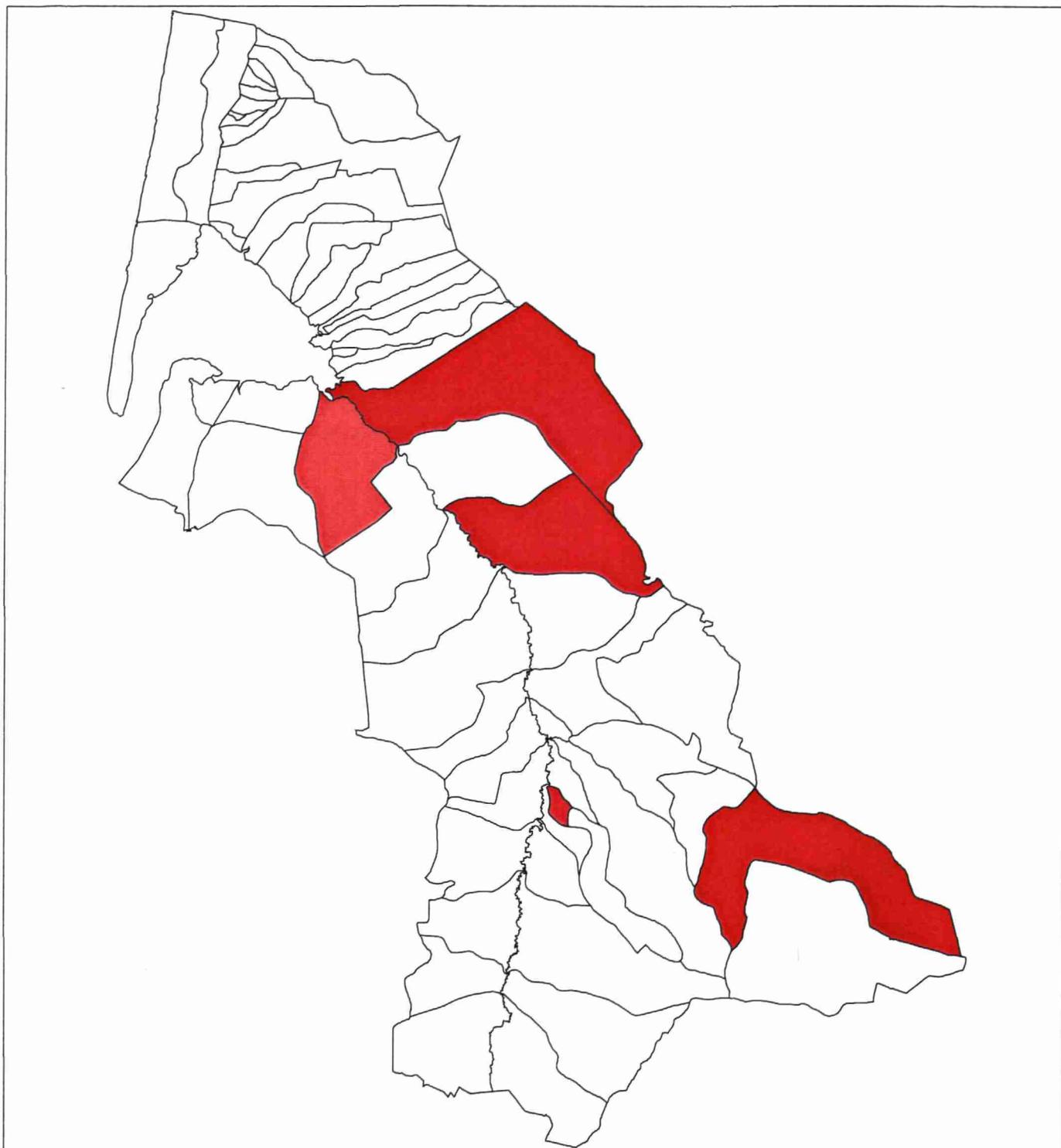
L'examen des analyses montre que ces rejets sont éminemment variables, en proportion des différentes espèces chimiques ou en quantité, en fonction des fluctuations saisonnières de population, du climat, en fonction aussi de l'entretien de l'installation, du renouvellement des équipements et des incidents de fonctionnement. Il est malaisé d'en déduire une composition moyenne véritablement représentative.

Aussi, pour tenir compte de ces fluctuations et pour mieux rendre compte de la pollution azotée globale, considérant que les espèces chimiques présentes sont à terme oxydées essentiellement en ammoniacque et en nitrate, nous avons choisi de calculer, pour l'indicateur relatif aux stations d'épuration, le flux annuel relatif à l'azote total. Ceci induit bien entendu un biais, en majorant les flux calculés pour l'assainissement collectif par rapport aux valeurs d'azote minéral avancées pour l'agriculture et la forêt.

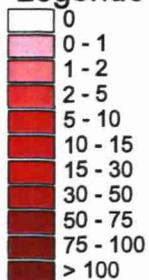
Les flux calculés ont été affectés aux unités hydrologiques qui portent les points de rejet des stations d'épuration. Sont concernés le Lacanau, pour les stations de le Barp, Marcheprime et Mios, le Paillasse pour la station de Salles, le Bouron pour Belin-Beliet, le Castera pour Hostens, le Mourcaou pour Moustey et Pissos, le bassin de Sore pour Sore et le Luglon pour Sabres. Ces flux s'étalent de 500 kg par an environ pour Sore, à près de 15 tonnes pour le Lacanau, qui comporte trois stations importantes. Le total calculé s'élève à 22 tonnes annuellement, contre 1.064 tonnes pour le seul azote minéral agricole et 129 pour l'azote minéral forestier, soit 1,8 % seulement des apports agricoles et forestiers réunis. Si l'on prend en compte les apports en azote total, cette proportion tombe à 1,4 %.

Si l'on rajoute à cela l'existence de traitements tertiaires éventuels, dont l'abattement n'a pas été retenu, on peut en conclure que les flux azotés provenant des stations d'épuration du bassin d'influence du Bassin d'Arcachon ont une importance désormais marginale dans les problèmes que connaît la lagune.

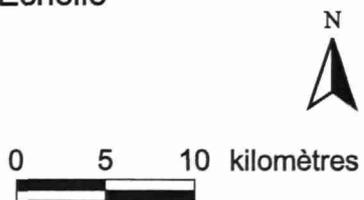
Carte n°17  
FLUX ANNUEL D'AZOTE DES PISCICULTURES  
(tonnes d'azote par an)



Légende (t N / an)

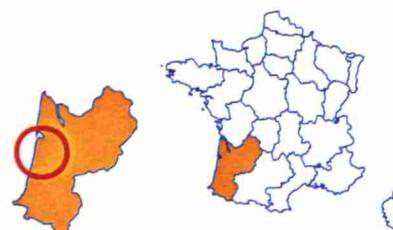


Echelle



Projection Lambert II étendu

Localisation



Bien entendu, ceci n'obère en rien les impacts éventuels de ces rejets sur les cours d'eau, dans les tronçons à l'aval immédiat des émissaires, en raison des rejets normaux, des pics de rejet en période estivale ou des accidents ponctuels.

#### **4.3.4 Flux annuel d'azote provenant des piscicultures (carte n°17)**

Les piscicultures d'eaux continentales produisent en France environ 59.000 tonnes, dont l'essentiel (47.000 tonnes) est fourni par les salmonidés (Aquarevue n°91 mars 2000, source OFIMER 1997). Les Landes constituent, avec la Bretagne, une des principales zones de production piscicole d'eau douce françaises. Ainsi, avec une production annuelle de 6.170 tonnes de salmonidés, le département des Landes arrive-t-il en seconde position derrière le Finistère (7.550 tonnes de salmonidés).

Plusieurs établissements sont installés sur notre zone d'étude. Leur production globale est de 1.050 tonnes annuellement, dont 970 tonnes de salmonidés et 80 tonnes d'esturgeons (données fournies par les DSV de Gironde et des Landes). Ces établissements génèrent des rejets azotés importants : en effet, même dans le cas de produits à haute énergie enrichis en lipides, les aliments destinés aux poissons, salmonidés ou esturgeons, contiennent une fraction importante de protéines, source d'azote pour le milieu.

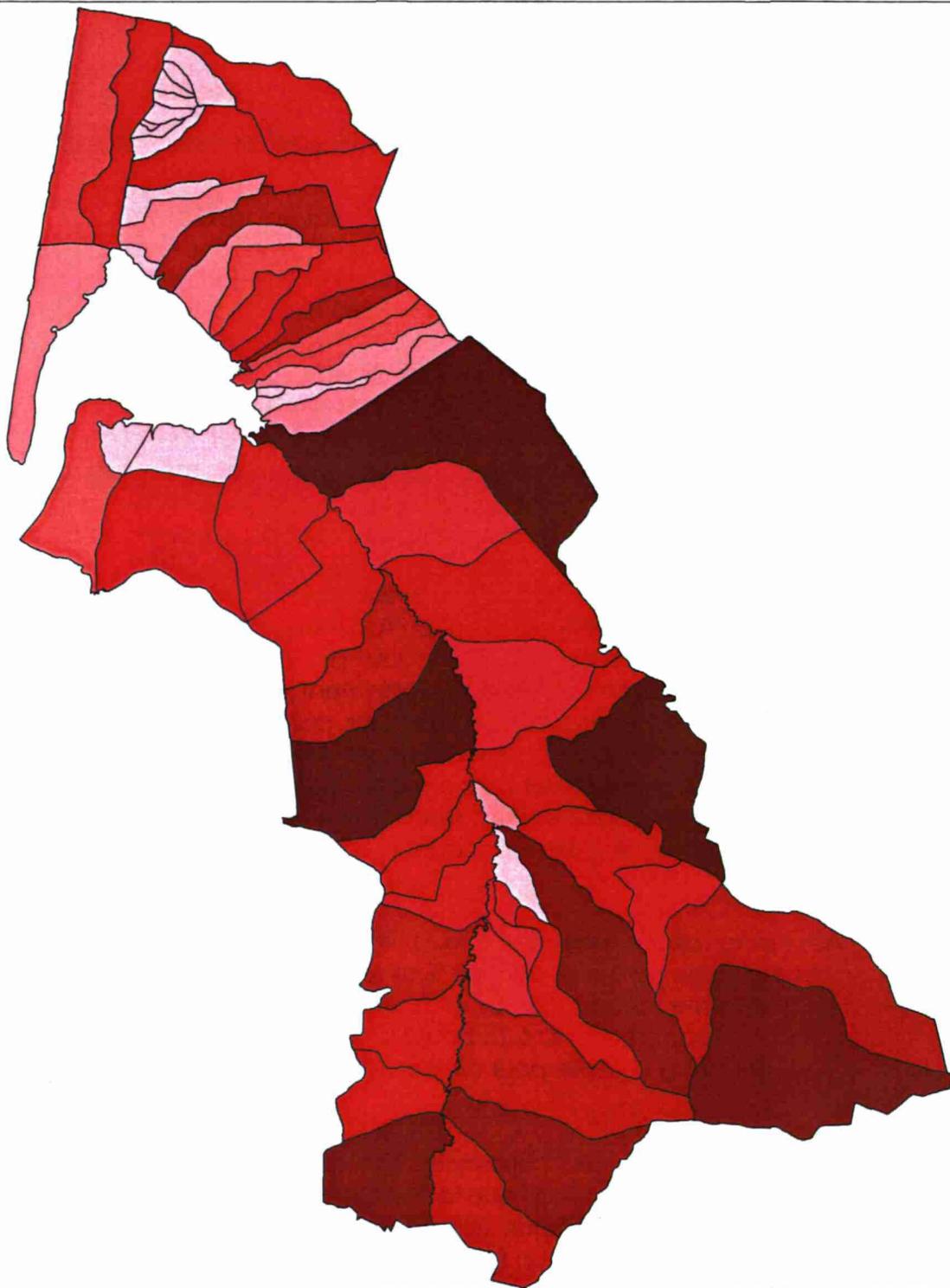
En effet, une partie des aliments n'est pas ingérée par les poissons. Concernant la fraction ingérée, une partie est effectivement métabolisée, ce qui se traduit par une prise de poids et donc une production, mais aussi par une excrétion ; une partie provenant de la fonction d'alimentation est également rejetée. La connaissance des productions pour chaque établissement et des paramètres moyens relatifs à l'efficacité de l'alimentation permet de calculer les rejets totaux. Des techniques d'épuration partielle des rejets existent, comme la centrifugation, qui permet de récupérer une partie des matières en suspension, mais ces techniques sont relativement peu efficaces, et peu répandues. Nous ne les avons pas prises en compte pour nos calculs.

Ainsi pour une tonne de poisson produite, il faut utiliser 1,3 tonnes d'aliment. L'aliment contient 45 % de protéines dont 55 % se retrouvent dans le milieu naturel à raison de 10 % sous forme solide (MES) et 45 % sous forme dissoute (ammoniacale, etc.). Si l'on retient un rapport de 1 à 6,25 pour la teneur en azote des protéines, on aboutit à un rejet de 52 kg d'azote pour chaque tonne de poisson produite par la pisciculture.

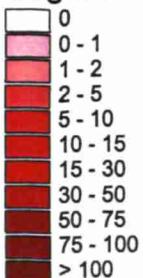
En première approximation, en l'absence de connaissance précise sur la composition des rejets azotés et du fait que la fraction ammoniacale, susceptible de s'oxyder en nitrate, est prépondérante, nous avons, comme pour les effluents de station d'épuration, calculé non pas un flux de nitrate mais un flux d'azote total pour les piscicultures. Nous considérons que la matière organique des aliments, fortement putrescible, ainsi que l'ammoniaque et le nitrate sont rapidement biodisponibles pour la biomasse végétale du Bassin d'Arcachon. Les valeurs qui suivent sont donc majorées par rapport aux données de l'agriculture et de la forêt.

De la même manière que pour les stations d'épuration, l'indicateur « azote des piscicultures » ne concerne que quelques unités hydrographiques éparses : celles du

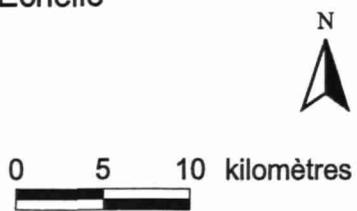
Carte n°18  
TOTAL DES FLUX ANNUELS D'AZOTE  
(tonnes d'azote par an)



Légende (tN/an)

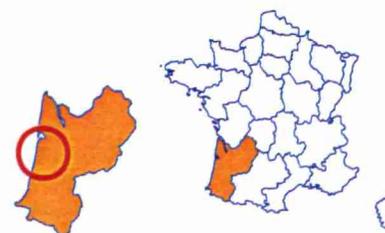


Echelle



Projection Lambert II étendu

Localisation



Lacanau, la Leyre, le Paillasse, le Richet et le Naou. Les productions piscicoles, importantes, génèrent des rejets conséquents, avec environ 4 tonnes pour la Leyre, et plus de 23 tonnes pour le Naou, soit quatre fois plus que les rejets d'assainissement du Lacanau. Globalement, les rejets imputables aux piscicultures s'élèvent à 54 tonnes, contre 15 pour l'assainissement, pour des modalités de calcul comparables.

Les piscicultures ne concernent que le bassin versant de la Leyre. Leurs rejets restent modérés par rapport aux productions agricoles et forestières, soit 1.037 tonnes d'azote minéral et 1.303 tonnes d'azote total pour la Leyre. Localement, elles renforcent notablement les productions de certaines unités hydrographiques.

#### **4.3.5 Flux total annuel d'azote (carte n°18)**

La carte des contributions totales à la formation des flux de pollution azotée sur le bassin d'influence constitue une mosaïque ; on y trouve des unités hydrologiques forestières, peu agricoles, ne comportant pas de station d'épuration ou de pisciculture comme la Forge, le Tagon, le Bouron ou le Toulouse, avec de faibles contributions, ainsi que des territoires davantage mis en valeur par l'agriculture comme Grande Leyre, Petite Leyre, Cirès ou Milieu à flux d'azote plus élevés, d'autres marqués par la pollution des piscicultures (Naou), un dernier enfin, le Lacanau, qui cumule une valorisation importante par l'agriculture intensive, trois stations d'épuration ainsi que deux piscicultures. C'est pourquoi cette unité hydrologique culmine avec une production calculée de 138 tonnes d'azote annuellement, soit plus du dixième des flux annuels calculés pour la Leyre (12,5 % de l'azote minéral ou 10 % de l'azote total). Cette situation est d'autant plus notable que la distance qui sépare les points de rejet ou les zones de pollution diffuse de l'exutoire que constitue le Bassin d'Arcachon est relativement courte, de sorte que les éventuels effets d'une autoépuration par les milieux aquatiques ne seraient que d'un faible effet.

D'autres bassins remarquables sont le Lilaire avec 112 tonnes, le Grand Arriou avec 100 tonnes, la Petite Leyre (84 tonnes), le Milieu (36 tonnes) et le Cirès (30 tonnes).

#### **4.3.6 Validation des valeurs de flux total obtenues**

Les données fournies par la station du réseau national de bassin à Pont de Lamothe permettent de calculer les flux annuels d'azote minéral et organique apportés au Bassin d'Arcachon par la Leyre, de 1976 à 1999.

Si l'on calcule les moyennes pour l'ensemble de la période, on obtient 725 tonnes d'azote minéral et 997 tonnes d'azote organique. Pour la période 1985 - 1999, correspondant à la phase d'observation des proliférations d'algues, les moyennes sont respectivement de 808 et 670 tonnes, ce qui traduit une augmentation des apports d'azote minéral et une réduction des flux d'azote organique. Cette tendance se confirme pour les dernières années d'observation, de 1996 à 1999, avec 1.025 tonnes d'azote minéral et 358 tonnes d'azote organique en moyenne annuelle.

Selon nos calculs, faisant appel à nos standards actualisés de production d'azote agricole et forestier et aux productions des stations d'épuration et des piscicultures, nous obtenons pour la seule Leyre 1.114 tonnes d'azote minéral et 265 tonnes d'azote organique. Par rapport aux données précédentes, la quantité d'azote minéral est légèrement plus élevée, et la quantité d'azote organique un peu inférieure. Mais les deux résultats sont cependant du même ordre de grandeur.

Il est difficile d'aller plus loin dans la comparaison. Il faut préciser que les mesures effectuées sur les principaux cours d'eau affluents du Bassin d'Arcachon sont ponctuelles et peu fréquentes, tous les 10 jours en moyenne sur la période 1989-1999 sur la Leyre, ce qui ne permet d'approcher que de façon imparfaite les flux réels des espèces chimiques mesurées. Notre protocole est beaucoup plus précis et fiable ; nous retiendrons que nos valeurs calculées ne sont pas invalidées.

#### **4.4 INDICATEURS DE PRESSION DE POLLUTION AZOTEE**

Afin de compléter le panorama des pollutions azotées sur la zone d'influence du Bassin d'Arcachon, il nous a paru important d'examiner d'autres données disponibles, qui concernent l'épandage de substances azotées sur le terrain, qui font appel au pouvoir d'épuration du sol. Il s'agit de l'épandage des effluents des élevages, de l'assainissement autonome ainsi que des épandages d'engrais. Pour être très complet, il conviendrait d'aborder aussi l'épandage des boues des stations d'épuration, et les éventuelles pollutions ayant pour origine les activités industrielles et artisanales, qui peuvent contenir matière organique et substances azotées. Ces deux derniers aspects n'ont pas été traités.

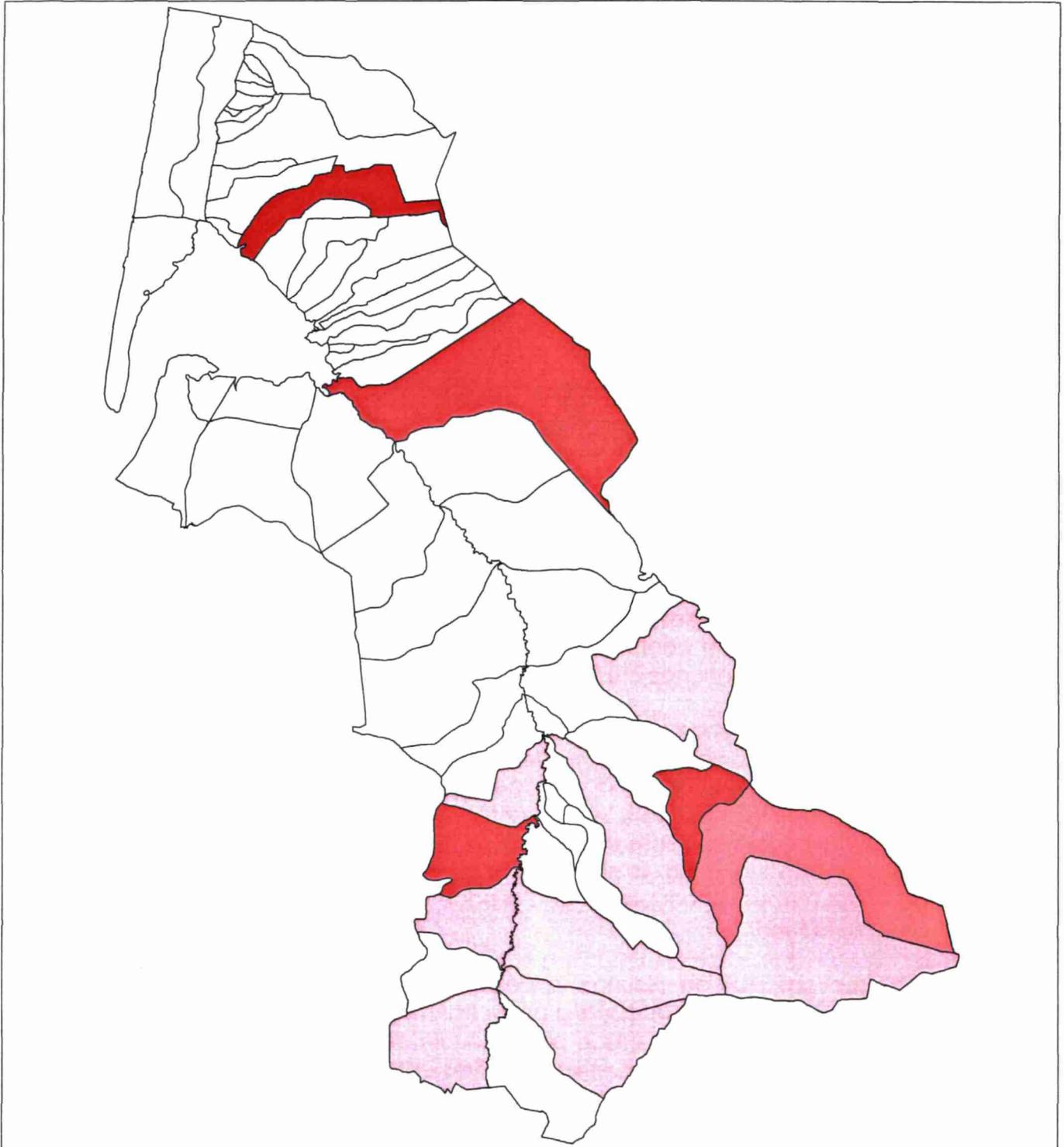
En effet, les boues de station d'épuration peuvent faire l'objet de transports plus ou moins lointains, la localisation exacte des épandages est variable et difficile à cerner, même lorsqu'un plan d'épandage existe ; quoi qu'il en soit, nous ne disposons pas de tels documents. Les quantités produites n'ont été qu'évaluées de manière globale pour notre secteur d'étude.

Quant aux effluents industriels, ils nous paraissent sortir du champs de notre étude, centrée sur des formes d'occupation de l'espace de nature rurale, essentiellement l'agriculture et la forêt.

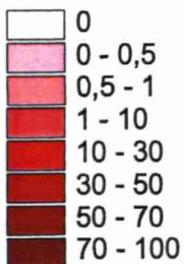
Nous ne disposons pas de résultats expérimentaux concernant le devenir des effluents dans le sol, et sur les reliquats d'azote transférés dans les eaux superficielles, sauf pour les engrais agricoles, grâce au protocole de suivi du Grand Arriou. Nous nous sommes donc bornés à évaluer les quantités épandues à la surface du sol, qui ont été rapportées à la surface totale des unités hydrologiques concernées, surtout à des fins de comparaison entre les différents apports. Les « pressions » ont été exprimées en kilogrammes d'azote par hectare et par an.

