



Département de la Loire Atlantique
Entente pour le Développement de l'Erdre Navigable

Etude sur les apports endogènes et exogènes
en azote et phosphore dans l'Erdre
(lot 1)



Rapport

E 02102 – version 05- Avril 2004



11 boulevard Pershing
75858 Paris Cedex 17
Téléphone : (1) 45 72 97 60
Télécopie : (1) 45 72 97 63
E.Mail : setude@setude.com

Entente pour le Développement de l'Erdre Navigable

Etude globale des cyanobactéries dans l'Erdre

Client : Syndicat Mixte de l'EDEN
Interlocuteurs : Mme CORMERAIS
Contrat : Lettre de notification du marché daté du 30/09/02
Validation qualité :

Etape	Nom	Date	Signature
Réalisé par	Sébastien JEANTILS	26 Avril 2004	
Vérifié par	Sophie PINOT	26 Avril 2004	
Approuvé par	Yves URVOY	26 Avril 2004	

Evolutions du document :

Version	Nombre de pages	Date	Type de document	Principales modifications
01	200	Avril 2003	provisoire	-
02	250	Juin 2003	provisoire	Intégration des remarques du comité scientifique
03	250	Juillet 2003	définitif	Intégration des remarques de l'EDEN
04	250	Février 2004	définitif	Intégration des remarques de la chambre de l'agriculture
05	250	Avril 2004	définitif	Intégration des remarques de la chambre de l'agriculture

Diffusion :

M. DANTEC, EDEN

M^{me} CORMERAIS, EDEN

Synthèse

L'Erdre, souvent appelée la plus belle rivière de France, a de tout temps été pour Nantes et ses environs un atout majeur ; elle constitue un réel attrait tant au niveau du plan d'eau que de la qualité des habitats riverains. Depuis l'été 2001, les teneurs en cyanobactéries ont franchi les seuils préconisés par l'Organisation Mondiale de la Santé ce qui a entraîné l'interdiction temporaire puis la limitation des activités nautiques sur ce plan d'eau.

Face à ce problème de santé publique et souhaitant conserver à la rivière son caractère de base de sports et de loisirs, fondamental pour l'agglomération Nantaise et ses environs, le Syndicat Mixte de l'Entente pour le Développement de l'Erdre Navigable a décidé de lancer une étude approfondie à caractère technique et scientifique sur les cyanobactéries pour mieux comprendre les mécanismes d'apparition et de développement et trouver les moyens de les combattre.

L'étude s'articule autour de trois axes :

- Lot 1 : Etude des apports endogènes et exogènes (phosphore et azote) ;
- Lot 2 : Etude sur le développement des cyanobactéries ;
- Lot 3 : Etude des toxines liées aux cyanobactéries.

L'objet du présent rapport est de présenter les résultats du lot 1, concernant l'étude des apports endogènes et exogènes en azote et en phosphore dans l'Erdre. L'objectif principal est de réaliser une cartographie précise de l'état de la rivière concernant :

- la quantification des différents apports en éléments nutritifs arrivant par le bassin versant ;
- l'évaluation des stocks en phosphore et azote dans la masse d'eau ;
- la caractérisation du fonctionnement hydraulique et de l'envasement.

*

* *

Le recueil de données auprès des communes et des différents services concernés par l'étude et l'analyse bibliographique des études antérieures ont été exploitées afin de connaître les différentes caractéristiques du bassin versant et de la rivière Erdre. Les informations ont été regroupées de manière à appréhender le poids des activités humaines sur l'ensemble du bassin versant, puis les spécificités de la rivière Erdre sur le plan hydraulique et qualitatif. Ensuite, un bilan des flux transités a été réalisé en mettant en relation les sources émettrices et le milieu récepteur ainsi qu'un point sur les actions d'amélioration sur la qualité des eaux déjà engagées.

Le bassin versant de l'Erdre comprend 53 communes réparties sur les départements de Maine et Loire et de la Loire Atlantique sur une surface de 97 492 ha. Il compte 219 000 habitants inégalement répartis ; les communes les plus importantes sont situées en périphérie de Nantes, sur l'aval de la rivière.

Le bassin versant est à dominante agricole, il a comme principale activité l'élevage. Le cheptel global sur le bassin représente l'équivalent de 65 000 UGB, soit une pression phosphorée de 40 kg de phosphore (P_2O_5) par hectare de Surface Agricole Utile, et 78 kg d'azote par hectare de SAU. De

manière globale, le bilan phosphoré et azoté sur les cultures du bassin laisse voir un excédent d'approximativement 25 kg de phosphore (P_2O_5) par hectare et 45 kg d'azote par hectare.

L'évolution récente des productions agricoles a principalement consisté en une diminution de l'élevage bovin au profit des élevages de volailles et de porcins. Ceci s'accompagne d'une légère baisse de la pression phosphorée et azotée (moins de 10 % depuis 1980). D'une manière générale, la fertilisation minérale décroît avec la mise en application des pratiques raisonnées, et le nombre d'élevages équipés pour un stockage conforme des effluents augmente.

Sur les communes assainies par une station d'épuration rejetant sur le bassin versant, 65 % de la population est raccordée au réseau. Le parc de stations d'épuration représente une capacité nominale de 49 525 équivalent habitants ; il est vieillissant mais en phase de renouvellement. En effet, des actions sont entreprises par les collectivités afin de rénover et de mettre aux normes les stations d'épuration.

Seules 15 % des stations d'épurations traitent le phosphore bien que l'Erdre soit classée en zone sensible. Le rejet journalier en phosphore des stations d'épuration du bassin versant représente 25 kg/j de P, soit 4 550 kg P par été ou par hiver.

La population non raccordée à un système d'assainissement collectif représente 35 % de la population des communes rejetant sur le bassin versant. Elle correspond à un rejet journalier de phosphore dans le milieu naturel de 27 kg/j.

75 % de cette population (soit 25 % de la population des communes rejetant sur le bassin versant) devrait être raccordée à un système d'assainissement collectif. En effet les taux de raccordement des différentes stations d'épuration du bassin versant sont faibles et varient en moyenne de 45 à 65 %.

En terme de flux de phosphore, les mauvais raccordements représentent 19 kg/j de phosphore au milieu naturel.

Les débordements de temps de pluie sur les déversoirs d'orage ou les by-pass des postes de refoulement ont lieu principalement sur la partie aval de l'Erdre navigable. En 2000-2001, les volumes d'eau déversés dans l'Erdre en été sont de 500 000 m³, soit un flux de phosphore estimé à 300 kg, et de 1 800 000 m³ pour l'hiver, soit 1 000 kg de phosphore. Les eaux déversées sont des eaux usées (eaux brutes) diluées par les eaux de ruissellement.

En dehors des zones d'assainissement collectif, les installations individuelles de traitement des eaux usées fonctionnent dans des conditions d'efficacité très variables. Les flux restitués au milieu naturel issus de l'assainissement non collectif proprement dit sont estimés à 8 kg/j de phosphore.

Ce type d'assainissement est localisé principalement dans les zones rurales où l'habitat est dispersé. A ce jour, des contrôles sont réalisés uniquement sur les nouvelles installations ; aucun contrôle n'est effectué sur les installations existantes. La mise en place des Services Publics d'Assainissement Non Collectif à partir de 2005 devrait à terme permettre une meilleure connaissance de la problématique et le développement de stratégie d'amélioration.

La pression industrielle est peu importante ; il existe plusieurs zones artisanales mais peu de zones industrielles hormis la commune de Saint-Mars-la-Jaille et les communes situées sur la périphérie de Nantes. L'ensemble des rejets polluants des industriels présents sur le bassin versant, est raccordé aux stations d'épuration communales afin d'être traité.

*

* *

Le cours d'eau de l'Erdre long d'environ 70 km est un affluent de rive droite de la Loire. La physionomie du cours d'eau évolue fortement d'amont en aval. En amont de Nort-sur-Erdre, l'Erdre se présente comme un cours d'eau classique en régime fluvial marqué. A l'aval de Nort-sur-Erdre, il prend l'allure d'un grand plan d'eau dont le niveau est principalement établi par des ouvrages de régulation implantés à Saint Félix. Par ailleurs, l'Erdre est alimentée par de nombreux affluents comme le Cens, le Gesvres, l'Hocmard et le canal de Nantes à Brest.

Les simulations hydrauliques montrent des vitesses très faibles la majeure partie du temps ; les secteurs où les vitesses sont les plus fortes sont très localisés sur quelques singularités. Elles indiquent aussi un fort temps de transfert amont aval des eaux de l'Erdre navigable sur la base du débit moyen annuel.

Par ailleurs, l'analyse sédimentologique confirme que les vases de fond ne peuvent être remises en suspension. Le rôle important du passage des bateaux dans la remise en suspension est limité au chenal et concerne, en principe, des vases appauvries en nutriments.

L'Erdre n'est pas dans un état de dégradation aussi alarmant que d'autres cours d'eau bretons ; elle est classée par le SEQ'EAU en qualité bonne (1B) pour la majorité des paramètres et en qualité moyenne (2) pour la chlorophylle. Le rapport azote et phosphore montre une prédominance de l'azote en période hivernale, correspondant aux périodes de ruissellement et lessivage des terrains agricoles et une dominance prononcée du phosphore en période estivale au niveau du bassin malakoff. La prévalence du phosphore ne se retrouve pas au niveau de Nort-sur-Erdre. L'évolution des concentrations d'azote et de phosphore sur 10 ans n'est pas significative, la tendance semble être stationnaire.

*

* *

Afin de caractériser les grandes zones d'apport, le bassin versant a été découpé en 6 sous bassins versants :

- l'Erdre, de sa source à Bonnœuvre ;
- de Bonnœuvre à Vault ;
- l'amont de l'Erdre navigable ;
- le canal de Nantes à Brest et les marais de Mazerolles ;
- l'Hocmard et le Charbonneau ;
- l'agglomération nantaise.

Le calcul des flux est basé sur un bilan entre les flux présents dans la rivière et les flux entrants.

Le tableau ci-dessous, ainsi que la carte jointe, synthétisent les résultats obtenus.

Sous-bassin	Assainissement		Espace rural	
	Flux en phosphore en Equivalents - habitants	Flux en azote en Equivalents - habitants	Flux en phosphore en Equivalents-habitants	Flux en azote en Equivalents-habitants
De la source à Bonnœuvre	3 078	2094	10 000	98 484
De Bonnœuvre à Vault	1 421	1127	4 658	47 050
Nort-sur-Erdre	2 892	2217	2 123	24 201
Marais de Mazerolles, Canal de Nantes à Brest	1 724	1863	2 603	30 868
Hocmard et Charbonneau	996	894	1 438	18 137
Agglomération Nantaise	2 961	2729	2 534	30 356
Total	12 897	10 924	23 356	249 096

Sur l'ensemble de la partie amont, le flux de phosphore est majoritairement issu de l'espace rural. Cette zone est peu peuplée et les activités agricoles d'élevage y sont très développées.

Les parts du flux de phosphore issues de l'assainissement collectif et non collectif sont variables tout au long du bassin. L'importance de la population non raccordée, liée à des faibles taux de raccordement et au dispersément de l'habitat, entraîne un flux majoritaire non collectif sur la majeure partie du bassin. Sur le sous-bassin de l'amont de l'Erdre navigable, un flux collectif important, lié à la station de Ligné (en projet de remplacement pour 2004).

Les flux d'azote présents dans la rivière sont d'origine très majoritairement rurale sur l'ensemble du bassin. Une part des flux provient de fuites d'effluents au niveau des bâtiments d'élevage, bien qu'aucune quantification ne permette à l'heure actuelle de la distinguer de la part de pollution diffuse liée au ruissellement.

L'analyse saisonnière des flux de phosphore et d'azote montre que toute la période hivernale est largement dominée par les transferts issus de l'espace rural, liés aux fuites d'effluents d'élevages et aux précipitations importantes associées à un transfert rapide de l'eau. **Ces flux sont suffisants pour initier les phénomènes d'eutrophisation dans la rivière.**

Durant la période estivale, en l'absence de transferts diffus ruraux, les flux issus de l'assainissement deviennent prépondérants. Les flux présents à cette saison, alors que la rivière fonctionne comme un plan d'eau (écluse Saint Félix fermée) et que le débit est faible, représentent une **alimentation suffisante pour entretenir l'eutrophisation.**

En conclusion, l'analyse des flux polluants montre des flux annuels de l'ordre de 255 000 Equivalents – Habitants en azote et 36 000 Equivalents – Habitants en phosphore. L'azote provient à 96 % de transferts depuis les zones rurales du bassin ; les proportions pour le phosphore sont plus équilibrées : 65 % proviennent de transferts depuis les zones rurales, et 33 % de l'assainissement.

*

* *

Les quantités d'azote et de phosphore observées sont bien supérieures au bruit de fond de la rivière. Une véritable politique de réduction des apports en azote et en phosphore doit être engagée sur l'ensemble du bassin versant. La réduction de ces flux et ce, dès l'amont du bassin versant, est un impératif pour obtenir une amélioration nécessaire à l'évolution du milieu Erdre.

La tendance générale des flux d'azote et phosphore est actuellement à la baisse, avec des résultats encore insuffisants. Les mesures engagées aujourd'hui ou envisagées à court terme sur l'assainissement, rénovation des stations d'épuration, réhabilitation des réseaux, doivent être accompagnées d'actions poussées concernant l'assainissement non collectif et les dysfonctionnements des réseaux, et d'actions pour diminuer les flux d'origine rurale.

D'importantes améliorations peuvent également être apportées au niveau du réseau hydrographique, en particulier en amont du bassin versant. En effet, les travaux de drainage et de recalibrage des fossés effectués dans les années 1970 ont conduit à une diminution forte des temps de transfert, facilitant ainsi le passage des nutriments à la rivière, et augmentant également l'impact des crues.

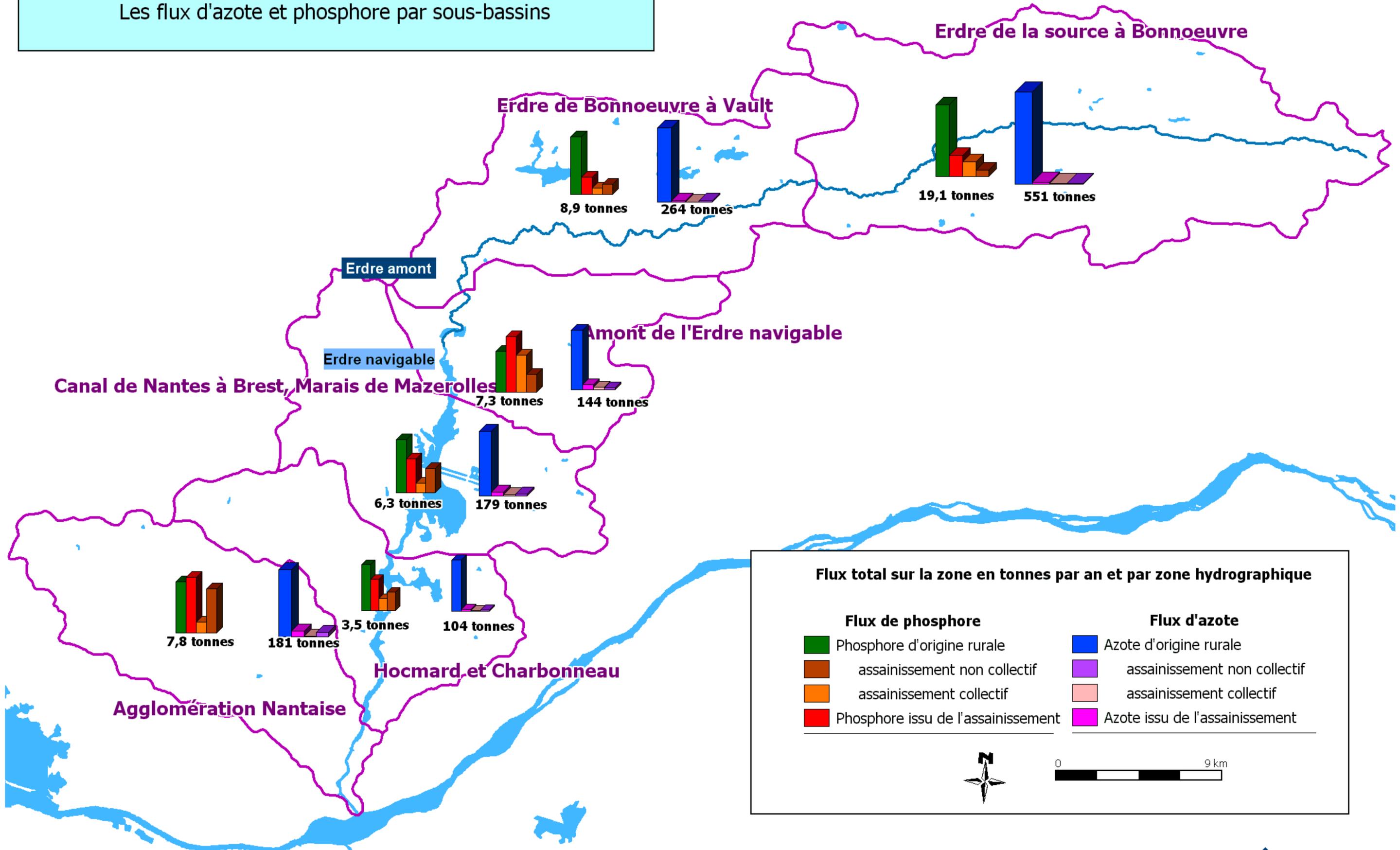
Par ailleurs, les observations sur l'état général de la rivière, même si elle est globalement de bonne qualité, indiquent des déséquilibres écologiques. S'il n'existe pas aujourd'hui de résultats exploitables permettant de le démontrer, les campagnes de mesures du lot 2 et 3 porteront une attention particulière à cette recherche.

Il conviendra par ailleurs de valider par les mesures le rôle réel des sources internes de nutriments pour la rivière (relargage par les sédiments principalement).

Au-delà des actions déjà engagées et qui doivent être poursuivies, il s'agit de penser un programme d'actions à entreprendre pour rétablir l'équilibre de l'Erdre. Ce programme pourrait s'articuler autour des 4 grands axes suivants :

- Réduire l'émission de nutriments ;
- Fixer les nutriments ;
- Rééquilibrer le milieu ;
- Entretien du milieu.

Enfin, la mise en parallèle des teneurs nutritives et des vitesses de circulation de l'eau permet d'avancer qu'au moins pendant la période estivale, l'Erdre fonctionne comme un système fermé à faible profondeur et doit être considérée sous la forme de sous systèmes plus ou moins connectés qu'il s'agit de détailler et d'analyser dans les campagnes complémentaires des lots 2 et 3, afin de mieux comprendre l'environnement dans lequel apparaissent et se développent les cyanobactéries.



Flux total sur la zone en tonnes par an et par zone hydrographique

Flux de phosphore			Flux d'azote		
	Phosphore d'origine rurale		Azote d'origine rurale		assainissement non collectif
	assainissement non collectif		assainissement collectif		assainissement collectif
	Phosphore issu de l'assainissement		Azote issu de l'assainissement		

0 9 km

SOMMAIRE

I	PRESENTATION GENERALE DU BASSIN VERSANT	11
1.	LOCALISATION DU BASSIN VERSANT	11
2.	DECOUPAGE EN SOUS BASSINS VERSANTS	12
3.	DESCRIPTION DES COMMUNES PRESENTES DANS LE BASSIN VERSANT	14
4.	OCCUPATION DU TERRITOIRE	22
5.	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET CLIMATIQUE	24
6.	PRESSION INDUSTRIELLE SUR LE BASSIN VERSANT DE L'ERDRE	28
6.1.	<i>Description du parc industriel sur le bassin versant de l'Erdre</i>	28
7.	ASSAINISSEMENT A L'ECHELLE DU BASSIN VERSANT DE L'ERDRE	32
7.1.	<i>Description du parc de stations d'épuration</i>	32
7.2.	<i>L'assainissement non collectif</i>	46
8.	L'AGRICULTURE SUR LE BASSIN VERSANT	48
8.1.	<i>Des productions végétales orientées vers la production fourragère</i>	48
8.2.	<i>L'élevage domine l'activité agricole</i>	50
8.3.	<i>Agriculture et pression phosphorée et azotée</i>	50
8.4.	<i>Evolution récente de l'agriculture</i>	56
II	L'ERDRE.....	60
1.	FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE L'ERDRE.....	60
1.1.	<i>Caractéristique de l'Erdre</i>	60
1.2.	<i>Historique de l'Erdre</i>	62
1.3.	<i>Règles de gestion et Fonctionnement hydraulique</i>	64
2.	EXPERTISE SEDIMENTOLOGIQUE DE L'ERDRE	76
2.1.	<i>Nature des fonds</i>	76
2.2.	<i>Evolution observée des fonds</i>	76
2.3.	<i>Effet des vitesses du courant</i>	80
2.4.	<i>Effet du vent</i>	80
2.5.	<i>Effet du passage des bateaux</i>	82
2.6.	<i>Conclusions</i>	84
3.	DESCRIPTION DU RESEAU DE MESURES DE LA QUALITE DES EAUX	85
3.1.	<i>Les points de mesures</i>	85
3.2.	<i>Les paramètres mesurés</i>	89
4.	EVOLUTION DE LA QUALITE DE L'ERDRE	90
4.1.	<i>Hydrogramme et concentrations</i>	90
4.2.	<i>Evolution de l'eutrophisation sur la dernière décennie</i>	91
4.3.	<i>L'azote et le phosphore</i>	94
4.4.	<i>Evolution de la qualité de l'Erdre sur les cinq dernières années</i>	95
4.5.	<i>Les cyanobactéries</i>	98
4.6.	<i>Conclusion</i>	104
5.	EVOLUTION DE LA QUALITE DES AFFLUENTS.....	105
5.1.	<i>Le canal de Nantes à Brest</i>	105
5.2.	<i>Le Grenouillis</i>	107
5.3.	<i>L'Hocmard amont et aval</i>	107
5.4.	<i>Le Charbonneau amont et aval</i>	108
5.5.	<i>Le Gesvres</i>	109
5.6.	<i>Le Cens</i>	109
5.7.	<i>Le réservoir de Vioreau</i>	110

6.	LES USAGES DE L'ERDRE	110
6.1.	<i>Les usages de loisirs et touristiques</i>	111
6.2.	<i>Les usages professionnels</i>	111
6.3.	<i>Les principales contraintes pour ces pratiques</i>	113

III ANALYSE DES FLUX 114

1.	LES FLUX PRESENTS DANS L'ERDRE	114
1.1.	<i>Méthodologie</i>	114
1.2.	<i>Les flux présents dans la rivière</i>	118
1.3.	<i>Bilan des flux transitant dans la rivière</i>	123
2.	LES FLUX ISSUS DE L'ASSAINISSEMENT	127
2.1	<i>Flux en azote et en phosphore restitués par l'assainissement collectif (données Satese)</i>	127
2.2.	<i>Flux en azote et en phosphore restitués par l'assainissement collectif répartis sur les sous-bassins</i> <i>131</i>	
2.3.	<i>L'assainissement non collectif</i>	134
3.	LES FLUX ISSUS DES INDUSTRIELS.....	136
4.	BILAN CORPEN SUR L'ESPACE RURAL	144
4.1.	<i>Méthodologie</i>	144
4.2.	<i>Les apports d'azote et phosphore sur le bassin</i>	149
5.	BILAN DES FLUX TRANSITANT DANS LA RIVIERE	158
5.1.	<i>Flux annuels</i>	158
5.2.	<i>Historique des flux estimés</i>	162
5.3.	<i>Saisonnalité des flux</i>	163

IV LES ACTIONS D'AMELIORATION DE LA QUALITE DES EAUX SUR LE BASSIN

VERSANT	166	
1.	ACTIONS CONCERNANT L'AGRICULTURE	166
1.1.	<i>Les pollutions rurales diffuses</i>	166
1.2.	<i>Les pollutions au niveau des bâtiments d'élevage</i>	167
2.	LA MISE EN PLACE DE PERIMETRES DE CAPTAGE	168
3.	ACTIONS CONCERNANT L'ASSAINISSEMENT	168
4.	ENTRETIEN DE LA RIVIERE ET LUTTE CONTRE LES INONDATIONS EN AMONT DU BASSIN	169
5.	ACTIONS SPECIFIQUES DE LA COMMUNAUTE URBAINE DE NANTES	169
5.1.	<i>Le programme NEPTUNE</i>	169
5.2.	<i>Reconquête des milieux naturels</i>	171
5.3.	<i>Etudes et travaux de la Direction de l'Assainissement concernant l'Erdre</i>	171

V LE PROGRAMME D'ACTION A ENGAGER AFIN DE RETABLIR L'EQUILIBRE DE L'ERDRE..... 175

La rivière Erdre est un des derniers affluents, en rive droite de la Loire, située dans le département de Loire - Atlantique et du Maine et Loire. Elle subit depuis de nombreuses années une eutrophisation très marquée, liée à des apports excessifs en sels minéraux nutritifs (azote , phosphore).

Afin de pouvoir déterminer les causes de l'eutrophisation de l'Erdre, il est nécessaire de connaître les caractéristiques de son bassin versant, du point de vue physique, et humain. Ces aspects font l'objet de la première partie du présent rapport.

I Présentation générale du bassin versant

Les différents facteurs susceptibles d'influencer les cycles biologiques de la rivière ont été passés en revue, en partant du contexte le plus global, pour aboutir aux facteurs les plus influents que sont les activités humaines.

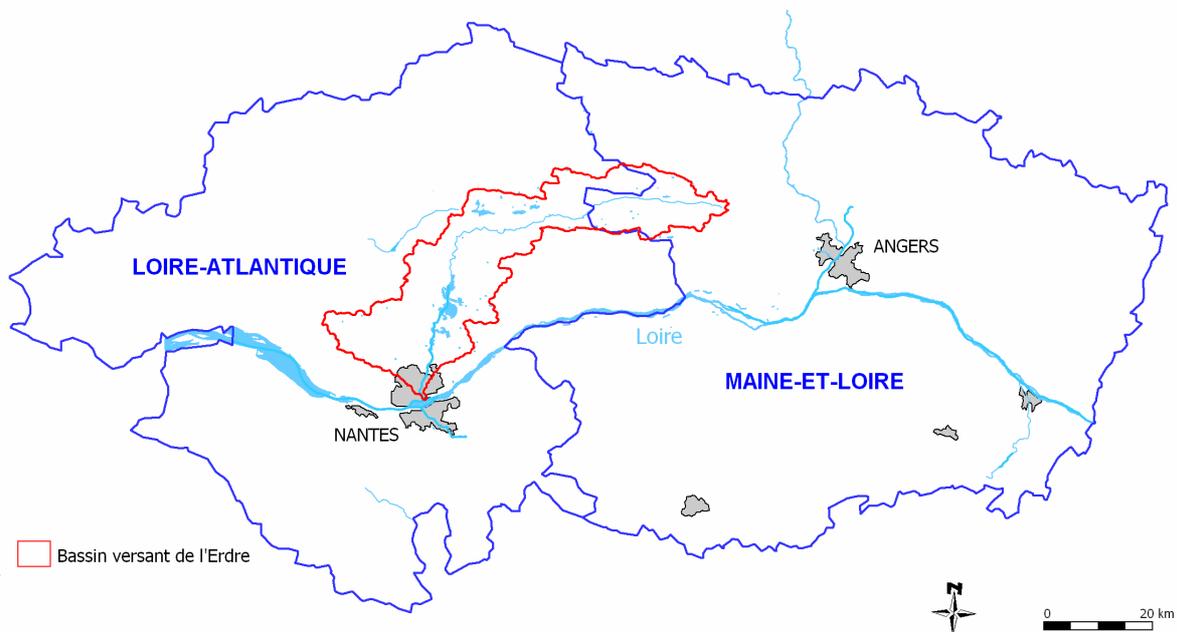
1. Localisation du bassin versant

Le bassin versant de l'Erdre s'intègre dans celui de la Loire. Situé au Nord de Nantes, il s'étend sur 97 492 ha à cheval sur deux départements : le Maine et Loire où l'Erdre prend sa source et la Loire Atlantique pour la majeure partie de son cours. L'exutoire du bassin se trouve dans la ville de Nantes où l'Erdre rejoint la Loire sur sa rive droite par l'intermédiaire de l'écluse Saint-Félix.

De forme allongée, le bassin versant suit une orientation Est-Ouest en amont puis Nord-Sud dans sa partie aval. Le chevelu total de cours d'eau sur le bassin versant est d'environ 830 km dont 360 km d'intermittents et 470 km de cours d'eau permanents.

Avec une altitude maximale de 90m dans la partie amont et une altitude minimale de 5m au niveau de la confluence, la pente moyenne sur le bassin versant est assez faible de l'ordre de 0,1%.

Le climat de la zone concernée est océanique avec une pluviométrie moyenne annuelle de 790 mm pour la ville de Nantes, entre 650 et 800 mm sur tout le département. Les étés sont donc souvent secs (pluviométrie de 40 à 50 mm par mois d'été) et les hivers relativement doux (40 jours de gelées par an) et humides.



2. Découpage en sous bassins versants

Afin de définir les grandes unités hydrauliques du bassin, les 6 grands ensembles hydrographiques définis par l'Agence de l'Eau ont été adoptés (Source : BD Carthage). Ces ensembles sont issus d'un découpage topographique, et ne correspondent donc pas exactement à des sous-bassins versants hydrologiques.

Ils permettent une première sectorisation du bassin dans l'attente de la définition d'autres zones répondant davantage aux besoins de l'étude.

La partie amont est constituée de 3 sous-bassins :

- le premier part de la source de l'Erdre jusqu'au ruisseau du Mandit. Il s'étend sur 7000 ha ;
- le suivant comprend le ruisseau du Mandit et ses affluents sur 10 000 ha ;
- le dernier amont correspond à la zone située entre le ruisseau du Mandit (non compris) et le Croissel sur une surface de 9600 ha.

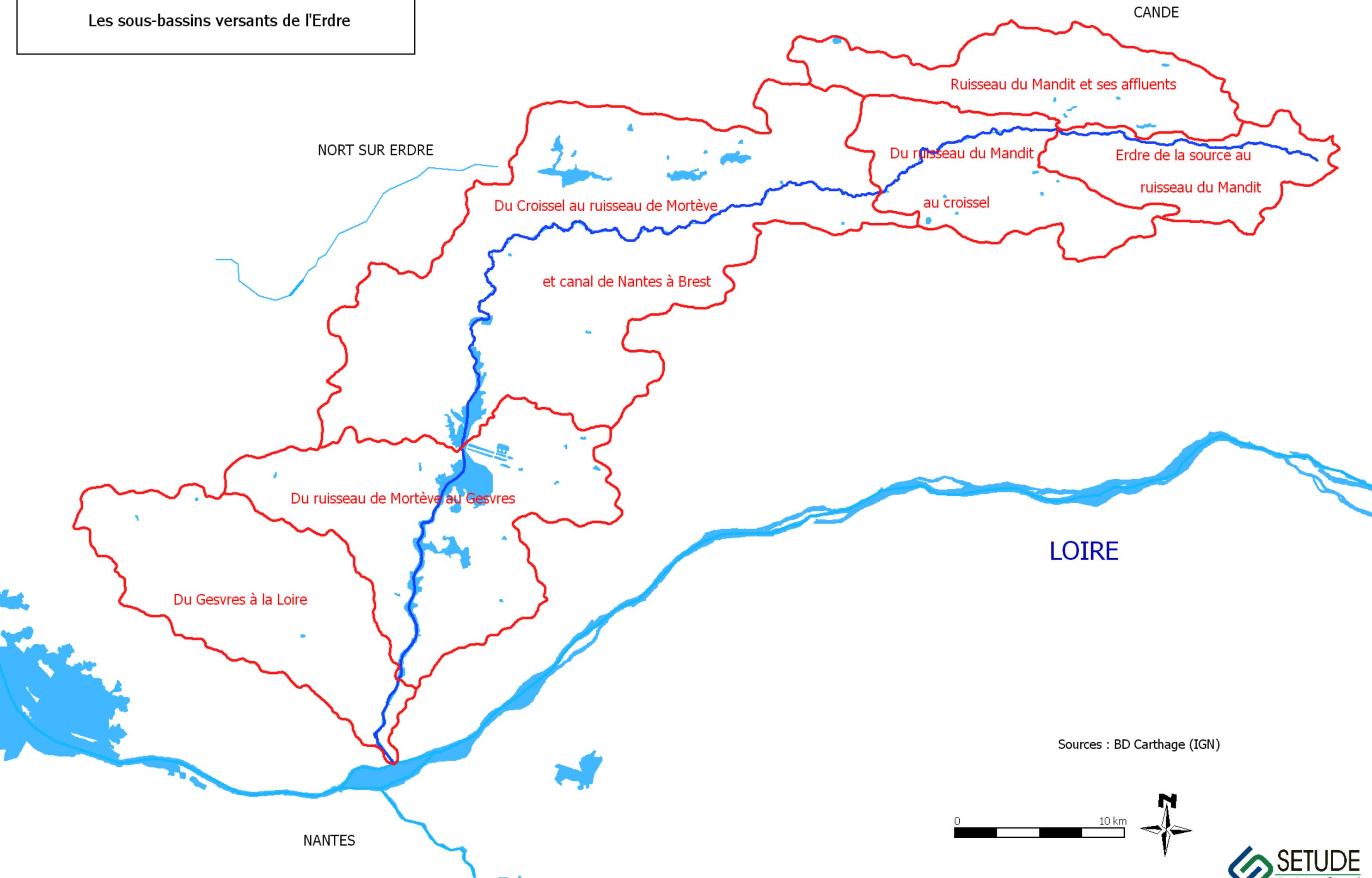
Un grand sous-bassin de 37 200 ha a été défini entre le Croissel et le ruisseau de Mortève comprenant également une partie du canal de Nantes à Brest. Il descend jusqu'à Casson.

Enfin, la partie aval est constituée de deux derniers sous-bassins :

- du ruisseau de Mortève au Gesvres, bassin qui s'étend sur 18 600 ha ;
- du Gesvres à la Loire, avec environ 15 000 ha.

La carte de la page suivante montre le découpage du bassin en grandes zones hydrographiques ainsi défini.

Les sous-bassins versants de l'Erdre



Sources : BD Carthage (IGN)



3. Description des communes présentes dans le bassin versant

Au découpage hydrographique se superpose le découpage administratif en communes et cantons qui a permis de quantifier les différentes activités et leurs effets sur la rivière.

L'ensemble du bassin versant de l'Erdre comprend 53 communes réparties sur une surface totale de 97 492 ha. Il est composé de 10 communes localisées sur le département du Maine et Loire et 43 communes situées dans le département de Loire- Atlantique.

Les 10 communes du Maine et Loire représentent 19 251 ha soit 20 % de la superficie totale du bassin versant de l'Erdre.

Nom de la commune	Surface de la commune (ha)	Part de la commune comprise dans le bassin versant	Surface de la commune comprise dans le bassin versant (ha)
ANGRIE	4104	96,5%	3955
CANDE	487	100%	488
CHALLAIN LA POTHERIE	4850	11%	538
CHAZE SUR ARGOS	3164	1%	19
LA CORNUAILLE	4439	85,6%	3809
FREIGNE	6547	97,5%	6385
LOIRE	3442	2%	68
LE LOUROUX-BECONNAIS	6619	46.8%	3100
LA POUËZE	2263	12%	288
VERN – D'ANJOU	3734	16%	600
Surface totale des communes de Maine et Loire comprises dans le bassin versant (ha)			19 251

Source :IGN

La part des communes de Chazé-sur-Argos, de Loiré, comprise sur l'ensemble du bassin versant est faible, elle est inférieure à 5 % de la surface de la commune.

Sur le département de Loire Atlantique, les 43 communes ont une superficie totale de 194 940 ha dont 78 240 ha sont compris dans le bassin versant.

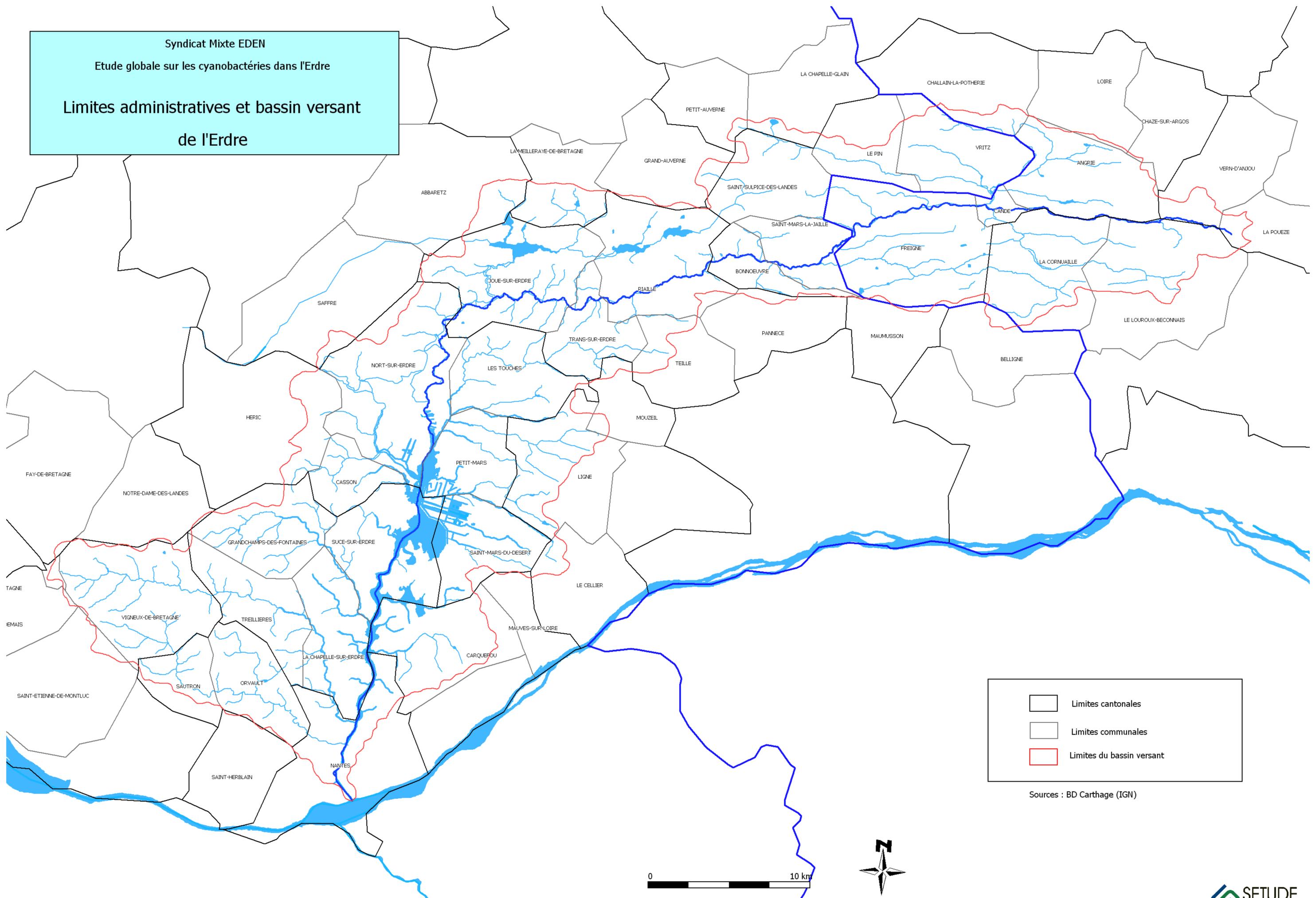
Nom de la commune	Surface de la commune (ha)	Part de la commune comprise dans le bassin versant (%)	Surface de la commune comprise dans le bassin versant (ha)
ABBARETZ	6 213	12	726
BELLIGNE	3 320	5	166
BONNOEUVRE	1 562	97	1 511
CARQUEFOU	4 333	76	3 285
CASSON	1 618	98	1 589
LE CELLIER	3 573	10	362
LA CHAPELLE-GLAIN	3 485	10	363
LA CHAPELLE-SUR-ERDRE	3 342	99	3 302
CORDEMAIS	3 726	1	28
FAY-DE-BRETAGNE	6 492	1	45
GRAND-AUVERNE	3 475	11	378
GRANDCHAMPS-DES-FONTAINES	3 409	89	3 047
HERIC	7 472	19	1 411
JOUE-SUR-ERDRE	5 534	95	5 258
LIGNE	4 556	59	2 690
MAUMUSSON	2 478	3	67
MAUVES-SUR-LOIRE	1 442	2	25
LA MEILLERAYE-DE-BRETAGNE	2 808	45	1 253
MOUZEIL	1 883	17	319
NANTES	6 593	38	2 522
NORT-SUR-ERDRE	6 704	95	6 368
NOTRE-DAME-DES-LANDES	3 764	1	45

Nom de la commune	Surface de la commune (ha)	Part de la commune comprise dans le bassin versant (%)	Surface de la commune comprise dans le bassin versant (ha)
ORVAULT	2 779	99	2 738
PANNECE	3 062	6	185
PETIT-AUVERNE	2 274	4	100
PETIT-MARS	2 631	99	2 606
LE PIN	2 492	53	1 314
RIAILLE	5 069	97	4 896
SAFFRE	5 873	4.5	227
SAINT-ETIENNE-DE-MONTLUC	5 749	3.5	197
SAINT-HERBLAIN	3 005	1	15
SAINT-MARS-DU-DESERT	3 052	96	2 923
SAINT-MARS-LA-JAILLE	2 017	100	2 026
SAINT-SULPICE-DES-LANDES	3 132	97	3 042
SAUTRON	1 773	67	1 194
SUCE-SUR-ERDRE	4 155	100	4 181
TEILLE	2 911	28	804
LE TEMPLE-DE-BRETAGNE	171	52	89
LES TOUCHES	3 532	97	3 443
TRANS-SUR-ERDRE	2 290	100	2 318
TREILLIERES	2 917	100	2 927
VIGNEUX-DE-BRETAGNE	5 296	97	5 139
VRITZ	3318	94	3 111
Surface totale des communes de Loire Atlantique comprises dans le bassin versant (ha)			78 240

Source : IGN

La carte de la page suivante présente le bassin versant de l'Erdre et les unités administratives qu'il regroupe.

Syndicat Mixte EDEN
Etude globale sur les cyanobactéries dans l'Erdre
Limites administratives et bassin versant
de l'Erdre



Legend:

- Limites cantonales
- Limites communales
- Limites du bassin versant

Sources : BD Carthage (IGN)

Les principales communes ont été visitées et enquêtées afin de recueillir des informations sur :

- ❖ les caractéristiques de la commune (population, perspective d'évolution, ...)
- ❖ le paysage ;
- ❖ l'usage de l'eau ;
- ❖ la pollution ;
- ❖ les activités humaines.

Une synthèse par thème est présentée ci-dessous ; des fiches par communes ont été réalisées, elles sont présentées en annexe 3.

❖ Population

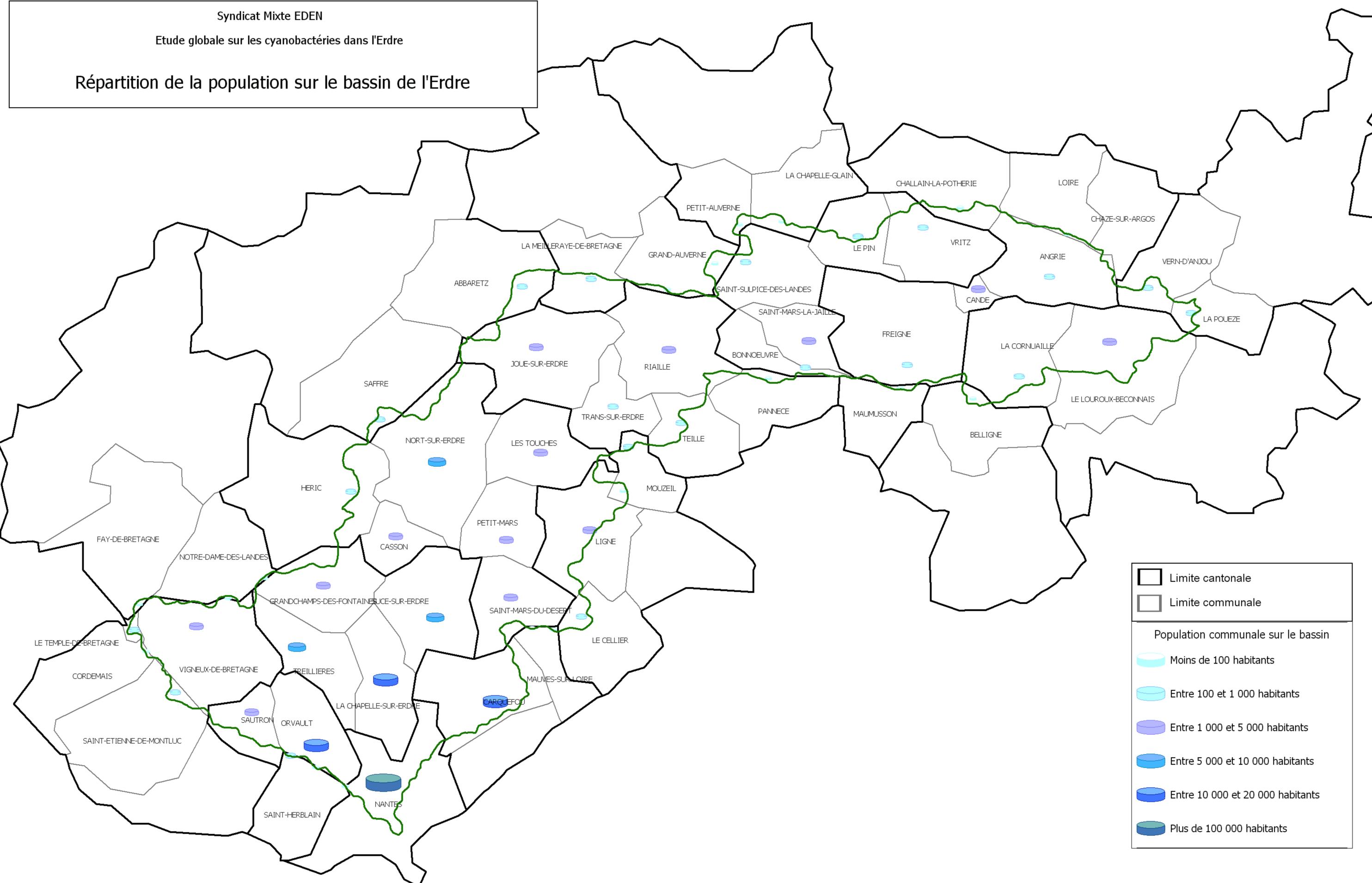
La population totale du bassin versant est égale à environ 219 000 habitants. Elle est inégalement répartie ; les communes les plus importantes sont situées en périphérie de Nantes. Les communes de la Chapelle sur Erdre et de Carquefou dépassent les 10 000 habitants ; Sucé sur Erdre, Treillières et Nort-sur-Erdre avoisinent les 6 000 habitants.

Globalement le bassin versant est peu peuplé avec une moyenne de 665 habitants par commune. La part de la population située dans le département du Maine et Loire est faible, avec un pôle démographique de 6 550 habitants à Candé. En Loire-Atlantique, un autre pôle démographique, en plus de la région nantaise, se situe à Saint-Mars-la-Jaille.

D'une manière générale, les communes situées en amont du bassin de l'Erdre ont vu leur population stagner voir diminuer entre les deux recensements de 1990 – 1999. En revanche, l'agglomération Nantaise a subi une croissance importante, notamment les communes de Treillières (3,28 %), de Grandschamps-des-Fontaines (3,86 %), de Carquefou (1,99 %) et d'Héric (1,86 %).

La carte de la page suivante présente la répartition de la population sur le bassin versant de l'Erdre.

Répartition de la population sur le bassin de l'Erdre



	Limite cantonale
	Limite communale
Population communale sur le bassin	
	Moins de 100 habitants
	Entre 100 et 1 000 habitants
	Entre 1 000 et 5 000 habitants
	Entre 5 000 et 10 000 habitants
	Entre 10 000 et 20 000 habitants
	Plus de 100 000 habitants



Sources : BD Carthage, Route 120 (IGN)

❖ Paysage

De nombreux étangs et plans d'eau sont présents sur les communes du bassin versant. La commune de la Cornuaille possède plus de 70 ha d'étangs. D'autres points importants sont aussi situés à Joué-sur-Erdre pour le réservoir de Vioreau, à Riaillé pour les étangs de la Poitevinière et la Provostière.

Sur la partie aval de l'Erdre, se trouvent les marais de Petit Mars, les marais de Saint-Mars-du-Désert et la tourbière de Logné.

Le bassin versant compte de nombreux petits bois épars ; les principaux bois et forêts sont situés sur la partie amont du bassin versant. On trouve la forêt de Vioreau à Joué-sur-Erdre, la forêt d'Ancenis à Riaillé, la forêt de Saint-Mars-la-Jaille.

Les communes de Saint-Mars-la-Jaille, Petit-Mars, Riaillé connaissent des problèmes d'inondations en période de crue ainsi que la commune de Joué-sur-Erdre lors des crues de période de retour supérieure à 25 ans.

❖ Pollution

Les communes présentes sur le bassin versant possèdent pour la plupart un système d'assainissement collectif pour les zones agglomérées et des systèmes d'assainissement non collectif pour les zones rurales. Ainsi, environ 68% de la population du bassin versant est connectée à un réseau d'assainissement et est reliée à une station d'épuration. Le bassin versant de l'Erdre compte 30 installations de traitement avec principalement des systèmes de boues activées, de lagunage ou de filtre à sable.

Les eaux pluviales sont collectées par de nombreux fossés.

❖ Usage de l'Eau

Sur l'ensemble du bassin versant, l'eau potable est gérée principalement par 4 syndicats :

- le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de Segréen ;
- le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable d'Ancenis ;
- le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de Nort-sur-Erdre ;
- la Direction de l'Eau de la Communauté Urbaine de Nantes.

Le SIAEP du Segréen alimente les communes d'Angrie, de Candé, Loiré à partir de captages principalement situés sur la commune de Vritz.

Le SIAEP d'Ancenis alimente les communes de la Cornuaille, le Pin, Saint-Sulpice-des-Landes, Saint-Mars-la-Jaille, Bonnœuvre, Pannecé, Mouzeil, Riailé, Vritz à partir principalement d'une prise de l'eau de la Loire et de l'eau du captage de Saint-Sulpice-des-Landes.

Le SIAEP de Nort-sur-Erdre alimente les communes de Ligné, Saint-Mars-du-Désert, Trans-sur-Erdre, Joué-sur-Erdre, Abbaretz, Saffré, Nort-sur-Erdre, Les Touches, Petit-Mars, Saint-Mars-du-Désert, Sucé-sur-Erdre, la Chapelle-sur-Erdre (uniquement l'extrême nord de la commune), Grandchamps-des-Fontaines, Notre-Dame-des-Landes, Héric. Il alimente ces communes en eau potable par les captages du Plessis-Pas-Brunet et le captage de Saffré. Un troisième captage est en cours d'étude (projet DUO en cours) dans les plaines de Mazerolles.

Les communes de Carquefou (sauf extrême nord de la commune), de Nantes, d'Orvault sont alimentées à partir d'une prise d'eau dans la Loire située à Mauves-sur-Loire en amont de la ville de Nantes.

Les captages présents sur le bassin versant de l'Erdre notamment le captage du Plessis-Pas-Brunet à Nort-sur-Erdre, les captages de Vritz, le captage de Freigné, connaissent des problèmes de pollution par des nitrates et par l'atrazine ou la simazine. Le SIAEP de Nort-sur-Erdre a engagé avec les agriculteurs, les collectivités et les particuliers un contrat de nappe pour stopper la dégradation de la nappe et reconquérir la qualité de l'eau.

❖ Les activités humaines

Les communes du bassin versant sont dans l'ensemble très rurales et tournées vers l'agriculture. Il existe plusieurs zones artisanales mais peu de zones industrielles hormis sur Saint-Mars-la-Jaille et les communes situées sur la périphérie de Nantes. Le tourisme et les activités de loisirs constituent aussi un autre pôle économique pour les communes riveraines de l'Erdre. En effet, de nombreuses activités de loisirs sont proposées comme les activités nautiques, de pêche et de randonnée.

Il ressort de ces aspects un découpage du bassin versant en plusieurs unités paysagères et humaines, d'amont en aval ; après ce passage en revue des aspects paysagers et des différentes activités du bassin versant, les influences environnementales de ces éléments seront étudiées.

4. Occupation du territoire

L'approche par commune est nécessaire pour recenser les différentes activités du bassin. Elle peut être complétée par une approche cartographique des aspects occupation du sol.

Le bassin de l'Erdre est un bassin dominé par l'agriculture. Environ 62 % de la superficie est occupée par des activités agricoles, avec une part importante de zones naturelles imbriquées dans les terres agricoles. Les forêts n'occupent que 5,5 % de la surface du bassin, et sont concentrées autour des réservoirs d'alimentation du canal.

La zone située entre Nort-sur-Erdre et Riaillé comporte d'importantes surfaces en cultures annuelles, tandis que l'amont du bassin est dominé par les prairies.

D'importants espaces verts émaillent l'agglomération nantaise, en particulier le long des cours d'eau (Erdre, Gesvres et Cens).

Le tableau suivant présente la synthèse des différentes surfaces d'occupation du sol présentes sur le bassin. Le tableau détaillé par commune des surfaces issues de l'IFEN est en annexe 4.

Type d'occupation	Surface en ha	Pourcentage sur le bassin
Zones artificialisées	5 124	5,2%
Espaces verts urbains	1 316	1,3%
SAU hors prairies	26 520	27,1%
Prairies	34 277	35,1%
Cultures permanentes	524	0,5%
Forêt	5 339	5,5%
Landes et broussailles	21 850	22,3%
Zones humides	1 702	1,7%
Surfaces en eau	1 118	1,1%
Total	97 769 ha	100 %

Sources : IFEN, Corine Land Cover ; AGRESTE, Recensement Agricole 2000

La carte de la page suivante présente les principales unités d'occupation du sol sur le bassin versant.

Syndicat Mixte EDEN
 Etude globale des cyanobactéries dans l'Erdre
 Occupation du sol sur le bassin versant

Erdre de la source à Bonnoeuvre

Erdre de Bonnoeuvre à Vault

Canal de Nantes à Brest, Marais de Mazerolles

Amont de l'Erdre navigable

Loire

Hocmard et Charbonneau

Agglomération Nantaise

NANTES

Occupation sol CLC

- Tissu urbain continu
- Tissu urbain discontinu
- Autres espaces artificialisés
- Espaces verts, campings
- Terres arables
- Prairies
- Cultures permanentes
- Zones agricoles hétérogènes
- Forêt
- Landes et broussailles
- Zones humides
- Surfaces en eau

Sources : BD Carthage (IGN)
 Corine Land Cover (IFEN)



5. Contexte géologique et climatique

- **Géologie**

La géologie du bassin versant est constituée de deux ensembles principaux :

- le premier est le plus étendu : terrains métamorphiques des versants de la vallée ;
- le second : terrains sédimentaires récents qui recouvrent les plateaux, les pentes et les lits fluviaux.

On distingue la partie amont jusqu'à Nort-sur-Erdre où l'Erdre s'écoule selon un axe Est-Ouest sur des terrains schisteux. Ces schistes sont tendres et fissiles, ils donnent par altération des argiles et des sols hydromorphes. L'action de l'érosion et du lessivage sur ces terrains de la vallée constitue une source importante de sédiments fins, limons et argiles.

Dans la partie aval, l'Erdre coule vers la Loire suivant une direction Nord-Sud sur des terrains métamorphiques plus résistants.

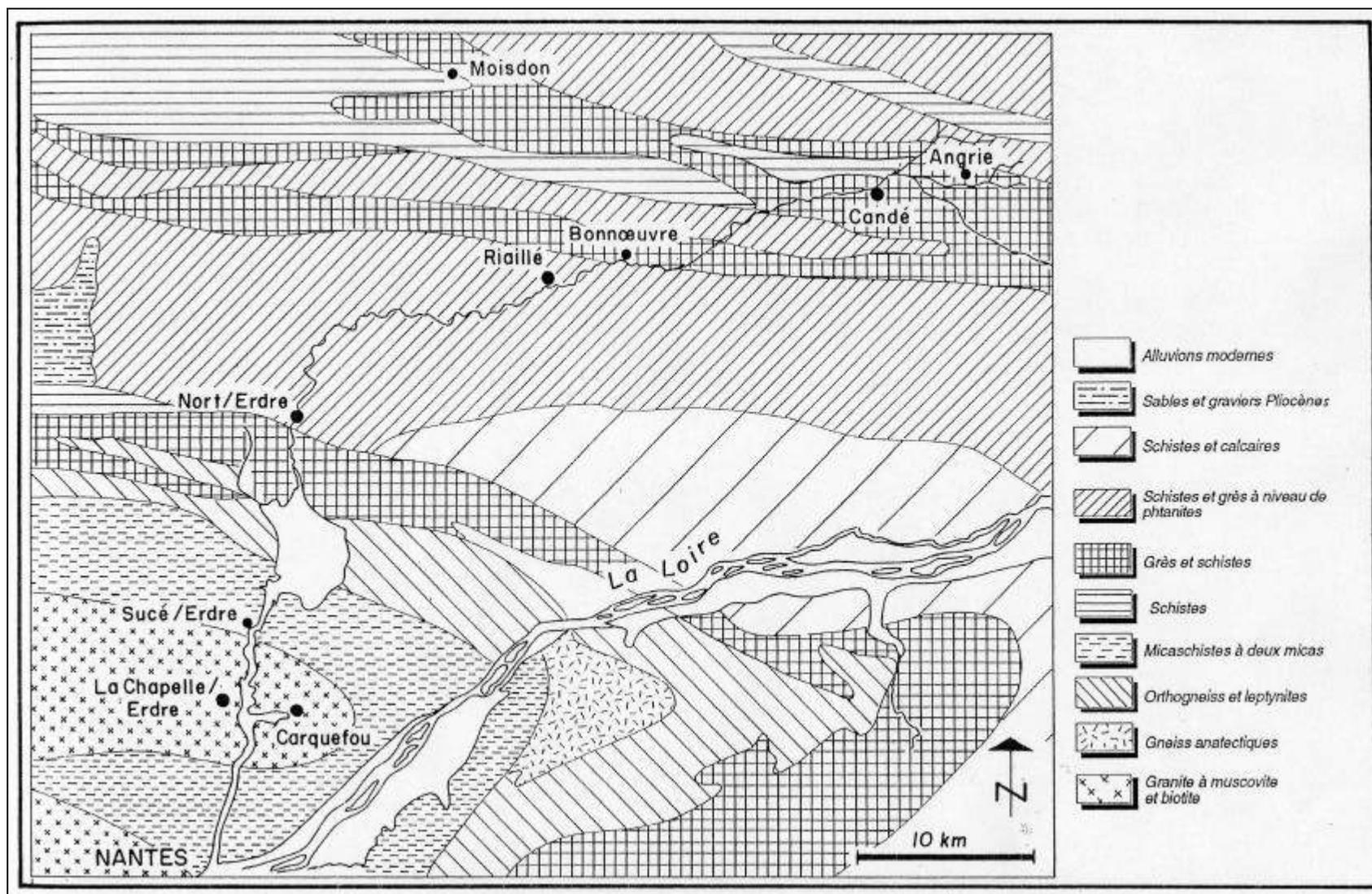
Ces caractéristiques géologiques permettent d'expliquer celles du réseau hydrographique. Sur la partie amont, la géologie est dominée par des terrains schisteux où l'eau s'infiltrerait facilement ce qui amène à des ruisseaux majoritairement secs en été. En revanche, sur la partie aval constituée de granit et de micaschiste, les ruisseaux sont généralement pérennes.

- **Sols**

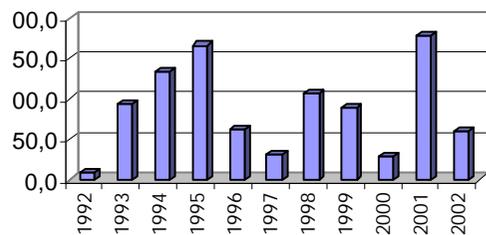
Les sols cultivés du département de Loire atlantique sont majoritairement des sols bruns limoneux à limono-sableux, plus ou moins lessivés et peu profonds (40 à 60 cm). Ces sols sont généralement peu perméables avec un pH plutôt acide compris entre 5,5 et 6,2.

Les observations initiales montrent que les sols du bassin, en malgré une faible pente globale, sont sujet à l'érosion lors d'événements pluvieux.

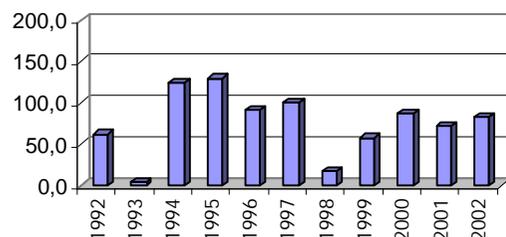
De tels phénomènes sont particulièrement source de pollution par le phosphore. Les ions phosphate (PO_4^{3-}) se lient en effet facilement aux particules du sol (feuilletés d'argile). Les sols ayant subi des apports importants de phosphore sont donc, lors de ruissellement érosif, sources de phosphore pour le réseau hydrographique de surface. De plus, le cycle du phosphore dans le sol s'étend sur plusieurs années.



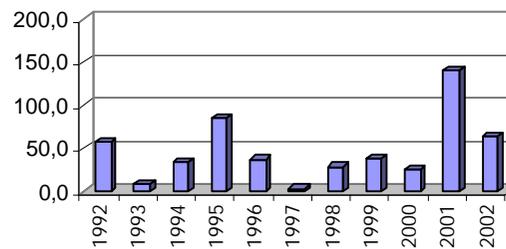
Pluviométrie mois de janvier (mm)



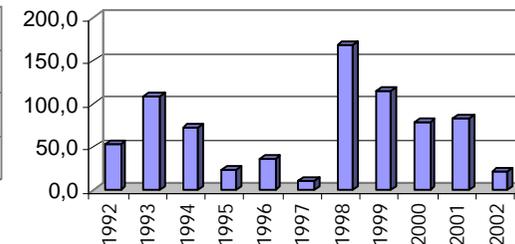
Pluviométrie mois de février (mm)



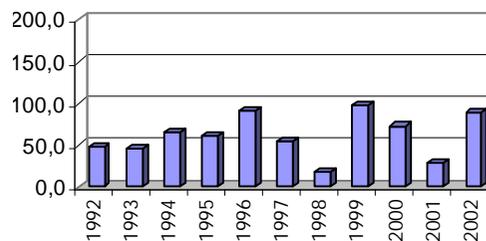
Pluviométrie mois de mars (mm)



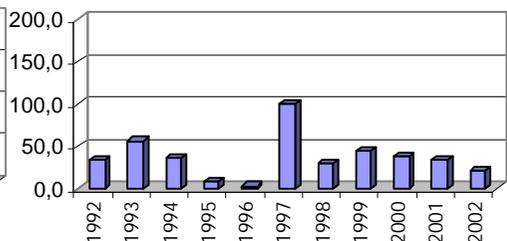
Pluviométrie mois d'avril (mm)



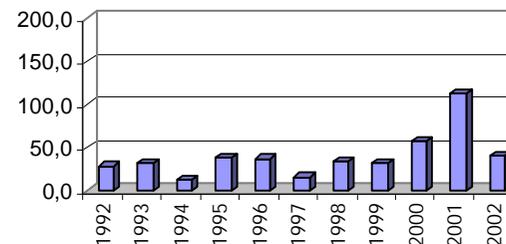
Pluviométrie mois de mai (mm)



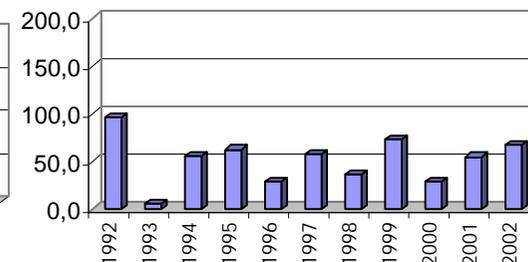
Pluviométrie mois de juin (mm)



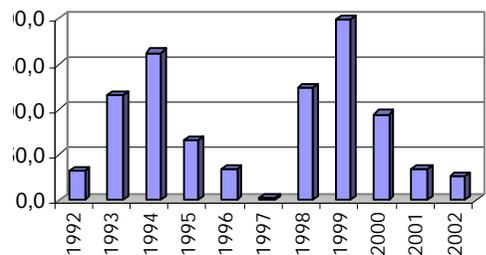
Pluviométrie mois de juillet (mm)



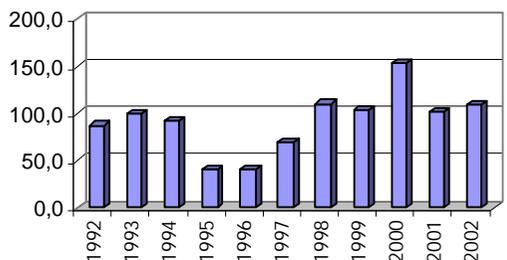
Pluviométrie mois de août (mm)



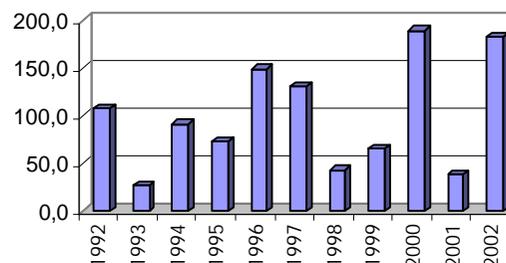
Pluviométrie mois de septembre (mm)



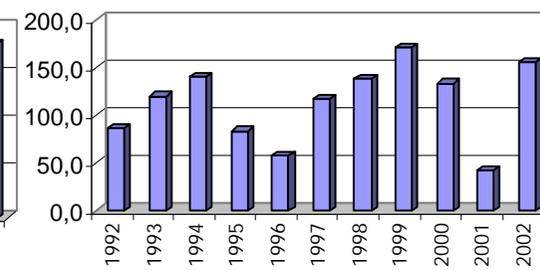
Pluviométrie mois d'octobre (mm)



Pluviométrie mois de novembre (mm)



Pluviométrie mois de décembre (mm)



- **Contexte climatique**

Pluviométrie au cours des dernières années :

Sur les années 1992 à 2002, la pluviométrie moyenne annuelle a été de 855 mm, avec un minimum de 668 mm et un maximum de 1 087 mm.

L'année 1999, avec 1087 mm de pluie, peut donc être considérée comme une année à forte pluviométrie, les années 2000 à 2002 étant des années à pluviométrie relativement élevée.

Année	Pluviométrie en mm
1992	702,1
1993	718,4
1994	1020,8
1995	840,3
1996	668,6
1997	691,0
1998	855,0
1999	1087,1
2000	990,2
2001	919,2
2002	916,6

Source : Météo France, station de Nantes aéroport

Insolation

Sur les années 1992 à 2002, l'insolation totale annuelle moyenne a été de 1 687 heures, avec un minimum de 1 496 heures et un maximum de 1 990 heures.

L'année 2000, avec 1 530 heures de soleil, était une année à faible insolation, les années 2001 et 2002 étaient proches de la moyenne, et l'année 1999 était relativement peu ensoleillée.

Insolation mensuelle moyenne en heure sur les 10 dernières années :

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
71,2	90,2	134,8	150	184,7	192,5	211,1	222,5	179,5	110,4	81,8	57,9

Source : Météo France, station de Nantes aéroport

6. Pression industrielle sur le bassin versant de l'Erdre

6.1. Description du parc industriel sur le bassin versant de l'Erdre

Les activités industrielles à fort potentiel polluant sur le bassin versant de l'Erdre ont été recensées auprès de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne.