Nous avons également comparé entre elles les masses totales épandues.

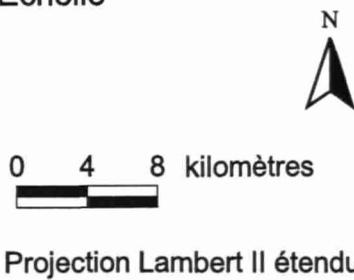
**Carte n° 19**  
**PRESSION D'AZOTE DES ELEVAGES**  
(kilogrammes d'azote par hectare et par an)



**Légende (kgN/ha/an)**



**Echelle**



**Localisation**



#### 4.4.1 Pression d'azote des élevages (carte n°19)

Les élevages localisés sur la zone d'influence du Bassin d'Arcachon produisent porcs, vaches allaitantes, poulets éventuellement sous label, canards et canards gras. Classiquement les effluents, fumiers, fientes, lisiers et autres purins sont stockés avant épandage sur les terres agricoles. Les productions annuelles de ces élevages, exprimées en nombre d'animaux, de même que pour les poissons d'élevage (en tonnes), peuvent être converties en quantités d'azote produites et épandues. Les inventaires des élevages nous ont été fournis par les Directions des Services Vétérinaires (DSV) de Gironde et des Landes. Les coefficients de conversion en azote sont tirés de la littérature et de documents de référence des Agences de l'Eau et du CORPEN.

Il s'agit de matières très fermentescibles, rapidement mobilisées dans le cycle de l'azote présenté succinctement plus haut. En raison de la diversité de composition de ces effluents, de leur devenir complexe dans les sols et de l'absence de données sur les restitutions dans les eaux de surface, nous avons considéré la totalité de l'azote recelé par ces produits.

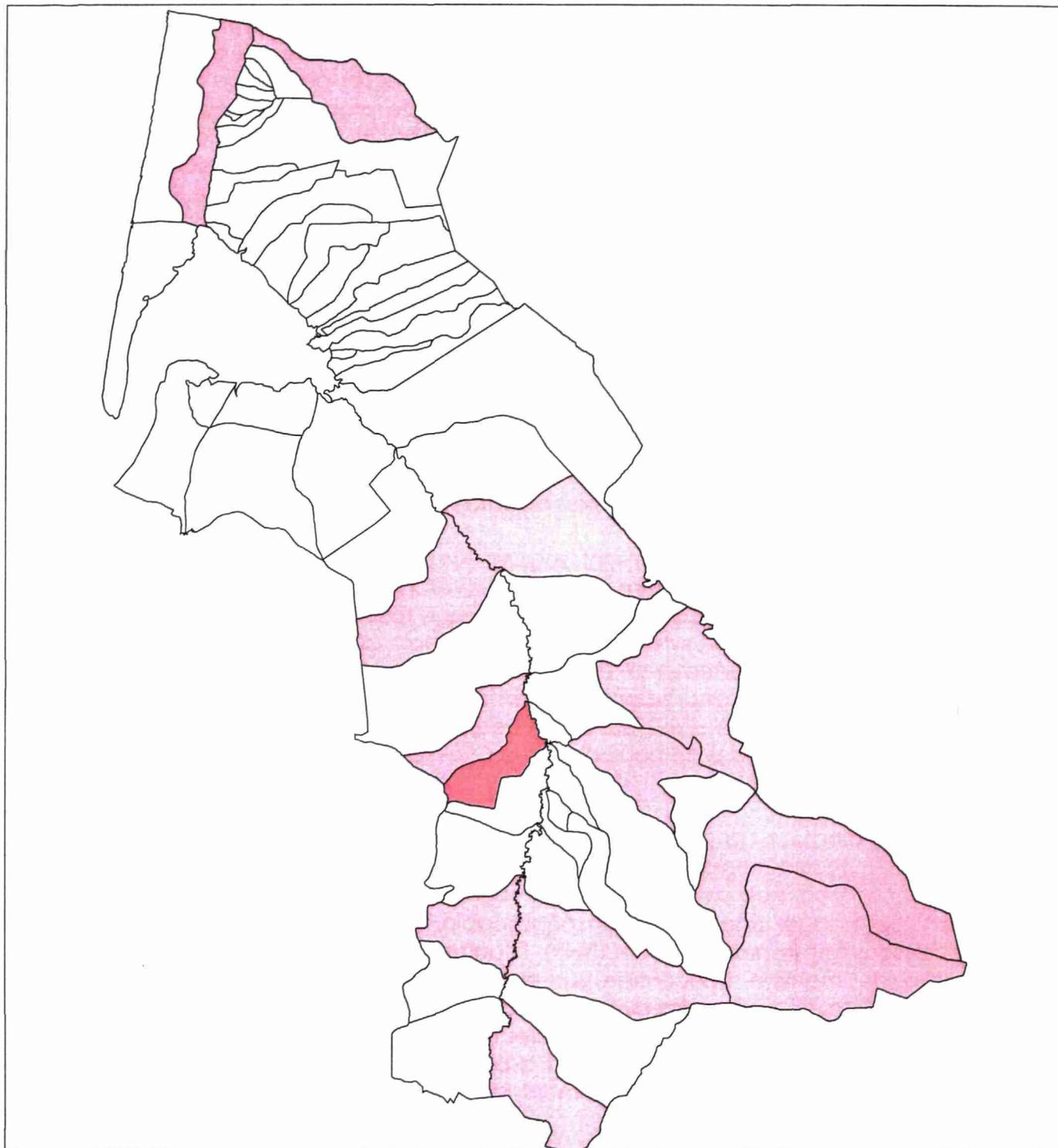
De la même manière que pour les flux, nous avons construit une échelle détaillée pour les faibles pressions et raccourcie pour les pressions fortes, afin de rendre compte des différences de manière plus adaptée.

Seules 13 unités hydrographiques sont concernées par les élevages, sur 63 unités au total : il y a peu d'élevages dans notre zone d'étude où l'activité dominante est constituée par les grandes cultures. De plus, presque tous ces élevages sont localisés à l'amont du bassin de la Leyre, à l'exception notable du Lacanau et du Cirès. On observe aussi que les quatre premières classes sont principalement représentées sur la zone d'étude, avec des pressions nulles en cas d'absence d'élevage recensé, et jusqu'à près de 6 kg N/ha/an pour le Lacanau, concerné une fois de plus par la pollution azotée (élevages de poulet). Seul le Cirès sort du lot, avec 12,5 kg N/ha/an (élevage de porcs).

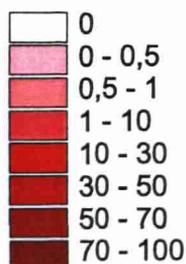
Ceci dit, l'indicateur de pression, qui rapporte une quantité azotée à la surface totale de l'unité hydrologique, ne rend qu'imparfaitement compte des phénomènes en jeu. D'une part, que ce soit dans les élevages, sur les lieux de stockage ou sur les zones d'épandage, une partie non négligeable, estimée à 10 %, de l'azote se volatilise sous forme ammoniacale (NH<sub>3</sub>). D'autre part, les effluents d'élevage sont épandus de manière concentrée sur les parcelles qui font l'objet d'un plan d'épandage, avec parfois des quantités excessives déposées en une seule fois, des passages trop fréquents ou des rejets directs dans des fossés qui communiquent avec le réseau hydrographique, ce qui a pour effet de court-circuiter le pouvoir d'épuration du sol et d'affecter fortement les milieux aquatiques. Notre indicateur est donc relativement simplifié.

Si l'on considère les productions brutes d'effluents d'élevage, on obtient une vision complémentaire de la situation. Ainsi, la quantité totale théoriquement produite et épandue chaque année a été évaluée à 210 tonnes d'azote, très inégalement réparties : 2 unités hydrographiques à elles seules doivent assimiler 82 % de cette quantité ; il s'agit du Lacanau (112 tonnes) et du Cirès (61 tonnes).

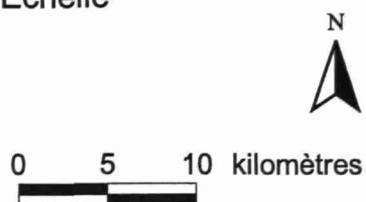
Carte n°20  
PRESSION D'AZOTE DE L'ASSAINISSEMENT AUTONOME  
(kilogrammes d'azote par hectare et par an)



Légende (kgN/ha/an)

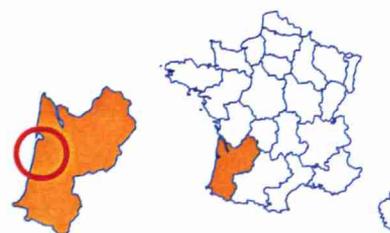


Echelle



Projection Lambert II étendu

Localisation



#### 4.4.2 Pression d'azote de l'assainissement autonome (carte n°20)

L'essentiel des populations présentes de façon permanente sur la zone d'influence du Bassin d'Arcachon sont raccordées à des systèmes d'assainissement collectif, en particulier celles qui vivent autour du Bassin lui-même, grâce au collecteur et aux unités de traitement du SIBA.

Ne subsistent que des populations rurales, soit environ 6000 personnes, qui font appel au traitement autonome de leurs eaux usées. Ces populations, connues grâce au recensement, ont été affectées à nos unités hydrographiques de base, selon la correspondance approximative des limites communales et des limites d'unités hydrologiques, sachant que la majorité vit dans les bourgs, dont l'affectation est relativement facile.

De la même manière que pour les effluents d'élevage, ces rejets contiennent des substances azotés, à raison de 15 g d'azote par jour et par personne environ. Les quantités calculées ont été rapportées à la surface des unités hydrologiques. Nous n'avons pas pris en compte les éventuels rejets industriels, qui nécessiteraient une actualisation de notre inventaire.

Le résultat est très diffus, comme on pouvait s'y attendre. Les pressions les plus élevées ne sont que de 0,339 kg N/ha/an pour le bassin de Forge, 0,386 pour le Temple, 0,426 pour le Mognocq, 0,473 pour le Barrouil et 0,525 pour le Largillaire. Le bassin du Bredouille a également été mentionné, puisqu'il reçoit l'effluent traité de l'agglomération du Porge qui fait l'objet d'une épuration par le sol, au même titre que pour l'assainissement non collectif : la pression générée est de 0,460 kg d'azote par hectare et par an.

La quantité totale calculée n'est que de 24 tonnes d'azote par an, contre 210 pour les élevages, comme vu précédemment.

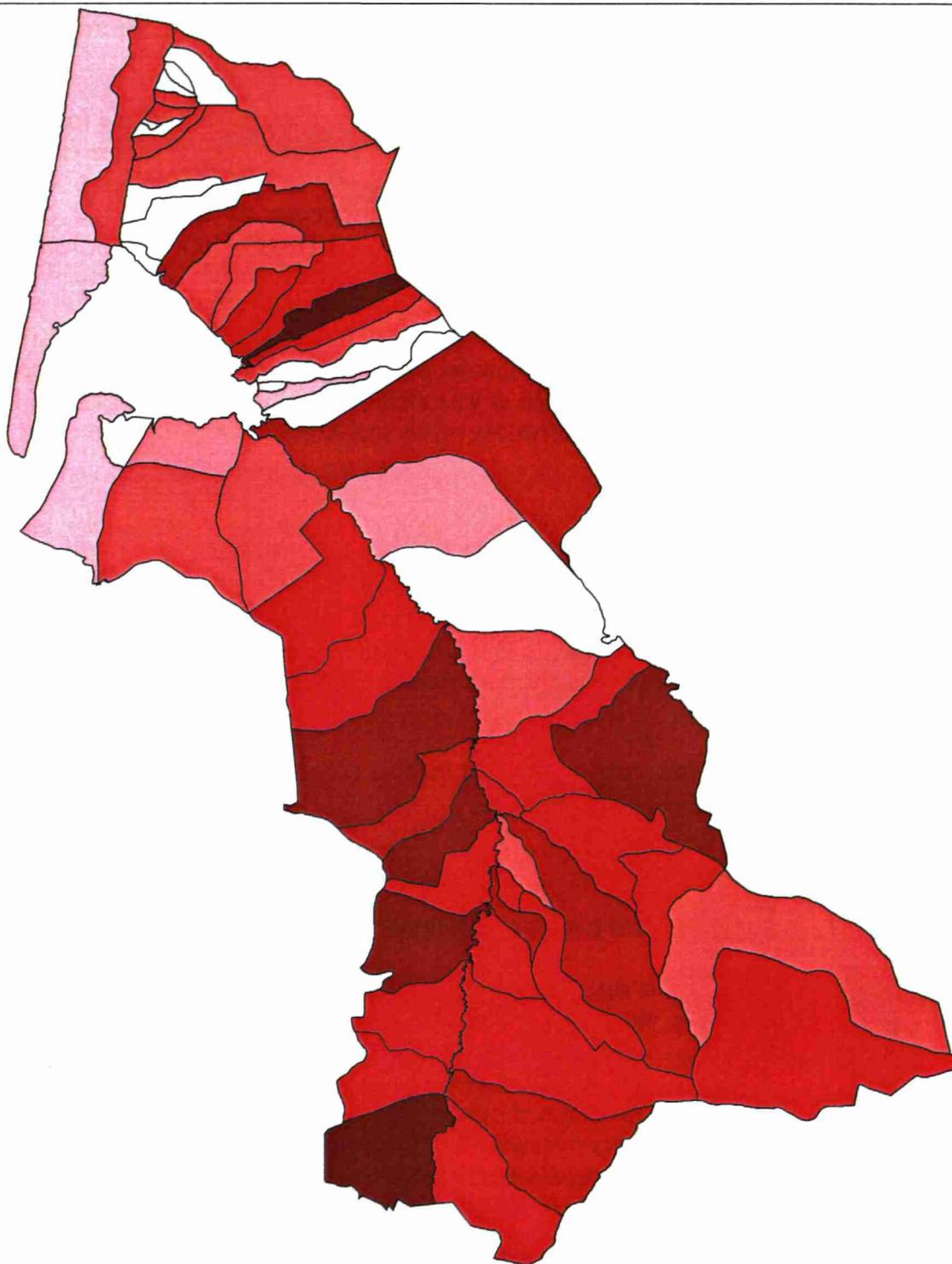
#### 4.4.3 Epandage de boues de stations d'épuration

Ne disposant pas des plans d'épandage, nous n'avons pas localisé ces effluents sur les unités hydrographiques. Nous nous sommes contentés d'une évaluation globale des quantités apportées.

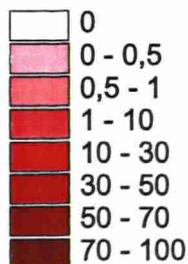
On peut estimer que les 17.500 équivalents habitants raccordés à des stations d'épuration rurales génèrent un effluent contenant 77 tonnes d'azote annuellement. Les rejets des stations contenant environ 15 tonnes, les boues générées puis épandues sur les terres agricoles recèleraient 62 tonnes d'azote.

Les effluents domestiques générés dans la zone périphérique du Bassin d'Arcachon sont traités dans 4 stations d'épuration par des procédés physico-chimiques, dont les rendements pour les matières en suspension, la demande en oxygène (DBO et DCO) et le phosphore sont élevés. Le rendement pour l'azote est modéré, de l'ordre de 25 %, de sorte que les boues produites présentent des teneurs en azote assez faibles, de l'ordre de 2 % de la matière sèche. Si l'on prend en compte une production de 20.000 m<sup>3</sup> de boues annuellement, à raison de 27,5 % de matière sèche et de 2,19 % d'azote total (valeurs moyennes sur les analyses d'août 2000), on obtient une

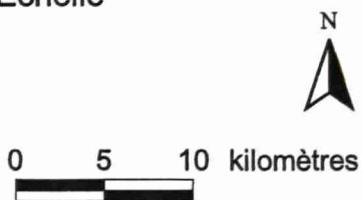
Carte n°21  
APPORTS BRUTS D'AZOTE DE L'AGRICULTURE  
(kilogrammes d'azote par hectare et par an)



Légende (kgN/ha/an)

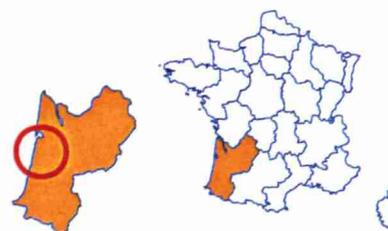


Echelle

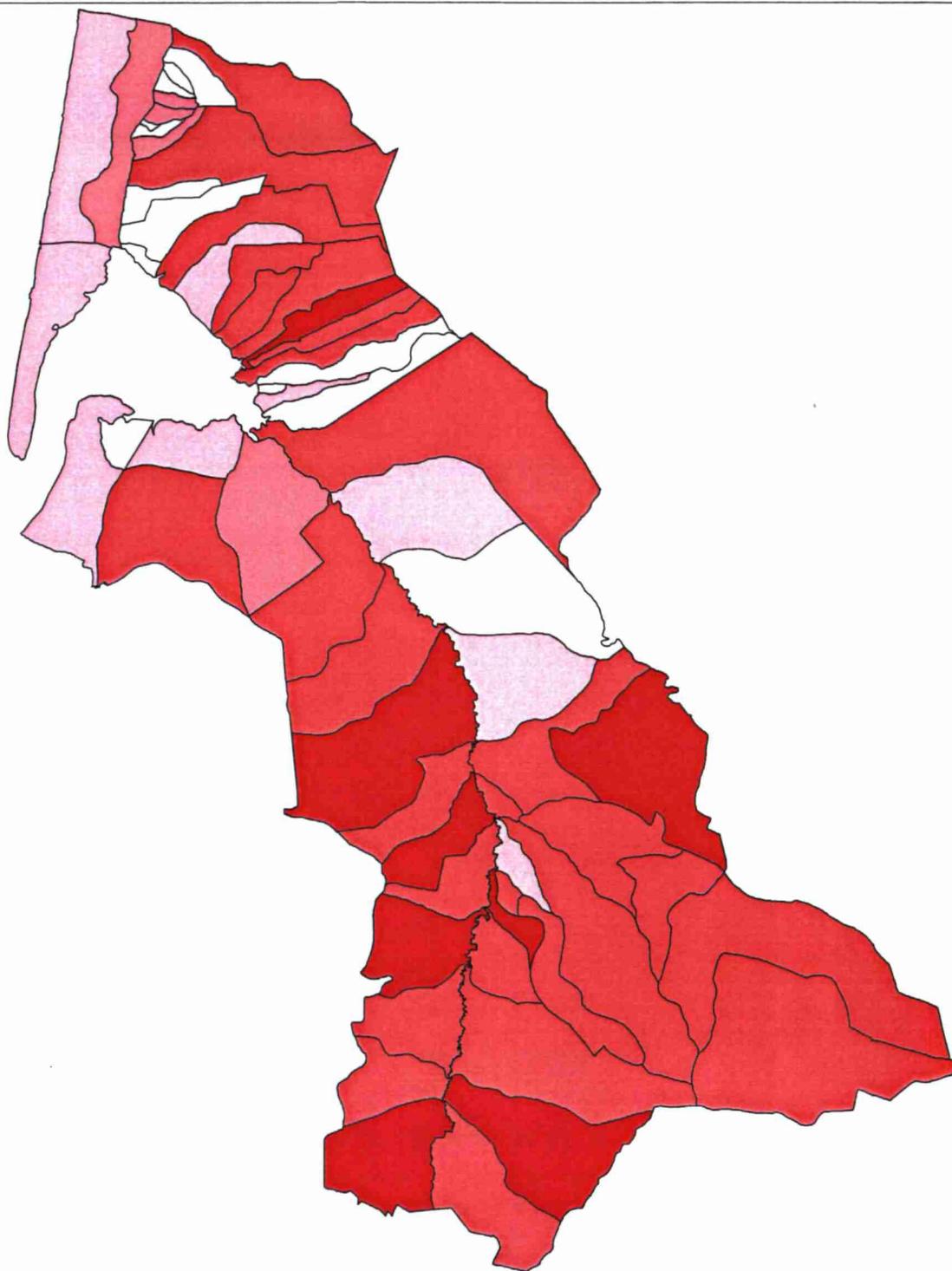


Projection Lambert II étendu

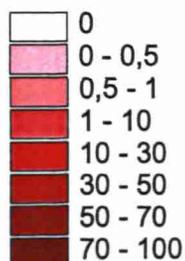
Localisation



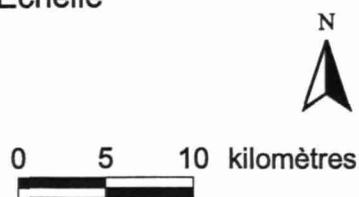
Carte n°22  
APPORTS NETS D'AZOTE DE L'AGRICULTURE  
(kilogramme d'azote par hectare et par an)



Légende (kgN/ha/an)

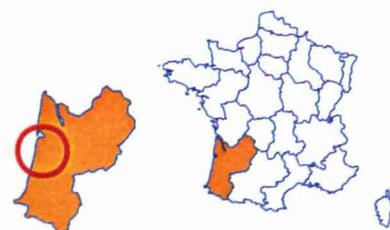


Echelle



Projection Lambert II étendu

Localisation



fourniture de 120 tonnes d'azote par an, soit seulement deux fois plus que les agglomérations rurales de notre zone d'étude.

La production totale en boues de station d'épuration sur la zone d'influence du Bassin d'Arcachon s'élèverait donc à 182 tonnes d'azote annuellement.

#### **4.4.4 Apports bruts d'azote de l'agriculture (carte n°21)**

Les apports de fertilisants azotés aux terres cultivées de la zone d'influence constituent une catégorie spécifique, dans la mesure où l'essentiel est exporté par les cultures.

Les enquêtes sur les pratiques réalisées auprès d'exploitants agricoles de la région en 1999 et 2000 ont permis, entre autres, d'estimer un apport moyen d'engrais azotés. L'échantillon d'exploitants enquêtés représente le tiers des surfaces agricoles de notre zone d'étude, avec un assolement de 59 % en maïs, 18 % en maïs doux, 15 % en légumes et 8 % de divers (gel, friches). Les apports moyens sont de 280 unités d'azote sur maïs, de 265 unités sur maïs doux et de 120 unités sur légumes. La moyenne pondérée obtenue est de 230 unités d'azote par hectare et par an.

Bien entendu, les calculs par unité hydrographique conduisent aux masses les plus significatives parmi les apports de surface examinés sur l'ensemble du bassin d'influence du Bassin d'Arcachon.

L'image produite reflète les proportions de terres agricoles par unité hydrologique. On retrouve ainsi des bassins dont nous avons déjà parlé, à savoir dans le bassin de la Leyre, le Largillaire avec 51 kg N/ha/an, le Lilaire (54 kg), le Grand Arriou (54 kg), le Locbilh (55 kg), mais surtout le Milieu avec une pression de près de 100 kg N/ha/an.