La liste fournie présente les industries concernées par le paiement de la redevance Agence de l'Eau. Par conséquent, cette liste peut ignorer certains petits industriels car non concernés par cette redevance.

Le tableau suivant présente les activités industrielles présentes sur le territoire de l'Erdre :

Commune	Activité	Nombre
Carquefou	Activité mécanique	2
	Traitement de surface	1
	Agroalimentaire	1
	Industrie du caoutchouc	1
	Industries diverses	1
	Domestique	1
Grandchamps-des-Fontaines	Traitement de surface	1
Nantes	Domestique	18
	Activité mécanique	3
	Traitement de surface	2
	Laminage	1
	Papeterie	1
	Industrie Chimique	2
Orvault	Activité mécanique	1
Le Pin	Elevage et culture	1

Commune	Activités	Nombre
Les Touches	Activité mécanique	1
	Traitement de surface	1
Candé	Industries diverses	1

Total : 40

Source : Agence de l'Eau Loire Bretagne

Les plus grosses entreprises sont essentiellement localisées sur la Communauté Urbaine de Nantes (CUN), sur les communes de Nantes, Orvault et Carquefou. Elles représentent 90% du tissu industriel.

Les enquêtes réalisées auprès des mairies ont montré que la majeure partie des communes rurales du bassin versant disposent d'une zone artisanale et dans certain cas d'une zone industrielle. Elles sont toujours implantées sur la zone agglomérée de la commune.

Le tableau de la page suivante synthétise les informations concernant les industriels obtenues lors des entretiens avec les élus communaux sur le sujet.

Nom de la commune	Industriels
Candé	3 zones d'activités ; ✓ présence d'un établissement classé ICPE Leleu SA (entreprise de vernis), recensé dans la base de données AELB.
Angrie	✓ Aucune activité industrielle
Bonnœuvre	✓ Aucune activité industrielle
Abbaretz	✓ Une entreprise en agroalimentaire ; ✓ Des petits artisans.
Grand Auverné	✓ Aucune activité industrielle.
Freigné	✓ Un arboriculteur dispose d'une installation de conditionnement de fruit classé pour l'environnement ; ✓ Une entreprise de mécano – soudure ; ✓ Des artisans.
Casson	✓ Des artisans.
La Meilleraie-de-Bretagne	✓ Un atelier de laquage de peinture classé ICPE (hors bassin versant) ; ✓ Une charcuterie industrielle.
La Cornuaille	✓ Des artisans ; ✓ 2 restaurants.
Joué-sur-Erdre	✓ pas d'industriel à fort potentiel polluant.
Les Touches	✓ Un fabricant de vérins hydrauliques (certifié ISO 14001) ; ✓ Un vendeur/réparateur de machines agricoles ; ✓ Une entreprise de couvreur.
Le Louroux-Béconnais	✓ Aucune activité industrielle.
Le Pin	✓ Aucune activité industrielle.
La Pouéze	✓ ZI route de Saint Clément avec 3 industriels (ERAM, fonderies D'Anjou, SNCM).
Petit Mars	✓ Une entreprise d'émulsion et d'enrobés ; ✓ Une plate forme de compostage.
Mouzeil	✓ Pas d'industriels.
Ligné	✓ Une entreprise de fabrication de vérins hydrauliques certifiée ISO 9001 et ISO 14001.
Saffré	✓ Une zone artisanale.
Riaillé	✓ Pas d'industriel.
Teillé	✓ Un fabricant de farines et d'éléments pour le bétail.
Saint Sulpice des Landes	✓ Des artisans ; ✓ Une entreprise de soudure ; ✓ Une entreprise de transport.

Source : informations recueillies lors des entretiens auprès des communes.

Nom de la commune	Industriels
Saint-Mars-la-Jaille	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 86 industriels (2ème pole industriel du pays d'Ancenis) ; ✓ Transporteur ; ✓ Ebéniste ; ✓ Sedi packaging ; ✓ Construction métallique ; ✓ Carbophile ; ✓ Deux abattoirs de volailles ; ✓ Une usine de transformation de volailles ; ✓ Charcuterie industrielle ; ✓ Entreprises d'engrais (ICPE).
Treillières	✓ ZI de Treillières comprend de nombreux industriels raccordés au réseau de Nantes.
Vritz	✓ Une sablière classée pour l'environnement.
Vigneux-de-Bretagne	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Zone industrielle à vocation artisanale ; ✓ Présence d'un golfe (utilisant des produits chimiques qui pourraient se retrouver dans le Cens) ; ✓ 2 industriels sont ICPE.
Nort-sur-Erdre	✓ Pas d'industriel à fort potentiel polluant.
La Chapelle-sur-Erdre	✓ Présence d'une ZA qui, du fait de son implantation récente, ne pose pas de problème.
Orvault	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Il existe aujourd'hui 3 ZAC et 1 ZAC est en projet : <ul style="list-style-type: none"> - 1 ZAC de la Pentecôte, le long de la RN 165 (Pentecôte) : artisanat et industrie ; - 1 ZAC du Forum : services ; - 1 ZAC du Grand Val : commerces ; - 1 au sud-ouest de la commune (ZAC du Bois Cesbron en cours de réalisation) : industries.
Grandschamps-des-Fontaines	✓ 2 ZI, la grande Haie et les Tunières.
Carquefou	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nombreuses ZA ou ZI. ✓ Une petite cinquantaine d'industriels sont soumis à autorisation.
Sucé-sur-Erdre	✓ ZAC artisanale, une ZAC commerciale, une ZAC à vocation de logement.
Sautron	✓ Pas d'industriel à fort potentiel polluant.
Le Temple-de-Bretagne	✓ Pas d'industriel à fort potentiel polluant.

Source : informations recueillies lors des entretiens auprès des communes.

7. Assainissement à l'échelle du bassin versant de l'Erdre

7.1. Description du parc de stations d'épuration

Environ 68% de la population du bassin versant est connectée à un réseau d'assainissement et reliée à une station d'épuration implantée sur le bassin versant de l'Erdre.

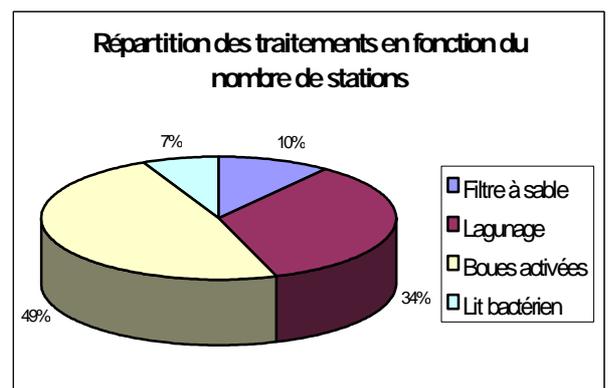
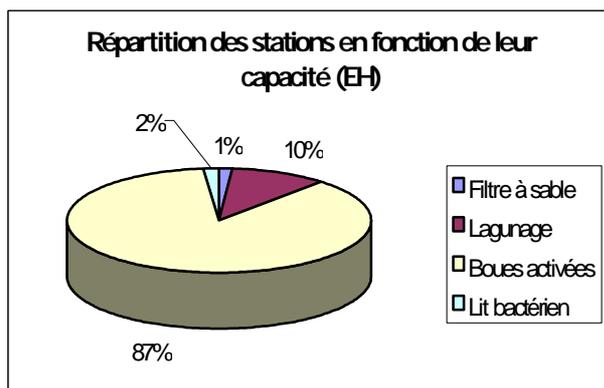
La population restante, plus rurale, dispose de dispositifs d'assainissement non collectif (fosse septique, fosse toutes eaux, ...).

Globalement les stations d'épuration communales traitent les eaux usées collectées dans les zones agglomérées (bourgs des communes). Les zones rurales disposent très rarement d'un réseau d'assainissement collectif.

Le parc de stations d'épuration du bassin versant de l'Erdre compte 30 installations de traitement domestique, représentant en capacité totale de **49 525 équivalents habitant** (capacité nominale, source SATESE).

Quatre types de traitement sont appliqués sur ces ouvrages :

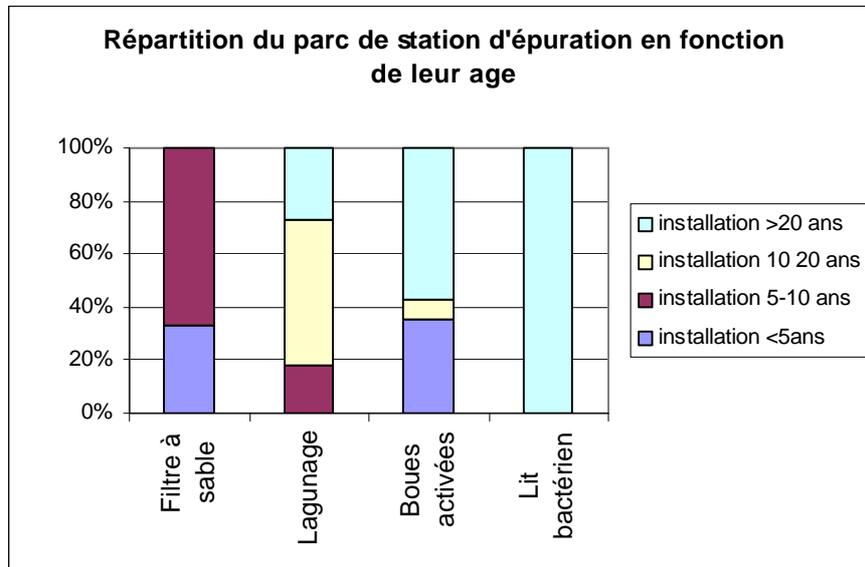
- ◆ Traitement biologique par boues activées ;
- ◆ Traitement par lagunage ;
- ◆ Filtres à sable ;
- ◆ Lits bactériens.



Les deux premiers types de traitement des eaux résiduaires (boues activées et lagunage) sont les plus représentés sur le bassin versant, tant en terme de quantités (83% des stations sont de type boues activées et lagunage) qu'en capacité de traitement (97% des personnes raccordées le sont à une station de ce type).

Les filtres à sable et les lits bactériens traitent surtout les eaux résiduaires de lotissements, de zones industrielles ou artisanales.

Le parc de traitement du bassin versant est vieillissant (15 ans de moyenne d'âge) mais en phase de renouvellement. Compte tenu de l'augmentation démographique, plusieurs installations sont arrivées à leurs limites d'un point de vue hydraulique et organique. Ainsi, la plupart d'entre elles feront l'objet, soit d'un redimensionnement, soit d'une restructuration complète :



- ✓ La commune de **Petit Mars**, projet de station d'épuration pour fin 2004 ;
- ✓ La commune de **Ligné**, projet de station d'épuration pour fin 2004 ;
- ✓ La commune de **Grandchamps-des-Fontaines**, projet de station d'épuration pour 2004 ;
- ✓ La commune de **Joué-sur-Erdre** a lancé une étude de zonage qui aboutira à terme au renouvellement de la station d'épuration ;
- ✓ La commune **Les Touches** a pour projet de redimensionner la station à l'horizon 2003-2004.

A titre d'exemple, La station d'épuration de Petit Mars est actuellement en surcharge hydraulique et organique. Des volumes d'eaux brutes non négligeables sont actuellement by-passés avant traitement. La cause principale de ces débordements est l'augmentation exponentielle de la population ces dernières années sur la commune. Le traitement avait été dimensionné pour une capacité initiale qui est aujourd'hui dépassée.

Les communes suivantes ont déjà réalisé des travaux de remise en conformité de leur station d'épuration :

- ✓ La commune de Nort-sur-Erdre a mis en eau son nouveau traitement en août 2000 ;
- ✓ La commune de Casson a inauguré sa nouvelle station en juin 2002 ;
- ✓ La commune d'Héric a mis aux normes la station d'épuration en juillet 2001 ;
- ✓ La commune de Vigneux-de-Bretagne a de nouvelles installations de traitement depuis juillet 2000.

Le tableau de la page suivante présente les informations relatives à chaque station d'épuration dont le rejet s'effectue dans le bassin versant (nom de la commune, capacités nominales, population raccordée et taux de raccordement ainsi que les remarques formulées par les agents du SATESE sur les différentes stations d'épuration).

La station d'épuration de la commune de Saint-Mars-la-Jaille reçoit des effluents des industries agro-alimentaires qui ont suivi un premier traitement par déphosphatation (installation récemment mise en service).

La carte de la page 38 présente les stations de traitement et leur lieu de rejet dans le bassin versant de l'Erdre.

Il est à noter que le bassin de l'Erdre est situé en zone sensible azote-phosphore, et que par conséquent, ces deux éléments doivent, réglementairement, faire l'objet d'un traitement spécifique par les unités épuratoires (les concentrations maximales à atteindre en sortie de station pour l'azote et le phosphore varient de 10 à 15 mg/l NGL et de 1 à 2 mg/l de Pt selon les capacités des stations).

Description du parc des stations d'épuration du bassin versant de l'Erdre

Commune	Station	Traitement	Capacités nominales				Mise en service	% unitaire	% séparatif	Pop raccordée	Taux de raccordement	Commentaire SATESE
			Volume m3/j	Charge en kg DBO5/j	E.H							
BONNOEUVRE		Filtre à sable	45,0	18,0	300	juin-97	0%	100%	150	30%	Taux de NO3 élevés en sortie de traitement.	
CARQUEFOU	La Seilleraye	Boues activées	90,0	32,0	530	juin-76	0%	100%	hôpital	100%	Station de l'Hôpital Long Séjour.	
CARQUEFOU	La Gouachère	Filtre à sable	30,7	12,3	205	janv-94	0%	100%	90	60%	Assez mauvais fonctionnement. Problèmes d'ECPP et d'ECM.	
CARQUEFOU	CAT La Tournière	Lits bactériens	30,0	10,8	180	janv-68	0%	100%	CAT	100%	Problèmes d'ECPP et ECM.	
CASSON		Boues activées	410,0	130,0	2 200	juin-02				42%	Nouvelle STEP, chiffres correspondant au démarrage. Largement dimensionnée.	
La CORNUAILLE	Pas d'informations disponibles											
GRANDCHAMPS-DES-FONTAINES		Lagune	120,0	48,0	800	juin-84	0%	100%	1 640	66%	Très mauvais fonctionnement : Surcharges hydrauliques et organiques.	
HERIC	Les Basses Naudais	Boues activées	610,0	230,0	2 600	juil-01	0%	100%	1 335	31%	-	
HERIC	ZA l'Erette		60,0	21,6	360	mai-89	0%	100%	33		-	
JOUE-SUR-ERDRE		Boues activées	120,0	43,2	720	juin-78	0%	100%	621	37%	Dépassée en capacité et en technique, très proche de l'Erdre.	
JOUE-SUR-ERDRE	La Demenure	Lagune	90,0	32,4	540	oct-88	0%	100%	372		Pas de problème.	
LIGNE	Les Défas	Boues activées	225,0	81,0	1 350	juil-76	0%	100%	1 560	53%	Dépassée, mauvais fonctionnement. By-pass vers milieu récepteur d'un volume important en période pluvieuse.	
LA MEILLERAYE-DE-BRETAGNE		Boues activées	170,0	85,0	1 420	juin-79	0%	100%	870	85%	Dépassée en capacité et en technique. EU by-passées dans milieu naturel	
NORT-SUR-ERDRE		Boues activées	900,0	360,0	6 000	août-00	0%	100%	4 100	70%	Nouvelle station, bon fonctionnement	
PETIT-MARS		Boues activées	150,0	50,0	830	juin-80	0%	100%	1 250	51%	Mauvais fonctionnement, dépassé, augmentation très rapide de la population. Volumes by-passés sans traitement, importants. Problèmes de pertes de boues réglés depuis mars 2001.	
PETIT-MARS	Le Plessis	Filtre à sable	27,0	10,8	180	mai-00	0%	100%	36	100%	Réseau sensible aux ECPP. Eau traitée chargée en nitrates.	
LE PIN		Lagune	90,0	36,0	600	janv-88	0%	100%	300	50%	Pas de problème.	
RIAILLE		Boues activées	325,0	90,0	1 500	juil-99	0%	100%	912	51%	Nouvelle station, bon fonctionnement. Problèmes d'ECPP et d'ECM sur le réseau.	
SAINT-MARS-DU-DESERT	Le Longrais	Lagune	24,0	9,6	160	janv-93	0%	100%	130		Pas de problème, peu alimentée.	
SAINT-MARS-DU-DESERT	Rte de Ligné	Boues activées	240,0	80,0	1 330	juin-80	0%	100%	1 650	48%	Eu non traitées souvent by-passées en tps de pluie.	
SAINT-MARS-LA-JAILLE		Boues activées	1 200,0	785,0	13 080	juin-81	0%	100%	1 923	91%	Fonctionnement moyen, présence d'industriels avec station de prétraitement. 89 000m ³ EU by-passés en 2001. Dépassements réguliers en Pt.	
SAINT-SULPICE-DES-LANDES		Lagune	52,4	21,0	350	mars-87	0%	100%	305	51%	Pas de problème.	
LES TOUCHES		Lagune	120	40	670	juin-84	0%	100%	600	31%	Problèmes d'ECPP.	
TEMPLE DE BRETAGNE											Station qui sera remplacée courant 2003	
TRANS-SUR-ERDRE		Lagune	60,0	20,0	330	juin-82	0%	100%	360	54%	Problèmes d'étanchéité des bassins.	
TREILLIERES		Boues activées	375,0	150,0	2 500	mai-98	0%	100%	1 587	35%	Nouvelle station, bon fonctionnement. Surcharge hydraulique, destruction de la biomasse par rejets toxiques (2 fois en 2001).	

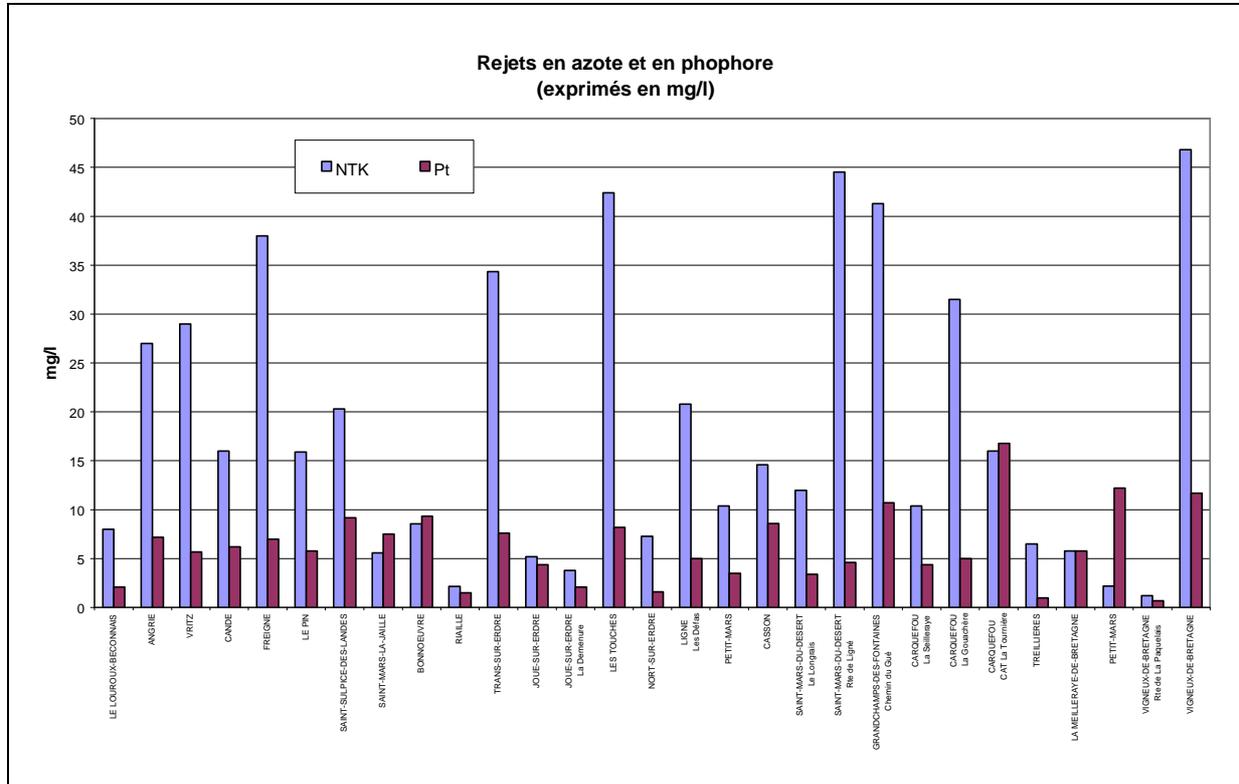
Commune	Station	Traitement	Capacités nominales				Mise en service	% unitaire	% séparatif	Pop raccordée	Taux de raccordement	Commentaire SATESE
			Volume m3/j	Charge en kg DBO5/j	E.H							
VIGNEUX-DE-BRETAGNE	Rte de La Paquelais	Boues activées	370,0	135,0	2 400	juil-00	0%	100%	1 620	34%	Nouvelle station, bon fonctionnement général. Problèmes d'ECPP et d'ECM.	
VIGNEUX-DE-BRETAGNE	La Paquelais	Lits bactériens	105,0	38,0	630	juin-83	0%	100%	448 (hospice)	100%	Step de petite taille, fonctionnement moyen.	
VRITZ		Lagune	45,0	18,0	300	oct-87	0%	100%	276	34%	Pas de problème.	
ANGRIE		Lagune	60,0	18,0	300	nov-91	0%	100%	250	134%	-	
CANDE		Boues activées	750,0	300,0	5 000	déc-81	31%	69%	2 600	99%	-	
FREIGNE		Lagune	90,0	32,0	600	janv-82	0%	100%	350	102%	-	
LE LOUROUX-BECONNAIS		Boues activées	225,0	75,0	1 500	janv-84	14%	86%	1 100	100%	ECPP	

Source : SATESE

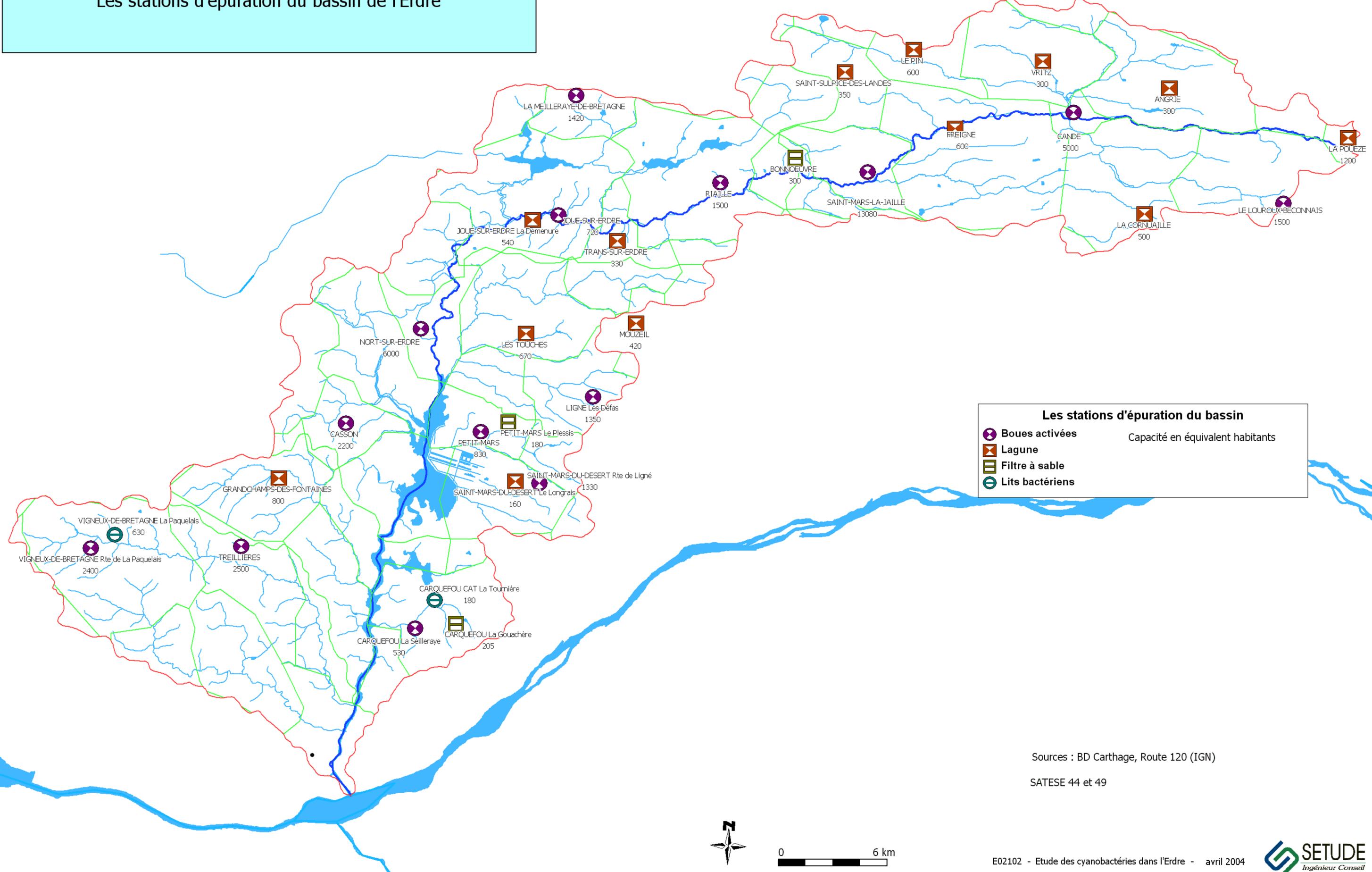
NOTA :

- ECPP : Eaux Claires Parasites Permanentes ; eaux claires dues aux infiltrations par les nappes dans les réseaux d'eaux usées ;
- ECM : Eaux Claires Météoriques ; eaux pluviales qui se retrouvent dans les réseaux d'eaux usées.

Le graphique suivant présente les concentrations en azote (NTK) et en phosphore (Pt) rejetées par les stations d'épuration au milieu naturel.



Les stations d'épuration du bassin de l'Erdre



Les stations d'épuration du bassin

Capacité en équivalent habitants

- ⊗ Boues activées
- ⊠ Lagune
- ▣ Filtre à sable
- ⊖ Lits bactériens

Sources : BD Carthage, Route 120 (IGN)

SATESE 44 et 49



7.1.2. Le réseau d'assainissement de la Communauté Urbaine de Nantes.

La station d'épuration de la Communauté Urbaine de Nantes (Tougas) est située sur le bassin versant de La Loire. Plusieurs communes du bassin versant de l'Erdre sont à l'heure actuelle raccordées au réseau d'assainissement de la CUN : Carquefou (bourg), La Chapelle-sur-Erdre, Sucé-sur-Erdre, Sautron et Orvault.

L'ancienne station d'épuration de La Chapelle-sur-Erdre rejetait ses effluents dans le Grenouillis.

Depuis 1999, le réseau d'assainissement est raccordé à la CUN.

Le tableau suivant présente la part de chaque commune reliée à la station d'épuration de Tougas.

Communes	Taux de collecte des eaux résiduaires par le réseau de la CUN
Carquefou	99 %
La Chapelle Sur Erdre	93 %
Orvault	98 %
Sautron	97 %

7.1.3. Les postes de refoulement

Le raccordement de ces communes a impliqué la création de postes de refoulement, notamment à Sucé Sur Erdre. Un poste a été implanté au niveau de l'ancienne station de traitement et a été raccordé au réseau d'assainissement de Carquefou. Or, lors de fortes précipitations, le réseau de Carquefou est rapidement surchargé et le réseau en amont (Sucé Sur Erdre) ne peut pas assurer un écoulement satisfaisant des eaux. Les eaux sont alors rejetées directement au milieu naturel par le trop plein du poste.

La suppression de ce dysfonctionnement est planifiée, et sera effectuée d'ici 2004.

Durant l'année 2000, le temps de fonctionnement en trop plein du poste sur l'année a été de plus de 2 400 heures, soit l'équivalent de 100 jours. Lors de la campagne de mesure de 1999 par le SMN, un rejet du poste a été observé en octobre, et caractérisé comme suit :

NH4 (kg/j)	NO3 (kg/j)	PO4 (kg/j)	MES (kg/j)	DBO5 (kg/j)	DCO (kg/j)	E. coli (nb/j)	Streptocoques (nb/j)	Débit (m3/j)
2,16	1,99	1	8,29	10,71	31,1	2,50E+12	4,10E+11	172,8

La répartition des temps de fonctionnement du trop plein en 2000 était la suivante :

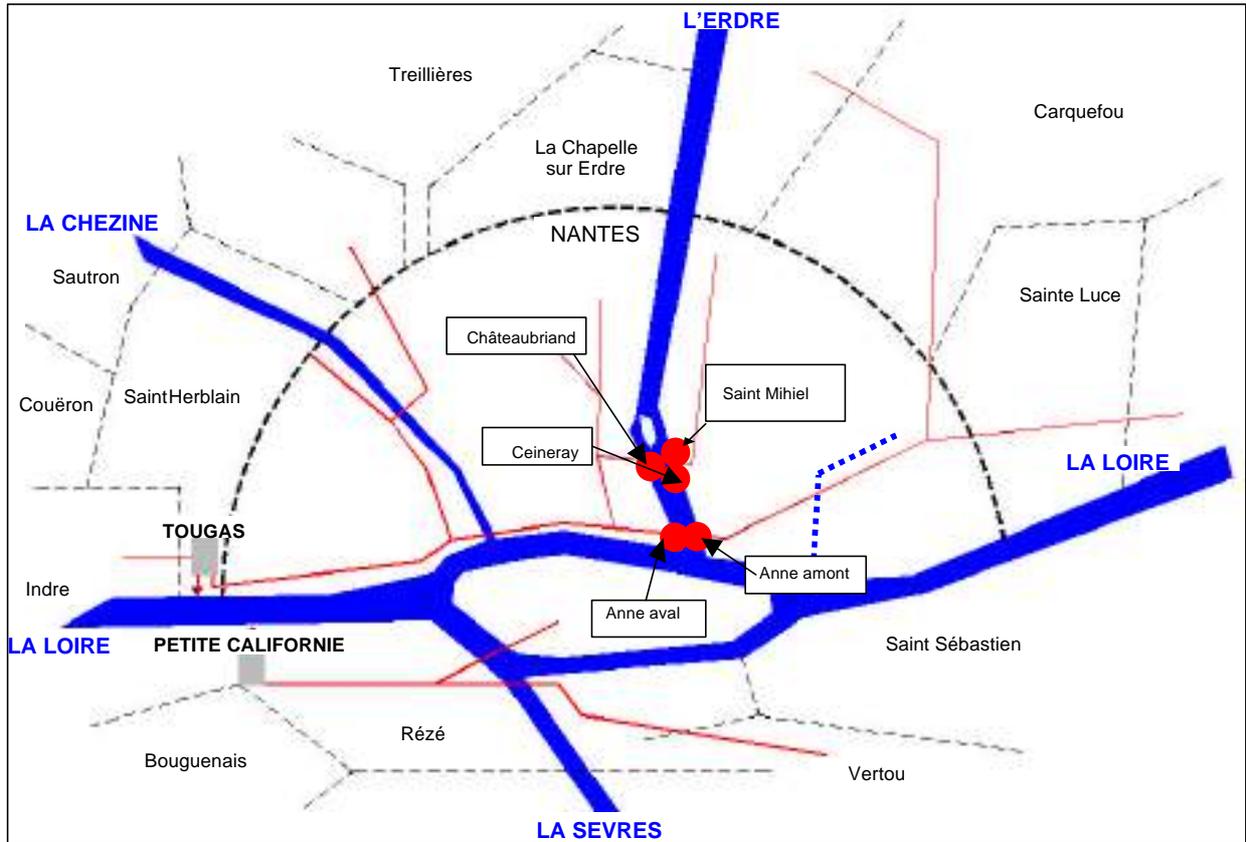
Mois	Temps de passage en h
Janvier	655
Février	422
Mars	583
Avril	11,4
Mai	0
Juin	1,67
Juillet	0
Août	0
Septembre	2,14
Octobre	55,6
Novembre	16,7
Décembre	671
Année	2 419

En 2001, le temps de fonctionnement du poste de refoulement en trop plein est de 1850 heures correspondant à 77 jours/an soit 21% du temps.

7.1.4. Les déversoirs d'orage

Une partie du réseau d'assainissement de la CUN est connectée à l'Erdre par l'intermédiaire de déversoirs d'orage.

Il existe cinq déversoirs d'orage implantés sur le réseau d'assainissement et déversant dans l'Erdre. Le schéma ci-dessous précise leur localisation.



Source : Communauté Urbaine de Nantes

Le tableau suivant présente les volumes déversés dans l'Erdre par chaque déversoir au cours de l'année 2001 (Source : Communauté Urbaine de Nantes).

Année 2001	Pluie (mm/mois)	ST MIHIEL	CEINERAY	CHATEAUBRIAND	ANNE AMONT	ANNE AVAL
		m ³				
Janvier	205	24 668	101 056	4	350 117	411 017
Février	79	4 959	3 174	0	111 462	154 964
Mars	165	20 576	10 325	189	219 148	273 589
Avril	75	1 804	1 546	0	64 307	98 848
Mai	46	16 437	2 524	0	36 836	42 357
Juin	31	0	2 524	85 879	5 506	5 215
Juillet	107	17 683	7 157	386	40 359	36 204
Août	47	2 584	1 205	230	9 428	8 759
Septembre	18	44	79	0	1 955	1 770
Octobre	114	18 022	7 720	4 067	28 336	25 675
Novembre	41	2 380	1 106	0	8 303	7 309
Décembre	54	6 632	4 248	0	20 105	17 692
Total	982	115 789	142 662	90 755	895 862	1 083 398
TOTAL ERDRE : 2 329 448 m³						

Le volume total déversé, en 2001, dans l'Erdre est égal à **2 329 448 m³**. Cela correspond à des eaux usées brutes diluées par des eaux de ruissellement. La pollution équivalente peut être estimée en première approche à **1 300 kg de phosphore sur l'année**.

7.1.5. Les autres points de rejets

Un certain nombre de points de rejets dans l'Erdre apportent une pollution urbaine, en raison de dysfonctionnements des réseaux : le plus souvent, ce sont des mauvais raccordements, entraînant des rejets d'eaux usées dans les eaux pluviales.

Des suivis annuels sont assurés par le SMN, qui surveille les rejets suspects (présence d'eaux usées, déversement par temps sec...), et les dysfonctionnements principaux sont signalés afin qu'ils soient corrigés par les structures responsables de leur exploitation. Cependant, depuis 2002, le suivi des rejets directs dans l'Erdre des communes adhérentes ou liées à la CUN a été intégré dans la convention prise dans la convention prise pour le contrôle du fonctionnement du système d'assainissement de la CUN.

Le tableau suivant montre les principaux flux observés lors des campagnes de suivi du SMN sur les années 1999 et 2001 et lors de la campagne de la CUN en 2002.

Point	Localisation	Date	NH4 (kg/j)	NO3 (kg/j)	PO4 (kg/j)	MES (kg/j)	DBO5 (kg/j)	DCO (kg/j)	E. coli (nb/j)	Streptocoques fécaux (nb/j)	Débit (m3/j)
G 999 916	Gachet, dans le ruisseau de l'étang Hervé (EP)	oct-00	0,06	2,5	0,03	0,3	0,2	0,9	3,60E+09	7,20E+08	86,4
		juin-99	0,02	0,34	0	0,19	0,04	0,29	2,10E+09	3,50E+08	8,64
G 996 710	10 m en aval du pont de la Tortière à Nantes (la Trémissinière)	dec 02	0.09	-	0.02	2.41	1.04	4.23	-	-	43.2
		mai 01	3.08	0.36	0.54	15.21	16.24	39.74	1.3E+12	1.4E+12	172.80
		oct-00	1,3	2,6	1	15,2	22,8	48,4	2,50E+11	8,60E+11	345,6
		déc-99	3,07	6,12	1,44	22,67	23,78	52,53	1,60E+14	1,50E+12	276,48
		mars-99	0,19	0,01	0,06	0,84	1,81	4,05	6,90E+11	6,80E+11	6,05
G 995 685	Entre le port Boyer et l'Eraudière à Nantes	oct-00	0,04	0,3	0,0052	0,13	0,05	0,3	1,30E+09	7,00E+08	25,9
		juin-99	2,54	0,48	0,74	7,95	8,76	17,52	7,20E+11	7,50E+10	67,39
		mars-99	0,26	0,63	0,24	2,87	5,18	13,39	2,00E+12	1,10E+11	43,2
D 994 695	Quai de la Jonelière à Nantes	mars-00	0,02	0,02	0,0085	0,7	0,5	1,5	4,80E+10	5,60E+08	5,2
		juin-99	0,08	0,01	0,09	1,41	5,53	7,81	2,50E+11	8,50E+08	3,46
D 993 625	La Beaujoire	Sept 01	0.01	0	0	0.31	0.09	0.29	2,50E+09	8,50E+08	17.
		mars-00	0.003	0.1	0.0008	0.04	0.008	0.05	1.1E+07	2.5E+06	4.3
		juin -00	0.002	0.09	0.0009	0.03	0.008	0.1	1.1E+08	2.5E+07	4.3
		août 00	0.002	0.06	0.007	0.03	0.007	0.03	7.5E+07	2.8E+07	3.4
D 996 626	A proximité du Pont de la Tortière	mars-00	0,02	0,03	0,01	0,4	0,6	1,2	1,80E+10	5,80E+01	3,4
		dec 02	0.03	-	0.003	4.9	1.73	5.18	-	-	69.12
G 994 920	Ruisseau les Salles	mai 02	0.07	-	0.009	0.9	0.25	1.7	-	-	129.6
		déc-02	0.05	-	0.007	1.65	0.02	0.106	-	-	103.7
		mai 01	0.01	0.05	0	0.55	0.95	0.1	0.66	8.1E+09	17.28
		oct-00	0,0097	0,08	0,0035	0,02	0,04	0,1	2,80E+08	3,90E+06	6,9
		déc-99	0,05	0,62	0,02	0,23	0,23	2,49	7,20E+08	4,40E+07	77,76
		oct-99	0,01	0,13	0,01	0,08	0,02	0,24	1,90E+09	8,90E+07	6,05
		juin-99	0,19	0,03	0,08	1,23	1,24	2,36	4,10E+10	3,60E+10	11,23
G 985 806	Ruisseau de La	déc-02	0.08	-	0.04	0.51	0.35	1.73	-	-	173

	Havardière (surverse du poste de refoulement de Sucé-sur-Erdre).	mai 01	10.09	0.07	1.73	17.97	117.50	89.86	207.36	2.8 E +13	345.6
		mars-99	0,08	1,07	0,1	0,56	0,42	2,18	1,90E+10	1,20E+10	60,48
		déc-99	2,16	1,99	1	8,29	10,71	31,1	2,50E+12	4,10E+11	172,8
G994 680	L'Eraudière (le ruisseau des Grenouilles)	mai 01	1.23	0.16	0.21	3.54	5.62	12.96	2.6 E +12	1.3E+12	86.4
		sept-01	0.02	0.07	0	0.12	0.24	1.09	2.4E+09	4.2 E+09	30.24
		déc-01	0.01	0.06	0	0.03	0.03	0.35	5.7E+07	9.7 E+06	17.28
		mai-02	0.06	-	0.14	12.83	11.66	26.8	-	-	116.64
		dec-02	0.1	-	0.05	0.6	0.4	1.9	-	-	198.72

Source : SMN (1999-2001) et CUN (2002)

Les campagnes de mesures effectuées sur les rejets directs dans l'Erdre montrent une mauvaise qualité du rejet G 996 710 situé 10 m en aval du pont de la Tortière. Toutefois, une légère amélioration est observée en 2002 (observation à prendre avec précaution car elle est basée sur une seule mesure en 2002).

Les mesures de qualité sur le ruisseau des Grenouilles G 994 680 montrent en temps de pluie une mauvaise qualité de ce rejet. Des dégradations de la qualité des rejets sont aussi observées sur le Pont de la Tortière 996 710, sur le ruisseau des Salles 994 920 et dans l'étang du Hervé 999 916.

La surverse du poste de refoulement la Havardière à Sucé-sur-Erdre apporte lui aussi une dégradation non négligeable des eaux lors des épisodes pluvieux. (cf. § 7.3)

Le suivi a mis en évidence une qualité acceptable sur le ruisseau de la Beaujoire.

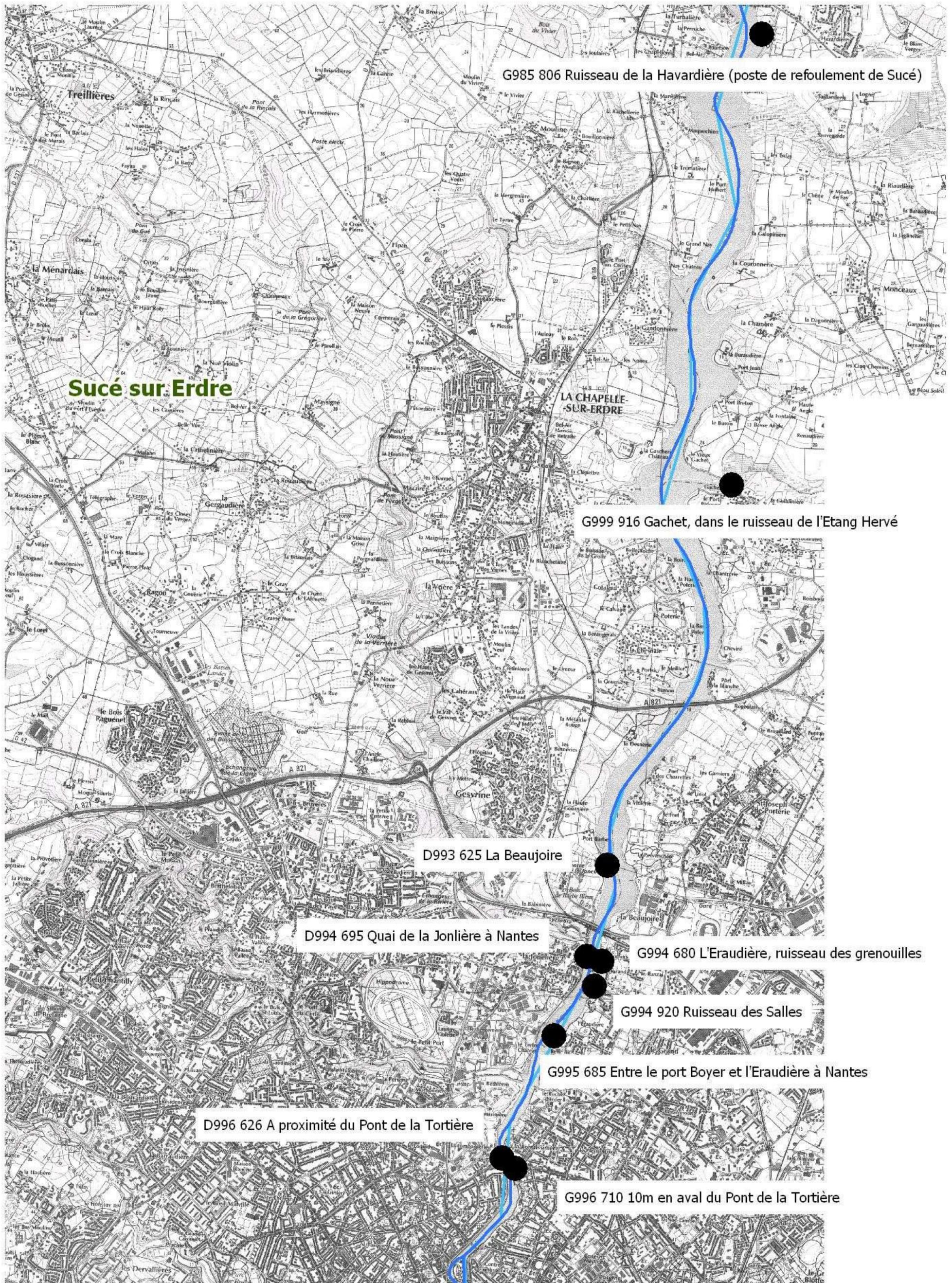
7.1.6. L'épandage des boues

Pour les communes qui sont pourvues d'une station de traitement par boues activées, les boues sont généralement épandues en cours d'année sur des terrains agricoles situés à proximité de la commune.

Pour les stations de lagunage, de par le type de traitement, les boues sont soutirées de la lagune à une fréquence de 5 à 10 ans.

Les boues recyclées en agriculture sont épandues suivant des plans d'épandage. Les plans sont déposés en mairie ; ils indiquent les contraintes d'épandage sur les parcelles : distances à respecter, types d'effluents autorisés, dates d'épandage.... Aucun dysfonctionnement n'a été observé au niveau des épandages de boues sur le bassin versant.

Sur certaines communes les agriculteurs épandent, en plus des boues de la station d'épuration communale, des boues provenant de la station d'épuration de la Communauté Urbaine de Nantes.



7.2. L'assainissement non collectif

Globalement, compte tenu de la dispersion des habitations, les zones rurales des différentes communes du bassin versant ne disposent pas de dispositif collectif de traitement. En dehors de la zone urbanisée (bourg) chaque habitation traite individuellement ses eaux usées dans des conditions d'efficacité très variables.

Pour toute nouvelle construction, les communes imposent aux maîtres d'œuvre le raccordement des eaux usées à un dispositif de traitement conforme. Les contrôles sont effectués par la Direction Départementale de l'Équipement (DDE).

Il n'existe cependant pas de contrôle systématique des anciennes installations de traitement et pas d'informations précises sur le fonctionnement des équipements.

La plupart des communes du bassin versant ont fait l'objet d'une étude de zonage, ce qui a permis de recenser les installations d'assainissement non collectif et d'estimer que la plupart ne sont pas conformes aux normes en vigueur (Directive Technique Unifiée de 1982).

La population raccordée à un système d'assainissement non collectif est estimée à **32%** de la population totale du bassin versant de l'Erdre. Ce chiffre correspond au taux de raccordement à un système non collectif par rapport à la population du bassin versant raccordée à une station d'épuration rejetant dans le bassin versant de l'Erdre.

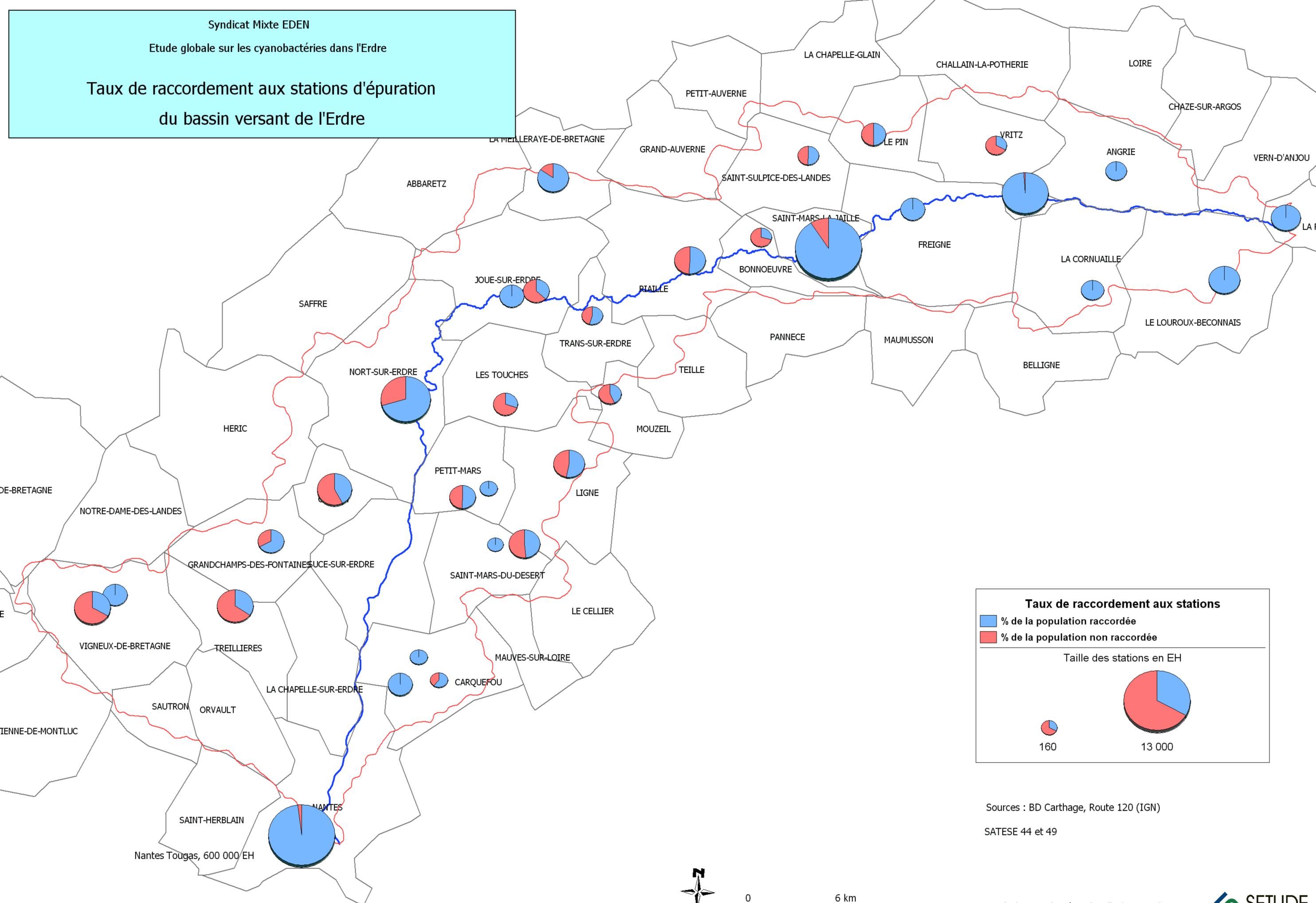
La carte de la page suivante présente les parts de la population raccordées ou non à un système d'assainissement collectif située sur le bassin versant de l'Erdre.

Sur la partie amont du bassin, notamment sur les communes de Maine et Loire, le taux de raccordement à une station d'épuration est excellent (il est proche de 100%).

Le constat est identique sur la zone aval, notamment pour les communes reliées au réseau de la Communauté Urbaine de Nantes.

Les autres communes du bassin ont un taux de collecte variable, souvent lié à la dispersion de l'habitat. Ce taux est parfois très faible.

Taux de raccordement aux stations d'épuration du bassin versant de l'Erdre



Sources : BD Carthage, Route 120 (IGN)

SATESE 44 et 49



8. L'agriculture sur le bassin versant

Le bassin versant de l'Erdre est un bassin versant à dominante agricole.

La SAU (Surface Agricole Utile) représente **61 300 ha**, sur les 97 000 ha que compte le bassin.

Comptant près de 4 670 exploitations au total en 2000 (Recensement Agricole), dont 850 professionnelles (c'est à dire employant au moins 1 personne avec un temps de présence supérieur à 66 %), l'agriculture emploie plus de 2000 personnes.

Le nombre d'exploitants diminue régulièrement, corrélativement à une augmentation de la surface agricole utile (SAU) par exploitation. En 2000, plus de la moitié de la SAU est occupée par des exploitations entre 50 et 125 ha. Cependant, plus de 25% des exploitations occupent encore moins de 5 ha.

Remarque : Les chiffres cités dans ce paragraphe sont issus de l'Inventaire Pays de la Loire, tiré du Recensement Général Agricole de 2000. Les chiffres sont connus par canton ; pour obtenir une évaluation par commune, il a été procédé à une évaluation proportionnelle à la surface de la commune (hypothèse de proportionnalité). Un pourcentage a été réalisé par rapport à la surface de la commune appartenant au bassin versant.

8.1. Des productions végétales orientées vers la production fourragère

La principale activité agricole du bassin versant est l'élevage et la majorité des terres cultivables se trouve en prairie (24 000 ha de prairies semées et 10 000 ha en prairies permanentes sur les 61 300 ha de SAU).

Le restant des productions végétales se partage entre :

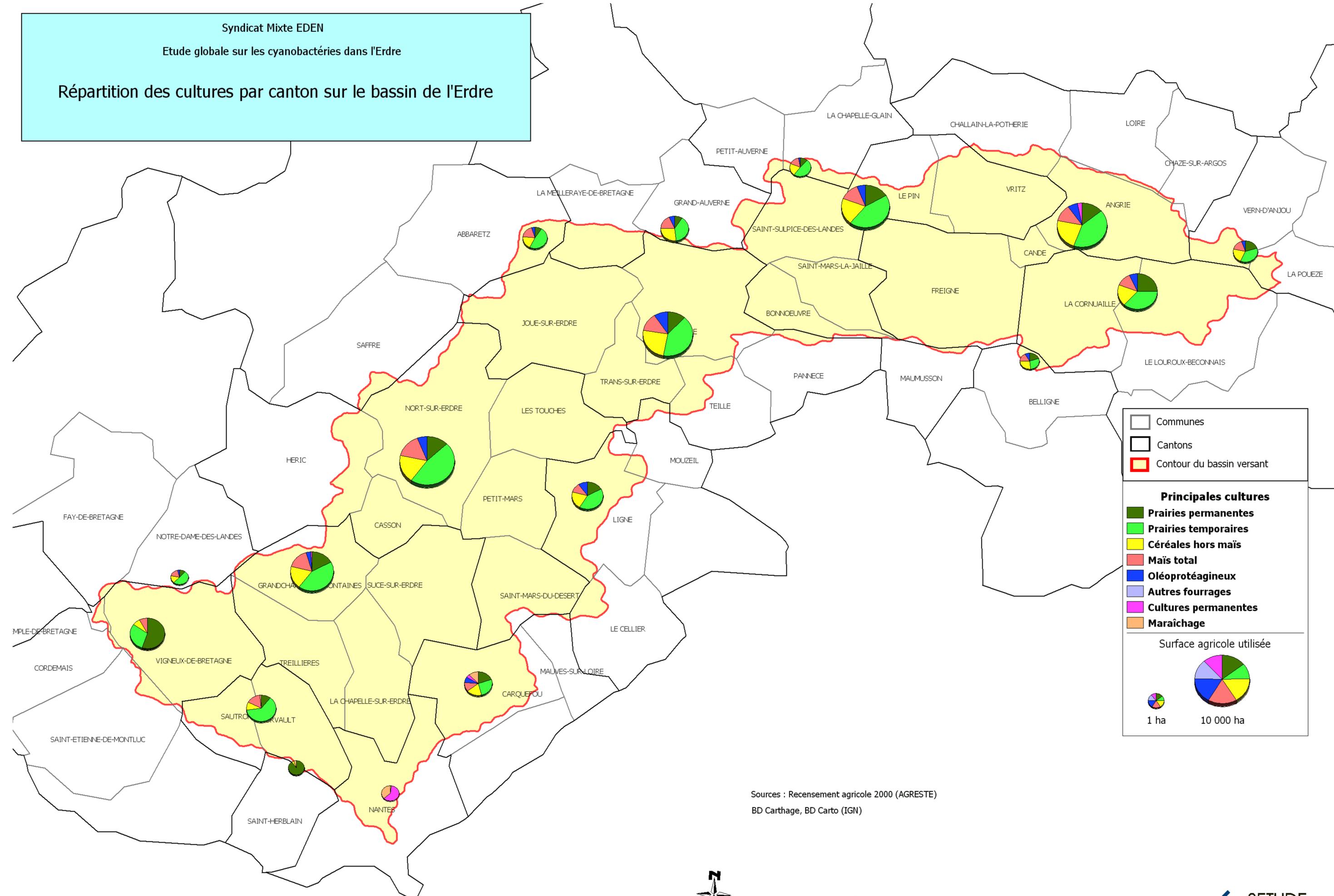
- céréales : 13 200 ha dont 1 500 ha de maïs grain ;
- oléagineux : 2 900 ha de colza et tournesol ;
- maïs fourrage : 6 500 ha ;
- protéagineux, légumes, cultures permanentes : 1 100 ha.

La carte de la page suivante présente la répartition des productions agricoles sur chaque canton du bassin versant. La situation est globalement homogène sur l'ensemble du bassin ; les cultures fourragères dominent largement en terme de surface : les surfaces en herbe, maïs et autres fourrages représentent près des deux tiers de la superficie agricole utile.

Une part modeste de la SAU du bassin se trouve en cultures industrielles : colza et tournesol essentiellement. Sur la partie aval de l'Erdre, en se rapprochant de la ville de Nantes, les cultures se diversifient ; le maraîchage apparaît sur les cantons de Mauves sur Loire et Nantes. D'importants vergers de pommiers (540 ha) se trouvent autour de la commune de Candé.

Les successions culturales pratiquées laissent seulement environ 7 % de la SAU en sol nu en hiver.

Répartition des cultures par canton sur le bassin de l'Erdre



Communes
Cantons
Contour du bassin versant

Principales cultures

- Prairies permanentes
- Prairies temporaires
- Céréales hors maïs
- Maïs total
- Oléoprotéagineux
- Autres fourrages
- Cultures permanentes
- Maraîchage

Surface agricole utilisée

1 ha 10 000 ha

Sources : Recensement agricole 2000 (AGRESTE)
BD Carthage, BD Carto (IGN)



8.2. L'élevage domine l'activité agricole

L'élevage bovin est l'activité principale du bassin versant.

La production laitière, qui dominait, est en régression au profit de l'élevage allaitant.

Le cheptel est composé comme suit :

- 75 000 bovins dont 30 000 vaches, moitié laitières, moitié nourrices ;
- 12 800 ovins ;
- 36 200 porcins dont 3 900 truies reproductrices ;
- 1 480 000 volailles ;
- 360 caprins ;
- 1 700 équidés.

8.3. Agriculture et pression phosphorée et azotée

8.3.1. L'élevage : une pression incontournable

Sur la base des correspondances présentées au paragraphe II.4.1.3, la pression en azote et phosphore exercée par le cheptel présent sur le bassin versant peut être comparée à la pression exercée par la population humaine du bassin. Les chiffres suivants sont exprimés en équivalent habitants, ce qui correspond à la production journalière de 15 g d'azote total et 4 g de phosphore total (valeur "officielle" de correspondance, bien qu'il soit admis que l'introduction des lessives sans phosphates a entraîné une baisse de la valeur phosphore, plus proche de 3,5 que de 4).

Le tableau donne quelques équivalences animaux-production d'azote et de phosphore. La production est exprimée en kg par an, et à titre indicatif en équivalents habitants dans un but de comparaison avec les pressions humaines :

Animal	Production de phosphore par animal en kg par an	Production d'azote par animal en kg par an	Correspondance en équivalents habitants pour le phosphore	Correspondance en équivalents habitants pour l'azote
Vache laitière (1 Unité Grand Bovin)	36 kg	85 kg	24,66 EH	15,53 EH
Vache allaitante	25,2 kg	67 kg	17,26 EH	12,24 EH
Truie verrat alim simple	15 kg	17,5 kg	10,27 EH	3,20 EH
Truie verrat alim biphasé	11,8 kg	14,5 kg	8,08 EH	2,65 EH

Animal	Production de phosphore par animal en kg par an	Production d'azote par animal en kg par an	Correspondance en équivalents habitants pour le phosphore	Correspondance en équivalents habitants pour l'azote
Porc charcutier produit alimentation simple	2,12 kg	3,25 kg	1,45 EH	0,59 EH
Porc charcutier produit alimentation biphasée	1,45 kg	2,7 kg	0,99 EH	0,49 EH
Poule pondeuse-reproductrice	0,7 kg	0,5 kg	0,48 EH	0,09 EH
Poulet label	0,13 kg	0,13 kg	0,09 EH	0,02 EH
Poulet de chair	0,182 kg	0,182 kg	0,12 EH	0,03 EH

Source : CORPEN

Les tableaux suivants présentent la population équivalente appliquée à l'ensemble du cheptel :

Equivalence pour le phosphore	Population totale	Equivalence tous animaux	Bovins	Porcins	Volailles	Ovins	Caprins	Equins
Equivalents habitants	219 000	725 472	519 472	45 816	123 024	21 311	607	15 083

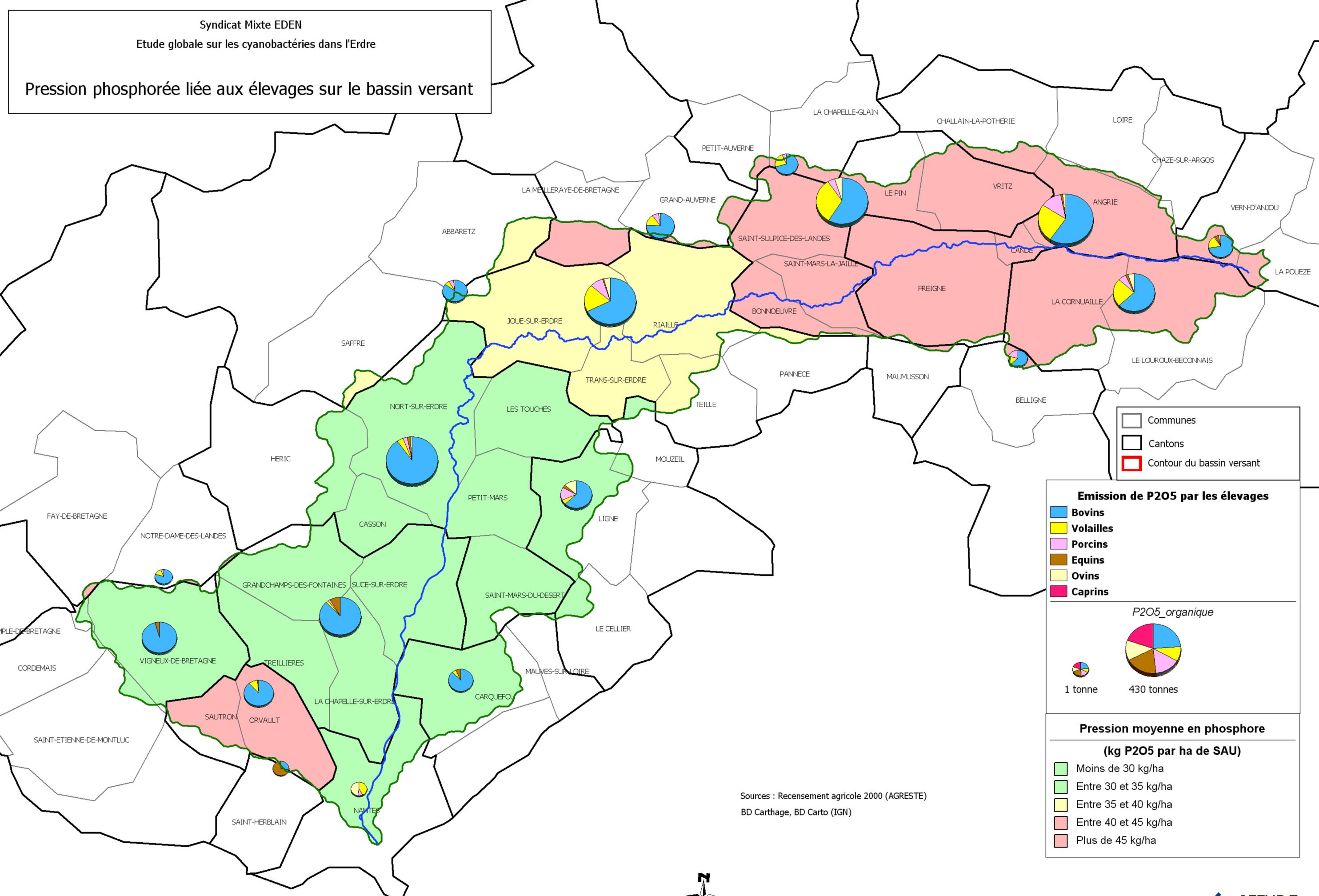
Equivalence pour l'azote	Population totale	Equivalence tous animaux	Bovins	Porcins	Volailles	Ovins	Caprins	Equins
Equivalents habitants	219 000	868 599	716 399	42 221	65 459	21 693	618	22 146

Le cheptel présent sur le bassin, particulièrement le cheptel bovin, représente, en terme de pression phosphorée, 3 fois la population humaine, et près de 4 fois la population humaine en terme de pression azotée.

La part maîtrisable des effluents d'élevage, c'est à dire la part produite lorsque les animaux sont en bâtiments, est épandue sur une surface de 15 400 ha ; 960 ha sont épandus avec d'autres effluents.

En terme de pression azotée et phosphorée à l'hectare, il convient de relativiser ces chiffres, qui ne sont pas parmi les plus élevés à l'échelle du territoire national : les productions animales sur le bassin de l'Erdre se situent en moyenne entre **45 et 60 kg par hectare pour le phosphore**, et entre **100 et 120 kg par hectare pour l'azote**.

Les cartes des pages suivantes présentent la répartition des productions de phosphore et d'azote sur les cantons compris dans le bassin versant.



Communes
 Cantons
 Contour du bassin versant

Emission de P2O5 par les élevages

- Bovins
- Volailles
- Porcins
- Equins
- Ovins
- Caprins

P2O5_organique



1 tonne



430 tonnes

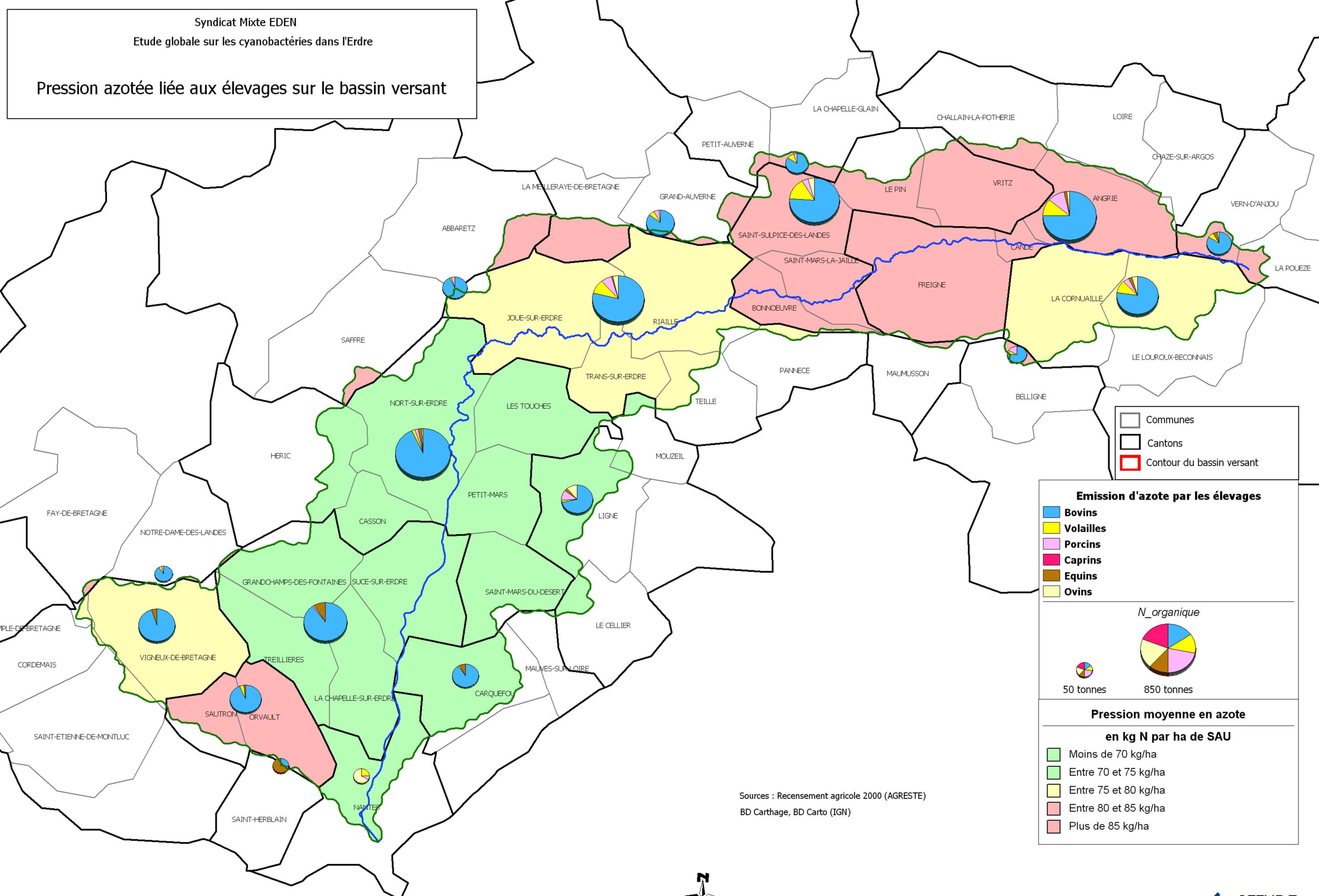
Pression moyenne en phosphore
 (kg P2O5 par ha de SAU)

- Moins de 30 kg/ha
- Entre 30 et 35 kg/ha
- Entre 35 et 40 kg/ha
- Entre 40 et 45 kg/ha
- Plus de 45 kg/ha

Sources : Recensement agricole 2000 (AGRESTE)
 BD Carthage, BD Carto (IGN)



Pression azotée liée aux élevages sur le bassin versant



Sources : Recensement agricole 2000 (AGRESTE)
BD Carthage, BD Carto (IGN)



8.3.2. Les grandes cultures : une fertilisation minérale non négligeable

La quantité de fertilisants minéraux employée sur le bassin est un paramètre sur lequel l'incertitude reste relativement élevée. Les sources utilisées pour l'estimer sont principalement les chiffres de production ou de distribution d'engrais.