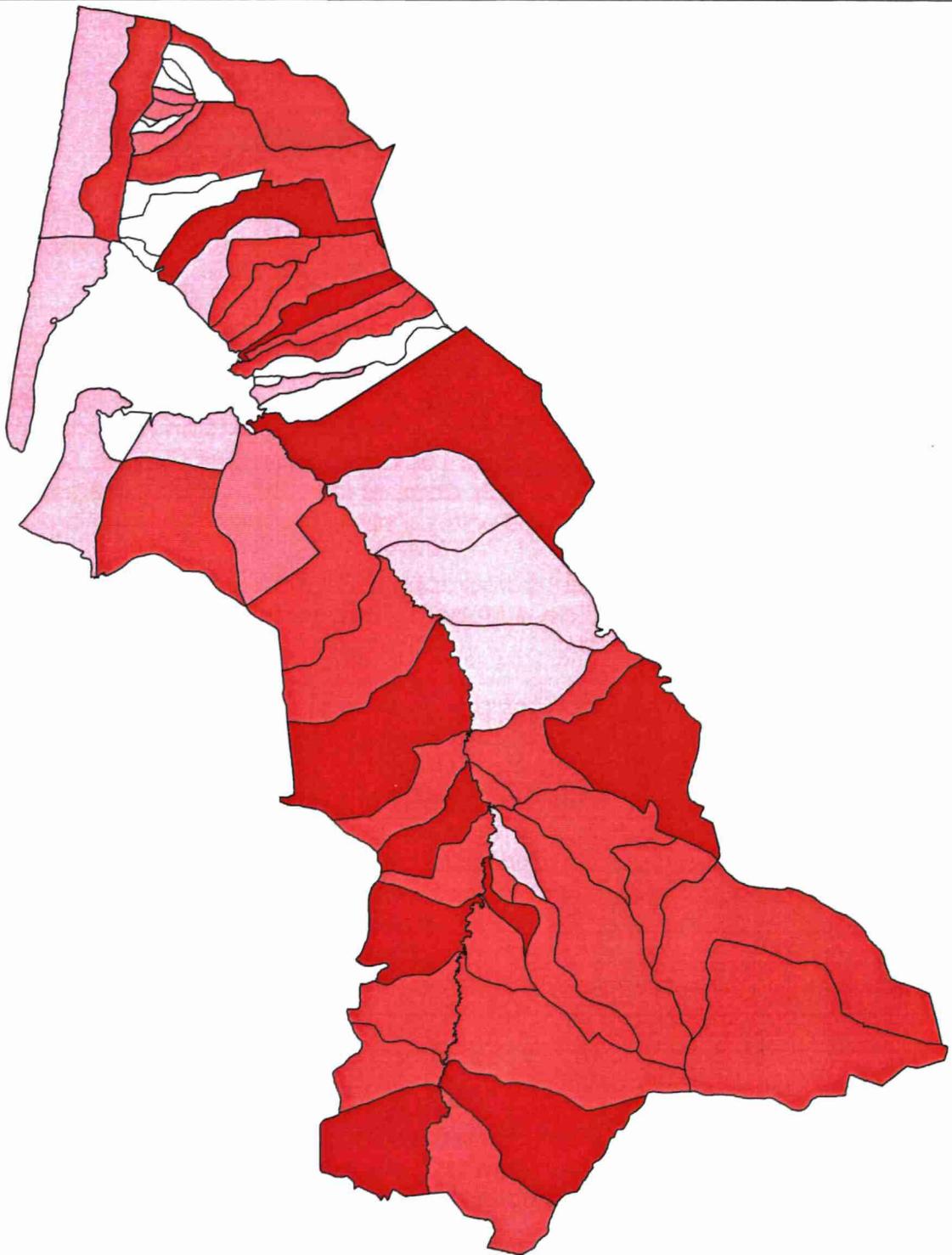
Les quantités de fertilisants azotés épandues sont importantes : le résultat du calcul est de l'ordre de 6.400 tonnes d'azote annuellement, à rapprocher des 24 tonnes de l'assainissement autonome, des 210 tonnes de l'élevage et des 182 tonnes des boues de stations d'épuration. Elles pèsent donc 94 % du total épandu.

En toute rigueur, il conviendrait de déduire de la fertilisation totale les apports sous forme d'effluents d'élevage et de boues de station d'épuration, utilisés généralement afin de fertiliser les terres agricoles (éventuellement les forêts). Or ces effluents ne pèsent que moins de 6 % dans le total et restent donc marginaux dans la situation actuelle ; de plus, la localisation de ces épandages est impossible ; enfin, même dans des exploitations performantes, les apports équivalents en azote ne sont pas toujours comptabilisés dans le plan de fumure des terres cultivées. Nous avons donc considéré que les divers apports identifiés s'additionnaient.

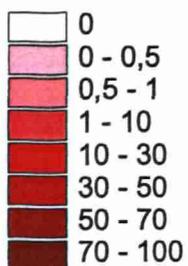
#### **4.4.5 Apports nets d'azote de l'agriculture (carte n°22)**

Les valeurs mentionnées au paragraphe précédent constituent des apports bruts au sol. Dans la plupart des cas la fertilisation, adaptée à l'objectif de rendement que se fixe l'exploitant, est apportée de manière fractionnée pendant la saison de

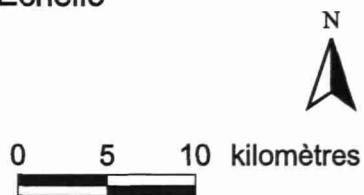
Carte n°23  
**PRESSION TOTALE NETTE D'AZOTE**  
(kilogrammes d'azote par hectare et par an)



Légende (kgN/ha/an)

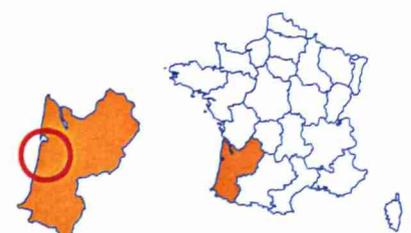


Echelle



Projection Lambert II étendu

Localisation



végétation et se retrouve en grande partie assimilée par les cultures. Ainsi, dans le cas d'une culture de maïs intensive, l'essentiel de l'apport moyen de 280 unités est valorisé par les cultures, à raison d'environ 2 kg d'azote par quintal de maïs récolté. Pour un rendement de 115 q/ha, l'assimilation concerne 230 unités d'azote, ce qui laisse environ 50 unités disponibles pour l'enrichissement du stock du sol et un éventuel lessivage, aussi bien en été qu'en hiver d'ailleurs.

Une fraction des apports d'azote est entraînée par étapes successives vers la nappe phréatique, où des mesures montrent que des réactions de dénitrification ont bien lieu : les concentrations en nitrate du toit de la nappe mesurées grâce à des bougies poreuses et des piézomètres chutent fortement entre le bord d'un champ de maïs et le bord d'un fossé de drainage ; les teneurs en nitrate chutent également en profondeur dans la nappe, sans que ces phénomènes ne puissent être directement corrélés à la réduction correspondante du flux d'azote. Il n'est pas tiré le maximum de cette dénitrification biologique, compte tenu des courts-circuits hydrauliques liés à la présence de drains enterrés qui évacuent rapidement d'importantes quantités d'eaux chargées en azote avant leur passage dans la zone saturée des sols. Il est clair cependant que le nitrate est en partie éliminé de l'écosystème, et seule une quantité équivalent à 15 % des apports d'engrais se retrouve dans le réseau hydrographique, qui les achemine jusqu'au Bassin d'Arcachon.

On peut donc considérer que le pouvoir épurateur du sol et de l'écosystème en général est sollicité pour le traitement d'environ 50 unités d'azote, par hectare de culture intensive. Il s'agit d'un ordre de grandeur minimum, prenant en compte les lixiviats, la dénitrification et le reliquat, estimé selon les études dans une fourchette de 5 à 50 unités. Objectivement, c'est cette quantité qui doit être rapprochée des effluents d'élevage, des rejets de l'assainissement autonome et des boues de station d'épuration.

Les unités hydrographiques qui présentent les plus fortes pressions nettes en azote sont le Grand Arriou, le Locbilh et le Lilaire avec environ 12 kg/ha/an, la Grande Leyre avec 15 kg/ha/an et enfin le Millieu à plus de 20 kg/ha/an. Ces pressions restent en général supérieures à celles produites par les élevages, à l'exception notable du bassin du Cirès. Cependant, contrairement aux effluents d'élevage, ces apports d'azote sont bien répartis à la surface des terres, ce qui permet d'optimiser le pouvoir d'épuration du sol, en particulier les capacités de la nappe à dénitrifier en profondeur.

Les quantités totales correspondantes peuvent être évaluées à 1.400 tonnes, ce qui relativise fortement les apports agricoles. Ils représentent tout de même près de 80 % des apports totaux.

#### **4.4.6 Pression totale nette d'azote (carte n°23)**

Les valeurs liées aux épandages d'engrais étant les plus élevées, l'indicateur de pression totale n'est guère différent de l'indicateur agricole.

## **5 DISCUSSION ET CONCLUSION**

### **5.1 FLUX D'AZOTE**

Le total des flux **d'azote minéral** calculés par nous pour l'ensemble du bassin d'influence du Bassin d'Arcachon s'élève à 1.270 tonnes annuellement, ce qui est compatible avec les mesures réalisées pour la seule Leyre à Pont de Lamothe. Dans ce total, 84 % seraient imputables à l'agriculture, contre 10 % à la forêt, 4,3 % aux piscicultures et seulement 1,7 % aux stations d'épuration.

Le bilan des flux **d'azote total** s'élève à 1.616 tonnes par an. En raison de la production relativement plus importante en azote organique de la forêt, les contributions respectives sont modifiées par rapport au calcul précédent, avec 72 % pour l'agriculture, 23 % pour la forêt, 3,3 % pour les piscicultures et 1,4 % pour les stations d'épuration. Il faut rappeler toutefois que l'azote organique issu de la forêt, contenu dans de la matière organique à rapport C/N élevé, est beaucoup moins biodisponible que celui issu des zones de culture.

Si l'on se rappelle que les calculs effectués dans cette étude pour évaluer les flux des piscicultures et des stations d'épuration ignorent respectivement traitements tertiaires et pré-traitements, donc se trouvent majorés, on comprend que forêt et agriculture sont responsables de la quasi totalité des flux d'azote minéral ou d'azote total qui parviennent au Bassin d'Arcachon où ils sont jugés responsables de déséquilibres constatés depuis une quinzaine d'années. Cependant, toute occupation du sol étant susceptible de produire des flux d'azote organique et inorganique, la forêt constitue la référence basse de ce système.

### **5.2 PRESSION D'AZOTE**

Concernant les activités qui génèrent des pressions de pollution, telles que nous les avons définies, l'agriculture vient largement en tête devant l'élevage avec 94 % des substances azotées apportées aux sols du secteur d'étude contre 3 % pour l'élevage. Les apports liés à l'épandage des boues de station d'épuration représentent 2,7 % du total épandu ; quant à l'assainissement autonome, il est insignifiant dans le bilan.

Plus rigoureusement, si l'on considère les seuls apports agricoles contribuant à l'enrichissement de l'écosystème (ordre de grandeur minimum), la part de l'agriculture n'est plus que de 77 % dans la sollicitation du pouvoir d'épuration du sol, contre 11,6 % pour l'élevage, 10 % pour les boues de station d'épuration et 1,3 % pour l'assainissement autonome.

Pour ce qui concerne les effluents d'élevage ou les boues de station d'épuration, nous ne disposons pas d'information suffisante pour conclure sur la capacité des sols

de l'écosystème sableux landais à éliminer ou retenir l'azote. Tout au plus pouvons-nous fournir des indications qualitatives : ainsi, des pratiques d'épandage mal contrôlées de lisier de porc conduisent à gonfler le flux d'azote charrié par un cours d'eau, le Cirès, pour lequel les résultats de mesures sont nettement plus élevés que ceux des calculs théoriques, quel que soit le standard retenu. Par ailleurs nous avons vu (chapitre 4.2.5) que la présence d'élevages augmentait notablement la valeur des flux spécifiques en azote.

D'une façon générale, les pratiques d'épandage des boues et des effluents d'élevage sont déterminantes sur la réponse de l'écosystème.

### 5.3 CAPACITE D'AUTOEPURATION DU MILIEU

#### 5.3.1 Dénitrification

Nous avons déjà vu que la nappe phréatique présente des réactions de dénitrification des eaux chargées en nitrate provenant des îlots parcellaires agricoles. Ces réactions ont été mise en évidence *in situ*, mais seulement de manière qualitative. Des gradients de concentration ont bien été établis en fonction de la profondeur dans la nappe phréatique et en fonction de l'éloignement d'un champ de maïs. Les conditions propices à la dénitrification ont également été mises en évidence : présence de nitrate, anoxie, potentiel d'oxydoréduction bas, présence de carbone organique dissous. Mais seule une étude précise des circulations d'eau souterraine permettant de mesurer le flux permettrait d'évaluer l'abattement réel du nitrate.

Ces réactions ne sont cependant pas suffisantes pour épurer en totalité les lixiviats chargés en azote provenant des terres agricoles et, dans une moindre mesure, des parcelles forestières.

#### 5.3.2 Autoépuration linéaire

Les flux de substances azotées à l'aval des secteurs agricoles et forestiers ont été mesurés en différents points du cours du Grand Arriou. Ces mesures permettent d'obtenir une valeur moyenne des flux spécifiques agricoles sur la période 1996 - 1999.

L'examen des valeurs en ces différents points permet également de tirer des enseignements sur l'évolution des espèces chimiques azotées, entre deux points successifs : ainsi, le flux spécifique d'azote agricole augmente de manière reproductible entre les points 1 et 2 pour les quatre années de mesure. Or, le bassin versant contrôlé par le point 2 englobe seulement un massif forestier supplémentaire par rapport au point 1. L'augmentation de flux de nitrate ne peut s'expliquer que par des écoulements de subsurface d'eau chargée en azote, par la nappe, en provenance de l'îlot agricole amont. Ainsi, un éventuel effet auto-épurateur des substances azotées par le cours d'eau pourrait-il être soit négligeable, soit masqué par ces apports supplémentaires d'azote. Pour l'azote organique, les valeurs ne

fluctuent pas autant et correspondent à des quantités beaucoup plus faibles. Cependant, les différences de flux spécifiques agricoles entre les points 1 et 2 ne sont pas très significatives, et aucune tendance nette ne se dessine.

Au-delà du point 2, il n'est pas non plus possible de mettre en évidence une régression des teneurs en azote le long du Grand Arriou imputable à une activité auto-épuratrice du cours d'eau.

### **5.3.3 Effet d'un réservoir artificiel : le plan d'eau de Mano**

Ce résultat est confirmé par l'étude réalisée par le Cemagref en 1998 sur le plan d'eau de Mano. Cette retenue de 6 hectares et d'un volume de 90.000 m<sup>3</sup> intercepte les eaux du Grand Arriou, après un parcours de 5 km environ à l'aval des îlots de culture.

Les eaux de ce plan d'eau sont d'une grande clarté, signe d'une faible activité phytoplanctonique. L'assimilation végétale est en majorité le fait des bio-films d'algues et de bactéries fixés sur le déversoir et les macrophytes, en grand nombre dans le réservoir. Cette colonisation périphytique reste cependant faible par rapport à d'autres écosystèmes.

Les mesures font état d'un bilan entrée-sortie de l'azote fluctuant tout au long de l'année.

On observe pour les deux années de mesure un stockage de nitrate en juillet - août, avec un abattement de 13,9 % du flux entrant en 1997 et de 46,5 % en 1998. Si l'on étend l'observation à la période allant de mars à août, le bilan est mitigé, avec un abattement de 11,6 % en 1997 mais une production nette de 2,0 % du flux entrant en 1998. Sur 12 mois, on obtient pour les deux années une production nette de respectivement 2,2 % et 2,6 % en 1997 et 1998.

Il se produit donc un léger stockage au printemps et en été, avec une intensification en juillet - août. Cet effet est favorable, puisqu'il contribue à la réduction des apports au Bassin d'Arcachon au moment des pics de prolifération algale. Par contre, un déstockage est observé le reste de l'année, à l'occasion de la décomposition des végétaux. Le bilan global annuel est légèrement négatif, avec environ 2 % de production pour les deux années de suivi, malgré une circulation de l'eau très nettement ralentie qui devrait être favorable à la révélation de l'activité biologique d'assimilation des formes de l'azote. Ce bilan est d'autant plus décevant que des apports précoces d'azote au printemps sont valorisés par les algues comme *Monostroma*.

Au vue du suivi précis effectué sur le Grand Arriou, il apparaît que l'activité autoépuration y est très faible. Cette conclusion expérimentale est conforme à ce que l'on pouvait attendre compte tenu de la spécificité des hydrosystèmes sur substrat sableux. En effet, la grande mobilité du lit des rivières (sable) et l'acidité élevée des eaux, font que les potentialités de colonisation sont réduites, diminuant ainsi le poids des différents maillons trophiques dans la capacité d'assimilation de ces systèmes.

Les évolutions principales qui jouent sur les quantités d'azote présentes ne sont pas liées à des phénomènes biologiques mais principalement à :

- l'accroissement des activités humaines, par les rejets ou les apports latéraux de la nappe,
- la dilution par des apports d'eaux faiblement chargées,
- l'absorption racinaire de la végétation rivulaire,
- la transformation des espèces chimiques.

Cela revient à dire que les flux de pollution sont injectés dans le réseau hydrographique de surface, au niveau des exutoires des différentes unités hydrographiques, en fonction essentiellement des activités humaines et du régime pluviométrique, puis sont transportés par les eaux pour se retrouver à l'exutoire final, le Bassin d'Arcachon. La localisation d'une activité sur l'une ou l'autre des unités hydrographiques ne semble pas avoir une importance capitale sur la quantité totale de pollution rejetée, les formes de l'azote présentes dans les hydrosystèmes de surface se comportant ici comme un polluant conservatif.

A l'occasion d'un phénomène pluvieux, les flux respectifs de chaque tributaire se succèdent sur les cours de la Petite et de la Grande Leyre, en fonction de la position de leurs exutoires.

Ceci conditionne le temps de transfert des flux d'azote qui, à titre d'exemple, est de l'ordre de 5 jours maximum entre les unités les plus distantes et le Bassin d'Arcachon.

## 5.4 CONCLUSION

### 5.4.1 Y a-t-il pollution des hydrosystèmes ?

Ainsi que nous l'avons vu, les activités présentes sur la zone d'influence du Bassin d'Arcachon (sylviculture, agriculture, rejet d'eaux usées et aquaculture) produisent des flux d'azote résiduel issus du lessivage ou de la lixiviation des sols et du ruissellement, transmis via la nappe superficielle ou les réseaux de drains agricoles ou directement injectés dans les eaux de surface, qui transitent dans le réseau hydrographique. Ces flux sont indirectement enrichis par l'azote issu de la dégradation des épandages et des rejets de substances azotées (effluents d'élevage, boues de station d'épuration et assainissement autonome).

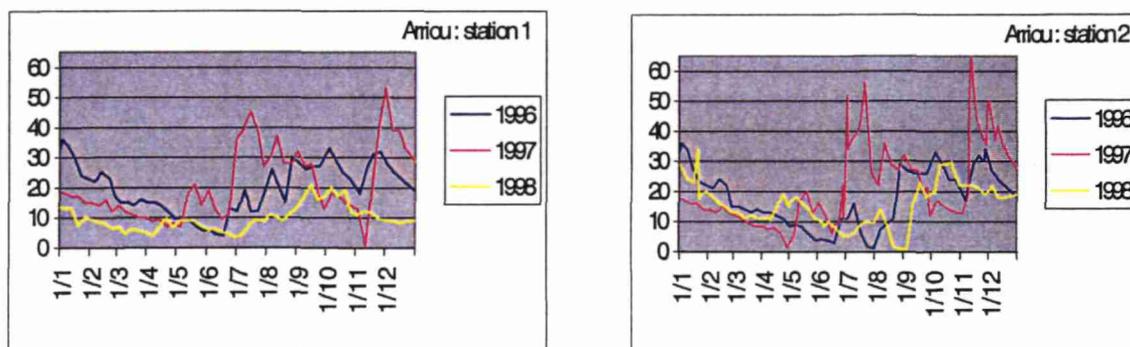
Ces flux constituent-ils des pollutions ?

En effet, un apport allochtone dans un hydrosystème pauvre peut constituer un complément intéressant pour la biocénose. Ainsi, les feuilles d'arbres implantés à proximité d'un cours d'eau oligotrophe apportent, en tombant à l'automne, des quantités de matière organique ; découpées par la microfaune et décomposées par la microflore bactérienne, elles constituent une source de minéraux et de matière organique pour l'ensemble de la chaîne alimentaire.

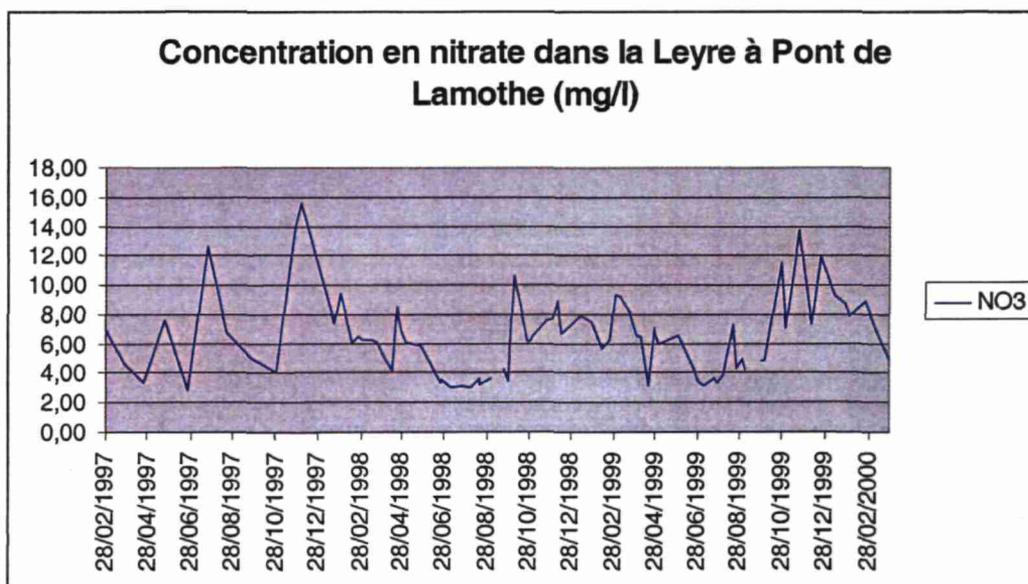
De fait, les cours d'eau landais sont très faiblement minéralisés et constituent un milieu oligotrophe ; la biomasse est peu importante, la turbidité faible, si ce n'est la coloration due aux acides humiques forestiers difficilement décomposables. Le nitrate, aux concentrations rencontrées et en raison du faible temps de séjour des

masses d'eau, ne provoque pas de dysfonctionnement notable dans les ruisseaux. La qualité des cours d'eau est généralement 1B, ce qui est tout à fait honorable. Dans le Grand Arriou, nos mesures pour la période allant de 1996 à 1999 s'étalent de 0,6 mg/l de nitrate pour la station 1 en 1997 à 67 mg/l pour la station 2 en 1997 (voir le graphique ci-dessous). En général, ces valeurs fluctuent effectivement de moins d'1 mg/l à quelques dizaines de mg.

Voici l'évolution des concentrations en nitrate (mg/l) aux points 1 et 2 pour la période 1996 à 1998 :



Les concentrations mesurées dans la Leyre à Pont de Lamothe (point du RNB) sur la période récente (1997 - 2000) sont encore plus faibles :



Cependant, les flux d'azote cumulés issus des différentes activités sont transférés au Bassin d'Arcachon, système lagunaire particulièrement sensible à cet apport car relativement confiné. Depuis une quinzaine d'années, des proliférations d'algues se produisent régulièrement, prenant des proportions plus ou moins gênantes selon les années pour les activités traditionnelles sur le bassin, à savoir l'ostréiculture, la pêche, la baignade ou la navigation de plaisance. Si ces proliférations sont bien le fait en particulier d'une algue nouvelle sur le Bassin, opportuniste et particulièrement efficace, (*Monostroma obscurum*) il n'en reste pas moins qu'elles concernent aussi des espèces autochtones comme les ulves. Ces production végétales ont été

rendues possibles et se sont amplifiées parallèlement au développement des flux d'azote issus de la zone d'influence. Outre le fait que les flux d'azote nouveaux constituent une source nutritionnelle importante pour les algues, le déséquilibre du rapport azote / phosphore dans la lagune, en faveur de l'azote, favorise vraisemblablement les macroalgues. Des études scientifiques sont actuellement en cours afin d'évaluer l'importance de ce rapport dans la compétition entre les différents compartiments de la biomasse végétale du Bassin (phytoplancton, algues et macrophytes).

Les travaux de l'IFREMER montrent que les apports d'azote d'octobre à janvier ne semblent pas déterminant pour le développement algal. Par contre, les apports de janvier à juin sont corrélés à ce développement, et ces apports sont efficaces à tout moment, du fait de la forte réactivité des algues.

Le flux d'azote annuel ne doit pas être pris au premier degré, mais considéré comme un indicateur du niveau de pollution global de la lagune. En effet, le suivi de nos sites expérimentaux montre que les départs instantanés d'azote sont sous la dépendance forte des épisodes pluvieux et du régime général des pluies. A précipitations annuelles équivalentes, un régime régulier avec de faibles pluies produit moins de fuites qu'un régime irrégulier avec des phénomènes pluvieux soutenus. La variabilité du régime des pluies, en particulier pendant la période critique du premier semestre, explique en partie l'irrégularité des proliférations d'algues observées dans le Bassin d'Arcachon.