L'AGRESTE fournit des chiffres globaux sur le département, basés sur les quantités d'engrais livrées aux distributeurs.

Département	Phosphore P ₂ O ₅ dans les engrais livrés (en kg/ha)	Azote N dans les engrais livrés (en kg/ha)
Loire Atlantique	27	93
Maine et Loire	22	44

(campagne 2000-2001)

Les chiffres obtenus par enquête auprès du principal distributeur d'engrais sur la zone (voir paragraphe III 4.1.3.) permettent de confirmer que les valeurs de Loire Atlantique correspondent à la situation du bassin versant. Sur cette base, les quantités en jeu à l'échelle du bassin sont 1 494 tonnes de phosphore P₂O₅ et 5 146 tonnes d'azote. La correspondance en équivalent habitants donne environ 1 million d'équivalent habitants.

Dans le cadre du suivi du programme d'action du PMPOA1, une étude statistique des pratiques agricoles a été menée sur le département de Loire Atlantique. En matière de fertilisation, quelques éléments peuvent être cités :

Couple de cultures 1998-99	Fertilisation correcte	Fertilisation légèrement excédentaire	Fertilisation excédentaire
Prairie - prairie	67 %	13 %	20 %
Prairie - maïs	24 %	18 %	58 %
Maïs - maïs	28 %	27 %	45 %
Maïs - céréale	51 %	18 %	31 %
Céréale - prairie	43 %	18 %	39 %

Sources : Annexe 9 de l'arrêté "Directive NITRATES - Programme d'action", 1999

La sur-fertilisation intervient principalement sur les cultures de maïs et les prairies de moins de 2 ans, cultures prioritaires pour l'alimentation des animaux.

8.3.3. Des bâtiments d'exploitation répondant de manière croissante aux normes environnementales

Il a été observé dans le cadre de plusieurs études de bassins versants (cas de la Sorme, de l'Ognon, de la Vie, un sous-bassin de la Mayenne... voir bibliographie) qu'une part importante des pollutions d'origine agricole provient de fuites d'effluents au niveau des bâtiments d'exploitations. Un effort a été engagé par les agriculteurs avec le concours de l'Etat, l'Agence de l'Eau et le Conseil Général pour limiter ce type de pollutions. En particulier, des aides peuvent être attribuées pour l'augmentation des capacités de stockage des effluents au niveau des élevages. De plus, Le décret n° 93-1038 du 27 août 1993 oblige les exploitants à disposer au minimum de la capacité de stockage nécessaire pour toute la durée de la période où l'épandage est impossible.

Le nombre d'exploitations dont les installations de stockage sont aux normes n'est pas connu sur le bassin versant. Les informations concernant l'étendue des programmes d'action donnent un aperçu de la mobilisation sur le bassin versant, sans pour autant renseigner sur l'état général des exploitations.

Dans le cadre du premier programme de maîtrise des pollutions d'origine agricole, 163 dossiers de subvention ont été engagés, 90 sont à l'heure actuelle achevés. Ce programme n'était applicable qu'aux exploitations de plus de 70 UGB, ce qui a fortement limité son étendue, compte tenu de la relativement faible taille moyenne des exploitations sur la zone.

En marge de ce programme, des subventions de l'Europe et du Conseil Général ont été accordées aux exploitations de taille insuffisante pour être éligibles : 87 dossiers ont abouti sur les communes du Pays de Chateaubriand.

Un second programme d'aides, dit PMPOA 2 a été engagé, prenant en compte davantage de facteurs (voir paragraphe IV.1.2). Près de 4 200 exploitations ont déposé un dossier en Loire Atlantique, sur les 6 000 susceptibles de bénéficier du programme. L'instruction des dossiers se poursuivra jusqu'en 2006.

Sur les communes du bassin versant, 1 336 ateliers de productions animales sont déclarés auprès des installations classées. Ce chiffre ne permet cependant pas de définir le nombre d'exploitations pour lesquelles les installations sont effectivement aux normes.

8.3.4. Drainage et irrigation

12 000 ha du bassin sont concernés par le drainage, soit 20 % de la SAU (source Chambre d'Agriculture), et **1 600** par l'irrigation (2,5 % de la SAU, source Recensement Agricole 2000). Les plans de drainage ont surtout été conçus pendant les périodes de remembrement sur chaque commune, mais se poursuivent sur certaines zones.

Plusieurs observations peuvent être faites sur la pratique du drainage et de l'irrigation. Utilisées dans une perspective d'amélioration raisonnée du milieu et du développement des cultures, ces techniques n'ont pas d'effet négatif sur les transferts de fertilisants. Au contraire, le drainage peut, en favorisant l'infiltration de l'eau par rapport au ruissellement (moindre saturation du sol), diminuer les transferts de phosphore. La rétention des eaux de drainage dans des bassins-tampons, et l'enherbement des fossés où circulent les eaux permet de fixer une part importante des substances dissoutes ou en suspension, nitrates, phosphates, mais aussi molécules phytosanitaires.

Réalisées dans de mauvaises conditions, ces pratiques peuvent cependant avoir des conséquences néfastes et de grande ampleur. Le drainage systématique des prairies humides, tel qu'il a été abondamment réalisé dans les années 1970, a conduit à réduire fortement les temps de transfert sur les bassins-versants. Les fossés d'évacuation ont été conçus de manière à évacuer le plus rapidement possible l'eau. Les travaux d'entretien consistent à des curages de fossés avant la période hivernale, afin de supprimer tout obstacle au transfert des eaux. Ce système conduit à des transferts de

substances maximales vers le réseau hydrographique, mais également à un accroissement des impacts des crues.

Ce fonctionnement dégradé a été observé sur la partie amont du bassin, où un linéaire important de cours d'eau et de fossés a disparu (Etude hydraulique pour la prévention et la gestion des risques d'inondations de l'Agglomération de Saint-Mars-la-Jaille. SOGREAH, 2001).

8.3.5. Les contrats de qualité

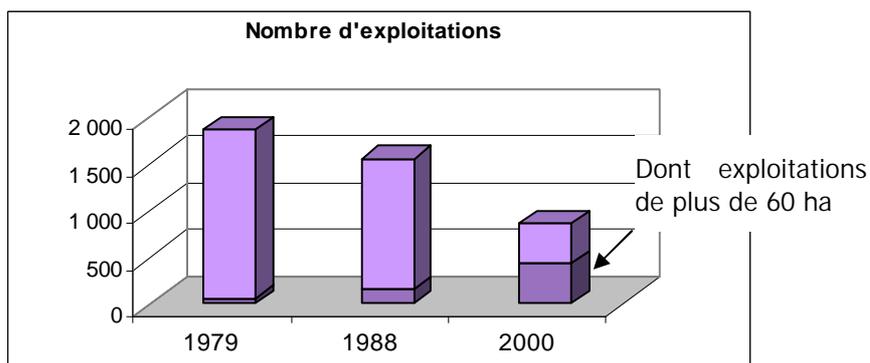
Les statistiques de l'année 2000 dénombrent environ 190 exploitations en agriculture biologique ou ayant choisi d'inscrire leur production sous un signe de qualité (labels ou AOC). 60% de ces exploitations sont en production animale (essentiellement bovins) et 40% en production végétale (grandes cultures).

La mise en pratique de cahiers des charges, en particulier l'agriculture biologique, vise en partie à limiter l'usage de substances chimiques dans la production, à maintenir un milieu plus naturel qu'en exploitation traditionnelle, à maintenir une certaine extensivité. Ces pratiques visent un impact positif sur l'environnement.

8.4. Evolution récente de l'agriculture

Au cours des trois derniers recensements (1979, 1988 et 2000), la SAU du bassin s'est légèrement contractée (9%). Les terres agricoles les moins fertiles ont été délaissées, ou boisées, comme il a été observé sur plusieurs communes situées en amont du bassin versant.

Le nombre d'exploitations a diminué de 45 %, passant de 1 500 à 850 pour les exploitations professionnelles. Dans le même temps, la surface moyenne des exploitations a augmenté de 65 %. Le nombre d'exploitations de plus de 60 ha a augmenté de 192 %. Cette évolution est conforme à la tendance nationale au regroupement et à l'extension des exploitations. Le nombre d'exploitations dont le statut social est un groupement (GAEC, EARL...) a augmenté parallèlement à l'accroissement des surfaces lié aux extensions.



Sur la plupart des communes du bassin versant, une baisse du nombre d'exploitations est encore attendue dans les années à venir.

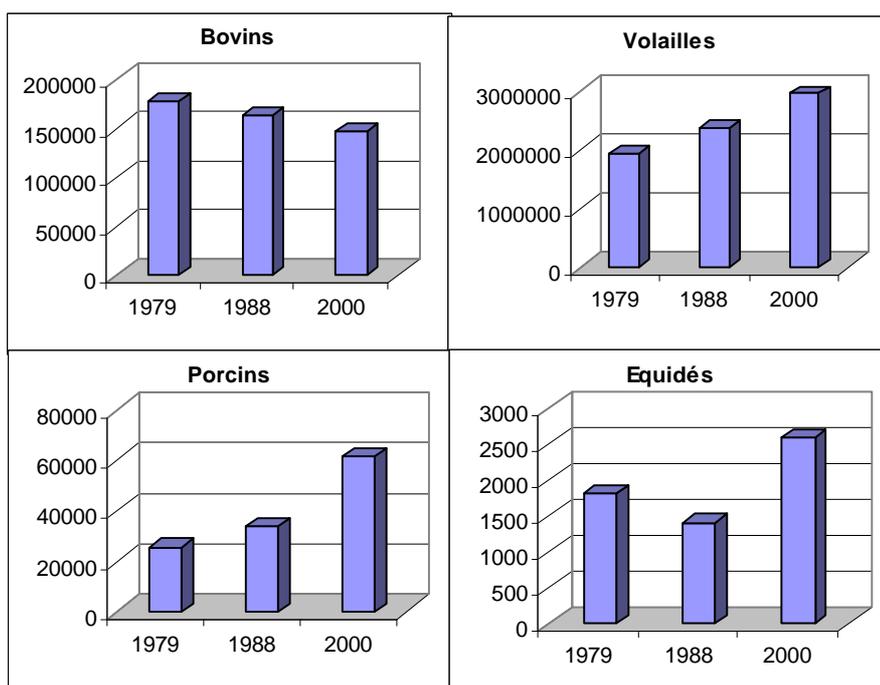
La surface irriguée a doublé, mais reste inférieure à 3 % de la SAU ; la surface drainée à elle aussi augmenté (+90%), elle représente désormais plus de 15 % de la SAU.

8.4.1. Elevages

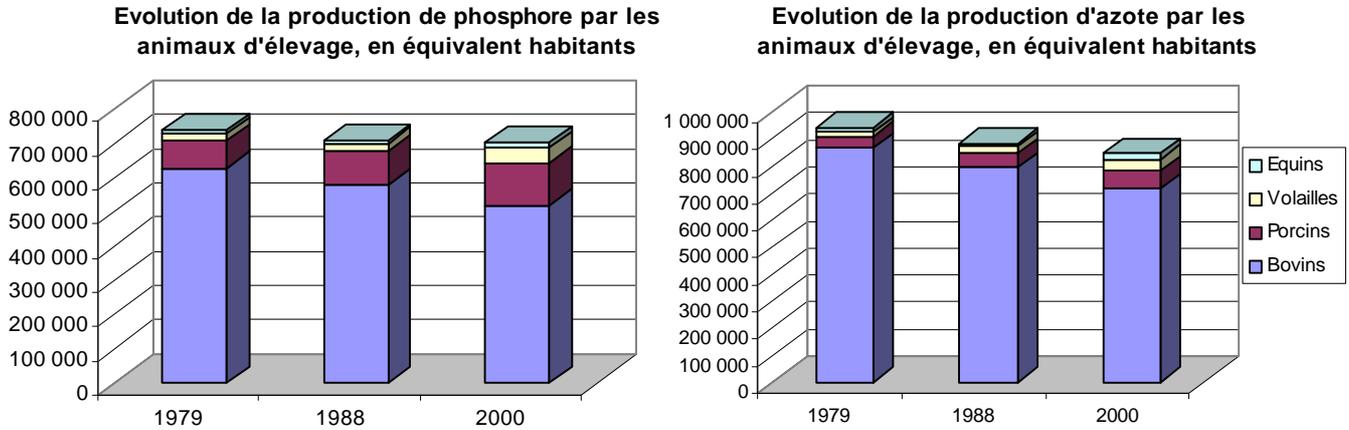
Un recul des effectifs bovins (-11%) et ovins (-23%) est observé, au profit des élevages porcins (+63%) et avicoles (+36%).

Le nombre de vaches laitières est passé 50 000 en 1979 à 29 000 en 2000, tandis que dans le même temps, le nombre de vaches nourrices augmentait de 18 000 à 29 000.

Parallèlement à une réduction de l'élevage laitier liée aux quotas, les exploitations se sont tournées de façon croissante vers les marchés porteurs, ce qui a conduit à une diversification des productions et à la croissance de l'élevage allaitant et des ateliers d'engraissement de porcs ou de volaille.



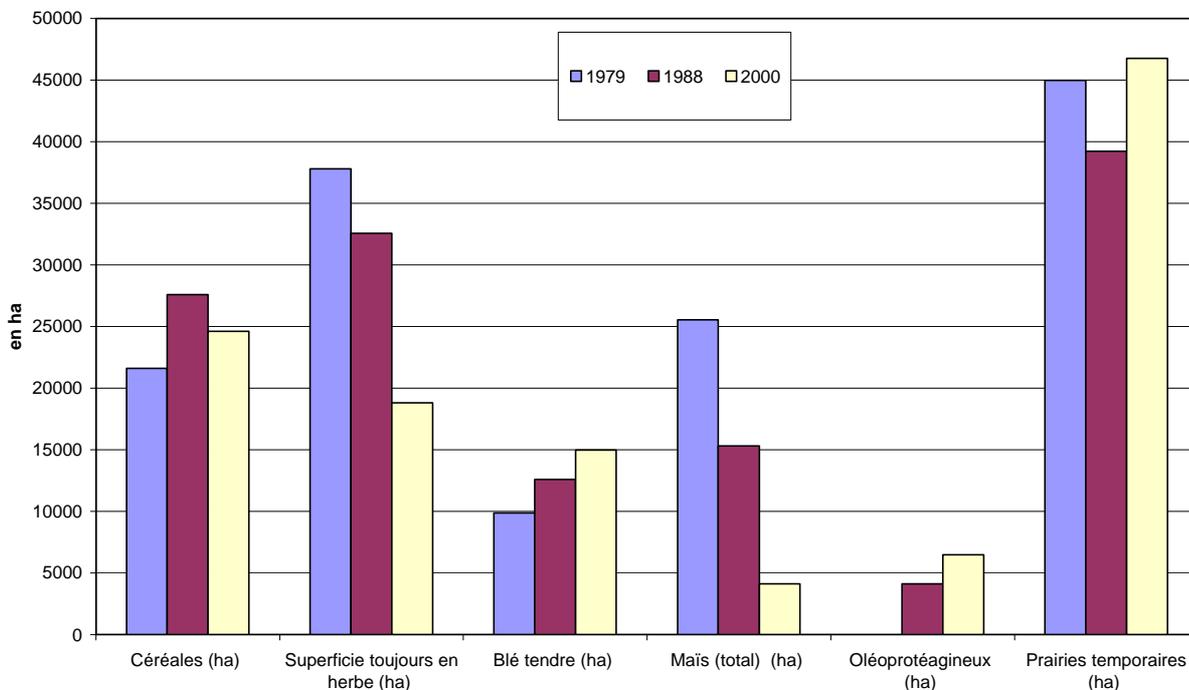
Cette évolution peut être étudiée du point de vue des émissions de phosphore et d'azote organique.



Il est observé une légère diminution de la pression phosphorée et azotée sur le bassin versant.

8.4.2. Cultures

Evolution des principales cultures de 1979 à 2000

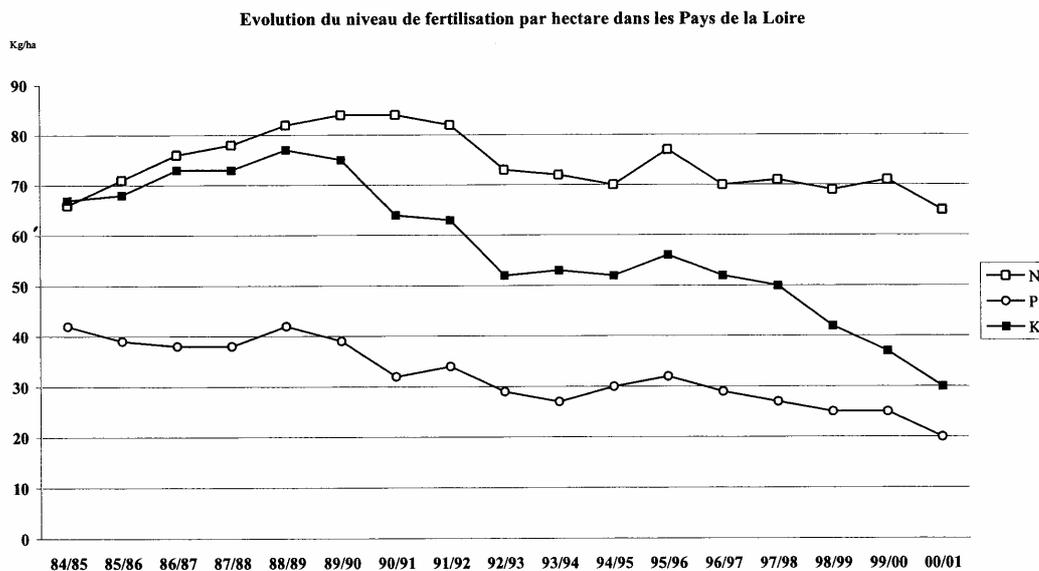


Les surfaces d'oléoprotéagineux (+60%) et de blé tendre (+10%) ont une tendance à la hausse, tandis que la STH (-44%), toujours largement majoritaire, et les fourrages (-15%) sont à la baisse. Les autres céréales se maintiennent globalement ainsi que les prairies temporaires et les fleurs et les légumes frais. Les vignes tendent à disparaître : la superficie plantée est passée de 300 ha en 1979 à moins de 40 ha en 2000. Elles sont principalement localisées autour de Ligné et Carquefou. La

diminution des surfaces en maïs traduit l'évolution des assolements, et montre une certaine désintensification des productions fourragères.

8.4.3. Fertilisation minérale :

Sur la base des statistiques de l'Agreste, il est constaté une nette diminution des quantités d'engrais minéraux utilisés en agriculture sur l'ensemble de la France, et notamment sur les Pays de la Loire.



Source : AGRESTE Pays de la Loire, 2002

La tendance générale notée sur les livraisons d'engrais depuis 1985 est à la baisse. Le principal distributeur d'engrais sur le bassin versant rapporte sur les 5 dernières années une baisse de près de 30 % pour les engrais azotés et de plus de 40 % pour les engrais phosphorés et potassiques.

Les pratiques agricoles ont connu, et poursuivent encore, une évolution importante, tendant à optimiser les apports en fertilisants.

Conclusion :

Le bassin de l'Erdre est occupé en grande partie par des prairies et cultures fourragères, destinées à l'alimentation de l'élevage bovin très développé. Cette activité, en légère régression, se complète de plus en plus souvent par des ateliers de productions animales : engraissement de porcins, volailles. La taille moyenne des exploitations augmente de façon importante, et ce mouvement se poursuivra dans les années à venir, à mesure qu'un nombre important d'exploitations disparaîtra encore.

L'évolution de l'élevage s'accompagne d'une légère diminution de la pression phosphorée et azotée organique, et une mise en pratique croissante d'une agriculture raisonnée entraîne une baisse de l'usage des fertilisants minéraux. De même, la situation globale des bâtiments d'exploitations s'améliore de façon continue, sous l'action des pouvoirs publics. Les pollutions ponctuelles originaires des bâtiments d'élevage sont en régression.

L'étude du bassin versant de l'Erdre a permis de mettre en évidence et de détailler les grands facteurs influençant la qualité des eaux. Après avoir situé le contexte global du bassin, les points suivants ont été observés :

- l'industrie est très peu représentée sur le bassin ; seuls quelques établissements méritent une étude plus poussée afin de connaître l'importance de leurs rejets ;
- l'assainissement présente une situation mitigée, d'importants travaux d'amélioration récents, et des points noirs qui subsistent (taux de collecte faible par endroits, quelques stations dont le fonctionnement est dégradé) ;
- l'agriculture occupe une place prépondérante sur le bassin, et est en cours de mutation ; la situation évolue de façon positive, au niveau des pratiques comme des infrastructures.

Il est nécessaire d'étudier ensuite le fonctionnement de la rivière en elle-même, et de chercher les relations entre les phénomènes observés sur le bassin et le milieu aquatique de l'Erdre.

II L'Erdre

Le premier élément à étudier pour comprendre les phénomènes biologiques conduisant au développement des cyanobactéries est de connaître en détail le fonctionnement hydraulique de la rivière. L'étude de la qualité des eaux est effectuée dans un deuxième temps.

1. Fonctionnement hydraulique de l'Erdre

1.1. Caractéristique de l'Erdre

Le cours d'eau de l'Erdre long d'environ 70 km est un affluent de la rive droite de la Loire. Il se situe en Loire Atlantique et son cours aval traverse le Nord Ouest de l'agglomération nantaise où il est en partie canalisé avant de se jeter dans la Loire.

Il prend sa source à proximité de la commune du Louroux-Beconnais à une altitude avoisinant 80 m. Il traverse principalement d'amont en aval les communes de Candé, Saint-Mars-la-Jaille, Riaillé, Nort-sur-Erdre, Sucé-sur-Erdre, Carquefou et Nantes.

Le tracé de l'Erdre est assez variable, courant d'est en ouest sur une grande partie de son bassin versant, son cours s'infléchissant brusquement à Nort-sur-Erdre pour suivre une direction générale Nord Sud.

L'Erdre est alimenté par de nombreux affluents dont les plus importants se concentrent essentiellement en rive droite. Il s'agit principalement du Cens, du Gesvres, de l'Hocmard, du canal de Nantes à Brest.

La physionomie du cours d'eau évolue fortement d'amont en aval. En amont de Nort-sur-Erdre, l'Erdre se présente comme un cours d'eau classique au régime fluvial marqué et dont la largeur n'excède pas une vingtaine de mètres. A l'aval de Nort-sur-Erdre, il prend l'allure d'un grand plan d'eau dont le niveau "constant" est principalement établi par les ouvrages de régulation implantés à Saint Félix. Sur ce secteur, la largeur du lit peut atteindre un kilomètre. La section d'écoulement couplée à un niveau aval contrôlé (écluse Saint Félix et niveau en Loire) induit des vitesses d'écoulement extrêmement faibles : ce bief constitue un véritable étang, de 25 km de longueur et d'une superficie de 700 ha.

Par ailleurs, une partie des débits drainés sur le bassin versant transite par des réservoirs (Vioreau en particulier). Les eaux recueillies rejoignent l'Erdre par deux cheminements différents : en période de hautes eaux les écoulements transitent par les trop pleins. Lors des périodes les plus sèches, l'eau stockée rejoint l'Erdre via la rigole d'alimentation qui est contrôlée par des vannes, et via le canal de Nantes à Brest, tronçonné par de nombreuses écluses. Le bassin versant utile de l'Erdre approchant les 1000 km² fluctue donc suivant la saison et les conditions météorologiques.

Les caractéristiques du réseau hydrographique sont en relation directe avec la nature géologique du bassin versant. De Nantes à Sucé-sur-Erdre, le substrat principalement constitué de granit et de micaschiste, explique que les affluents soient généralement pérennes. En revanche, l'amont du bassin versant est plutôt dominé par des schistes et les ruisseaux sont généralement secs en été.

Principales caractéristiques :

	Bassin versant amont Nort-sur-Erdre	Bassin versant aval Nort-sur-Erdre	Bassin versant total
Superficie	472 km ²	503 km ²	975 km ²
Longueur	45 km	25 km	70 km
Pente moyenne	2 ‰	0,1 ‰	1 ‰

1.2. Historique de l'Erdre.

Vers l'an 550, l'Erdre formait déjà un lac de Nantes au Pont – Hus. Ce premier barrage, appelé La Chaussée Barbin, était constitué d'une large digue de pierre et de terre qui coupait la rivière cent mètres en aval du pont actuel de la Motte – Rouge. La chaussée accueillait trois moulins et deux pêcheries munis de vannes permettant ainsi de contrôler le niveau de l'eau. Il permit la navigation de Nantes à Nort-sur-Erdre, assurant à la rivière un niveau constant, indépendant des marées. Toutefois, il ne permettait pas la navigation en aval de la Chaussée Barbin car les bateaux ne pouvaient la franchir.

Au 17^{ème} siècle, les riverains en amont accusaient les meuniers de Barbin de retenir trop d'eau pour faire tourner leur moulin, inondant ainsi les propriétés en amont ce qui entraînait de nombreuses disputes ; le niveau réglementaire était quelques dizaines de centimètres plus haut que le niveau actuel.

Au 19^{ème} siècle (1811 à 1836), le canal de Nantes à Brest, motivé par des raisons économiques et stratégiques, fut construit de 1811 à 1836. A cette occasion, un nouveau barrage fut construit au bas de la rue du Calvaire, le lit de l'Erdre fut régularisé dans la traversée de la ville et la chaussée Barbin fut détruite. Ces nouvelles installations ont baissé le niveau du lac de 60 cm environ.

La navigation se faisait « à la bourde », grande tige de bois que le marinier appuyait sur le fond de l'eau. Le canal de Nantes à Brest était pourvu d'un chemin de halage ce qui permettait d'utiliser la traction humaine ou animale. De nombreux projets de construction d'un chemin de halage au bord de l'Erdre ont vu le jour, ils ont été souvent interrompus pour des problèmes financiers, de propriétés et par l'arrivée des machines à vapeur.

En 1927, le projet de comblement et de détournement de l'Erdre dans Nantes a été approuvé. Le tunnel St Félix est construit sous les cours St Pierre et St André. L'écluse Saint Félix permet le passage des péniches et des bateaux lavoirs et aussi de réguler le niveau entre le Loire et L'Erdre.



Cours des Cinquante Otages où l'Erdre se déversait dans la Loire.



Travaux lors du détournement de l'Erdre en 1935

1.3. Règles de gestion et Fonctionnement hydraulique

La partie aval de l'Erdre, de l'écluse de Quiheix jusqu'à l'écluse de Saint Félix, constitue le second bief du canal de Nantes à Brest (le premier étant la partie située entre l'écluse et la Loire).

Le règlement particulier de police fixe la règle de gestion : maintenir un niveau constant permettant la navigation. Le niveau de consigne est 4,34 m NGF IGN69 (4,08 m NGF Lallemand).

1.3.1. Ecluse St Félix

En régime normal, le niveau est réglé par le déversoir, ou vannage Est. Celui-ci possède une vanne de 5 m de large qui s'abaisse pour régler la hauteur du bassin entre 3,11 m IGN69 et 5,11 m IGN69.

En période de crue, l'éclusier est prévenu par Nort-sur-Erdre et l'écluse de Quiheix de cotes alarmantes (dès 20 cm au-dessus de l'étiage). C'est alors le vannage Ouest, ou vannage de crue, qui est ouvert. Il possède deux vannes de 2,50 m de large.

Lors de la crue de 1995, déversoir et vannage étaient ouverts à 100 % et le sas de l'écluse était maintenu porte amont au ras de l'eau et porte aval vantelles ouvertes. Malgré cela, le niveau à l'écluse était monté de près de 2 m (6,10 m IGN69).

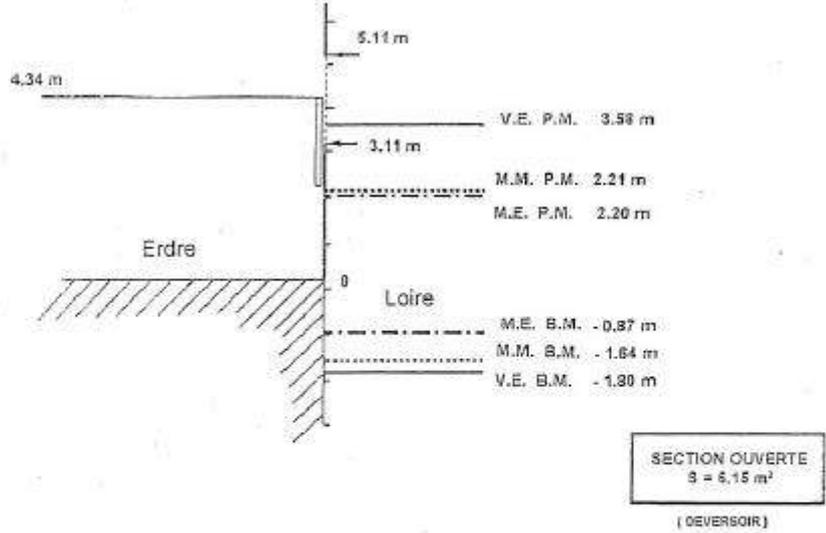
En étiage (~1 mois par an, en juillet le plus souvent) le niveau est rehaussé d'une quinzaine de centimètres pour compenser l'évaporation.

La Loire en crue influence le niveau de l'Erdre à l'amont de l'écluse. Cette influence peut se faire sentir jusqu'à Nort-sur-Erdre, du fait de la très faible pente hydraulique.

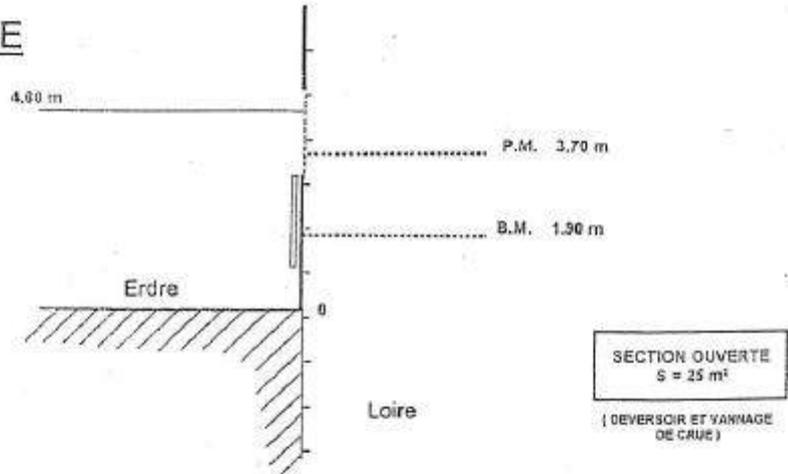
La figure page ci-après schématise le fonctionnement de l'écluse et l'ouverture des deux vannages en fonction des configurations hydrologiques.

SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DE L'ECLUSE ST-FELIX

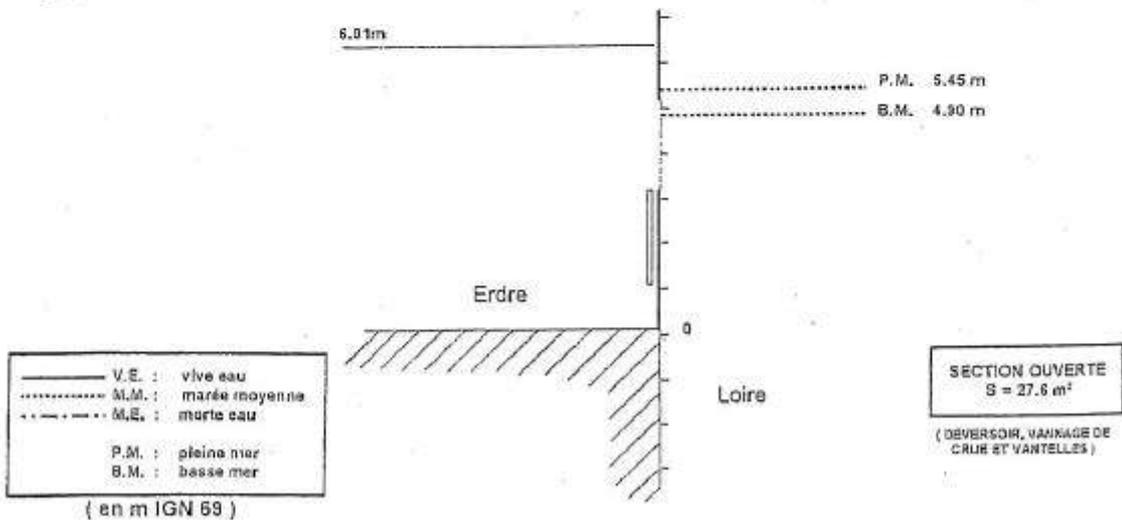
ETIAGE



CRUE MOYENNE



CRUE FORTE



1.3.2. Pluviométrie caractéristique

En mm	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel
Pluviométrie	86	70	69	50	64	45	46	45	62	79	87	83	787
Evaporation	12	18	50	79	105	124	138	114	74	37	14	10	774

Données moyennes interannuelles à la station de Nantes Bouguenais – Source météo France

1.3.3. Débits caractéristiques

Deux stations permettent de connaître les débits sur le bassin versant. Elles sont toutes deux situées sur l'Erdre et possèdent 30 années de mesures pour le point situé à Nort-sur-Erdre et 6 ans pour le point situé à Bonnœuvre.

En revanche, il n'y a pas de station sur les affluents.

Il n'y a pas de station hydrométrique à l'aval de Nort-sur-Erdre, le niveau y étant directement influencé par l'écluse de Saint Félix et la Loire.

Débits moyens mensuels mesurés (m³/s)

station	superficie	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Qs an (l/s/km ²)
Erdre à Bonnœuvre	169 km ²	2.59	2.6	1.79	1.12	0.78	0.415	0.215	0.124	0.142	0.252	0.75	1.7	1.03	6.1
Erdre à Vaux	472 km ²	7.01	7.12	4.92	3.09	1.99	0.864	0.436	0.256	0.361	0.827	2.03	4.5	2.76	5.8

La station de Vaux, de par son implantation (amont immédiat de Nort-sur-Erdre) et la superficie du bassin versant drainé permet de bien apprécier le débit du bassin versant.

Ces débits permettent de calculer les débits des principaux affluents et d'en déduire les débits moyens à Saint Félix.

Il convient de plus d'intégrer l'apport des réservoirs et du canal de Nantes à Brest.

Débits moyens en m³/s

	Superficie	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	dec
canal		-	-	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-
Verdier	91 km ²	1.6	1.4	0.9	0.6	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	1.1
Hocmard	55 km ²	1.0	0.8	0.6	0.4	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.6
Gesvres	80 km ²	1.4	1.2	0.8	0.5	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.9
Cens	62 km ²	1.1	0.9	0.6	0.4	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.7
Evaporation		-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.7	-0.9	-1.0	-0.8	-0.5	-0.3	-0.1	-0.1
Erdre à Nantes	975 km ²	16.0	14.5	9.8	5.8	4.0	1.3	0.2	0.0	0.5	1.8	4.6	10.3

On notera que l'évaporation sur le plan d'eau que constitue l'Erdre aval (700 ha) représente une perte de débit très importante en été (14 cm soit $-1\text{m}^3/\text{s}$ en moyenne en juillet), quasi équivalente au débit d'apport.

Débits de crue (m^3/s)

station	superficie	Qi2	Qi5	Qi10	Qi20	Qi50	Qi100
Erdre à Vaux	472 km ²	31	46	57	67	80	90

L'Erdre a connu 4 crues importantes lors de ces 10 dernières années :

Date	Débit max (m^3/s)	Période de retour
01/1993	61.3	~ 15ans
01/1995	66.9	20 ans
12/1999	62	~15 ans
01/2001	70.6	25 ans

Les débits de crue à St Félix sont mal connus :

- Très peu de mesures,
- Influence de l'ouvrage de St Félix et de la Loire,
- Effet tampon des marais,
- Bassin versant intermédiaire entre Vaux et St Félix très important,
- Débits d'apport des affluents mal connus.

BCEOM a modélisé la crue de janvier 1995 dans l'étude hydraulique de l'Erdre (Eden, 1996). Il en ressortait que malgré le bassin versant intermédiaire important, les débits maximaux d'évacuation à

Saint Félix sont du même ordre de grandeur que les débits maximaux de l'Erdre à Nort-sur-Erdre : environ 70 m³/s en pointe à Saint Félix pour 67 m³/s à Nort-sur-Erdre. Il y a cependant un effet retard (2 à 3 jours) et une durée plus longue des crues à Saint Félix.

Ceci s'explique par l'effet tampon de la cuvette que représente l'Erdre aval. Les marais (Mazerolles, Poupinière) en particulier ont un véritable effet atténuateur : ainsi le débit à Sucé-sur-Erdre pour une crue du type 1995 est environ 30 % plus faible qu'à Nort-sur-Erdre (47 m³/s au lieu de 67 m³/s). Cet effet tampon compense les apports des affluents.

1.3.4. Caractéristiques hydrauliques et vitesses d'écoulement

Afin de mieux comprendre le fonctionnement hydraulique de l'Erdre, notamment en crue, un modèle hydraulique a été construit par BCEOM en 1996 dans le cadre de l'étude lancée par l'Eden (modèle CARMEN de BCEOM).

Il s'agissait d'une modélisation monodimensionnelle en régime transitoire, permettant de restituer numériquement le déroulement des crues. Ce modèle a permis de:

- Connaître l'évolution des débits, des hauteurs d'eau et des vitesses en tout point de l'Erdre aval,
- Simuler des crues particulières ou des situations particulières (gestion différente ou aménagements).

SITUATION DES PROFILS EN TRAVERS



a. Modèle monodimensionnel

Le modèle est construit sur un linéaire de 26 km depuis l'écluse de Saint Félix en aval jusqu'au pont de Nort-sur-Erdre en amont. L'Erdre est décrite par 50 profils en travers établis d'après les sondages bathymétriques réalisés en 1994 et une topographie sommaire du lit majeur.

L'ouvrage de St Félix est décrit, ainsi que les ponts induisant une perte de charge (Sucé-sur-Erdre).

La crue de janvier 1995 a été simulée, les niveaux mesurés sont retrouvés à +/- 8 cm.

Ce modèle a été repris sous le logiciel ISIS, de même type que CARMEN. De nouvelles simulations ont été effectuées, en régime permanent (les résultats du modèle 1996 sont suffisants pour appréhender les phénomènes dynamiques) pour :

- De nouvelles situations hydrologiques,
- L'évaluation d'éventuelles incidences des modifications des fonds sur les champs de vitesse.

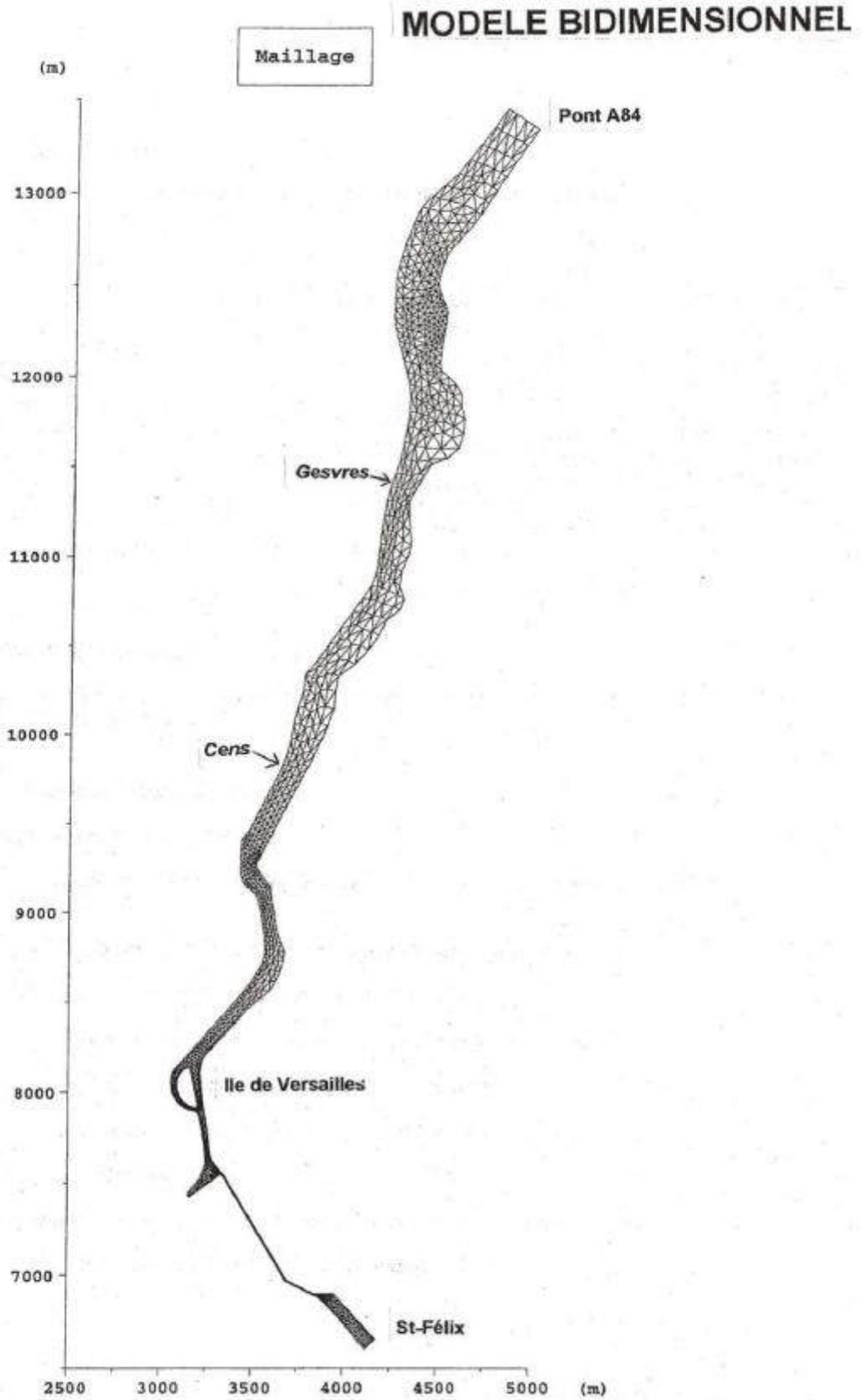
La figure de la page précédente présente l'implantation des profils en travers du modèle.

b. Modèle Bidimensionnel

En complément de ces premiers modèles, une modélisation bidimensionnelle de l'Erdre a été mise en œuvre en 1998 pour la ville de Nantes. Ce modèle s'étend sur 8 km de St Félix à l'aval jusqu'au pont de l'autoroute à l'amont. Le maillage s'appuie sur 2400 nœuds discrétisant le lit de l'Erdre (bathymétrie 1994). Ce modèle a été construit pour définir la faisabilité et l'incidence d'une prise d'eau en Erdre (prise de secours pour l'alimentation en eau de la ville de Nantes).

Ce modèle a été réutilisé dans le cadre de l'étude pour simuler les conditions hydrologiques complémentaires également modélisées en filaire.

La figure page ci-après présente le maillage du modèle.



" Etude globale sur les cyanobactéries dans l'Erdre"-30951Y-BCEOM

c. Ponts et ouvrages

Les caractéristiques hydrauliques principales des ouvrages (sections mouillées, vitesses, remous) sont :

ouvrage	section mouillée (*)	Largeur hydraulique	Piles	Vitesse (*)	Remous (*)
Pont de Saint Georges (Nort)	111 m ²	20 m	2 x 2m	0,9 m/s	10 cm
Pont de Sucé sur Erdre	62 m ²	15 m	-	1,6 m/s	9 cm
Pont de la Beaujoire	380 m ²	100 m	2 x 2,20 m	0,3 m/s	nul
Pont de la Tortière	216 m ²	38 m	2 x 3,50 m	0,5 m/s	Nul
Pont Saint Mihiel	103 m ²	40 m	2 x 4,50 m	1 m/s	< 2cm
Tunnel Saint Félix	~70 m ²	8,5 à 10 m	-	1,4 m/s	6 cm
Ecluse de Saint Félix	28 m ²	10 m	-	3,6 m/s	~ 1 m

(*) crue centennale : $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$, $H=\text{étiage} + 1,50 \text{ m}$

d. Simulations hydrauliques

Les simulations hydrauliques complémentaires ont été réalisées avec les logiciels ISIS et TELEMAC, en régime permanent.

4 situations hydrologiques ont été simulées :

- Débit moyen estival : $Q=0,2 \text{ m}^3/\text{s}$
 - o Débit équivalent au DC300 à Vaux (débit dépassé en moyenne 300 jours par an),
 - o Les débits des affluents sont négligés, inférieurs à l'évaporation,
- Débit moyen janvier : $Q=7 \text{ m}^3/\text{s}$ à Nort-sur-Erdre, $16 \text{ m}^3/\text{s}$ à Vaux
 - o Apports intermédiaires localisés au niveau des affluents principaux,
 - o Débit à Nort-sur-Erdre sensiblement équivalent au DC40 à Vaux
- Débit moyen annuel $Q=2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ à Nort-sur-Erdre, $5,8 \text{ m}^3/\text{s}$ à Vaux
- Débit de crue biennal $Q=31 \text{ m}^3/\text{s}$

(Les apports latéraux sont supposés compensés par l'effet tampon de l'Erdre)
- Crue type 1995 $Q=67 \text{ m}^3/\text{s}$ (fréquence vingtennale).

L'ensemble des résultats est fourni en annexes 8 et 9.

Champs de vitesse (cm/s)

	Profil	Eté	annuel	janvier	Q2	Q1995
Nort-sur-Erdre	P2712	0	3	6	13	6
Poupinière	P4710	0	1	2	3	2
Goulot intermédiaire	P509	0	1	2	2	1
Mazerolles	P169	0	0	1	1	1
Pont Sucé		1	12	37	65	101
Aval Sucé	P507	0	1	3	6	7
La Chapelle	P485	0	1	3	6	7
La Beaujoire	P493	0	3	8	16	17
Pont de la Tortière	P13	0	8	24	46	47
Pont Saint Mihiel	P222	0	9	28	53	51
Entrée canal Saint Félix	PT2B	1	21	63	123	176

Résultats ISIS

Les vitesses sont très faibles la majeure partie du temps, sur tout le linéaire.

Les secteurs où les vitesses sont les plus fortes sont très localisés sur quelques singularités : à l'entrée du canal Saint Félix, au pont Saint Mihiel, au pont de la Tortière et au pont de Sucé-sur-Erdre. Les vitesses peuvent y atteindre en crue plusieurs dizaines de centimètres par seconde.

En dehors de ces points, les vitesses, même en forte crue, restent très faibles, aux alentours de quelques cm/s, voire 10 à 20 cm/s sur les secteurs les plus resserrés.

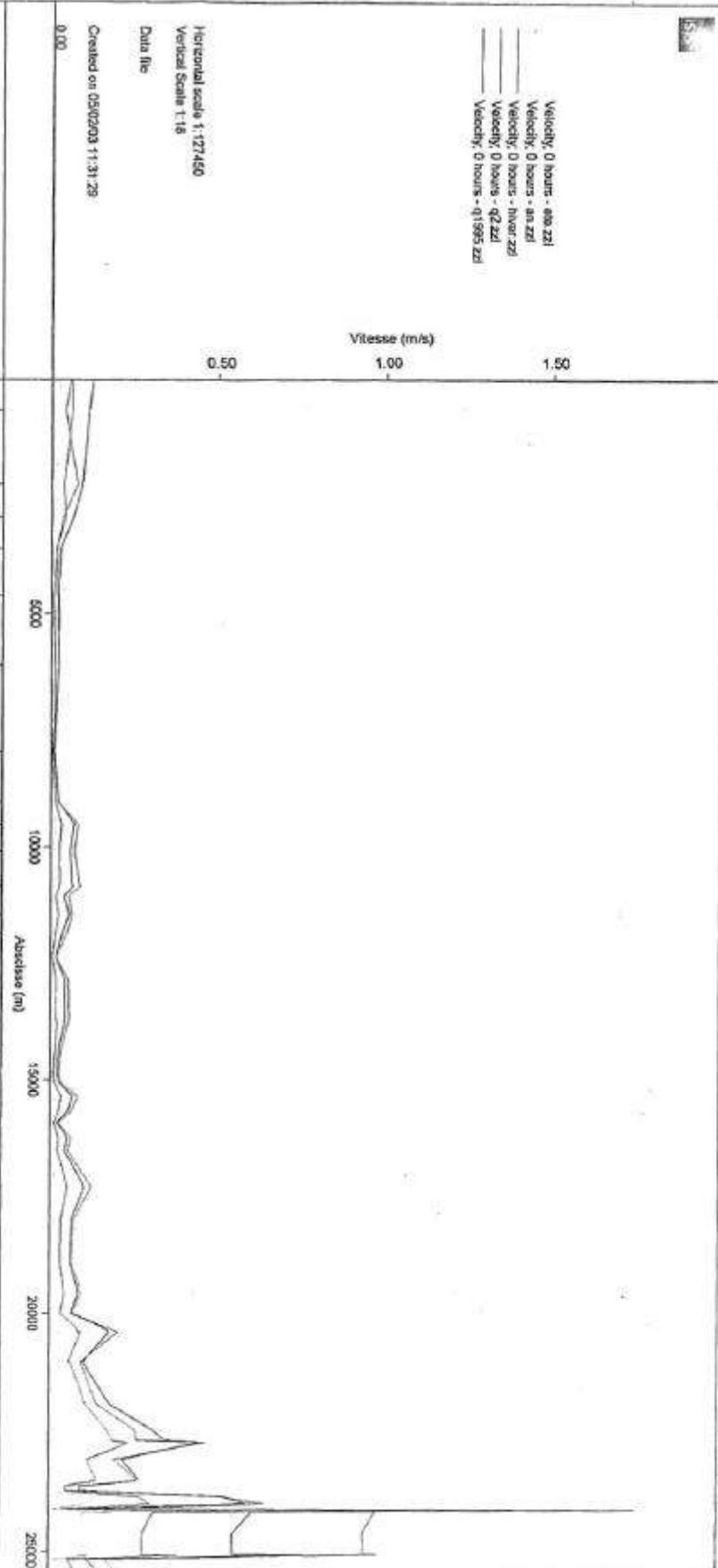
En été, les vitesses sont nulles ou quasi nulles.

La figure page ci-après représente un profil en long des vitesses d'écoulement dans les différentes configurations hydrologiques testées.

Les résultats bidimensionnels (TELEMAC) confirment les résultats monodimensionnels (ISIS). Ils précisent localement les champs de vitesse sur la partie aval (Ile de Versailles, tunnel et bassin Saint Félix). Ils montrent que la variation transversale des vitesses sur un profil en travers est très faible.

Simulation Erdre
Profil en long vitesses

Nœud: P2712



Label	Velocity: 0 hours - u (z)	Velocity: 0 hours - v (z)	Velocity: 0 hours - w (z)	Velocity: 0 hours - u (z)	Velocity: 0 hours - v (z)	Velocity: 0 hours - w (z)
P2712	0.06	0.13	0.06	0.03	0.00	0.00
P1512	0.04	0.11	0.05	0.03	0.00	0.00
P2311	0.08	0.09	0.04	0.01	0.00	0.00
P711	0.04	0.07	0.04	0.02	0.00	0.00
P4710	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00
P2610	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00
P509	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00
P169	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
P478	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
P368	0.08	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00
P208	0.07	0.06	0.03	0.01	0.00	0.00
P28	0.09	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00
P507	0.07	0.06	0.03	0.01	0.00	0.00
P437	0.05	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00
P327	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
P257	0.05	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00
P57	0.06	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00
P266	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
P176	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
P76	0.09	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00
P435	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
P375	0.07	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00
P125	0.13	0.11	0.05	0.02	0.00	0.00
P504	0.07	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00
P314	0.07	0.06	0.03	0.01	0.00	0.00
D12	0.06	0.06	0.04	0.01	0.00	0.00
P124	0.07	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00
P483	0.21	0.18	0.09	0.03	0.00	0.00
P323	0.10	0.10	0.06	0.02	0.00	0.00
p133	0.15	0.18	0.11	0.04	0.00	0.00
D22	0.26	0.32	0.18	0.06	0.00	0.00
p262	0.20	0.22	0.12	0.04	0.00	0.00
p72	0.27	0.27	0.14	0.05	0.00	0.00
P222	0.51	0.53	0.26	0.09	0.00	0.00
PT2B	1.76	1.23	0.63	0.21	0.01	0.01
pl3	0.94	0.55	0.29	0.09	0.00	0.00
PTSA	0.95	0.56	0.29	0.09	0.00	0.00
P21B	0.29	0.14	0.07	0.03	0.00	0.00

Temps de séjour

Au total, le volume d'eau contenu sous le niveau de référence atteint, en aval de Nort-sur-Erdre, 10 à 12 millions de m³. Ceci représente 30 jours de débit moyen annuel de l'Erdre et de ses sous-bassins, et seulement 10 jours pour les débits moyens de janvier. Ce taux de renouvellement des eaux de l'Erdre aval est assez faible, ce qui lui confère un statut de plan d'eau et non de rivière.

En été, les vitesses d'écoulement moyennes étant nulles à quasi nulles, les temps de séjour théoriques sont infinis. Si l'on ne prend pas en compte l'évaporation, le temps de séjour est de 200 jours soit supérieur à la durée de l'été.

e. Incidence de l'envasement sur les champs de vitesse

Les modélisations utilisées pour trouver les résultats ci-dessus sont basées sur une bathymétrie de 1994. Nous verrons ci-après (§4.2) qu'entre 1994 et 2001, les fonds ont été légèrement modifiés, certaines zones s'étant envasées, d'autres érodées.

L'évolution moyenne des fonds est une remontée de 8 cm : ceci reste suffisamment limité pour ne pas induire de conséquence sensible sur les vitesses d'écoulement. Cependant, ce résultat peut être précisé sur quelques profils particuliers :

Profil	Situation	Section mouillée 1994 (m ²)	Variation de section (m ²)	DS/S = -DV/V	DV (cm/s)
P169	Mazerolles	1631	-158	-10%	0
P57	Boire de Nay	168	-58	-10%	0
P133	Port Boyer	1323	+7	+5%	-1

L'incidence de l'envasement d'une dizaine d'année sur les vitesses d'écoulement est très peu sensible.

2. Expertise sédimentologique de L'Erdre

2.1. Nature des fonds

Les fonds de l'Erdre sont majoritairement constitués de vases riches en matières organiques (de l'ordre de 50%), facilement remaniables, de densité faible (100 à 200 g/l), assez homogènes sur une cinquantaine de cm. Sous cette couche superficielle, des densités de 250 g/l sont atteintes. Ces vases présentent une forte teneur en matière organique.

Compte tenu de la densité des vases, les vitesses critiques d'érosion peuvent varier de 20 cm/s pour les densités les plus faibles à une cinquantaine de cm/s pour les densités les plus fortes.

Les campagnes bathymétriques, réalisées par échosondeur, donnent peu d'informations sur les bordures du plan d'eau (la surface couverte est de 77 %). La reconnaissance visuelle, limitée à quelques points aisément accessibles, et l'absence de double écho sur les levés existants, laissent penser que les bords ont des pentes suffisantes pour empêcher le dépôt de vase sur le pourtour du plan d'eau en dehors des zones marécageuses.

2.2. Evolution observée des fonds

Il est difficile de suivre l'évolution des fonds en raison de la vitesse d'évolution qui est faible et en raison de leur nature vaseuse qui rend délicates la mesure et la comparaison de levés faits à des époques différentes.

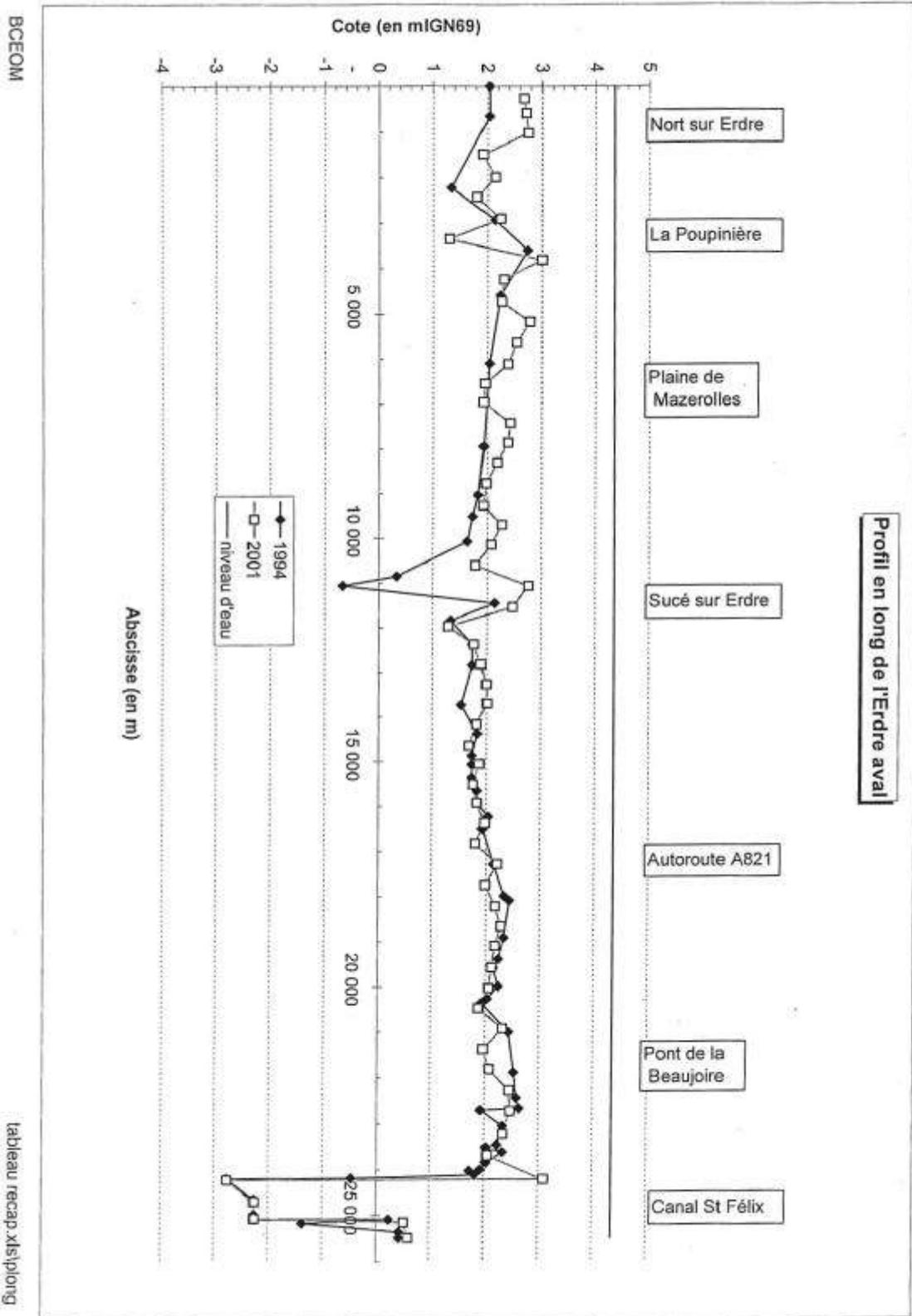
Une première évaluation (cf annexe 2, Etude de la remise en suspension des vases de l'Erdre par le passage des bateaux, Migniot, 1993) basée sur la comparaison de levés effectués sur une période courte (de 1982 à 1988), conduit à un rythme d'envasement de 3 mm/an, soit, sur une superficie de 700 ha, un volume de 20 000 m³/an.

Des levés bathymétriques ont été réalisés très récemment par le SMN (2002). Ces levés ont été comparés à ceux effectués en 1994. Le plan d'eau a été divisé en 6 secteurs distincts et la comparaison a été faite secteur par secteur. Les résultats bruts sont rassemblés dans le tableau n° 4.

Tableau n° 4 Evolution des fonds entre 1994 et 2002

Secteur	Superficie (m ²)	Volume (m ³)	Hauteur (m)
1 Nort-sur-Erdre - Gâtine	104 000	3010	0,03
2 Gâtine - Mazerolles	2 554 000	221 514	0,09
3 Mazerolles – Boire de Nay	1 411 000	275 773	0,20
4 Boire de Nay – A 821	1 237 000	- 57 123	- 0,05
5 A 821 – pont de la Tortière	682 000	15 101	0,02
6 pont de la Tortière – bassin de Ceinerey	131 000	29 191	0,22
Total	6 119 000	487 466	0,08

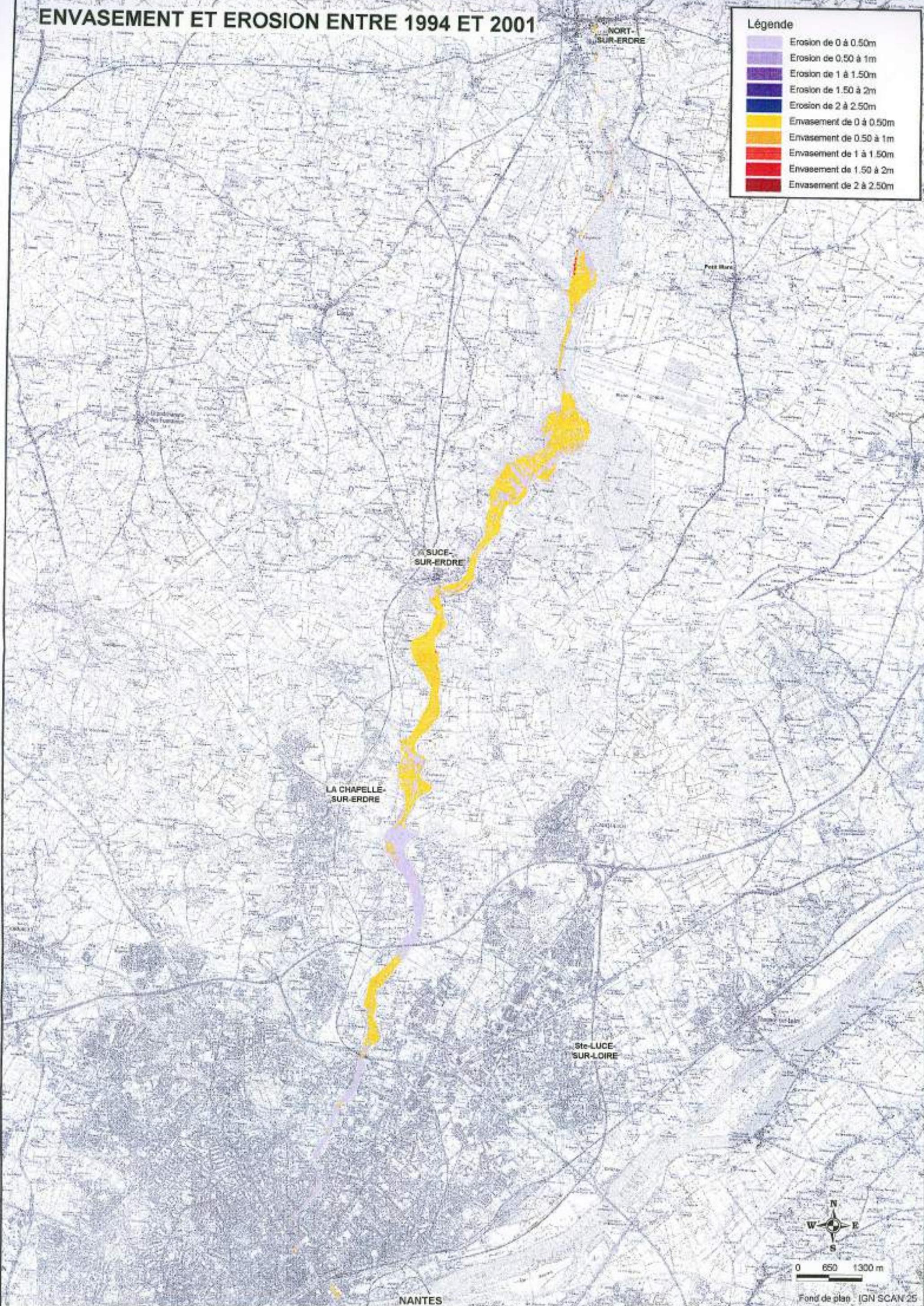
La figure ci-après présente l'évolution du profil en long, la figure suivante présente une vue en plan des zones de dépôt et d'érosion.



ENVASEMENT ET EROSION ENTRE 1994 ET 2001

Légende

- Erosion de 0 à 0.50m
- Erosion de 0.50 à 1m
- Erosion de 1 à 1.50m
- Erosion de 1.50 à 2m
- Erosion de 2 à 2.50m
- Envasement de 0 à 0.50m
- Envasement de 0.50 à 1m
- Envasement de 1 à 1.50m
- Envasement de 1.50 à 2m
- Envasement de 2 à 2.50m



NANTES

Ces résultats font apparaître une élévation moyenne des fonds de 8 cm, soit de 1 cm/an, soit encore un apport en volume de 70 000 m³/an. Ce volume est 3,5 fois plus élevé que celui estimé par la comparaison des levés de 1982 et 1986.

Pour recouper ces estimations obtenues à partir de levés bathymétriques, un bilan en MES, effectué à partir des données disponibles, a été tenté.

Les apports d'origine domestique, industrielle et rurale en MO sont estimés à 1 740 t/j (cf. §III). En admettant que ces apports constituent la moitié des MES, l'apport en MES serait de 3 480 t/an. En admettant, de plus, que ces MES se retrouvent avec une concentration de 150 g/l dans les vases, le volume apporté serait de 23 200 m³/an.

La nature tourbeuse des vases atteste également des apports d'amont. Une première estimation des MES, apportées par l'Erdre elle-même à partir de son bassin versant amont, peut être faite en multipliant le débit moyen annuel à Vaux (2,55 m³/s) par la concentration moyenne en MES des eaux, soit 20 mg/l. L'apport ainsi estimé est de 1 600 t/an environ, soit une valeur très proche de la moitié des apports des rejets. Le volume total de MES, entrant dans le plan d'eau serait alors de 40 000 m³/an. Pour compléter le bilan, il faudrait également estimer ce qui part à l'écluse St Félix. En admettant que les eaux sortantes ont également une concentration de 20 mg/l mais que le débit moyen à St Félix est de 5 m³/s pour prendre en compte les apports intermédiaires, le volume sortant de MES serait de 21 500 m³/an environ.