#### 5.4.2 Conclusion

Des dysfonctionnements importants se sont produits dans le Bassin d'Arcachon à la fin des années quatre-vingts et au début des années quatre-vingt-dix, sous la forme de proliférations d'algues vertes. Ces phénomènes, plus ou moins marqués dans la période récente, persistent.

Les travaux de recherche passés ont mis en évidence la relation entre ces dysfonctionnements et les quantités d'azote, en particulier d'azote minéral, apportées à la lagune. L'arrivée d'une espèce opportuniste précoce, à forte réactivité au nitrate, la présence de phosphore à des teneurs non limitantes et un rapport N/P favorable à la croissance algale, sont autant de facteurs qui contribuent à ces proliférations. Actuellement, tout apport supplémentaire d'azote est susceptible de se traduire par un enrichissement de l'écosystème et une augmentation de la biomasse algale.

Ces éléments conduisent à dire que le Bassin d'Arcachon a atteint depuis plusieurs années un niveau critique vis à vis de ce phénomène. La conjonction de facteurs déclenchant favorables, comme le régime des précipitations ou la température, peut conduire à des événements dystrophiques importants comme par le passé.

La synthèse réalisée dans cette étude situe le flux annuel d'azote parvenant au Bassin d'Arcachon via les hydrosystèmes de surface et évalue les responsabilités respectives de différentes activités présentes sur la zone d'influence, dans la formation de ces flux. A ce titre, l'activité agricole joue un rôle prépondérant, alors que la forêt a une action modératrice, par les faibles flux qu'elle génère. Le principe de précaution conduirait donc à ne pas encourager le développement de

nouvelles surfaces consacrées à l'agriculture, qui seraient valorisées selon les pratiques culturales actuelles.

Compte tenu de la faiblesse de l'autoépuration des hydrosystèmes landais, la concentration d'activités agricoles, en particulier d'élevage, peut avoir un impact local important sur les écosystèmes aquatiques. Malheureusement, une meilleure répartition spatiale, dans le cadre d'un développement raisonné de l'agriculture sur de nouveaux espaces, ne permettra pas d'aboutir au contrôle ou à la réduction des flux d'azote produits.

## **6 PERSPECTIVES**

Dans le contexte propre à la zone d'influence du Bassin d'Arcachon, il convient de mettre en œuvre des pratiques respectueuses de l'environnement afin de limiter autant que faire se peut les départs d'azote dans les hydrosystèmes de surface.

Il s'agit en particulier :

- de la maîtrise de la fertilisation agricole : bilan azoté, prise en compte des reliquats, comptabilisation des effluents d'élevage et des boues de station d'épuration, fractionnement des apports, cultures pièges à nitrate, voire agriculture de précision ;
- du respect du réseau hydrographique en cas de coupe forestière à blanc ;
- du report de l'entretien des crastes et fossés en dehors des périodes de hautes eaux ;
- de la maîtrise des épandages de boues des stations d'épuration et d'effluents d'élevage : pré-traitements, surfaces suffisantes, respect des rotations, contrôle de composition des produits, respect des concentrations limites dans les sols, des distance aux cours d'eau, des périodes d'épandage ;
- du traitement des effluents des piscicultures permettant d'abattre les MES ;

Ces préconisations ou ces conseils, non exhaustifs, sont devenus classiques à l'exception des pratiques de l'agriculture de précision, onéreuses, dont la rentabilité n'est pas assurée pour toutes les exploitations agricoles. Ils correspondent à l'état de la connaissance actuelle.

De nouveaux travaux de recherche, dans lesquels le Cemagref est engagé, visent à imaginer et mettre au point des aménagements et équipements rustiques permettant d'intercepter les eaux chargées en nitrate issues de l'agriculture, notamment les eaux de drainage, et de les épurer en favorisant la dénitrification : lagunes de percolation, ouvrages, transit par des zones humides. Ces travaux se poursuivent en partenariat avec la profession agricole, notamment dans le cadre du programme LITEAU financé par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

L'objectif est d'étudier l'intérêt et l'efficacité potentielle de nouvelles solutions d'accompagnement (interception et traitement de l'azote inorganique à la source par la mise en place d'aménagements adaptés) qui permettraient de conforter l'agriculture existante dans le respect de l'écosystème récepteur aval, voire, si les résultats sont probants, d'envisager une augmentation de cette activité dont l'impact économique et social dans la région est de première importance.

## **7 OUTIL DE GESTION INTEGREE**

Les données mobilisées pour la réalisation de ce rapport sont organisées dans le cadre d'une base de données informatisée. Ces « couches » d'information sont fournies au Conseil Général de la Gironde, afin de contribuer à un outil de gestion intégrée du Bassin d'Arcachon.

Ces données, en particulier celles qui concernent l'occupation du sol, et donc celles qui en résultent par le calcul, sont datées. Au-delà des aspects décisionnels portant sur l'aménagement de la région, elles devront donc être actualisées par le gestionnaire, afin de conserver leur validité et leur opérationnalité. Il est à noter que la mise en œuvre de l'outil suppose, pour les futurs utilisateurs, gestionnaires ou décideurs, d'acquiescer certaines couches d'information de base ou d'obtenir les autorisations d'usages dont la maîtrise échappe au Cemagref, directement auprès de leurs propriétaires, principalement l'IGN et l'IFN.

## **8 BIBLIOGRAPHIE**

**BEUFFE H., LAPLANA R.**, 1992. Impact du défrichement à but maïsicole sur la qualité des eaux superficielles en forêt landaise. Cemagref QE, Etude n°66- Février 1992. 39 p., annexes.

**LAPLANA R., BRUNSTEIN D.**, 1992. Les érosions éoliennes et régressives dans le bassin versant de la Leyre : Bulletin de l'Institut de Géologie du Bassin Aquitain - 1992 - n°51-52 - 9 p.

**ROSSIN, L.**, 1993. Contribution à la création du système d'information géographique du Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne : le thème de l'eau. Mémoire de Maîtrise des sciences et techniques d'Aménagement, Université Bordeaux III. 123 p.

**BEUFFE H., LAPLANA R.**, 1994. Bilan trophique des plans d'eau landais et quantification des apports nutritifs. Cemagref QE, Etude n°67, Mars 1994. 48 p., annexes.

**MANAUD F., et al**, 1994. Etude de la prolifération des algues vertes dans le Bassin d'Arcachon. Rapport de synthèse- Ifremer, Cemagref, SSA, SABARC- Août 1994. 164p., annexes.

**CHOSSAT J.C., LAPLANA R.**, 1995. Gestion de la nappe entre agriculteurs et sylviculteurs dans le contexte des Landes de Gascogne : Revue Géomètre n°7, Juillet 1995 - 3p.

**LAPLANA R., et al**, 1995. Les flux d'azote et de phosphore à l'entrée du delta de la Leyre : méthodologie et résultats. Actes du Colloque, Delta Leyre "interface bassin versant / Bassin d'Arcachon" -PNRLG, 1995, n°1 - 10 p.

**CHOSSAT J.C., LAPLANA R.**, 1995. Gestion de la nappe entre agriculteurs et sylviculteurs dans le contexte des Landes de Gascogne. *Géomètre*, n°7, 43-45

**LAPLANA R., BEUFFE H., BILLY F., MANAUD F., MAURER D., TRUT G.**, 1995. Evolution des flux d'azote et de phosphore à l'entrée du delta de la Leyre : méthodologie et résultats. Actes du colloques : Le Teich, 21-23 octobre 1993. Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne, Belin-Beliet, in : Le Delta de la Leyre, 33-46.

**ROI S.**, 1996. Transferts d'azote et de phosphore au sein d'un bassin versant landais agricole et forestier : diagnostic du territoire, 78 p.

**MAZEAUD F., VERNIER F., TURPIN N., JONCOUR F., URAND P., AMEN J.F.**, 1997. Incidences des pratiques agricoles sur la qualité des rivières, 261 p.

**BEUFFE H., VERNIER F.**, 1997. Fonctionnement et protection de l'écosystème sableux landais : le bassin versant, instrument de surveillance des phénomènes hydrologiques et d'exportation d'azote et de phosphore à travers le contrôle de la qualité de l'eau : rapport technique 1995-1996. Cemagref, Bordeaux. 35 p.

**TURPIN N., VERNIER F., JONCOUR F.**, 1997. Transferts de nutriments des sols vers les eaux - Influence des pratiques agricoles - Synthèse bibliographique. Ingénieries, n°11, 3-16.

**BOUCHET J.M., DELTREIL J.P., MANAUD F., MAURER D., TRUT G., LAPLANA R.**, 1997. Etude intégrée du Bassin d'Arcachon : synthèse 1997. Ifremer, Arcachon, 128 p.

**IFREMER**, 1997. Etude intégrée du Bassin d'Arcachon. Arcachon, 5 tomes.

**GAUTHIER, S.**, 1998. Capacité d'assimilation d'un secteur particulier de cours d'eau en substrat sableux : étude du biofilm bactérien et algal. DESS Eaux Continentales : pollutions et aménagements, Université de Franche Comté, Cemagref, Bordeaux, 43p.

**RIMMELIN, P.**, 1998. Etude des apports allochtones d'azote inorganique dissous parvenant à un système lagunaire : le Bassin d'Arcachon. Thèse de Sciences de la Terre et de la Mer, Université de Bordeaux I, 170 p.

**CAMPAGNE M.**, 1998. Contribution à l'étude de la dynamique des nutriments arrivant au Bassin d'Arcachon en relation avec les caractéristiques naturelles et anthropiques des milieux. Cemagref, Bordeaux, 101 p.

**CATHALA A.**, 1998. Caractérisation du couvert forestier et des pratiques sylvicoles sur le bassin versant de la Leyre. 61 p. + ann.

**VERNIER F., BEUFFE H., MESTELAN G.**, 1999. Impact de l'occupation du sol sur la qualité des eaux de l'écosystème sableux landais. Principes écologiques de gestion en Europe et au Canada, Saint Cloud, FRA, 22-24 octobre 1997. CNRS Editions, Paris. In : Paysages agraires et environnement : principes écologiques de gestion en Europe et au Canada, WICHEREK S., 311-322.

## **TABLE DES CARTES**

Carte n°1 : Nommage des unités hydrographiques

Carte n°2 : Réseau hydrographique

Carte n°3 : Relief

Carte n°4 : Pentes

Carte n°5 : Temps de transfert à l'exutoire

Carte n°6 : Distances à l'exutoire

Carte n°7 : Epaisseur de la nappe du Plio-Quaternaire

Carte n°8 : Aptitudes des sols

Carte n°9 : Zones urbanisées et zones agricoles (CORINE land cover)

Carte n°10 : Occupation du sol simplifiée (1998)

Carte n°11 : Proportion de forêt par unité hydrographique

Carte n°12 : Proportion de terres agricoles par unité hydrographique

Carte n°13 : Forêts de feuillus et ripisylves

Carte n°14 : Flux annuel d'azote minéral agricole

Carte n°15 : Flux annuel d'azote minéral forestier

Carte n°16 : Flux annuel d'azote des stations d'épuration

Carte n°17 : Flux annuel d'azote des piscicultures

Carte n°18 : Total des flux annuels d'azote

Carte n°19 : Pression d'azote des élevages

Carte n°20 : Pression d'azote de l'assainissement autonome

Carte n°21 : Apports bruts d'azote de l'agriculture

Carte n°22 : Apports nets d'azote de l'agriculture

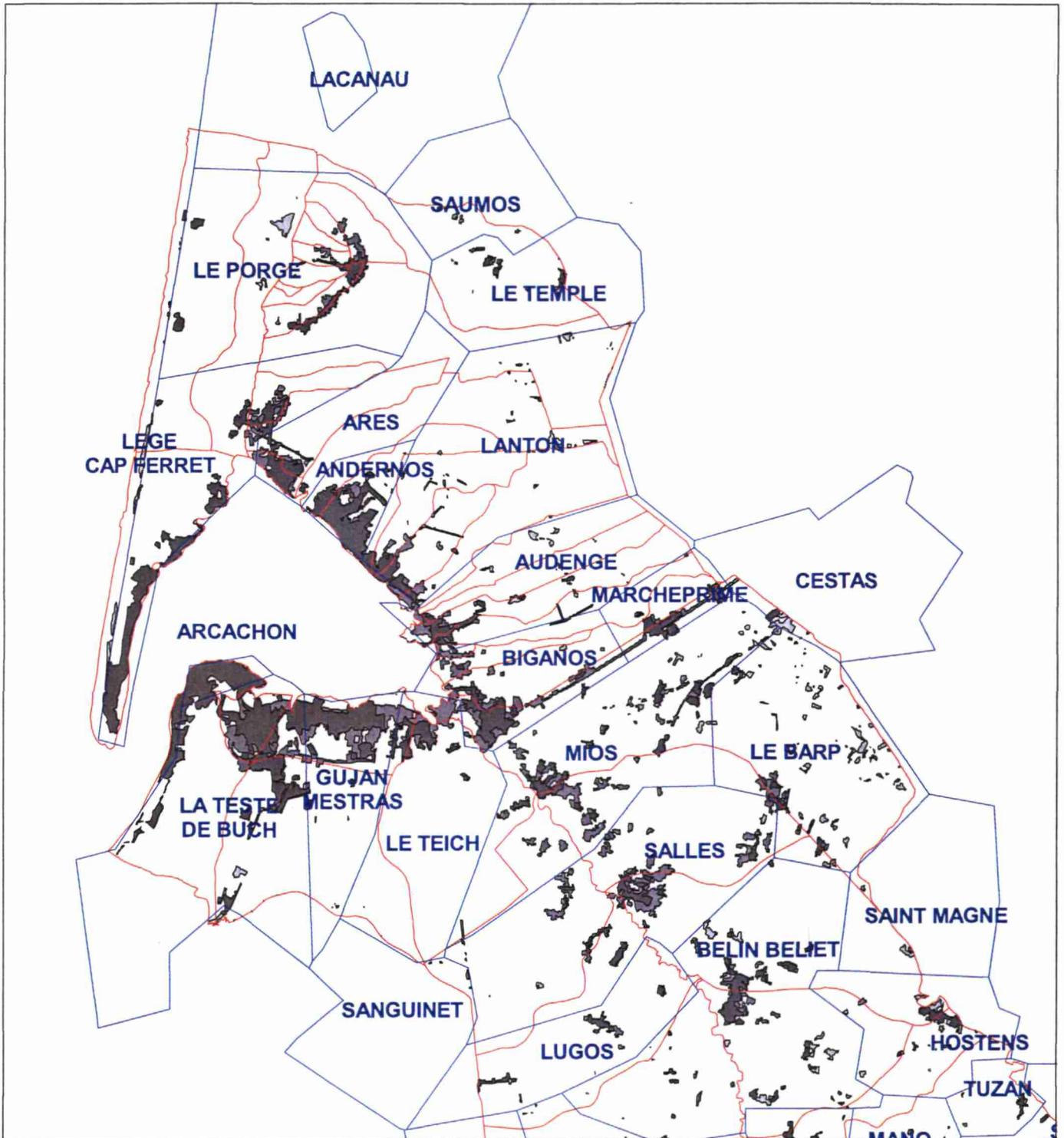
Carte n°23 : Pression totale nette d'azote

**ANNEXES**

## **TABLE DES ANNEXES**

- Annexe n°1 : Communes de la zone d'étude (nord)
- Annexe n°2 : Communes de la zone d'étude (sud)
- Annexe n°3 : Pourcentage d'occupation du sol par unité hydrologique
- Annexe n°4 : Territoire de développement rural prioritaire
- Annexe n°5 : Zones de revitalisation rurale
- Annexe n°6 : Zone LEADER II Haute Lande
- Annexe n°7 : Plan de développement des zones rurales (PDZR II)
- Annexe n°8 : Projets collectifs de développement
- Annexe n°9 : Communes du PNR des Landes de Gascogne
- Annexe n°10 : Schéma de mise en valeur de la mer
- Annexe n°11 : Forêts soumises au régime forestier
- Annexe n°12 : Opérations locales agri-environnementales
- Annexe n°13 : Plans de développement durable
- Annexe n°14 : ZNIEFF
- Annexe n°15 : Zones de protection spéciale
- Annexe n°16 : Espaces naturels sensibles
- Annexe n°17 : Réserves de chasse
- Annexe n°18 : Loi littoral
- Annexe n°19 : Terrains du Conservatoire du Littoral
- Annexe n°20 : Sites classés et sites inscrits
- Annexe n°21 : Monuments historiques
- Annexe n°22 : Vulnérabilité de la nappe du Miocène au nitrate
- Annexe n°23 : Sensibilité à l'érosion éolienne
- Annexe n°24 : Zones d'érosion régressive

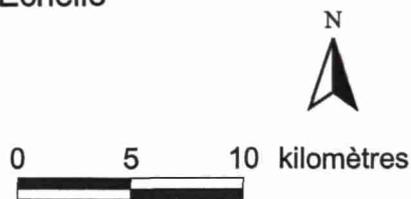
**Annexe n°1**  
**COMMUNES DE LA ZONE D'ETUDE (NORD)**  
**(Composition CORINE land cover - LANDSAT)**



**Légende**

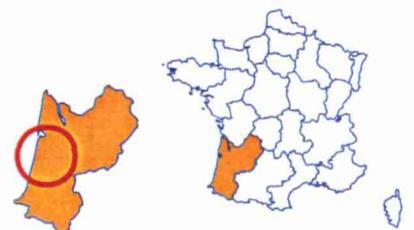
- Limites des unités hydrologiques
- Zones urbanisées
- Zones périurbaines
- Sol nu ou artificialisé
- Limite de commune

**Echelle**

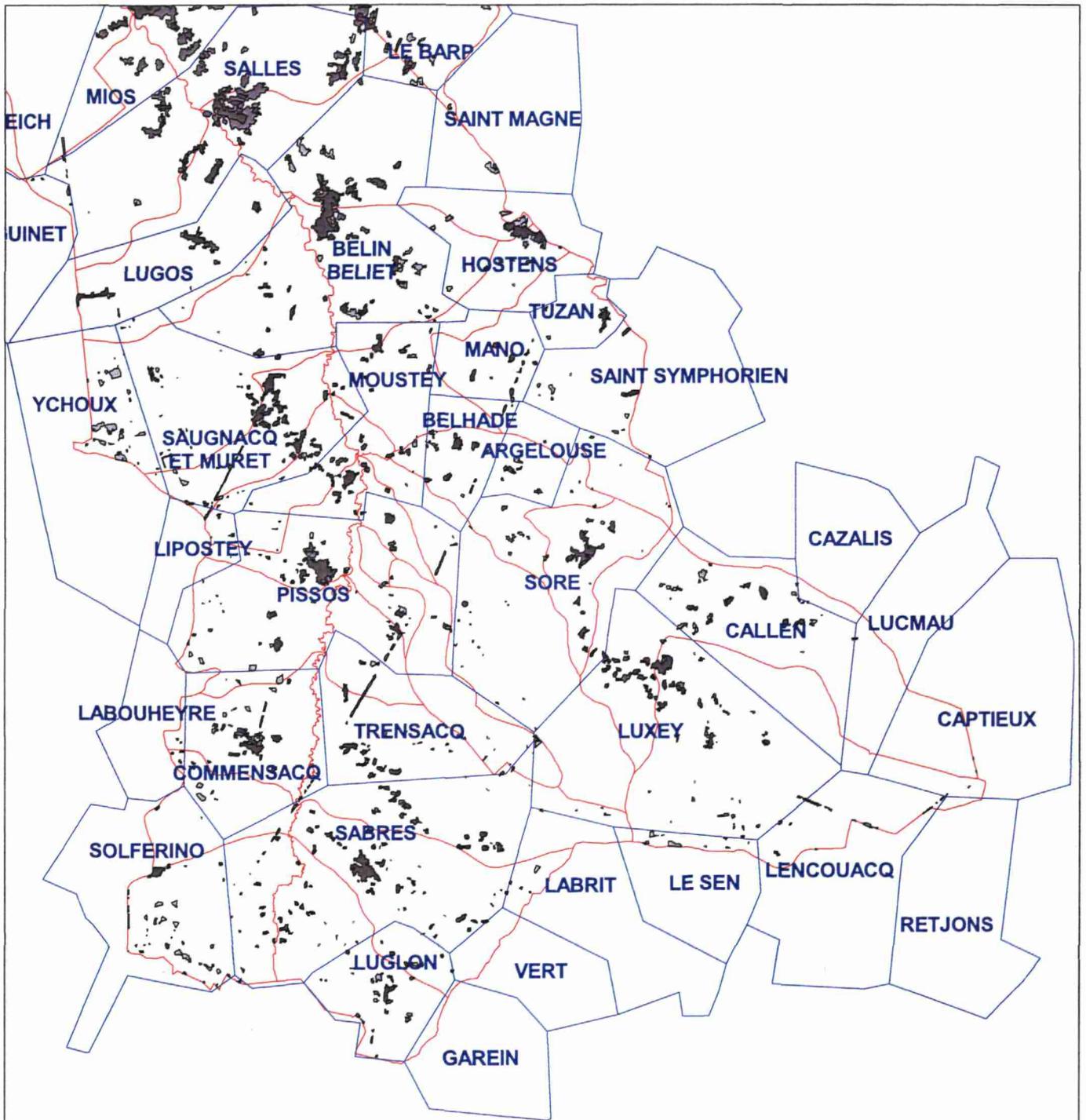


Projection Lambert II étendu

**Localisation**



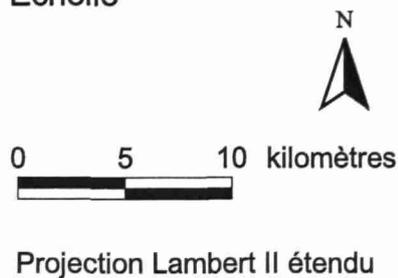
**Annexe n°2**  
**COMMUNES DE LA ZONE D'ETUDE (SUD)**  
 (Composition CORINE land cover - LANDSAT)



**Légende**

- Limites des unités hydrologiques
- Zones urbanisées
- Zones périurbaines
- Sol nu ou artificialisé
- Limite de commune