Ce calcul de bilan conduit à un volume de MES piégé dans le plan d'eau, estimé à 20 000 m³/an. Ce résultat recoupe plutôt la première estimation que la seconde, toutefois, il n'a qu'une valeur très indicative compte tenu des diverses approximations qui ont dû être faites.

Il apparaît également difficile d'expliquer les grandes différences d'évolution entre les différents secteurs du tableau n° 4. La valeur moyenne de sédimentation, estimée à 8 cm, recouvre une disparité d'évolution importante entre les secteurs 3 et 6 où la sédimentation atteint une vingtaine de cm, les secteurs 1 et 5 où elle dix fois plus faible, le secteur 2 où elle est voisine de la moyenne et le secteur 4, caractérisé par une érosion de presque 5 cm. Comme il sera vu au paragraphe suivant, il n'y a pas d'explication physique de telles érosions (il n'y a pas eu de travaux en lit mineur ni de dragage dans ces secteurs).

Il est indispensable de relativiser ces résultats avec la précision des relevés bathymétriques en présence de vases : l'ordre de grandeur de cette précision est d'une dizaine de centimètres. De plus, en comparant 2 campagnes bathymétriques (1994 et 2001), la précision du résultat est deux fois plus faible (soit une vingtaine de centimètres). Enfin, les campagnes bathymétriques n'ont pas pris en compte les bords du plan d'eau. Les bilans par secteurs ont donc une fiabilité très relative.

Pour conclure, la tendance globale à la sédimentation de l'Erdre entre Nort-sur-Erdre et Nantes ne fait pas de doute. Sa valeur peut être estimée entre 20 000 et 70 000 m³/an. Le bilan sommaire réalisé penche vers la première estimation.

Afin de préciser ce bilan et le rythme de l'envasement, il faudrait dans l'avenir réaliser de nouvelles bathymétries afin de pouvoir apprécier le phénomène sur 10 à 20 ans. Il serait également très utile d'augmenter la précision des sondages bathymétriques. Le Conseil Général va d'ailleurs réaliser une

telle campagne, sur certains secteurs : l'utilisation de ces résultats sera intéressante ; malheureusement, on ne disposera pas d'un état de référence plus ancien avec la même précision.

2.3. Effet des vitesses du courant

Les vitesses du courant dépendent essentiellement des débits moyens dans l'Erdre. Ces débits moyens sont rappelés pour chaque saison dans le tableau n° 1 (cf annexe 2 : étude de la remise en suspension des vases de l'Erdre par le passage des bateaux, Migniot 1993).

La plupart des profils en travers ont au moins une centaine de m de largeur, soit une section d'au moins 150 m². Le DC10 (débit dépassé 10 j par an) étant d'environ 15 m³/s, comme l'a déjà montré l'étude de Mr Migniot citée ci-dessus, les vitesses moyennes ne peuvent dépasser 10 cm/s que dans certaines sections très rétrécies et que durant quelques jours par an. Ceci a été confirmé par les modélisations hydrauliques mises en œuvre dans le cadre de la présente étude. Pour des débits ordinaires, les vitesses sont couramment de l'ordre du cm/s, voire quelques cm/s.

La vitesse critique d'érosion des vases les plus légères ayant été estimée à 20 cm/s, l'effet possible des courants, générés par les débits de l'Erdre, sur la remise en suspension des vases est **négligeable**.

2.4. Effet du vent

Le vent agit de façon complexe sur le plan d'eau. Il entraîne une agitation de surface, le clapot, mais il peut également mettre en mouvement la masse d'eau en générant des courants de recirculation, lesquels développent, à leur tour, une turbulence au sein de liquide.

On admettra que la répartition des vents sur le site est en première approximation celle de la rose des vents de Saint-Nazaire, donnée dans la figure page suivante.

Le clapot est un phénomène de propagation d'onde qui ne se produit que pour des vents forts et qui ne génère que des vitesses négligeables sur les fonds. Le clapot dissipe l'essentiel de son énergie sur les berges qui peuvent être attaquées. Il ne peut pas provoquer la remise en suspension des sédiments de fond en dehors des bordures. Celles-ci sont bien végétalisées et il semble qu'on ne rencontre que peu de vases ou de matériau aisément mobilisable sur leurs fonds. L'action du clapot sur la remise en suspension des vases ne peut donc être qu'exceptionnelle et très localisée.

Les vents génèrent en surface des courants dans une direction qui est en première approximation (en négligeant les forces de Coriolis) celle dans laquelle ils soufflent. Dans un milieu fermé comme le plan d'eau de l'Erdre, ces courants de surface génèrent des courants de fond en retour. Ce sont les courants de recirculation. Il est couramment admis que ces courants sont de l'ordre de 1 % de la vitesse du vent pour un vent fort bien établi, c'est à dire soufflant suffisamment longtemps pour mettre en mouvement la masse d'eau du plan d'eau initialement au repos. Pour des vents forts, supérieurs à 10 m/s, les courants de recirculation pourraient donc atteindre une dizaine de cm/s sous réserve que ces vents soufflent de façon régulière pendant une durée de l'ordre d'une journée.

Ces courants de recirculation ne peuvent donc pas, en principe, remettre les vases en suspension sauf événement exceptionnel. Toutefois sur des plans d'eau de faible profondeur, ces courants de

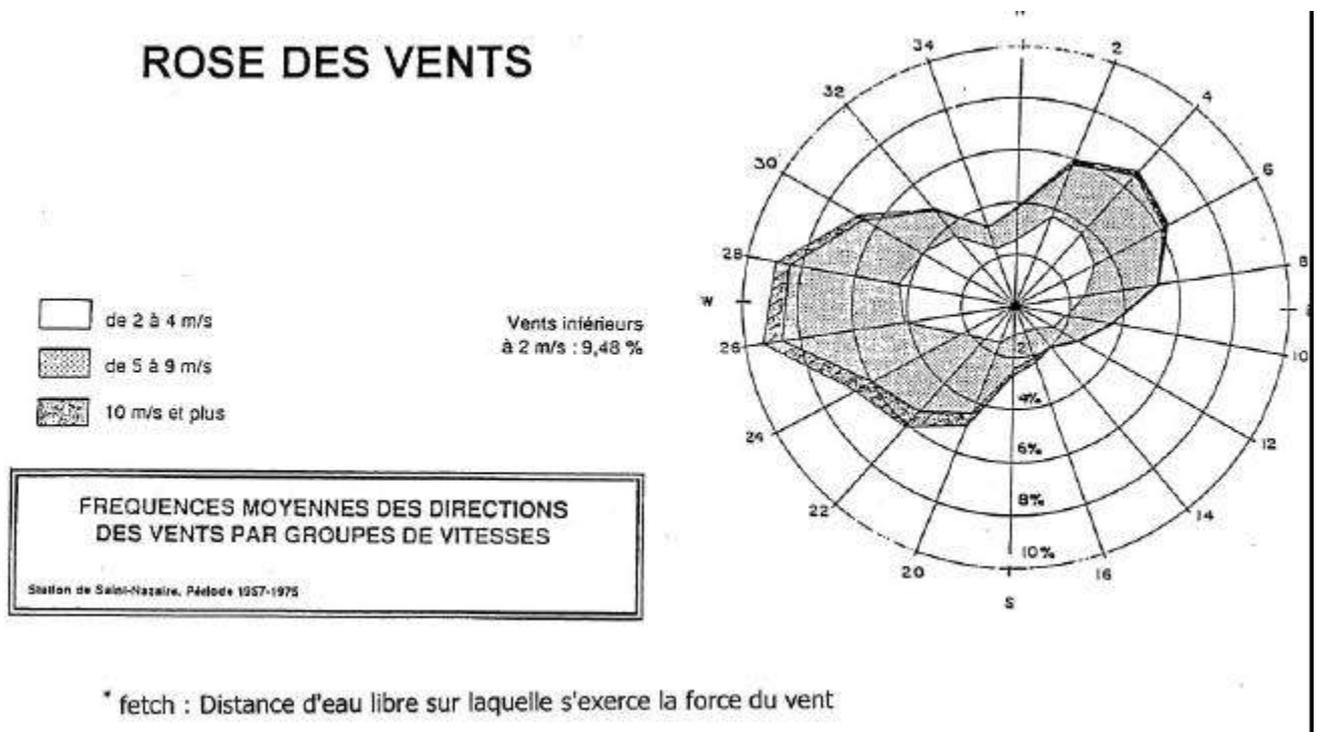
recirculation sont difficilement observables mais il s'accompagnent d'une turbulence (génération de tourbillons locaux) forte, plus susceptible de remettre les sédiments de fonds en suspension.

Le tableau n° 2, tiré de l'étude de la remise en suspension des vases de l'Erdre par le passage des bateaux, Migniot 1993 (cf annexe 2), montre une relation entre la turbidité dans l'étang de Bages et la vitesse du vent. Pour un vent de 5 m/s, la turbidité est sensiblement équivalente à la turbidité moyenne mesurée dans l'Erdre. Ce tableau montre que pour un vent de 10 m/s, cette turbidité peut être multipliée par 5 à 6.

Il est à noter que l'étang de Bages est sensiblement différent du plan d'eau de l'Erdre. Il est moins profond en moyenne et les fetches(*) y sont plus importants, d'autant plus importants que sur l'Erdre, les vents dominants ont une direction très perpendiculaire à l'axe de la rivière. A priori, la remise en suspension devrait être plus difficile sur l'Erdre que sur l'étang de Bages.

Un abaque simplifié, réalisé par Ifremer à partir de mesures sur l'étang de Thau, donne une relation entre le début de la remise en suspension, la profondeur, le fetch et la force du vent. D'après cet abaque et pour une profondeur de 2 m et pour un fetch de 1 km, conditions correspondant approximativement au plan d'eau de l'Erdre, la remise en suspension commence avec un vent de 10 m/s. Dans les mêmes conditions mais pour un fetch de 2 km, elle commencerait avec un vent de 6 m/s.

Ces résultats montrent qu'une remise en suspension par le vent est sans doute assez facile dans les grands plans d'eau de la Poupinière et de Mazerolles où les profondeurs sont plus faibles et les fetches plus importants. En revanche, elle apparaît plus difficile dans le reste du cours de l'Erdre à l'aval de Nort-sur-Erdre.



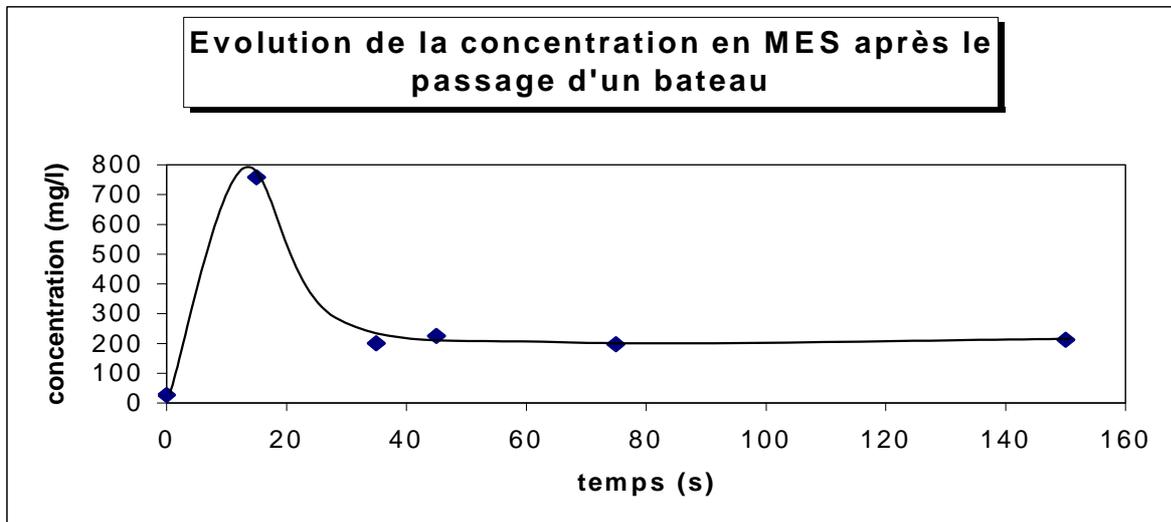
* fetch : Distance d'eau libre sur laquelle s'exerce la force du vent

2.5. Effet du passage des bateaux

Le passage des bateaux génère une onde de surface qui provoque le batillage, analogue au clapot, dans une certaine mesure. En effet, comme pour le clapot, l'énergie ainsi transportée se dissipe essentiellement sur les bordures et ne peut avoir qu'un effet négligeable sur la remise en suspension des vases.

En revanche, l'effet des courants de retour autour du bateau et des courants générés par les hélices sur la remise en suspension des fonds a été mis en évidence par diverses études.

Les valeurs de concentration en MES du tableau n° 3 tiré de l'étude de la remise en suspension des vases de l'Erdre par le passage des bateaux, Migniot 1993 (cf annexe 2) ont été reportées en fonction du temps passé depuis le passage du bateau sur le graphique de la figure n° 1.



Sur ce graphique a été tracée (manuellement compte tenu du petit nombre de valeurs disponibles) une courbe, de forme approximativement exponentielle, représentant la décroissance de la concentration pendant la resédimentation des matières en suspension. Cette courbe montre qu'immédiatement à l'arrière du bateau, des concentrations de l'ordre de 800 mg/l ont sans doute été dépassées. Pour un bateau, parcourant une distance de 12 000 m en 1 h, dont le panache a une largeur de 12 m et une hauteur de 2 m, le volume de vase remis en suspension serait de 230 t/h. Cette valeur est sensiblement supérieure à celles avancées précédemment car elle considère le volume de vase remis en suspension avant toute resédimentation.

Pour les études de relargage des matières nutritives, il peut être intéressant de prendre en compte la durée de la remise en suspension. La courbe de la figure n° 1 peut fournir une première approximation de la dynamique de la remise en suspension.

Il doit, de plus, être remarqué que ce relargage ne concerne qu'une superficie limitée de l'Erdre, correspondant au chenal de navigation, et que dans ce chenal, ce sont toujours les mêmes vases qui sont remises en suspension, puis redéposées.

Des études de relargage des matières nutritives ont été réalisées en 1992-93 (Eutrophisation de l'Erdre, analyse des causes, étude des moyens de lutte, Rapport final ; Béture-Setame ; 1992 et Eutrophisation de l'Erdre, additif au rapport de 1992 ; Béture-Setame ; 1993 - cf annexe 2). Elles ont mis en évidence le rôle fondamental de la remise en suspension des sédiments par les bateaux dans

la dynamique de l'eutrophisation. De plus, le rapport de l'étude complémentaire, met en évidence une augmentation très nette de la concentration en phosphore dans le sillage du bateau mais, curieusement, il n'a pas été noté d'augmentation de la teneur en MES. Il n'a pas été donné d'explication claire à ce phénomène.

Des travaux de modification ont été réalisés sur les bateaux restaurants Hydramour et Armorik 2. Ceux-ci consistaient en l'élargissement de la coque (180 cm sur Hydramour, 120 cm sur Armorik) ; et ont eu pour effet principal de remonter la ligne de flottaison de 15 cm (diminution du tirant d'eau de 90 cm à 75 cm). Ceci aura une tendance limitant la remise en suspension. L'absence d'étude et de mesures spécifiques ne permet pas de préciser cette incidence.

2.6. Conclusions

Il existe sur le plan d'eau que constitue l'Erdre en aval de Nort-sur-Erdre une bonne base documentaire en matière de sédimentologie. Toutefois la connaissance des vases et de leur comportement présente encore quelques incertitudes en raison de l'extrême complexité du milieu étudié.

Il peut être considéré comme acquis que les vases de fond ne peuvent être remises en suspension que de façon très exceptionnelle par les courants générés par les débits de l'Erdre.

Le rôle important du passage des bateaux dans la remise en suspension des MES a également été bien cerné et des valeurs crédibles des volumes concernés sont disponibles. Cette remise en suspension est limitée au chenal et concerne, en principe, des vases appauvries en nutriments. Toutefois, les études antérieures ont montré l'importance des relargages d'éléments nutritifs liés à ce phénomène. Les autres phases de la présente étude (lots 2 et 3) devront préciser l'importance de ce relargage.

Le clapot et le batillage, qui sont deux phénomènes comparables sur le plan hydrodynamique en ce sens qu'ils dissipent leur énergie sur les bordures, apparaissent comme deux phénomènes marginaux dans la remise en suspension des sédiments de fond.

Le rôle du vent est plus difficile à cerner. Le plus probable est que ce rôle est négligeable la plupart du temps sur le plan d'eau, sauf dans les plaines de la Poupinière et de Mazerolles. A cet effet des campagnes de mesure de turbidité pourraient être recommandées en différents points du site afin d'établir une relation entre la teneur en MES et la force du vent.

Enfin, il est difficile de quantifier l'évolution des fonds dans le temps. La tendance générale à la sédimentation ne fait pas de doute : les MES proviennent du bassin versant et se déposent rapidement en raison des vitesses d'écoulement très faibles de l'Erdre dans sa partie aval. Toutefois, le rythme de cette évolution apparaît encore incertain.

3. Description du réseau de mesures de la qualité des eaux

3.1. Les points de mesures

Sur le bassin versant de l'Erdre un réseau de points de mesure important permet de suivre l'évolution de la qualité de la rivière.

Trois catégories de points de mesures existent sur le bassin versant de l'Erdre :

- Les 2 points du Réseau National de Bassin (RNB) qui se situent sur l'Erdre amont. Ces points sont relevés par la DIREN.

Numéro de point	Libellé du point	Commune
E15	L'Erdre à Bonnœuvre, pont de la D21	Bonnœuvre
E14	L'Erdre à Nort-sur-Erdre "Vaux"	Nort-sur-Erdre

- Les 19 points appartenant au réseau du Service Maritime et de la Navigation (SMN) en aval à partir de Nort-sur-Erdre.

Il existe deux types de points SMN sur le bassin versant de l'Erdre :

- les points situés sur les cours d'eau (Erdre et affluents), le bassin en compte 15.

Ils sont présentés dans le tableau suivant, d'amont en aval, sur l'Erdre d'abord puis sur les affluents.

	Numéro de point	Libellé du point	Commune
Erdre	E1	Port Mulan	Nort-sur-Erdre
	E2	Plaine de Mazerolles	Sucé sur Erdre
	E3	Aval Sucé sur Erdre	Sucé sur Erdre
	E4	Gachet	La Chapelle sur Erdre
	E5	La Jonelière	Nantes
	E6	Bassin Ceineray	Nantes
	E7	Bassin Malakoff	Nantes
	Numéro de	Libellé du point	Commune

	point		
Affluents	E8	Le Verdier	Nort-sur-Erdre
	E9b	L'Hocmard amont	La Chapelle sur Erdre
	E9	L'Hocmard	La Chapelle sur Erdre
	E13	Le Grenouillis	La Chapelle sur Erdre
	E10b	Le Charbonneau amont	Carquefou
	E10	Le Charbonneau	Carquefou
	E11	Le Gesvres	Nantes
	E12	Le Cens	Nantes

- les points « canal et affluents » situés sur les étangs et le canal de Nantes à Brest, le bassin en compte 4.

Numéro de point	Libellé du point	Commune
C14	Etang de la Poitevinière	Riaillé
C13	L'Etang de la Provostière	Riaillé
C0	Etang de Vioreau	Joué sur Erdre
C7	Ecluse de Quiheix, canal de Nantes à Brest	Nort-sur-Erdre

Certains points SMN sont conventionnés par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, c'est le cas pour les points E3, E7 et E12.

D'autre part, depuis Janvier 2003, le SMN a mis en service 3 limnimètres. Ils sont situés :

- à l'écluse de Quiheix ;
- à Nort-sur-Erdre ;
- à l'écluse Saint Félix.

- Les points du réseau DDASS
 - 3 points de mesure sont recensés, ils sont situés dans l'agglomération nantaise. Ces points font l'objet de mesures de qualité bactériologique.

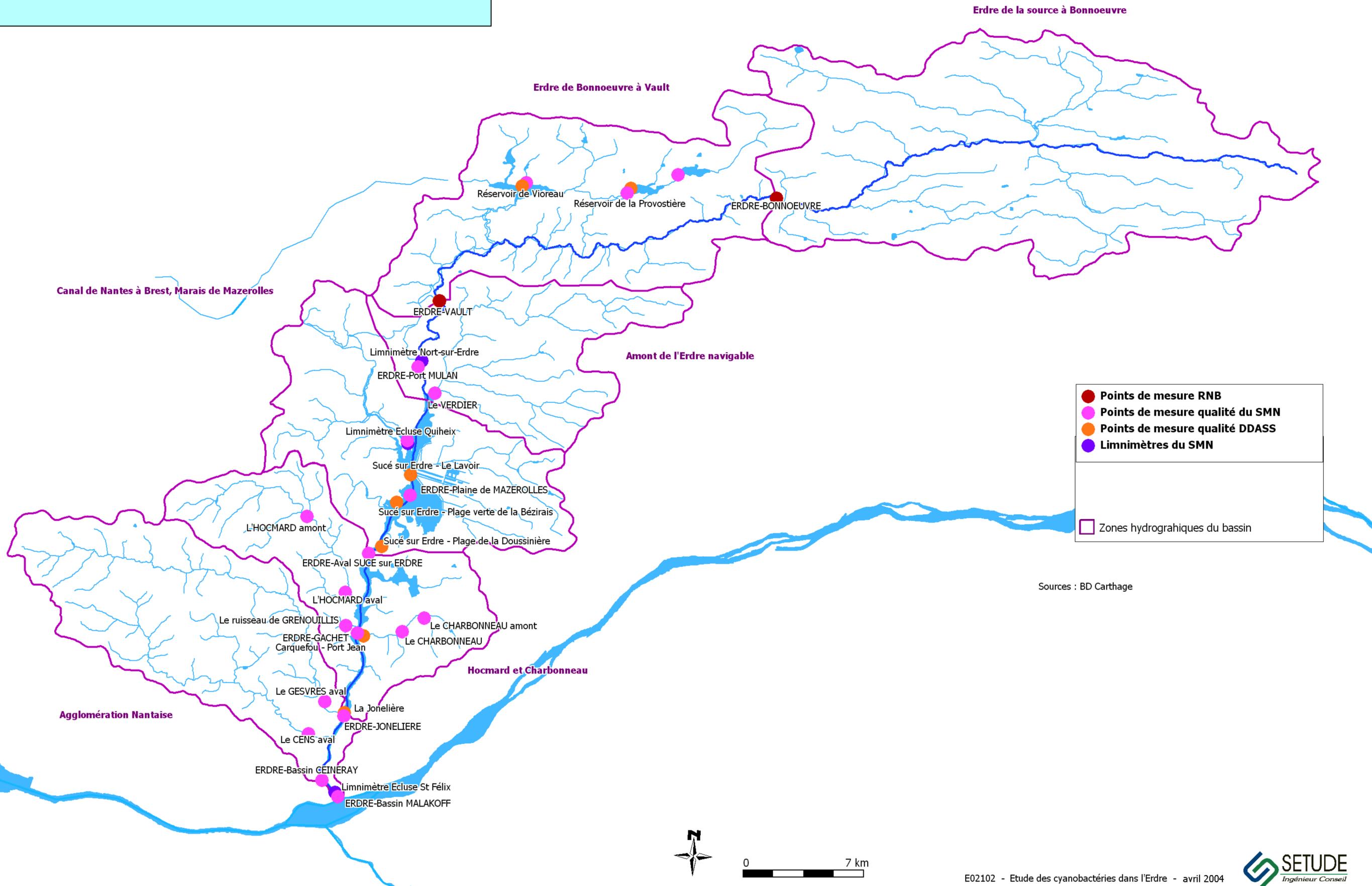
Libellé du point	Commune
L'Erdre Saint Félix	Nantes
L'Erdre Beaujoire	Nantes
L'Erdre Tortière	Nantes

- 5 autres points DDASS sont répartis sur le bassin versant.

Numéro de point	Localisation	Commune
A7	Etang de la Poitevinière	Riaillé
A9	Plage de la Bézirais	Sucé sur Erdre
A10	Plage de la Doussinière	Sucé sur Erdre
A11	Port Jean	Carquefou
A12	Le lavoir	Sucé sur Erdre

L'ensemble des points est localisé sur la carte de la page suivante.

Les réseaux de mesure sur le bassin de l'Erdre



- Points de mesure RNB
- Points de mesure qualité du SMN
- Points de mesure qualité DDASS
- Limnimètres du SMN

□ Zones hydrographiques du bassin

Sources : BD Carthage



3.2. Les paramètres mesurés

Les points RNB sont les seuls points au droit desquels des mesures de débit sont effectuées, ils permettent donc de calculer des flux dans la rivière. Les points SMN, en revanche, s'ils fournissent des indications précieuses en terme de concentration, ne sont associés à aucune indication de débit ce qui oblige à réaliser des extrapolations importantes pour le calcul de flux, en particulier pour la majorité des points SMN qui ne font l'objet que de 4 mesures par an.

Pour cette raison, les points SMN n'ont pas toujours été utilisables pour les estimations de flux.

	Points	Paramètres	Fréquence
SMN	E1, E2, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E9b, E10, E10b, E11, E13, E14	21	4 mesures par an
	E3, E12	21	6 mesures par an
	E7	21	1 mesure par mois
SMN canal	C14, C13, C0	21	4 mesures par an
	C7	21	1 mesure par mois
RNB	E14, E15	34	1 mesure par mois
DDASS	3 points	123	1 mesure par mois
	Saint Félix	16	1 mesure par semaine
	Beaujoire et Tortière	16	2 mesures par mois
	A7, A9, A10, A11, A12	bactériologiques et physico-chimiques	4 mesures par an
	A11	nitrites	1 mesure par mois

La liste des paramètres mesurés se trouve en annexe n°5.

4. Evolution de la qualité de l'Erdre

4.1. Hydrogramme et concentrations

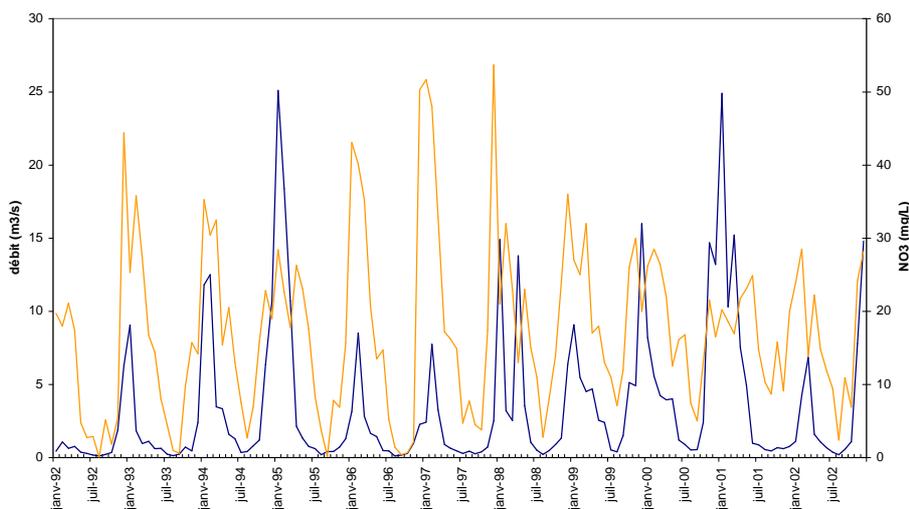
Grâce aux mesures de débit (débit moyen mensuel) à la station de Nort-sur-Erdre depuis plus de 10 ans on peut retracer l'historique des débits et des concentrations en nitrates et phosphates de l'Erdre.

Aux pics hivernaux de débit sont associés des pics hivernaux de nitrates et phosphates. Les pics de débit correspondent aux périodes de pluie élevée d'où une période de lessivage important des sols ruraux. Les sols agricoles en particulier sont peu couverts à cette période, ce qui facilite le ruissellement et l'infiltration des excédents de phosphore et d'azote.

En période estivale, les concentrations en nitrates chutent, L'ERDRE est à son débit d'étiage. La faible quantité de précipitations n'entraîne pas de lessivage des substances, d'autant plus que consommation par la végétation est intense. Les faibles concentrations en nitrate peuvent cependant avoir deux autres causes importantes :

- des réactions de dénitrification s'effectuent dans le milieu, sous l'effet des microorganismes présents et en l'absence d'oxygène. L'existence de ce phénomène pourrait être confirmée par des mesures de nitrites (tout en gardant à l'esprit que la forme nitrite est peu stable). La concentration en nitrites dans l'eau devrait augmenter, à moins que la réaction ne soit complète et les nitrates transformés en NH_3 gazeux qui n'est pas mesuré ;
- les nitrates sont stockés dans la biomasse algale ; cette solution est la plus probable.

Débit moyen mensuel de l'Erdre, NO3
à Nort sur Erdre



La dernière solution se confirmerait par les pics de phosphore estivaux correspondant à une restitution du phosphore par les algues au moment de leur mort. Les pics de nitrate ne sont pas observés car ils sont aussitôt réutilisés dans une eau eutrophe où la biomasse algale est très importante.

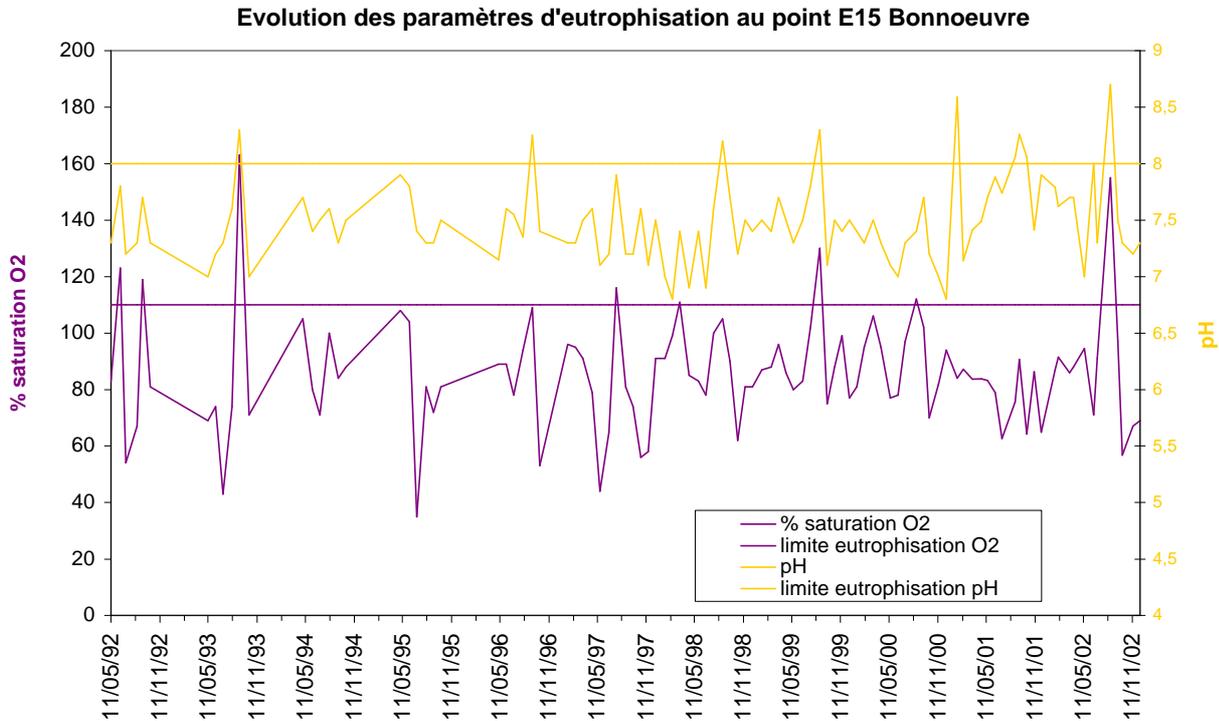
La situation est identique à Bonnœuvre. Le graphe est présenté en annexe 6.

4.2. Evolution de l'eutrophisation sur la dernière décennie

4.2.1. Les paramètres d'eutrophisation

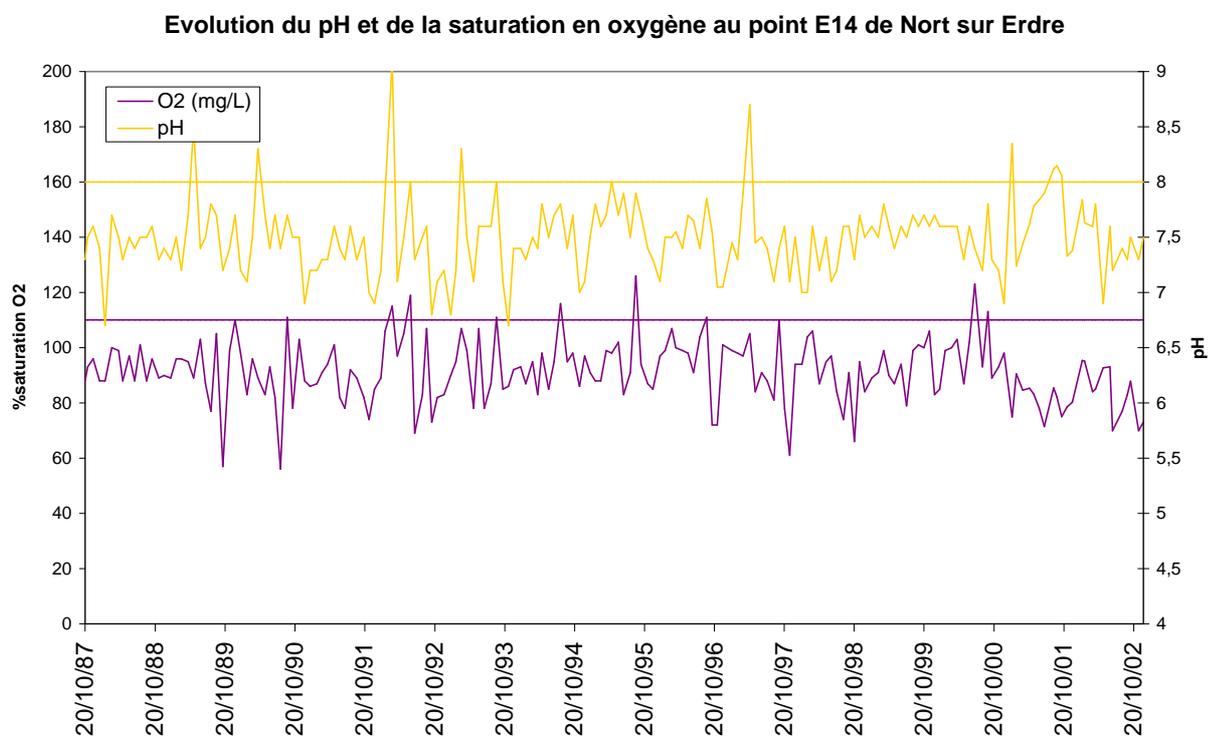
L'eutrophisation d'un cours d'eau peut-être appréhendée par les valeurs du pourcentage de saturation en oxygène et du pH comparé. Lorsque les valeurs de % de saturation dépassent **110%** en même temps que le pH est **supérieur à 8**, alors on peut affirmer que l'on est en situation d'eutrophie marquée. Pour confirmer cette situation d'eutrophie, on peut regarder les valeurs de la DBO 5 qui doit augmenter ainsi que celles de la chlorophylle A qui est le reflet de l'activité algale.