**Echelle**



**Localisation**

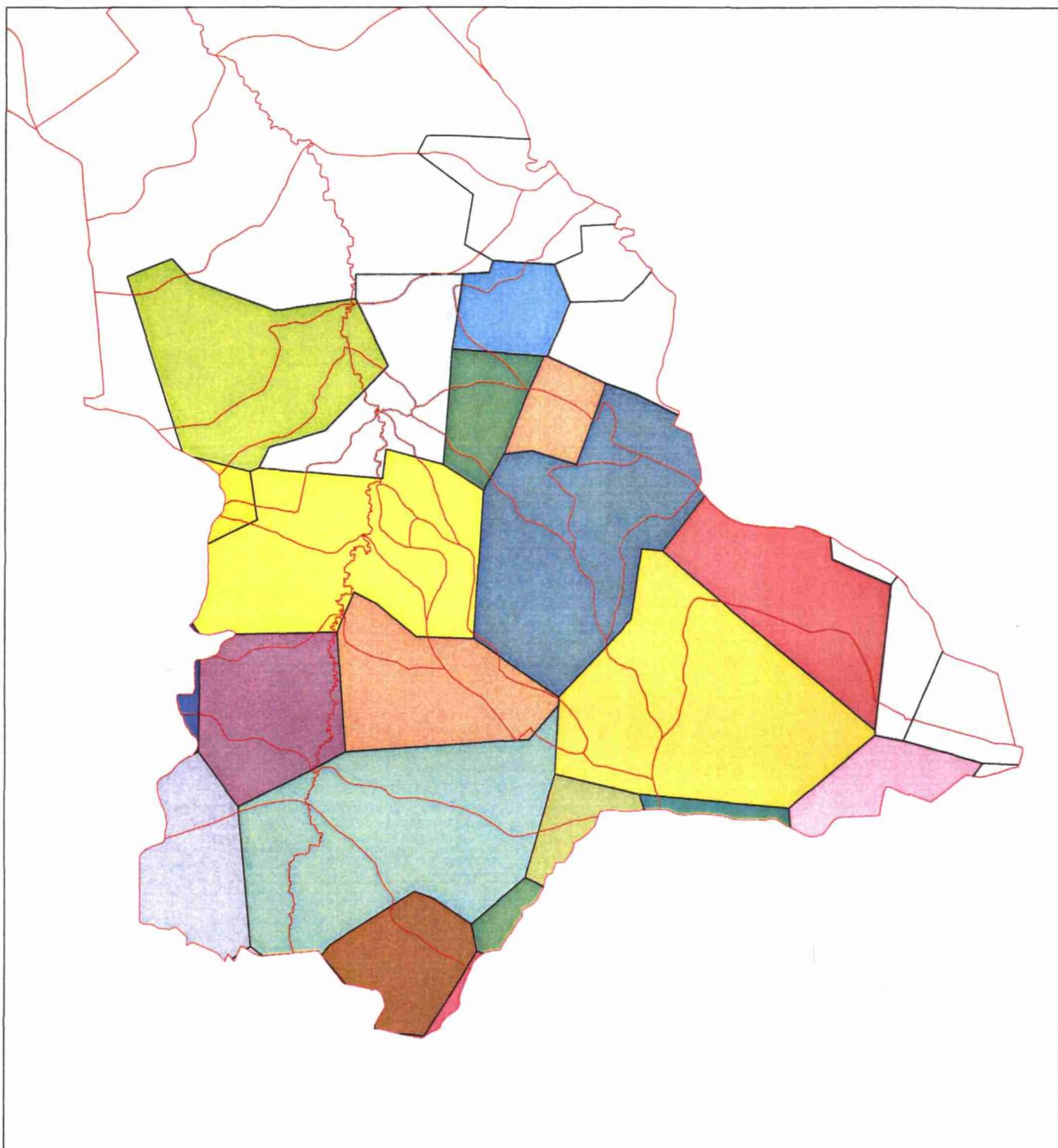


# Annexe n°3

## POURCENTAGE D'OCCUPATION DU SOL PAR UNITE HYDROLOGIQUE

| Code BV | Nom BV         | Surface   | Agriculture | Resineux | Feuillus | Forêt mél. | Total Forêt | Urbain | Sol nu | T. militaire | Divers | Z. humides |
|---------|----------------|-----------|-------------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|--------------|--------|------------|
| 250     | LE TEMPLE      | 61194255  | 3,06        | 94,59    | 0,00     | 0,00       | 94,59       | 1,43   | 0,52   | 0,00         | 0,40   | 0,00       |
| 251     | LE PORGE NORD  | 12268715  | 0,00        | 87,97    | 0,00     | 0,00       | 87,97       | 8,82   | 0,00   | 0,00         | 3,21   | 0,00       |
| 252     | LE PORGE 1     | 2807596   | 0,00        | 89,93    | 0,00     | 0,00       | 89,93       | 4,99   | 0,00   | 0,00         | 5,08   | 0,00       |
| 253     | LE PORGE 2     | 2888135   | 0,00        | 83,17    | 0,00     | 16,42      | 99,59       | 0,41   | 0,00   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 254     | LE PORGE 3     | 3401683   | 1,77        | 75,35    | 0,00     | 2,85       | 78,20       | 19,39  | 0,63   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 255     | LE PORGE 4     | 4010414   | 1,46        | 93,96    | 0,00     | 0,00       | 93,96       | 3,05   | 1,53   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 256     | LE PORGE 7     | 7297554   | 1,31        | 74,05    | 0,00     | 0,00       | 74,05       | 24,12  | 0,52   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 257     | LE PORGE SUD   | 85461341  | 2,63        | 93,38    | 0,00     | 0,00       | 93,38       | 1,26   | 0,29   | 2,43         | 0,00   | 0,00       |
| 258     | LE PORGE 6     | 2942452   | 0,00        | 100,00   | 0,00     | 0,00       | 100,00      | 0,00   | 0,00   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 259     | LE PORGE 5     | 639586    | 0,00        | 100,00   | 0,00     | 0,00       | 100,00      | 0,00   | 0,00   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 260     | MACHINOTTE     | 27195186  | 0,00        | 82,66    | 0,00     | 5,77       | 88,43       | 11,29  | 0,00   | 0,00         | 0,28   | 0,00       |
| 261     | CRASTE DAUBINE | 11541480  | 0,00        | 77,12    | 0,00     | 3,54       | 80,66       | 19,30  | 0,00   | 0,00         | 0,05   | 0,00       |
| 300     | CIRES          | 48703029  | 15,28       | 78,86    | 0,00     | 1,04       | 79,90       | 3,14   | 1,40   | 0,00         | 0,09   | 0,19       |
| 301     | BETEY/MAURET   | 26007696  | 0,53        | 61,15    | 0,00     | 4,82       | 65,97       | 32,53  | 0,98   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 302     | LANTON         | 36138531  | 7,06        | 86,81    | 0,00     | 2,03       | 88,84       | 3,12   | 0,26   | 0,00         | 0,00   | 0,72       |
| 303     | BETEY DE CASSY | 22752273  | 3,21        | 88,78    | 0,00     | 0,90       | 89,68       | 6,04   | 1,08   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 304     | ARES           | 3466711   | 0,00        | 7,44     | 0,00     | 11,85      | 19,29       | 79,83  | 0,47   | 0,00         | 0,41   | 0,00       |
| 305     | BENET          | 17861414  | 10,32       | 69,22    | 0,00     | 1,67       | 70,89       | 14,79  | 1,88   | 0,00         | 2,11   | 0,00       |
| 306     | PASSADUY       | 17331404  | 4,39        | 92,69    | 0,00     | 1,07       | 93,76       | 1,25   | 0,59   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 307     | PONTEIL        | 23307174  | 2,26        | 81,07    | 0,00     | 0,71       | 81,78       | 10,78  | 1,41   | 0,00         | 0,03   | 3,74       |
| 308     | AIGUEMORTE     | 25603516  | 0,00        | 91,25    | 0,00     | 2,54       | 93,79       | 4,48   | 1,73   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 309     | TAGON          | 29640760  | 0,00        | 83,15    | 0,00     | 5,57       | 88,72       | 10,59  | 0,33   | 0,00         | 0,14   | 0,22       |
| 310     | VIGNEAU        | 7803671   | 0,07        | 67,03    | 0,00     | 14,81      | 81,84       | 11,64  | 1,60   | 0,00         | 4,86   | 0,00       |
| 311     | ESCALOPIER     | 1555035   | 0,00        | 17,85    | 0,00     | 35,33      | 53,18       | 44,97  | 0,00   | 0,00         | 1,85   | 0,00       |
| 312     | GUJAN MESTRAS  | 31329928  | 0,27        | 25,40    | 0,00     | 9,46       | 34,86       | 55,44  | 1,81   | 0,00         | 0,08   | 7,54       |
| 313     | LA TESTE       | 11152668  | 0,00        | 6,72     | 0,00     | 8,38       | 15,10       | 73,90  | 0,63   | 0,00         | 0,07   | 10,30      |
| 314     | MILIEU         | 21399225  | 43,17       | 52,96    | 0,00     | 0,17       | 53,13       | 1,67   | 2,03   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 350     | CAZAUX         | 85257155  | 3,00        | 63,27    | 0,00     | 5,11       | 68,39       | 6,51   | 0,61   | 21,31        | 0,18   | 0,00       |
| 652     | GRAND CROHOT   | 72670227  | 0,07        | 83,98    | 0,00     | 1,44       | 85,42       | 1,30   | 13,20  | 0,00         | 0,01   | 0,00       |
| 653     | CAP FERRET     | 53891426  | 0,07        | 51,91    | 0,00     | 3,05       | 54,96       | 19,21  | 24,16  | 0,00         | 1,60   | 0,00       |
| 659     | ARCACHON       | 56422812  | 0,02        | 64,82    | 0,00     | 7,23       | 72,05       | 21,02  | 4,62   | 0,00         | 2,29   | 0,00       |
| 700     | DUBERN         | 85243889  | 0,23        | 81,06    | 0,00     | 9,85       | 90,91       | 8,70   | 0,13   | 0,00         | 0,02   | 0,00       |
| 701     | FORGE          | 76995285  | 10,06       | 82,24    | 0,00     | 2,93       | 85,17       | 3,79   | 0,12   | 0,73         | 0,14   | 0,00       |
| 702     | BELHADE        | 55608828  | 6,72        | 81,88    | 0,06     | 7,59       | 89,53       | 1,83   | 1,47   | 0,00         | 0,45   | 0,00       |
| 703     | MONTORGUEIL    | 106649423 | 15,53       | 83,85    | 0,00     | 0,26       | 84,11       | 0,08   | 0,27   | 0,00         | 0,02   | 0,00       |
| 705     | BERDOY         | 12603593  | 0,58        | 87,95    | 0,01     | 6,54       | 94,49       | 4,89   | 0,04   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 706     | LASTE          | 110036669 | 8,75        | 85,58    | 0,08     | 2,65       | 88,32       | 2,04   | 0,55   | 0,00         | 0,34   | 0,00       |
| 707     | RICHET         | 4832377   | 11,47       | 82,78    | 0,00     | 4,73       | 87,51       | 0,00   | 1,02   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 708     | NAOU           | 144784722 | 3,37        | 62,85    | 0,00     | 2,43       | 65,28       | 1,61   | 0,63   | 28,99        | 0,11   | 0,00       |
| 709     | TRENSACQ       | 37524272  | 10,29       | 88,90    | 0,00     | 0,02       | 88,92       | 0,00   | 0,79   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 710     | PETITE LEYRE   | 163093927 | 12,69       | 53,68    | 0,12     | 1,85       | 55,64       | 1,07   | 0,73   | 29,69        | 0,18   | 0,00       |
| 711     | LACANAU        | 196867019 | 14,19       | 65,20    | 0,03     | 3,69       | 68,92       | 9,75   | 2,44   | 3,70         | 0,94   | 0,06       |
| 712     | LEYRE          | 79634698  | 1,12        | 87,58    | 0,15     | 6,68       | 94,40       | 4,33   | 0,13   | 0,00         | 0,00   | 0,02       |
| 713     | LARGILLAIRE    | 32763929  | 22,21       | 68,74    | 0,00     | 4,42       | 73,16       | 3,31   | 0,35   | 0,00         | 0,97   | 0,00       |
| 714     | BERTRANOT      | 6758370   | 5,35        | 78,81    | 0,00     | 11,30      | 90,11       | 4,54   | 0,00   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 828     | BREDOUILLE     | 47628911  | 1,92        | 89,85    | 0,00     | 2,51       | 92,36       | 1,77   | 2,04   | 0,00         | 1,91   | 0,00       |
| 829     | MARTINET       | 74934392  | 6,81        | 87,10    | 0,00     | 2,63       | 89,73       | 3,17   | 0,29   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 830     | PAILLASSE      | 107002874 | 0,00        | 85,81    | 0,15     | 5,49       | 91,44       | 6,98   | 1,50   | 0,00         | 0,08   | 0,00       |
| 831     | BOURON         | 67557277  | 0,94        | 86,84    | 0,08     | 5,50       | 92,42       | 4,61   | 2,02   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |
| 832     | LILAIRE        | 120879762 | 23,35       | 63,54    | 0,07     | 3,12       | 66,73       | 0,92   | 1,48   | 7,17         | 0,35   | 0,00       |
| 833     | BARROUIL       | 36306973  | 13,80       | 72,90    | 0,03     | 4,22       | 77,16       | 8,16   | 0,71   | 0,00         | 0,18   | 0,00       |
| 834     | CASTERA        | 60968719  | 8,22        | 82,48    | 0,33     | 5,88       | 88,69       | 1,88   | 1,02   | 0,00         | 0,19   | 0,00       |
| 835     | GRAND ARRIOU   | 108495185 | 23,28       | 71,29    | 0,00     | 3,12       | 74,41       | 1,10   | 0,52   | 0,00         | 0,69   | 0,00       |
| 836     | SORE           | 36964035  | 6,35        | 83,35    | 0,00     | 4,95       | 88,30       | 4,72   | 0,54   | 0,00         | 0,09   | 0,00       |
| 837     | MOURCAOU       | 29384358  | 6,35        | 77,44    | 0,32     | 4,49       | 82,25       | 10,24  | 0,80   | 0,00         | 0,36   | 0,00       |
| 838     | LOGBILH        | 51090308  | 23,78       | 70,87    | 0,00     | 1,44       | 72,31       | 0,89   | 1,03   | 0,00         | 1,99   | 0,00       |
| 839     | HILLE          | 26555074  | 4,43        | 87,90    | 0,00     | 4,07       | 91,97       | 1,18   | 1,65   | 0,00         | 0,77   | 0,00       |
| 840     | ESCAMAT        | 86059462  | 20,36       | 72,53    | 0,11     | 3,01       | 75,65       | 3,04   | 0,50   | 0,00         | 0,45   | 0,00       |
| 841     | TOULOUSE       | 36009270  | 12,51       | 83,23    | 0,00     | 1,54       | 84,76       | 0,34   | 1,06   | 0,00         | 1,33   | 0,00       |
| 842     | GRANDE LEYRE   | 65704502  | 30,47       | 64,86    | 0,05     | 1,99       | 66,91       | 0,99   | 1,62   | 0,00         | 0,02   | 0,00       |
| 843     | LUGLON         | 64708606  | 12,73       | 82,82    | 0,00     | 1,28       | 84,10       | 1,08   | 1,22   | 0,00         | 0,88   | 0,00       |
| 844     | MOUGNOCQ       | 44344817  | 11,82       | 79,37    | 0,00     | 3,62       | 82,99       | 3,80   | 0,98   | 0,00         | 0,41   | 0,00       |
| 845     | HOURLLE        | 10476353  | 20,22       | 69,89    | 0,00     | 6,83       | 76,72       | 1,46   | 1,59   | 0,00         | 0,00   | 0,00       |

# Annexe n°4 TERRITOIRE DE DEVELOPPEMENT RURAL PRIORITAIRE



## Légende

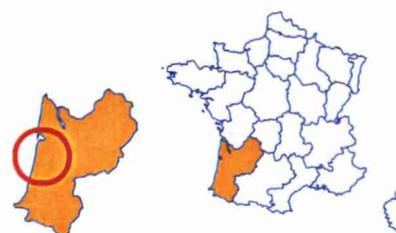
-  Limites des unités hydrographiques
-  Commune en TDRP

## Echelle

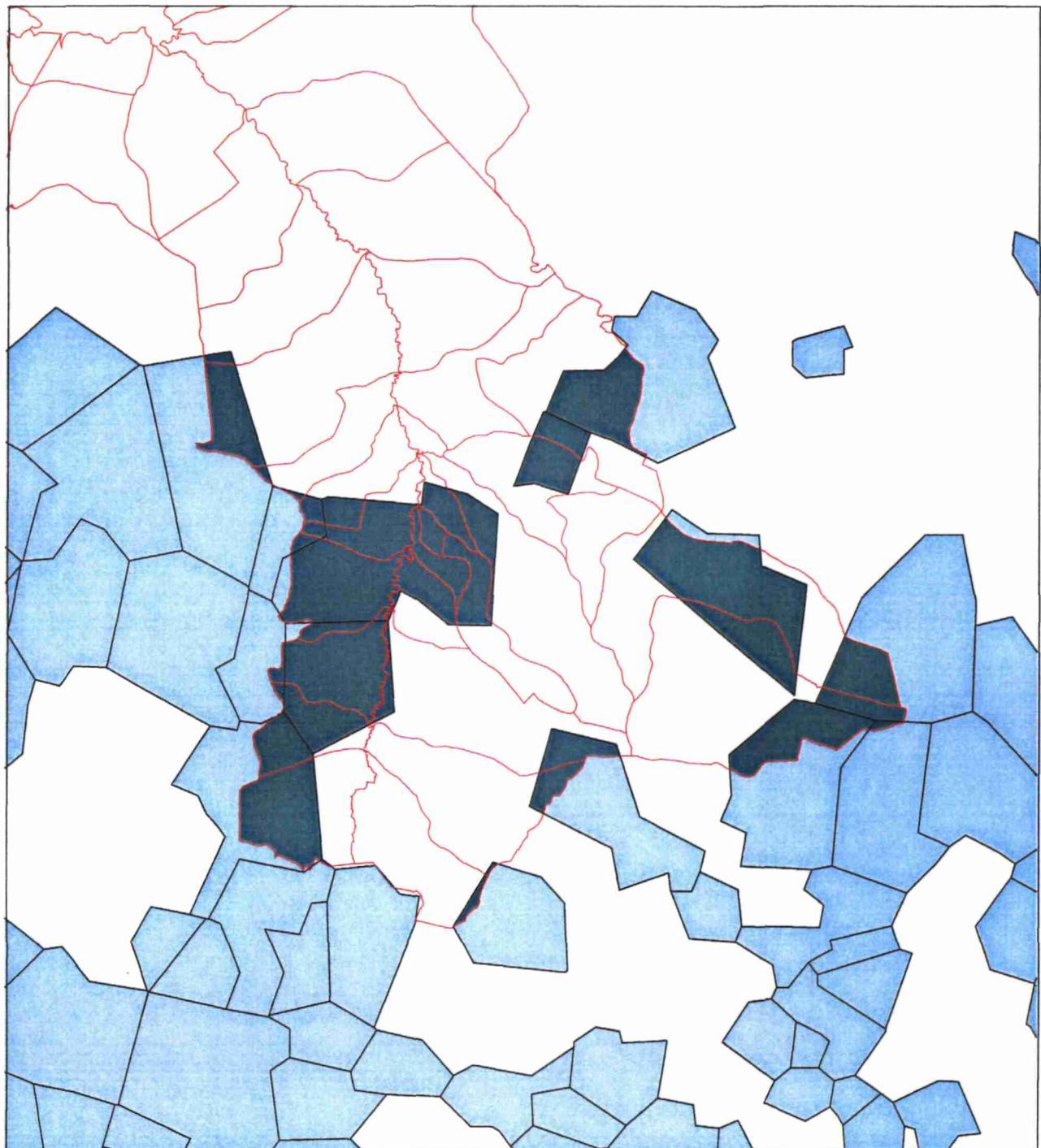


Projection Lambert II étendu

## Localisation



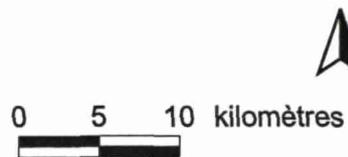
Annexe n°5  
ZONES DE REVITALISATION RURALE



Légende

- Limites des unités hydrographiques
- ZRR
- ZRR du bassin de la Leyre

Echelle

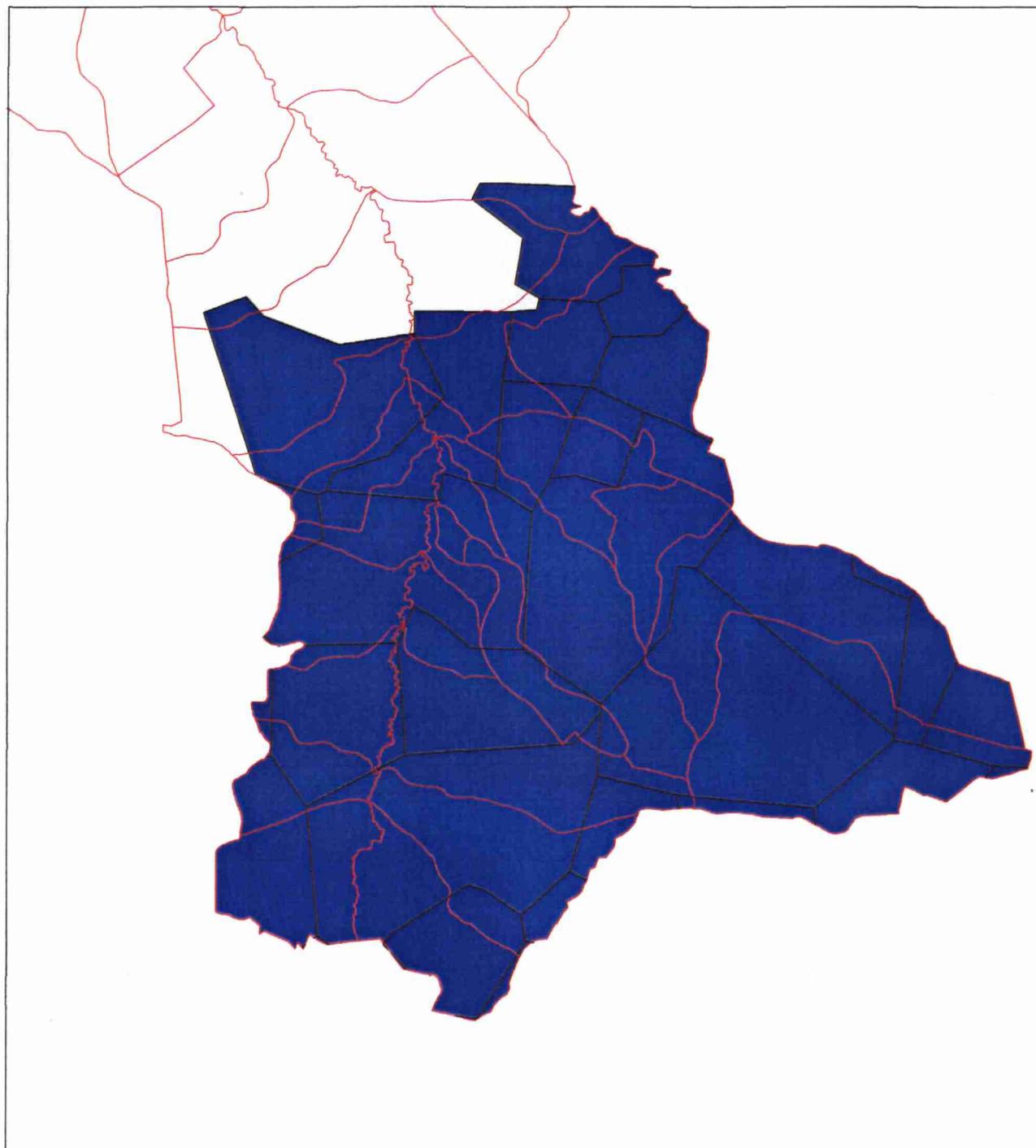


Projection Lambert II étendu

Localisation



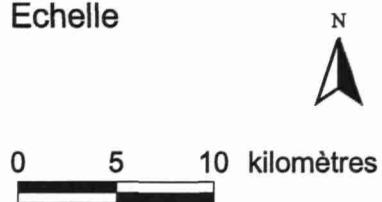
Annexe n°6  
ZONE LEADER II HAUTE LANDE



Légende

-  Limites des unités hydrographiques
-  Zone éligible à LEADER

Echelle

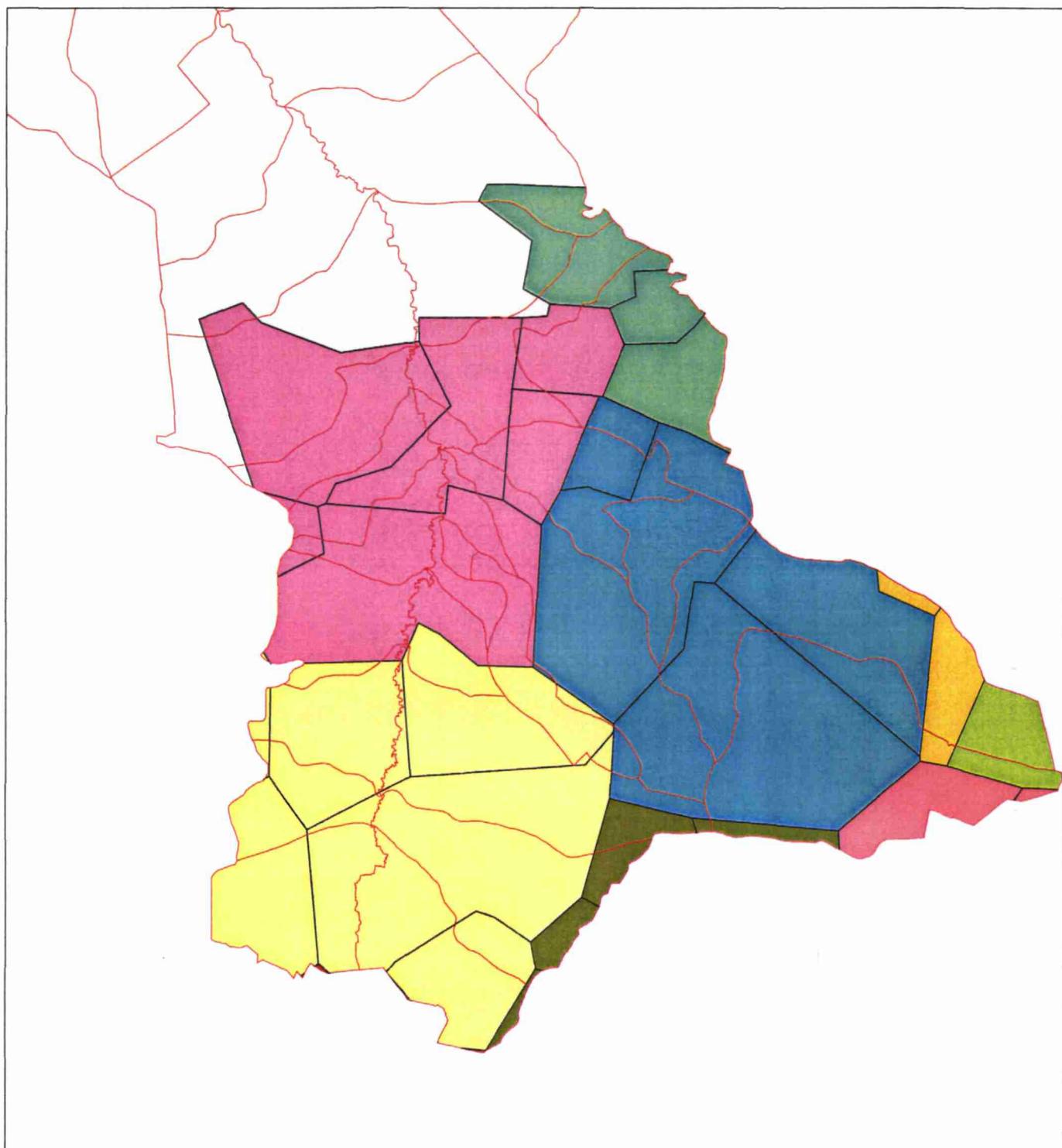


Projection Lambert II étendu

Localisation



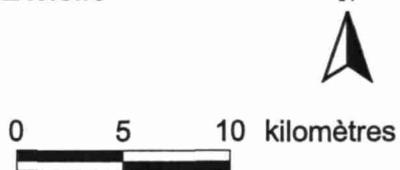
# Annexe n°7 PLAN DE DEVELOPPEMENT DES ZONES RURALES (PDZR II)



## Légende

- Limites des unités hydrographiques
- Canton de Captieux
- Canton de la Villandraut
- Canton de Saint Symphorien
- Canton de Sore
- Canton de Pissos
- Canton de Sabres
- Canton de Labrit
- Canton de Roquefort

## Echelle

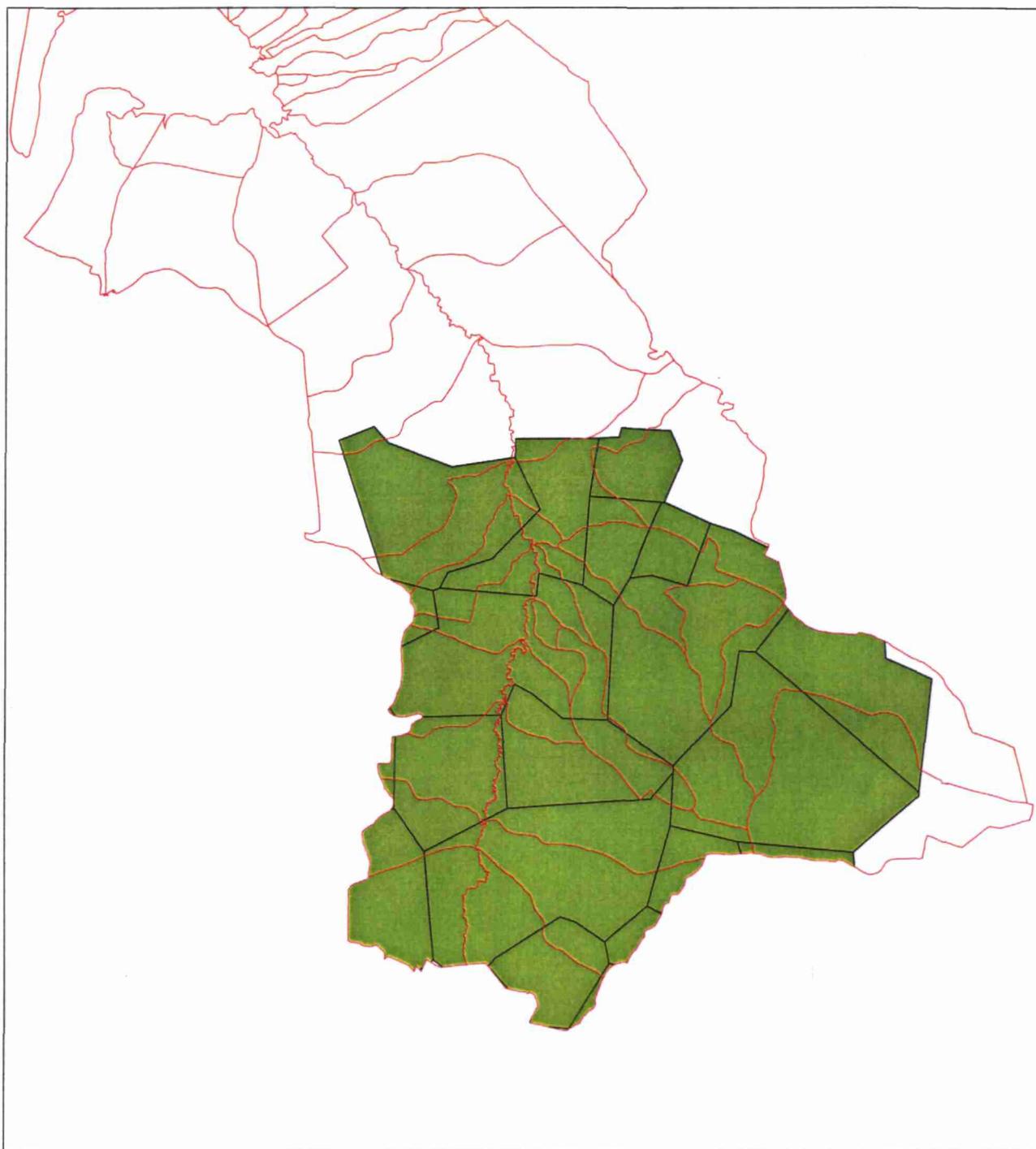


Projection Lambert II étendu

## Localisation



# Annexe n°8 PROJETS COLLECTIFS DE DEVELOPPEMENT



## Légende

-  Limites des unités hydrologiques
-  Zone en PCD

## Echelle

0 5 10 kilomètres

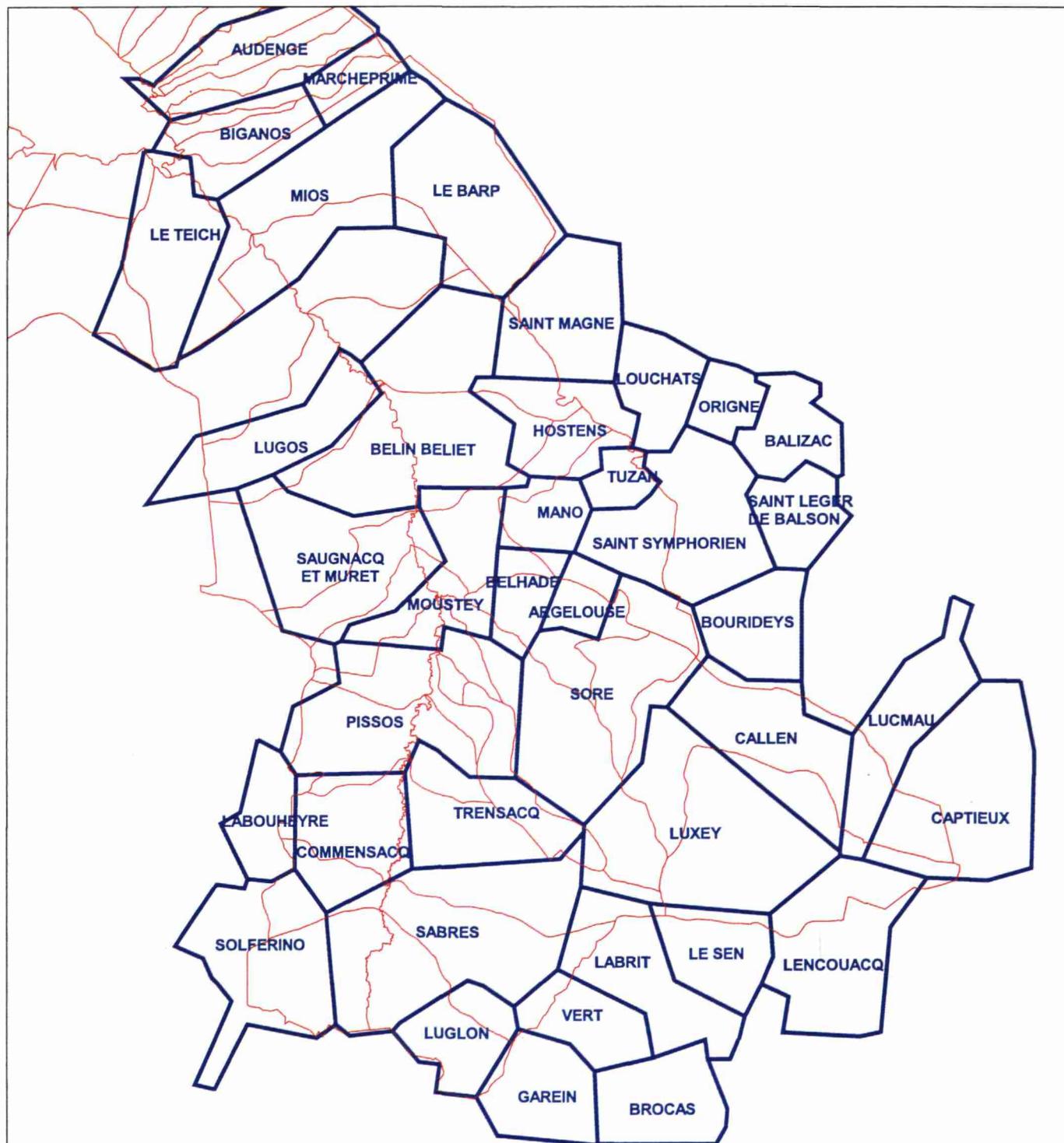
Projection Lambert II étendu



## Localisation



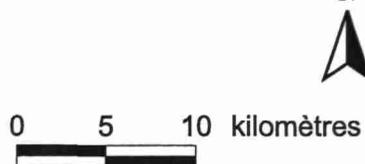
# Annexe n°9 COMMUNES DU PNR DES LANDES DE GASCOGNE



### Légende

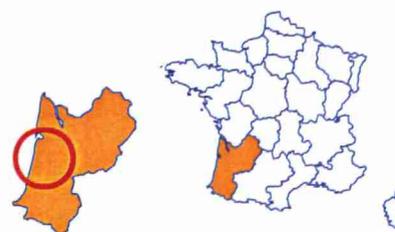
- Limites des unités hydrologiques
- Commune du Parc

### Echelle



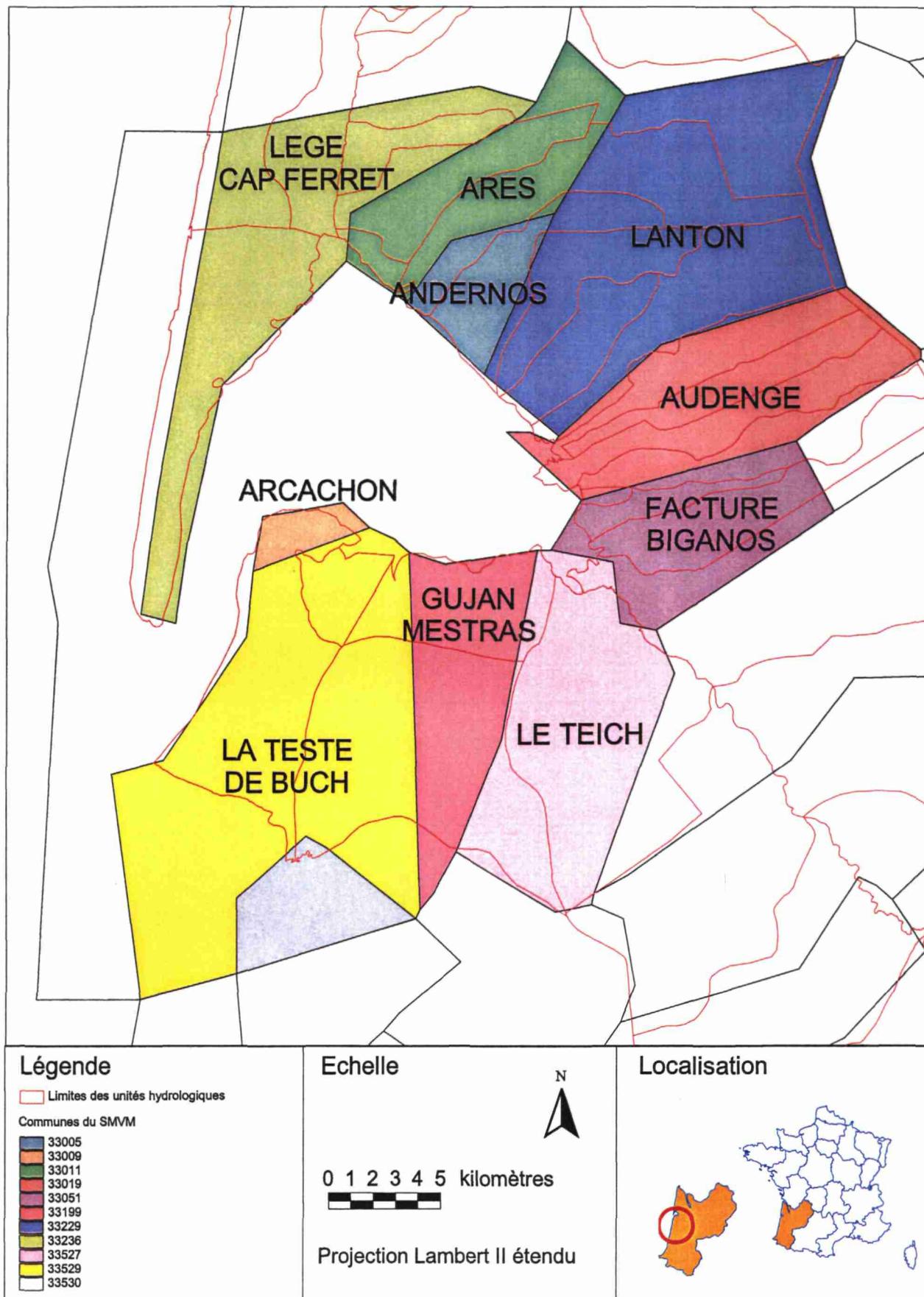
Projection Lambert II étendu

### Localisation

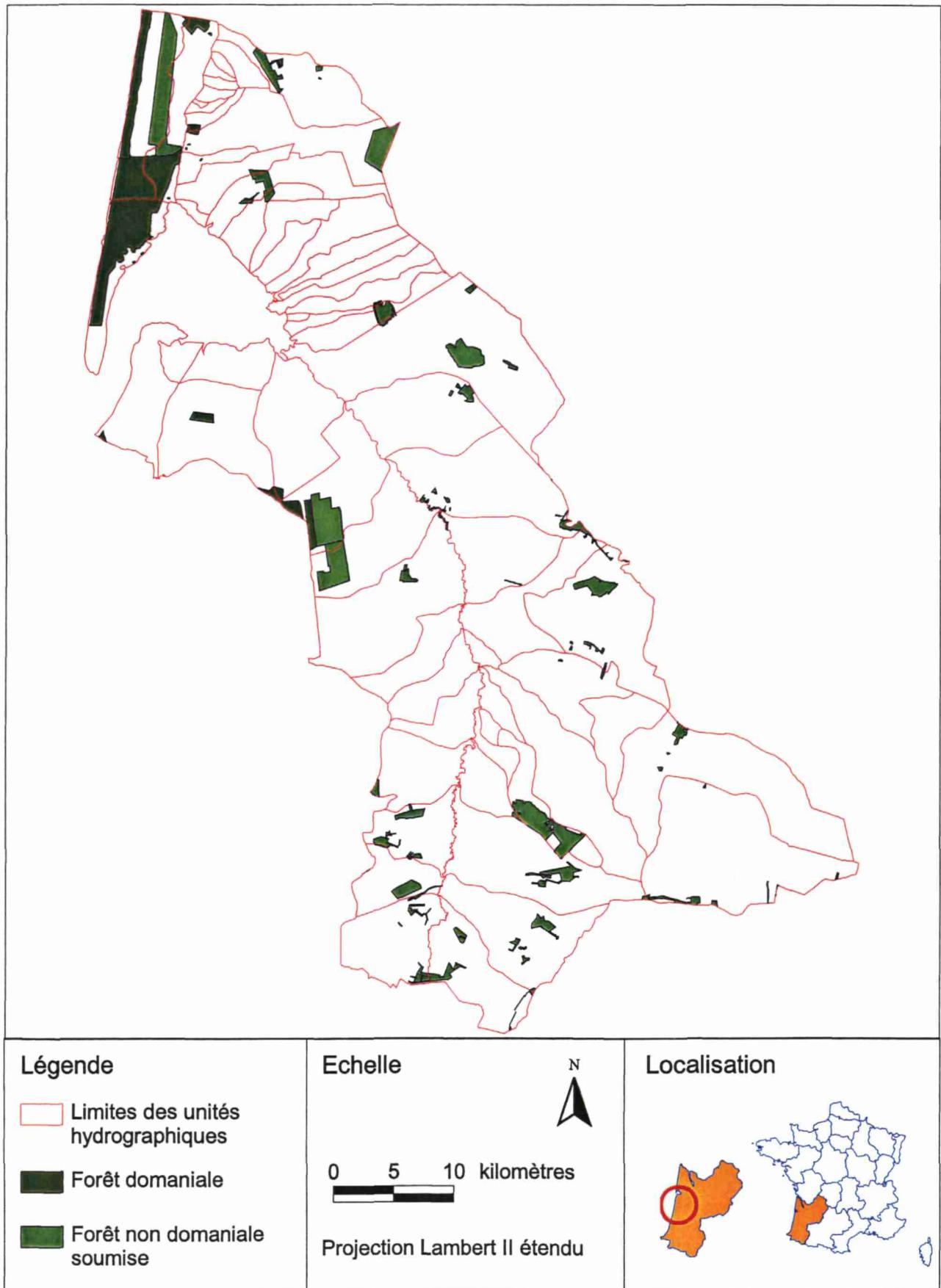


# Annexe n°10

## SCHEMA DE MISE EN VALEUR DE LA MER

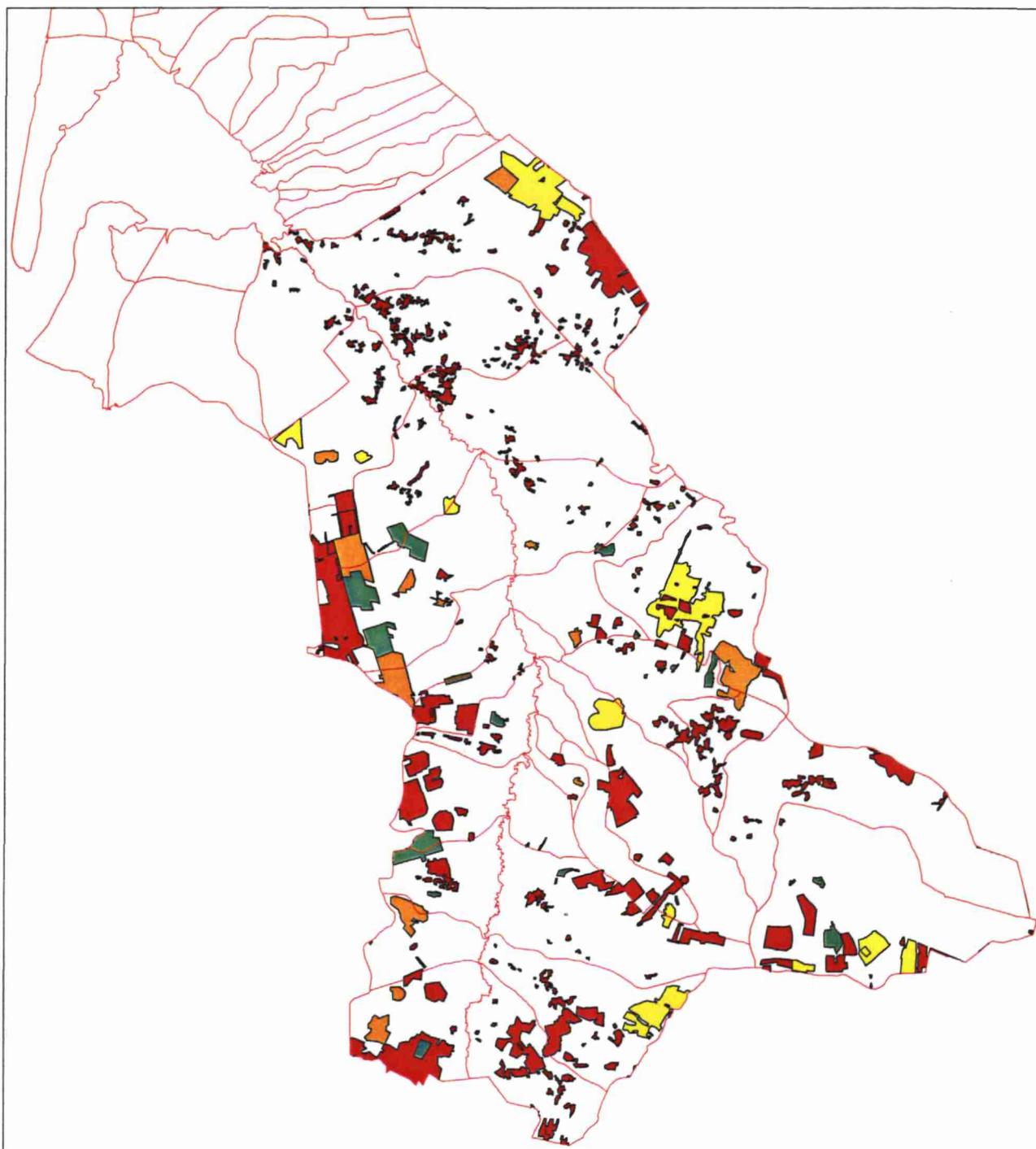


annexe n°11  
FORETS SOUMISES AU REGIME FORESTIER



# Annexe n°12

## OPERATIONS LOCALES AGRI-ENVIRONNEMENT



### Légende

Limites des unités hydrographiques

#### Opérations locales agri-environnement

Pas de contrat  
 Contrats 1995  
 Contrats 1996  
 Contrats 1997

### Echelle



0 5 10 kilomètres

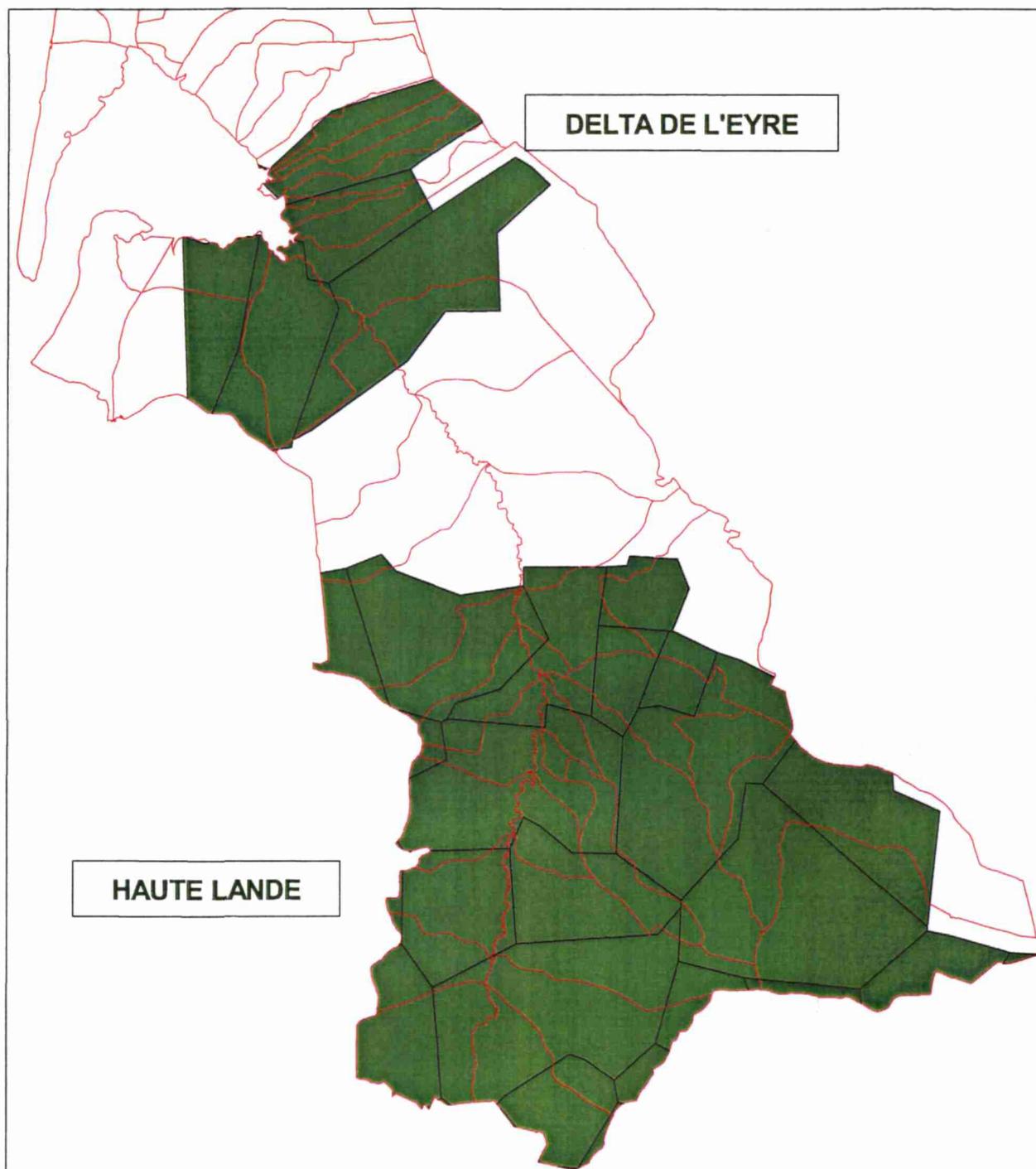


Projection Lambert II étendu

### Localisation



Annexe n°13  
PLANS DE DEVELOPPEMENT DURABLE



Légende

-  Limites des unités hydrographiques
-  Territoire des PDD

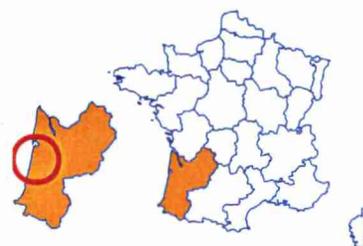
Echelle

0 5 10 kilomètres

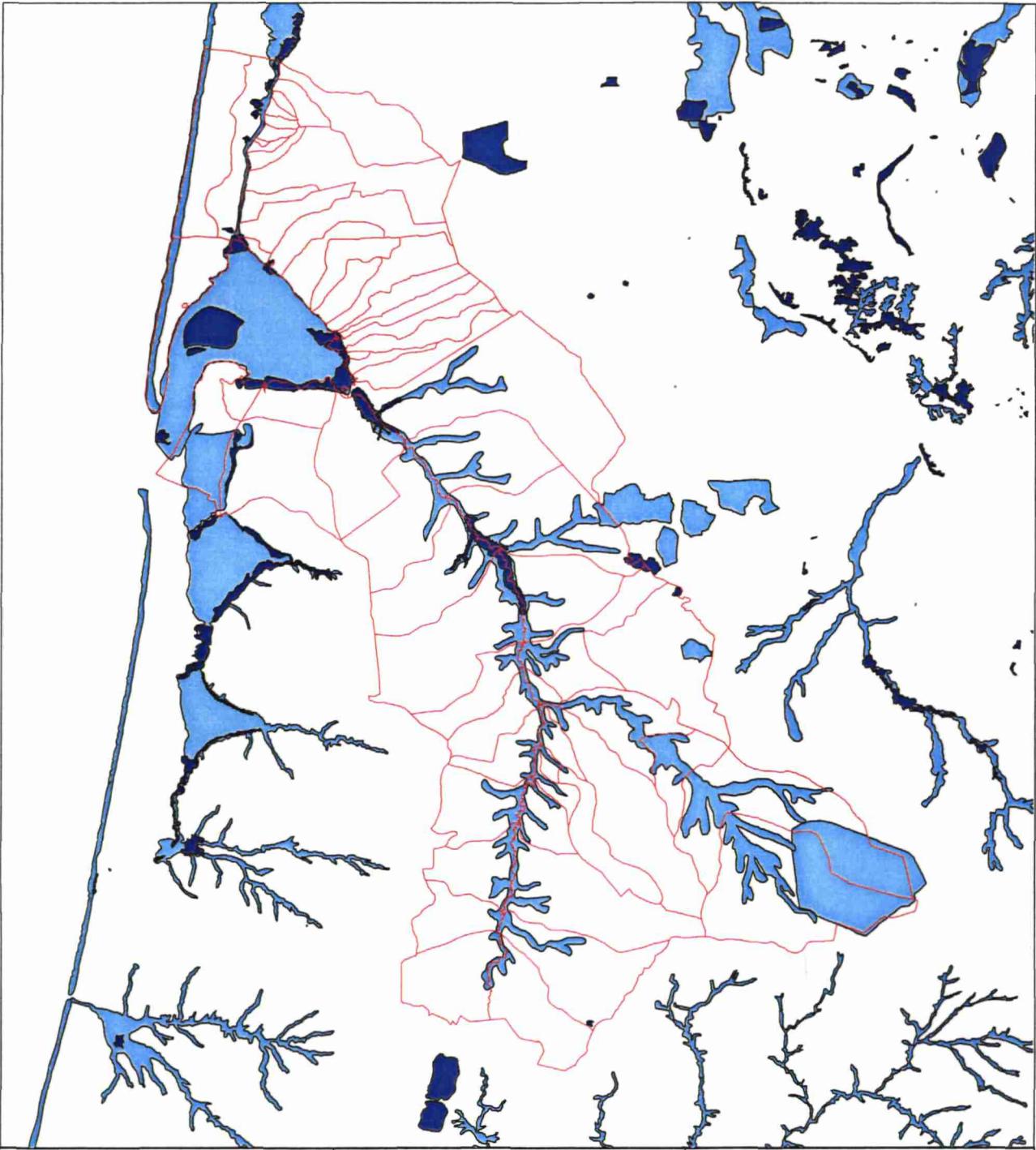
Projection Lambert II étendu



Localisation



Annexe n°14  
ZNIEFF



**Légende**

- Limites des unités hydrographiques
- ZNIEFF de type 1
- ZNIEFF de type 2

**Echelle**

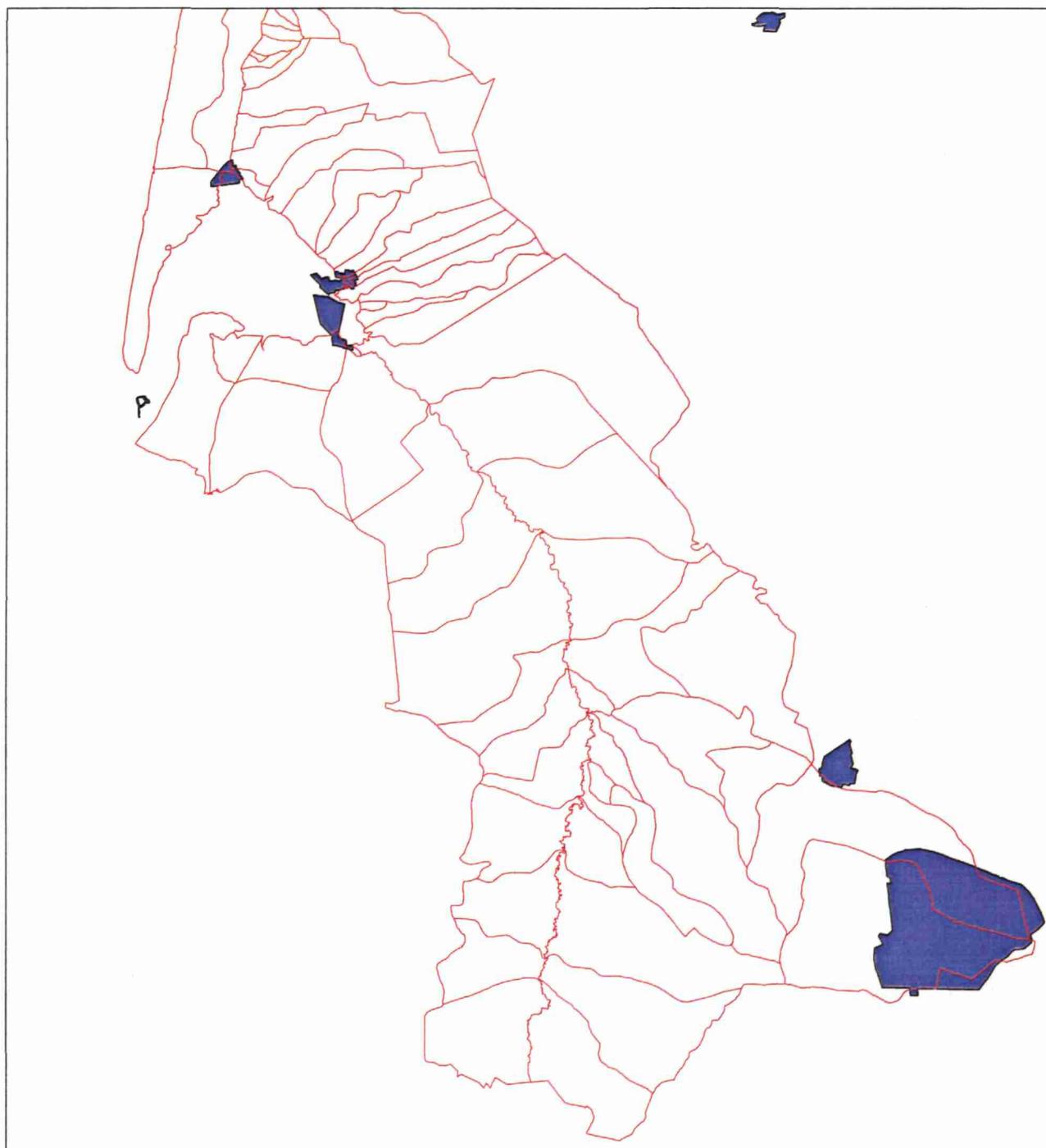
0 5 10 kilomètres

Projection Lambert II étendu

N

**Localisation**

# Annexe n°15 ZONES DE PROTECTION SPECIALE



## Légende

 Limites des unités hydrographiques

 ZPS

## Echelle

0 5 10 kilomètres

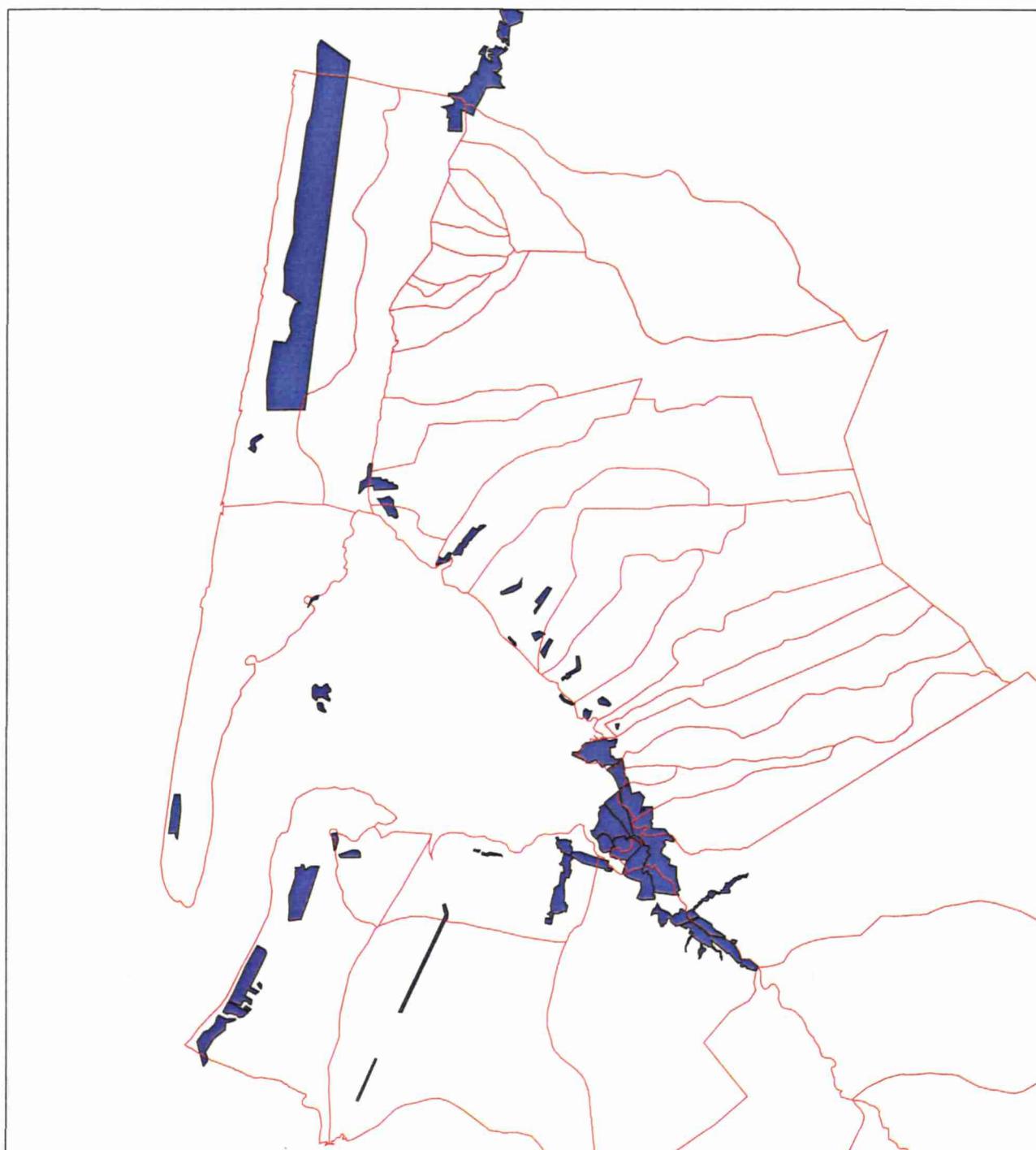
Projection Lambert II étendu



## Localisation



# Annexe n°16 ESPACES NATURELS SENSIBLES



## Légende

 Limites des unités hydrographiques

 Espaces naturels sensibles

## Echelle



0 1 2 3 4 5 kilomètres

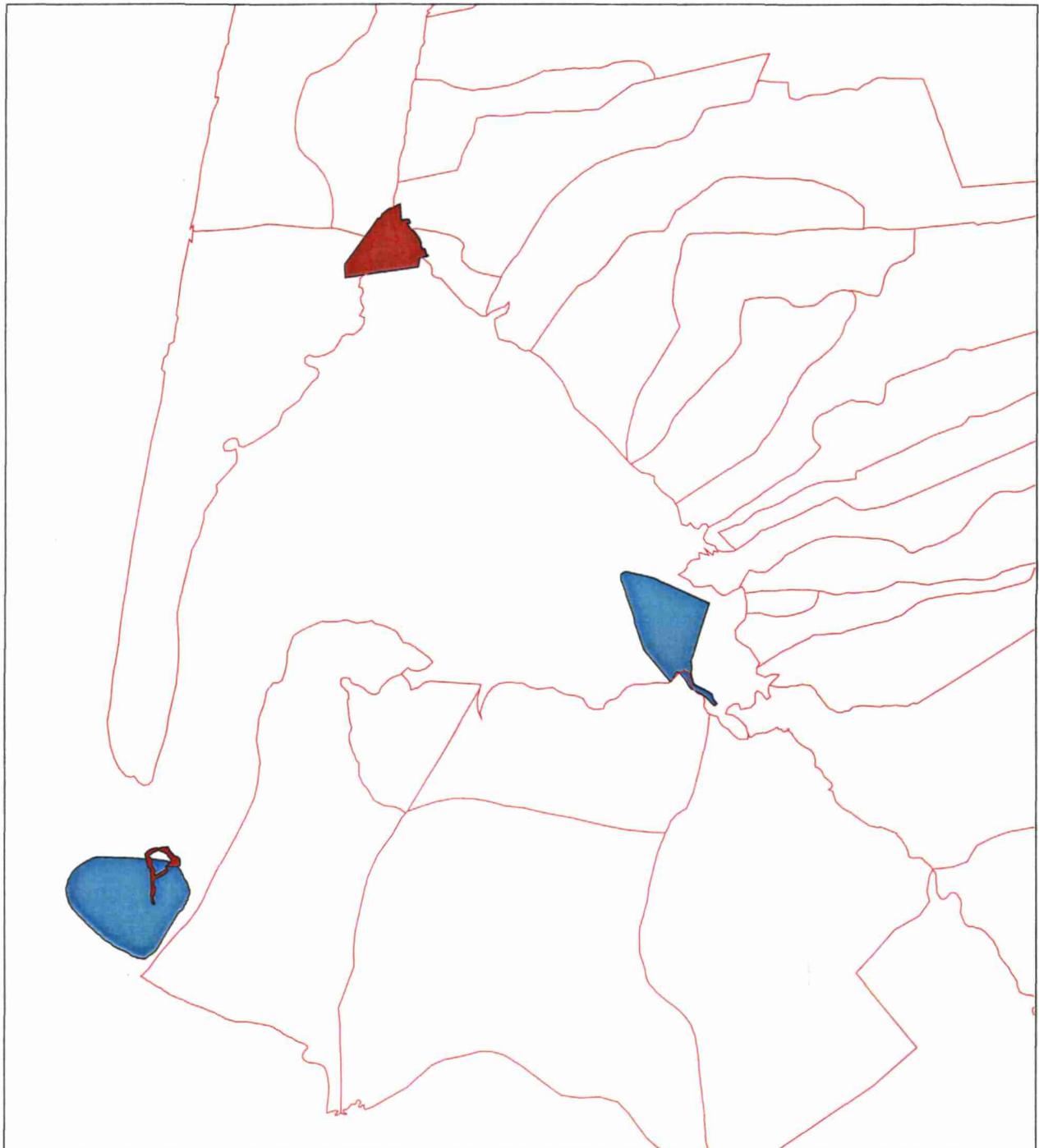


Projection Lambert II étendu

## Localisation

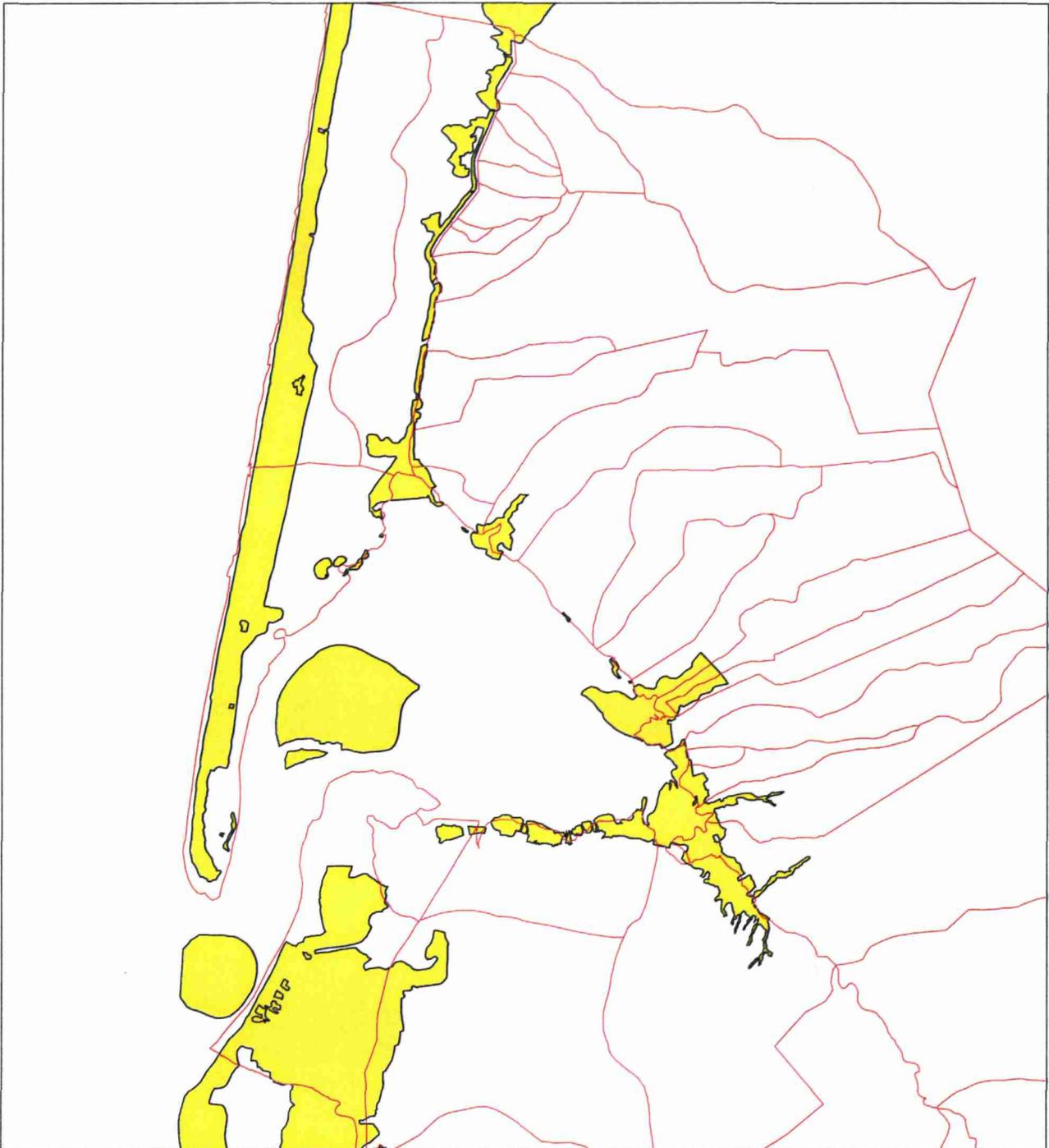


# Annexe n°17 RESERVES DE CHASSE



|  |  |  |
|--|--|--|
| <p><b>Légende</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li> Limites des unités hydrographiques</li><li> Réserve naturelle</li><li> Réserve naturelle volontaire</li><li> Réserve de chasse maritime</li></ul> | <p><b>Echelle</b></p> <p style="text-align: center;">N</p>  <p>0 1 2 3 4 kilomètres</p>  <p>Projection Lambert II étendu</p> | <p><b>Localisation</b></p>  |
|--|--|--|

Annexe n°18  
LOI LITTORAL



**Légende**

 Limites des unités hydrographiques

 Terrains soumis à la loi littoral

**Echelle**

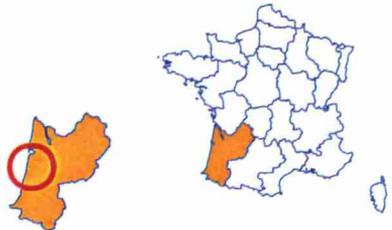
 N

0 1 2 3 4 5 kilomètres

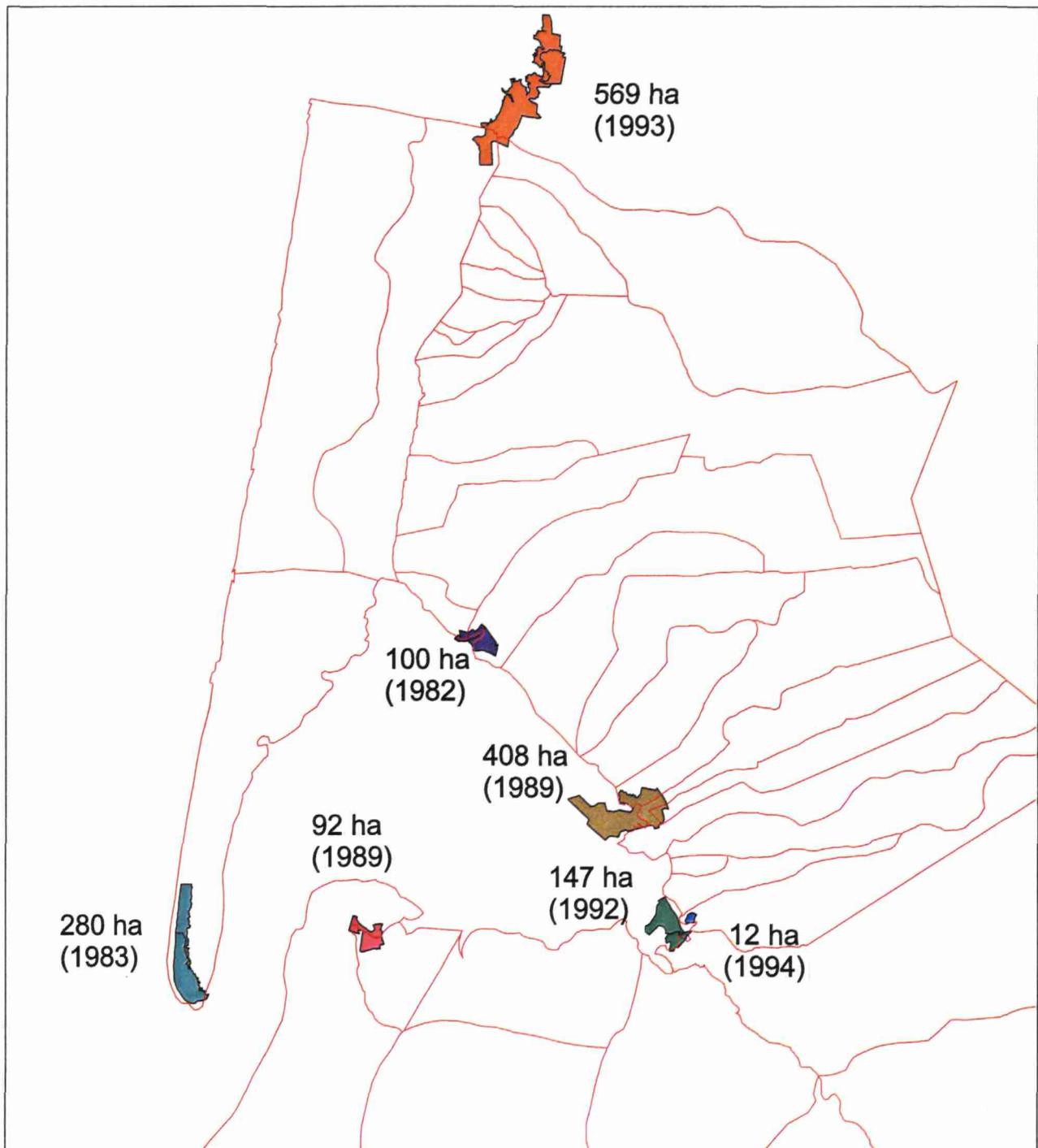


Projection Lambert II étendu

**Localisation**



# Annexe n°19 TERRAINS DU CONSERVATOIRE DU LITTORAL



### Légende

Limites des unités hydrographiques

Terrains du Conservatoire du littoral

- CAMICAS
- CAP-FERRET
- DOMAINES DE CERTES
- FLEURY
- PORT DES TUILES
- SAINT-BRICE
- VIRE VEILLE

### Echelle



0 1 2 3 4 5 kilomètres

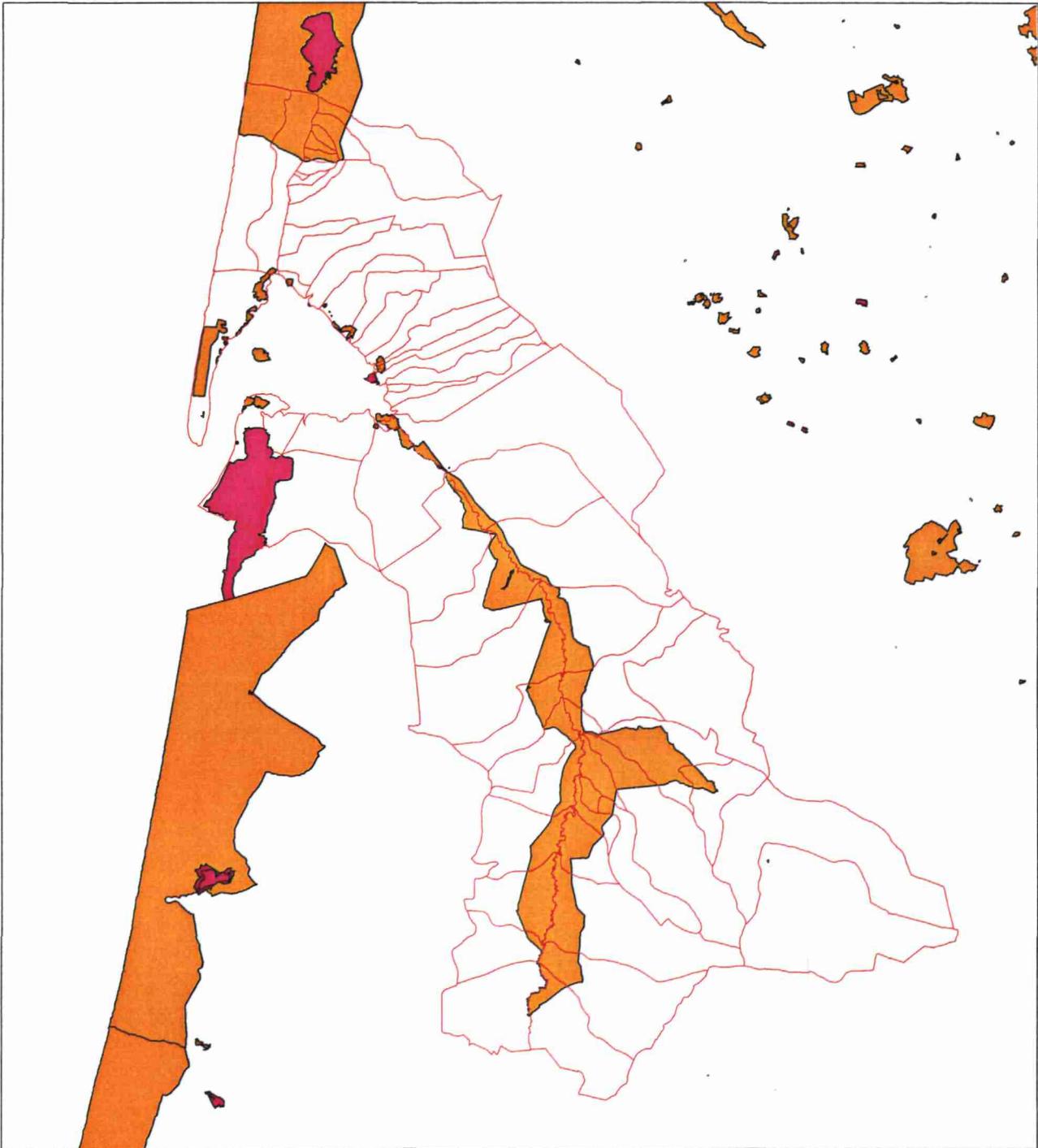


Projection Lambert II étendu

### Localisation



Annexe n°20  
SITES CLASSES ET SITES INSCRITS



**Légende**

- Limites des unités hydrographiques
- Sites classés
- Sites inscrits

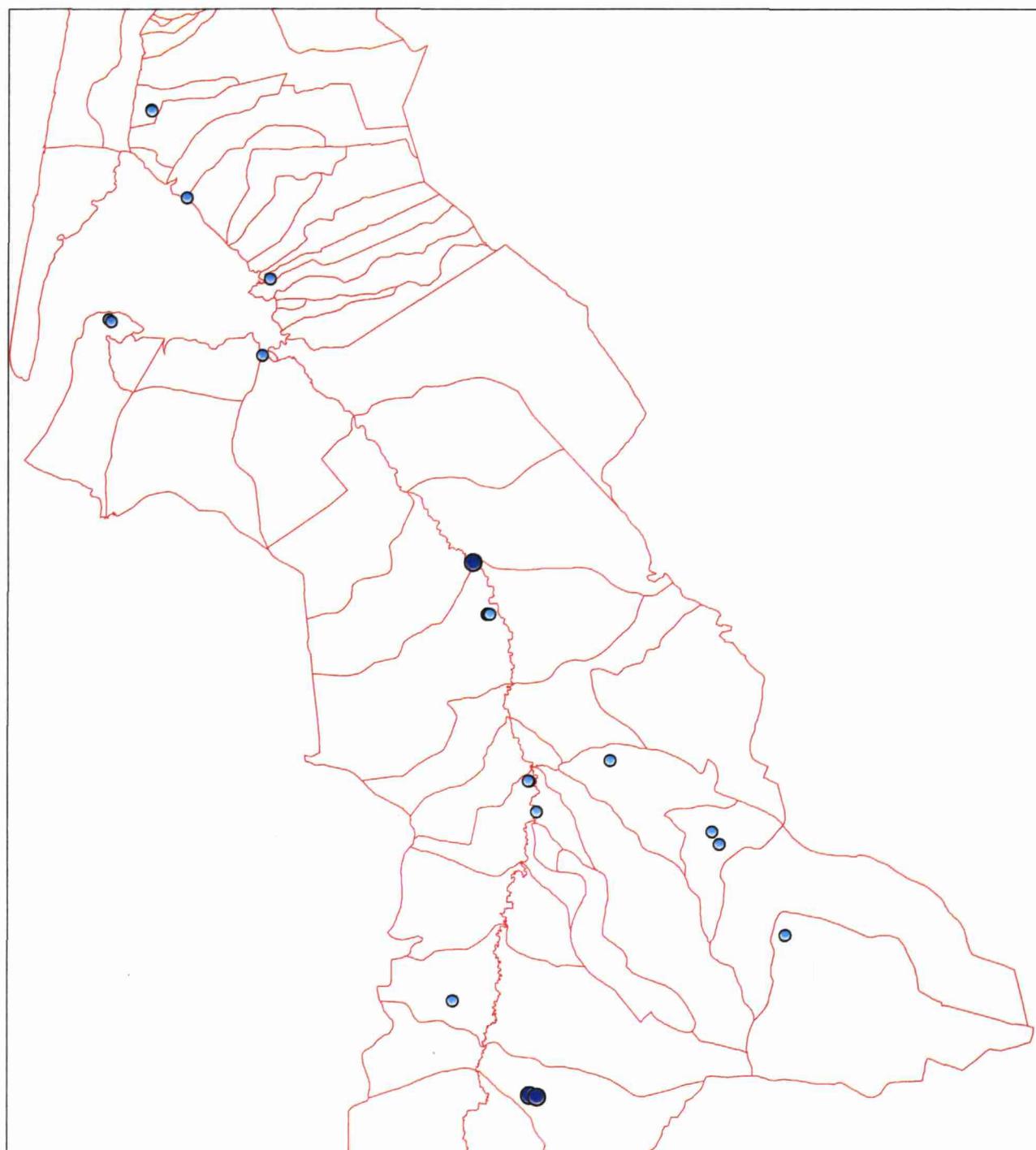
**Echelle**

0 5 10 15 kilomètres

Projection Lambert II étendu

**Localisation**

# Annexe n°21 MONUMENTS HISTORIQUES



## Légende

- Limites des unités hydrographiques
- Monuments classés
- Monuments inscrits

## Echelle

0 5 10 kilomètres

Projection Lambert II étendu

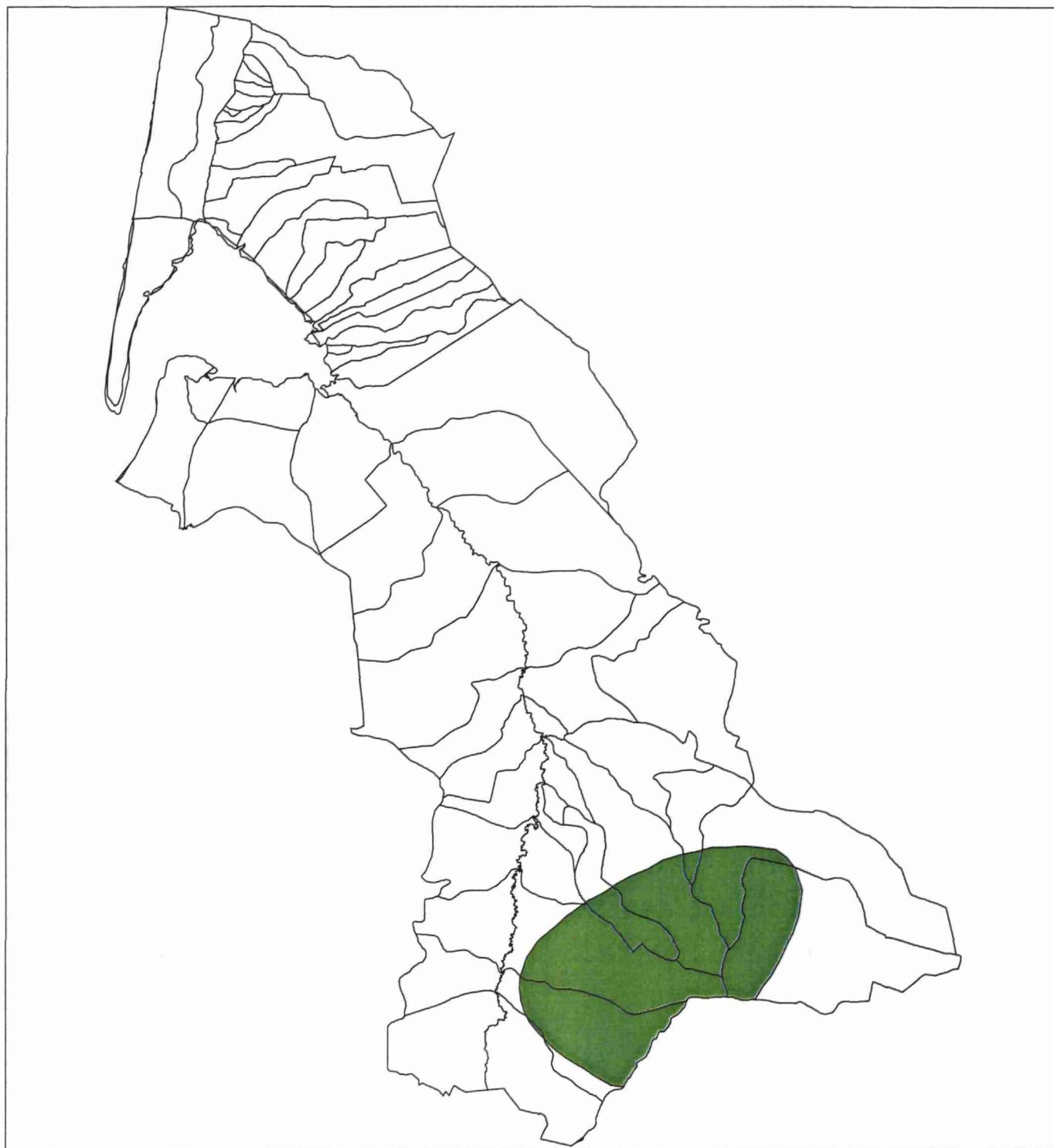


## Localisation



# Annexe n°22

## VULNERABILITE DE LA NAPPE DU MIOCENE AU NITRATE



### Légende

 Limites des unités hydrologiques

### Vulnérabilité de la nappe Miocène

 Zone non sensible  
 Zone sensible

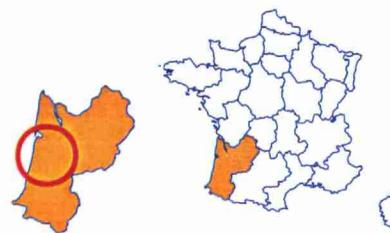
### Echelle



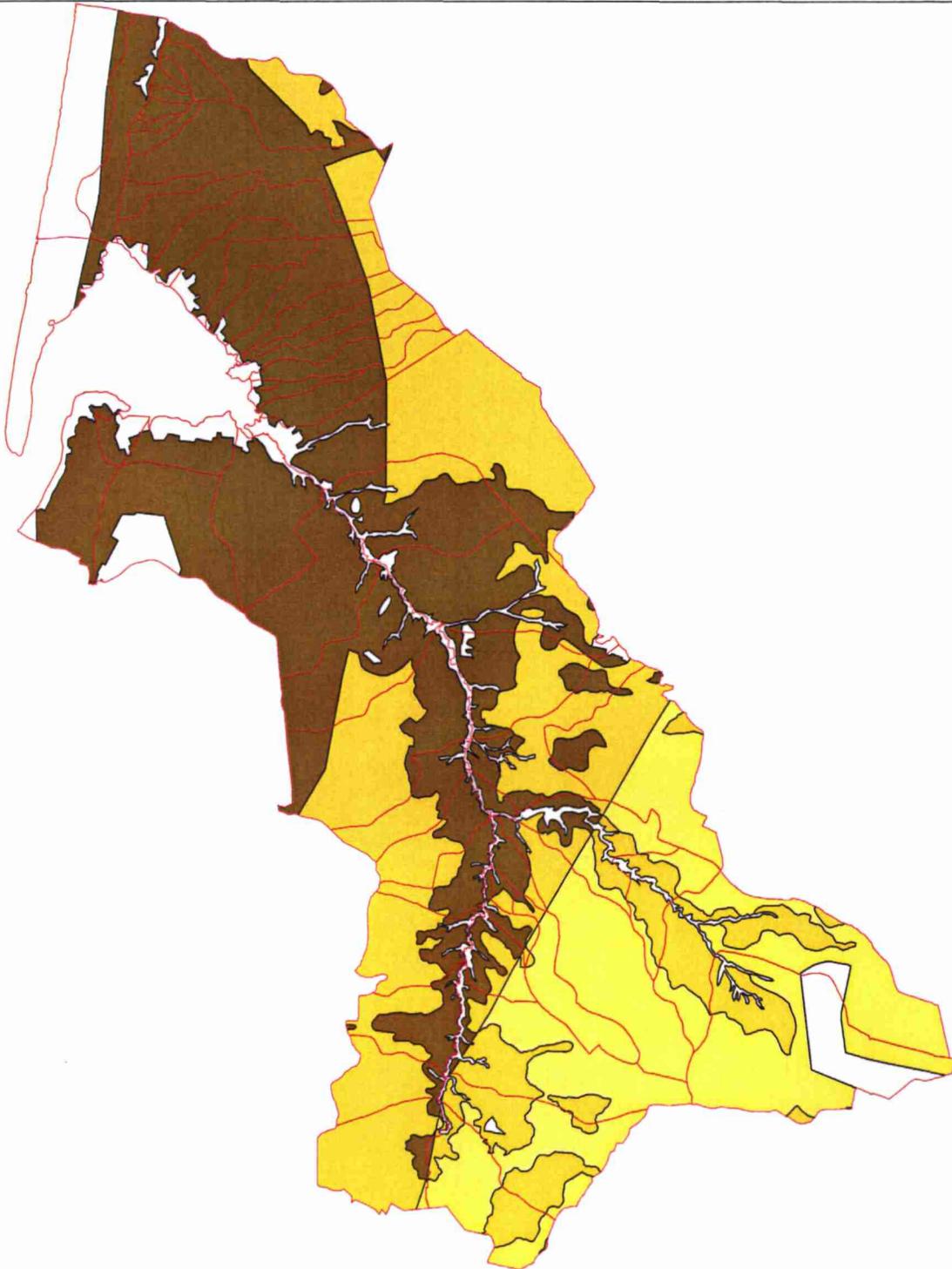
0 5 10 kilomètres

Projection Lambert II étendu

### Localisation



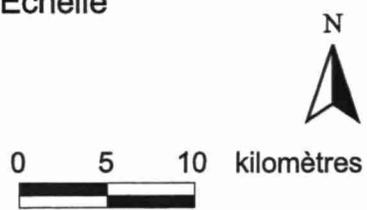
Annexe n°23  
SENSIBILITE A L'EROSION EOLIENNE



Légende

-  Limites des unités hydrologiques
-  Zone non sensible
-  Zone sensible
-  Zone très sensible
-  Zone très sensible

Echelle

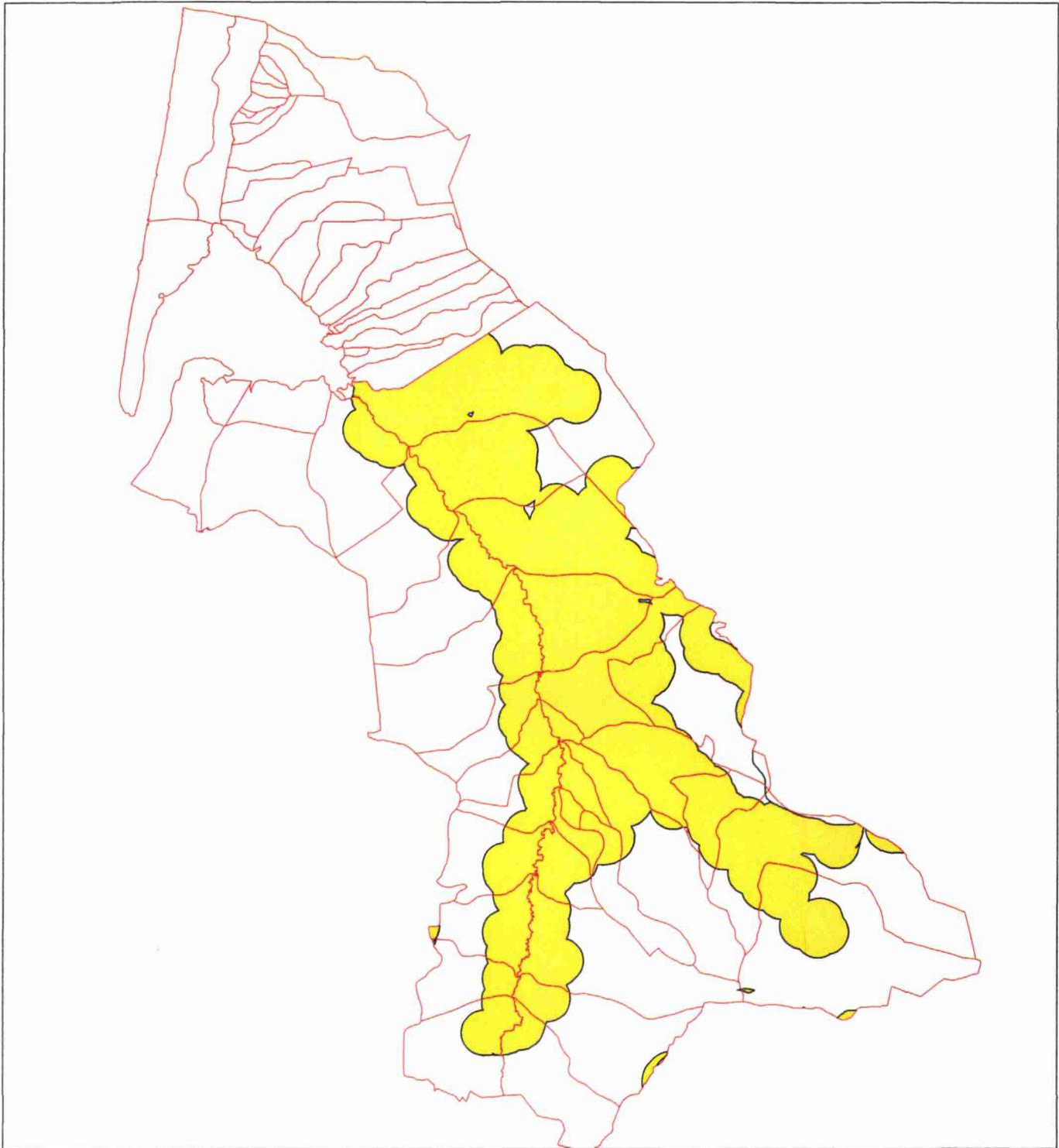


Projection Lambert II étendu

Localisation



Annexe n°24  
ZONES D'EROSION REGRESSIVE



**Légende**

-  Limites des unités hydrographiques
-  Zones d'érosion régressive

**Echelle**

0 5 10 kilomètres



**Projection Lambert II étendu**



**Localisation**