4.2.2. A Bonnœuvre



A Bonnœuvre, l'eutrophie peut s'observer dès 1992. En 1993 elle est en outre très marquée avec une saturation en O₂ supérieure à 150% et un pH > 8. Ces valeurs élevées sont corrélées avec des valeurs de chlorophylle A (192 µg/L) et DBO 5 (10,5 mg/L) importantes. Les graphes de ces paramètres sont présentés en annexe 6. Pendant les étés 1996, 1997, 1998, 1999 l'eutrophisation est présente mais moins marquée. C'est ensuite au printemps et en été 2001 que l'on observe une forte eutrophisation (chlorophylle a : 110µg/L et pH > 8), en été 2002 également (pH > 8,5 et %O₂ > 150%) l'eutrophisation est très marquée.

4.2.3. A Nort-sur-Erdre

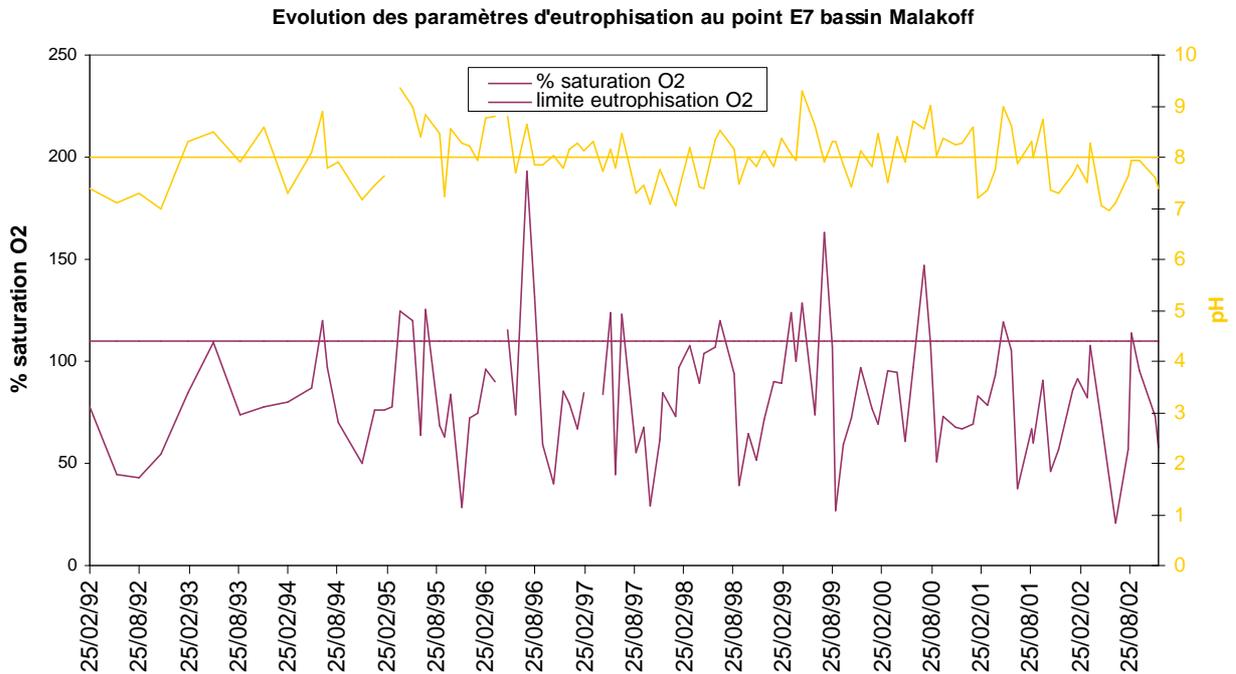


A Nort-sur-Erdre l'eutrophie est également marquée dès 1992, on peut noter les événements marquants avec de fortes valeurs :

- printemps été 1992 (pH>9 et O2>110%) ;
- Printemps été 1993 ;
- Eté 1995 ;
- Printemps 1997 ;
- Eté 2000 ;
- Printemps très précoce et septembre 2001.

Les autres paramètres d'eutrophisation tels que chlorophylle A et DBO 5 sont présentés en annexe 6.

4.2.4. Au bassin Malakoff



Depuis 1993, le pH est quasiment toujours supérieur à 8, en été comme en hiver.

Les pics de % de saturation en oxygène sont observés :

- Au printemps 1993
- Au printemps 1994
- Au printemps et en été 1995
- En été 1996

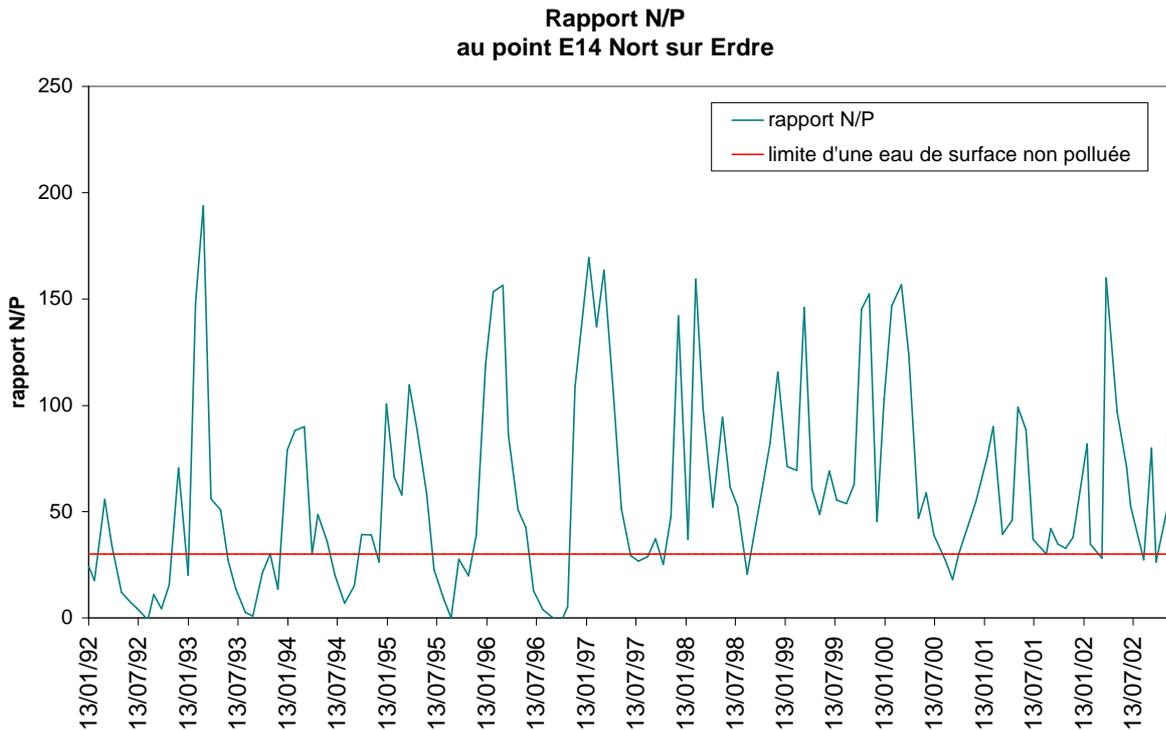
De la fin de l'été 1996 à juin 1998, l'eutrophisation est moins marquée. C'est de nouveau au printemps et en été 1999 que l'eutrophisation est très marquée (pH>9, %O₂>150%, chlorophylle a > 250 µg/L).

A partir de février 2000 et jusqu'à octobre 2002, de nouveau, l'eutrophisation est très marquée.

Le graphique présentant l'ensemble des paramètres d'eutrophisation est présenté en annexe 6.

4.3. L'azote et le phosphore

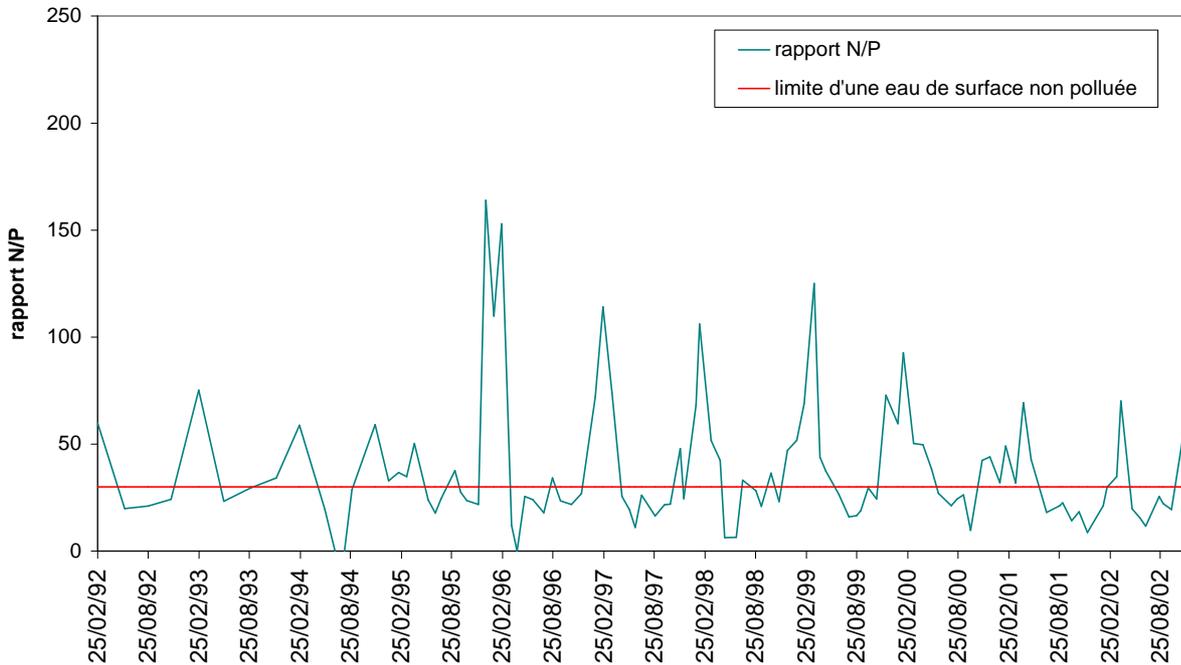
Le graphique suivant présente l'évolution du rapport nombre de moles de N total sur nombre de moles de P total, à Nort-sur-Erdre.



En dessous d'une valeur de N/P comprise entre 20 et 40 (on parle plutôt de 35 dans la littérature), l'équilibre naturel des quantités de phosphore par rapport à l'azote est rompu. On a plus de phosphore que d'azote et donc on est en situation favorable aux cyanobactéries (rapport favorable aux cyanobactéries = entre 3 et 4). Le rapport optimum pour le développement algal est de 7,5. Les pics sont hivernaux et doivent correspondre aux périodes de lessivage des sols agricoles après épandages. A Nort-sur-Erdre, les périodes favorables aux cyanobactéries sont peu importantes chaque année.

Si l'on compare avec la situation au point E7, au bassin Malakoff avant la confluence de l'Erdre et de la Loire, les périodes favorables aux cyanobactéries sont beaucoup plus longues. Le graphe est présenté ci-dessous.

Rapport N/P au point E7 bassin Malakoff



4.4. Evolution de la qualité de l'Erdre sur les cinq dernières années

4.4.1. A Bonnœuvre

L'ensemble des graphiques est présenté en annexe 6, on ne reprendra que les conclusions concernant chaque paramètre.

On observerait une tendance à la baisse des nitrates entre 15 et 25 mg/L depuis 2000. De 1998 à 2000 on a cependant un dépassement régulier des 30 mg/L.

A contrario il semblerait que les phosphates aient tendance à augmenter depuis 2000 avec des pics ponctuels (un pic < 3 mg/L en septembre 2000, un autre < 1,5 mg/L en juillet 2001). On reste de toute façon dans une fourchette de 0,2 à 1 mg/L qui montre à nouveau l'eutrophisation de la rivière dès l'amont.

Les teneurs en chlorophylle a augmentent également depuis 2001. De 1998 à 2000, elles ne dépassaient pas 40 µg/L en été, depuis 2001 on observe des pics plus importants de l'ordre de 100 µg/L en 2001 et 60 µg/L en 2002.

Des blooms d'algues sont observés :

- en été 1998 ;
- été 2000, avec une forte probabilité au printemps 2000 mais les mesures de chlorophylle n'ont pas été faites ;
- été 2001 et de même qu'au printemps précédent on présume un bloom au printemps 2001 ;
- printemps et été 2002.

Les graphiques d'ammonium et chlorures permettent d'avoir une idée de la pollution provenant de l'assainissement. On a, à Bonnœuvre, un bruit de fond en eaux usées souvent supérieur à 0,2 mg/L. Il y a des pointes à 0,5 mg/L qui est le seuil de classe 3 –qualité moyenne- en 1999 et en 2002. Ce bruit de fond peut aussi correspondre à une dégradation de matière organique en excès.

Concernant les ions chlorures, on observe régulièrement des pics élevés devant correspondre à des arrivées d'eau usée ou des déjections animales. Cependant il existe un fond de chlorures permanent puisque les valeurs sont toujours supérieures à 30 mg/L.

4.4.2. A Nort-sur-Erdre, Vault

La situation pour les nitrates semble là aussi avoir une tendance à la baisse depuis 2000. Les valeurs sont dans le même ordre de grandeur qu'à Bonnœuvre.

Les concentrations en phosphates apparaissent stationnaires, il n'y a pas de pics significatifs. Les concentrations restent inférieures à 1 mg/L.

Le maximum de chlorophylle a est observé en 2000 : 40 µg/L sinon les valeurs sont majoritairement en deçà de 20 µg/L sauf en 2002 où les valeurs sont proches de 30 µg/L. Des blooms d'algues marqués sont observés :

- en été 2000
- moins marqués en été 2001 et 2002.

Les blooms sont moins importants qu'à Bonnœuvre.

Les concentrations en ammonium connaissent des pics réguliers mais restent inférieures à 0,1 mg/L. Il y a un bruit de fond en eaux usées ou une dégradation de matière organique en excès.

Les concentrations en ion chlorure sont élevées, elles dépassent les 70 mg/L en été. Les fluctuations sont assez importantes, le maximum est de 110 mg/L.

En rivière, **la concentration normale en ions chlorures se situe autour de 30 mg/L**. Au-delà de 50 mg/L on est en **rivière polluée**, soit par de l'eau usée soit par des déjections animales.

Concernant la DBO5 il n'y a pas d'anomalies à relever si ce n'est une légère pointe supérieure à 5 mg/L en 1999.

4.4.3. Aval de Sucé sur Erdre

On note en ce point une dénitrification importante de juin à octobre avec des concentrations en nitrates proches de zéro. Cette concentration nulle peut aussi être le fait d'une mobilisation des nitrates dans la biomasse. Le maximum de nitrates observé est de 25 mg/L. Les concentrations ont peu évolué en 5 ans.

En phosphates, les concentrations chutent également en période estivale. Les valeurs s'échelonnent entre 0,25 mg/L au maximum et 0 à 0,01 mg/L au minimum.

Les valeurs de chlorophylle a oscillent entre 20 µg/L et 185 µg/L en été 1999. Les concentrations dépassent régulièrement les 80 µg/L. Les blooms d'algues sont quasi-récurrents à ce point de mesure, on les retrouve tous les étés.

- Été 1998 : 70 µg/L
- Été 1999 : 185 µg/L
- Été 2000 : 110 µg/L
- Été 2001 : 90 µg/L
- Été 2002 : 140 µg/L

Il y aurait peut-être également un bloom au printemps 2000. L'aval de Sucé-sur-Erdre est donc un lieu propice aux blooms, il y a un foyer probable. On y observe aussi une consommation excessive en NO₃

et PO₄, on pourrait en conclure à une forte consommation algale. Il y a également une désoxygénation du milieu et probablement un phénomène de dénitrification.

Les ions ammonium sont en moyenne autour d'une concentration de 0,1 mg/L. Cependant on a une pollution chronique avec des pointes excessives de pollution en eau usée en octobre 2000, septembre 2002. Cette pollution pourrait correspondre au poste de refoulement de Sucé-sur-Erdre, problème qui devrait être résolu en 2003.

Les ions chlorures ont souvent une concentration supérieure à 40 mg/L, ils montrent également une pollution par les eaux usées.

Concernant la DBO₅, on a des pointes en période estivale avec une forte consommation en oxygène et une dégradation de matière organique (algues mortes, eau usée, etc.). On observe une pointe jusqu'à 16 mg/L en août 2001, ce qui est très élevé.

En conclusion on pourra noter sur ce point de mesure qu'il y a une consommation estivale en NO₃ et PO₄. Avec les valeurs des pointes de chlorophylle a on peut conclure à une eutrophisation très marquée à cet endroit. On assiste à une pollution chronique en NH₄, à une surcharge organique. Sucé sur Erdre est donc un site très favorable au développement des algues.

4.4.4. La Jonelière

Les nitrates à la Jonelière ont une concentration qui ne dépasse pas les 20 mg/L. La dénitrification ou la mobilisation du nitrate par les algues est importante de juin à octobre.

Les concentrations en PO₄ ont leur maximum autour de 0,25 mg/L en 1999. La chute estivale est moins marquée qu'à Sucé-sur-Erdre.

La chlorophylle a dépasse toujours quasiment les 100 µg/L en été. Le maximum de concentration est observé en 1999 avec environ 300 µg/L.

Il y a eu des blooms d'algues tous les étés depuis 1998.

La Jonelière semble être également une zone propice au développement des algues.

Les concentrations en ammonium sont très importantes, il en est de même pour les ions chlorures. On peut conclure à une pollution en eau usée (problème connu sur le réseau d'assainissement, surverse régulière).

La DBO₅ présente d'importantes pointes, jusqu'à 19 mg/L en octobre 2002. La DBO₅ est quasiment toujours supérieure à 5 mg/L Il y a une forte consommation d'oxygène, probablement due à une surcharge organique.

En conclusion, ce point présente une eutrophisation très marquée (depuis 1998), on est en présence d'eau usée et de surcharge organique. On note également une consommation estivale en NO₃ et PO₄

4.4.5. Bassin Malakoff

Les concentrations en nitrates au bassin Malakoff sont inférieures à 20 mg/L, on note ici aussi une consommation estivale de NO₃, de juin à octobre.

Les concentrations en PO₄ sont très fluctuantes. Elles sont autour de 0,1 mg/L en moyenne, avec des pics à 0,3 mg/L.

La chlorophylle A se trouve en concentration souvent supérieure à 50 µg/L. On observe des pointes régulières à 100 µg/L, jusqu'à 300 µg/L en 1999.

Les blooms d'algues sont observés dès le printemps sur ce site.

En conclusion on retiendra que ce site présente une eutrophisation marquée, et ce depuis 1993. On note une pollution par des eaux usées et une surcharge organique. Il y a, ici encore, consommation estivale des NO₃.

4.5. Les cyanobactéries

4.5.1. Eléments de la biologie des cyanobactéries



Les cyanobactéries sont parmi les premiers organismes ayant vécu sur terre. De ce fait, elles ont colonisé tous les milieux qu'ils soient terrestres ou aquatiques. Ce sont des procaryotes (comme les bactéries) possédant des pigments leur permettant de faire de la photosynthèse (comme les micro-algues et les plantes aquatiques). Dans les milieux aquatiques, les cyanobactéries sont souvent impliquées dans les proliférations car elles possèdent des caractéristiques physiologiques qui en font de redoutables compétitrices. C'est ainsi qu'elles sont capables de fixer l'azote atmosphérique lorsque les nitrates sont en

condition limitante et que leur capacité à produire des toxines limitent leur prédation par le zooplancton, et enfin que leur capacité à se déplacer dans la colonne d'eau et que la possession de certains pigments photosynthétiques leur donnent un grand avantage dans la lutte pour capter les nutriments et l'énergie lumineuse.

Cependant, comme toute espèce de phytoplancton, les cyanobactéries ont un optimum de développement pour certaines gammes de concentration en azote et phosphore. Comme les sols sont naturellement pauvres en phosphore, en dehors des activités humaines, les apports dans les eaux sont toujours plus riches en azote qu'en phosphore. Le **phosphore** constitue donc au sein des lacs ou des plans d'eau fermés le **facteur essentiel de limitation du développement phytoplanctonique**. (source : Ecologie, approche scientifique et pratique, C. Faurie, C. Ferra, P. Médori, J. Dévaux, J-L. Hemptine, 2003)

4.5.2. Les cyanobactéries dans l'Erdre

Face au problème de santé publique posé par le développement des cyanobactéries dans les eaux de baignade, l'Organisation Mondiale de la Santé a déterminé des seuils de concentration en cyanobactéries correspondant à des niveaux d'exposition aux cyanotoxines.

- Niveau 1 : si le nombre de cellules par mL est inférieur à 100 000

⇒ maintien d'une activité normale et poursuite de la surveillance.

- Niveau 2 : si le nombre de cellules par mL est supérieur à 100 000 cellules/ml et le taux de microcystines supérieur à 25 µg/l

⇒ interdiction de la baignade et limitation d'usages pour les activités nautiques ; information du public, surveillance hebdomadaire.

- Niveau 3 : s'il y a mise en évidence de la formation de mousse ou d'écume

⇒ interdiction de la baignade et des activités nautiques, information du public, poursuite de la surveillance.

Les analyses de cyanobactéries effectuées en 2001 à 2002 par la DDASS sont présentées dans les tableaux suivants.

Lieu de prélèvement	Date d'un prélèvement	Nombre de cyanobactéries/millilitre
La Jonelière	04/06/2002	1 833 000
	12/06/2002	4 521 733
	02/07/2002	472 000
	10/07/2002	602 000
	16/07/2002	2 008 000
	24/07/2002	2 328 000
	07/08/2002	1 660 800
Carquefou	12/06/2002	1 612 000
	24/07/2002	2 896 000
	07/08/2002	1 307 200
	16/09/2002	756 667
Carquefou Port Jean	30/10/2002	216 000
	12/11/2002	12 720
Joue / Erdre	12/06/2002	0
	24/07/2002	2 400
	07/08/2002	12 640
Joué 1	16/09/2002	226 233
Joué 2	16/09/2002	114 533
Joué 3	16/09/2002	145 333
Joué 4	16/09/2002	261 667
Joue/erdre plage	02/10/2002	746 600
Joue/erdre voile	02/10/2002	1 440 000
Nort / Erdre	12/06/2002	2 750
	10/07/2002	0
	24/07/2002	27 520
	07/08/2002	0
	19/08/2002	263 000
	03/09/2002	152 560
	16/09/2002	5 440
Suce / Erdre	12/06/2002	292 000
	10/07/2002	2 202 000
	24/07/2002	2 704 000
	07/08/2002	2 674 000
	16/09/2002	430 000
Carquefou Port Boyer	10/07/2002	384 000
Carquefou Port-Jean	10/07/2002	1 248 000
Quihex	25/06/2002	1 231 400
Pl de Mazerolle	14/10/2002	960 750
Petit Mars	16/09/2002	178 000

LIEU	DATE	Nombre de cyanobactéries/millilitre
Etg du Vioreau	09/10/2001	15 120
La Bezirais	04/10/2001	798 000
	09/10/2001	588 000
	16/10/2001	868 000
	23/10/2001	718 000
	30/10/2001	508 600
	06/11/2001	200 000
La Doussinière	06/11/2001	16 800
	09/10/2001	1 148 000
La Jonelière	21/09/2001	448 000
	04/10/2001	820 000
	09/10/2001	1 176 000
	16/10/2001	840 000
	23/10/2001	640 000
	30/10/2001	731 500
Le Port	06/11/2001	200 000
	06/11/2001	17 500
Le Port	09/10/2001	1 400
Port Breton	04/10/2001	1 260 000
	09/10/2001	588 000
Port Jean	21/09/2001	812 000
Sucé/Erdre	04/10/2001	658 000

Sur l'année 2003, le nombre de cyanobactéries dans l'Erdre a été relevé une fois par mois depuis février. Les premiers résultats sont présentés dans les tableaux suivants :

Canal de Nantes à Brest

Dates de récolte :	18.02.03	18.03.03	08.04.03	13.05.03	04.06.03	10.06.04
Cyanobactéries (en cellules/ml)				656	3000	0

Le Port - Nort-sur-Erdre

Dates de récolte :	18.02.03	17.03.03	08.04.03	13.05.03	04.06.03	10.06.04
Cyanobactéries (en cellules/ml)	84	0	8	734	117	1400

Marais – Saint Mars

Dates de récolte :	18.02.03	18.03.03	08.04.03	13.05.03
Cyanobactéries (en cellules/ml)	15	1577	0	1017

Port Jean

Dates de récolte :	18.02.03	18.03.03	08.04.03	13.05.03	04.06.03	10.06.04
Cyanobactéries (en cellules/ml)	46	19 990	8 417	17 331	40 000	1 137 000

La Jonelière

Dates de récolte :	18.02.03	17.03.03	08.04.03	13.05.03	04.06.03	10.06.04
Cyanobactéries (en cellules/ml)	78	5 895	31 583	15 365	1 065 320	1 400 000

Selon les points de mesure les résultats varient énormément, cette diversité se retrouve également dans le peuplement algal comme le montre l'exemple du mois d'avril dans le tableau suivant.

COMPOSITION LONGITUDINALE DU PEUPEMENT ALGAL

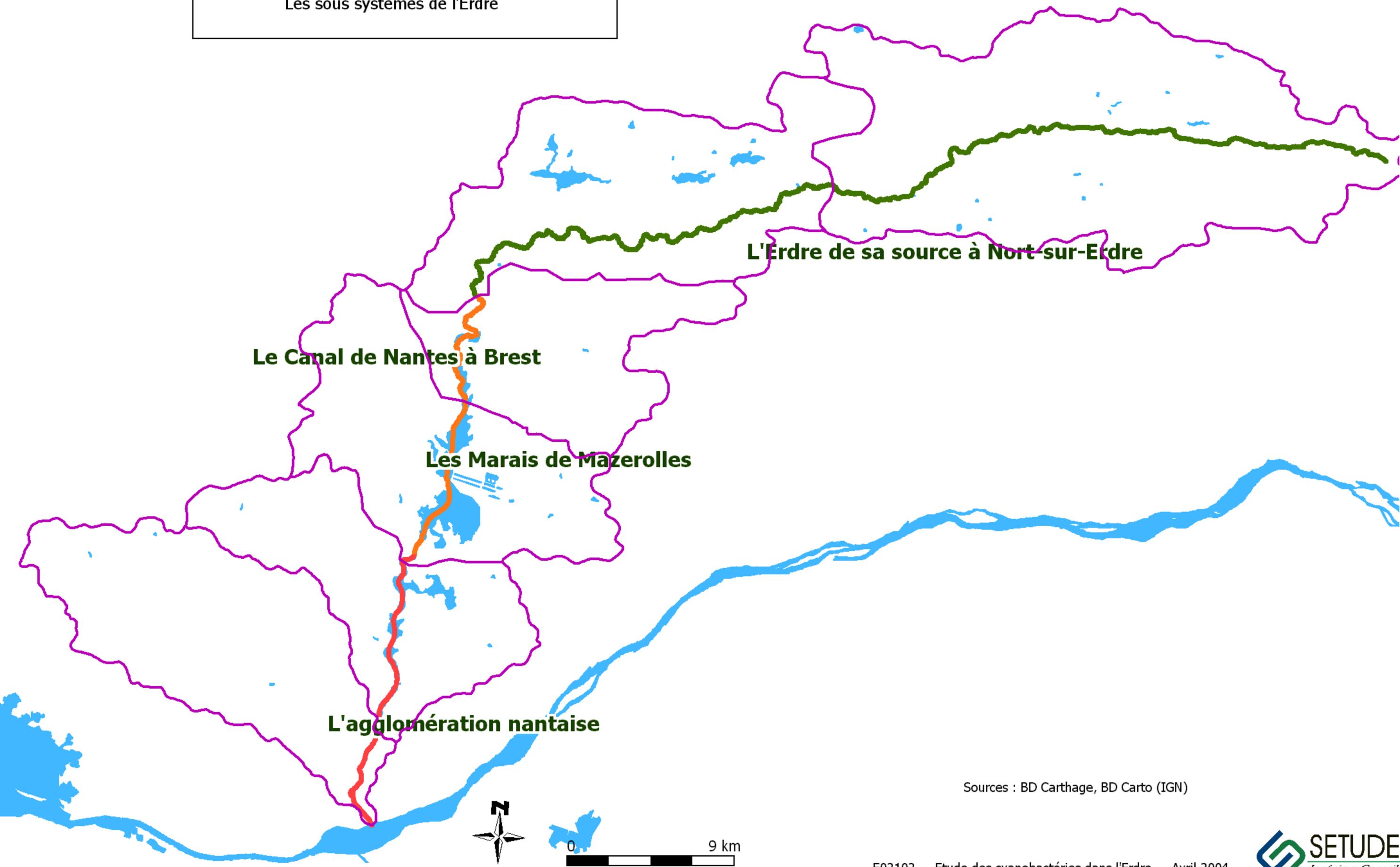
Printemps 2003

Stations :	Date :	CHLOROPHYTES en% de cellules	CHROMOPHYTES en% de cellules	PHYRROPHYTES en% de cellules	EUGLENOPHYTES en% de cellules	CYANOPHYTES en% de cellules	indéterminées en% de cellules
ETANG DU GD MOULIN	9-avr-03	52,9	44,1	0,6	2,2	0,0	0,2
POITEVINIERE	9-avr-03	19,7	15,6	0,0	0,1	64,6	0,0
ETANG DE LA PROVOSTIERE	10-avr-03	31,3	34,7	0,0	0,2	33,4	0,4
ETANG DU CLOS	9-avr-03	15,8	77,1	1,1	1,3	4,2	0,6
VIOREAU	10-avr-03	12,2	35,3	0,3	0,2	52,0	0,1
NORT SUR ERDRE	9-avr-03	21,7	62,3	0,3	0,6	15,2	0,0
CANAL NANTES A BREST	9-avr-03	32,8	47,4	1,4	1,7	16,6	0,2
PETIT MARS	9-avr-03	11,8	83,4	2,6	2,2	0,0	0,0
SUCE/ERDRE	10-avr-03	46,6	21,0	0,1	0,2	32,0	0,0
PORT JEAN	10-avr-03	53,5	17,4	0,2	0,2	28,6	0,2
LA JONELIERE	10-avr-03	39,7	13,9	0,0	0,2	46,1	0,0

L'Erdre semble ainsi nettement fonctionner, non pas comme un tout indissociable, mais bien comme un ensemble de sous-systèmes dont les caractéristiques diffèrent.

Des sous-systèmes ont été identifiés et sont placés sur la carte de la page suivante.

Syndicat Mixte EDEN
Etude globale sur les cyanobactéries dans l'Erdre
Les sous systèmes de l'Erdre



Sources : BD Carthage, BD Carto (IGN)

Sur la base des paramètres physico-chimiques mesurés dans l'eau et des peuplements algaux observés, chaque sous-système a pu être caractérisé par son degré de trophie.

Premier classement selon le degré de trophie					
(d'après <u>Principales associations phytoplanctoniques</u> , Reynolds 1984)					
Stations	Date	Oligotrophe	Mésotrophe	Eutrophe	Hyper Eutrophe
ETANG DU GD MOULIN	9-avr-03			X	
POITEVINIERE	9-avr-03		X		
ETANG DE LA PROVOSTIERE	10-avr-03		X		
ETANG DU CLOS	9-avr-03		X		
VIOREAU	10-avr-03			X	
NORT SUR ERDRE	9-avr-03		X		
CANAL NANTES A BREST	9-avr-03		X		
PETIT MARS	9-avr-03		X		
SUCE/ERDRE	10-avr-03				X
PORT JEAN	10-avr-03				X
LA JONELIERE	10-avr-03				X

Cependant les analyses en cours permettront d'affiner la localisation de ces sous systèmes et leurs caractéristiques

4.6. Conclusion

Globalement, l'ERDRE est une rivière eutrophe sur tout son linéaire y compris dans sa partie la plus en amont (Bonnœuvre/Candé). Le degré d'eutrophisation diffère toutefois selon les sites et les caractéristiques du bassin versant direct (pente, occupation de l'espace, urbanisme, etc.).

Les sites les plus en aval (Bassin de Malakoff, Jonelière, Sucé-sur-Erdre) sont soumis à de nombreux rejets urbains qui, associés aux transferts depuis l'espace rural amont, provoquent une eutrophisation très marquée des eaux.

Ces pollutions chroniques couplées à la configuration morphologique de l'ERDRE (milieu lentique, fortement ensoleillé, chargé en matières organiques) favorisent le développement algal dès le premier réchauffement des eaux (exemple des mesures de pH et d'oxygène réalisées les 9 et 10 avril 2003 montrant des valeurs voisines de 9 en pH et de 120% en O₂, notamment à la Jonelière, à Port Jean, en amont de Sucé-sur-Erdre).

L'analyse des concentrations en azote et en phosphore sur une période de dix ans a montré que toutes les conditions nutritives sont présentes dans l'Erdre pour favoriser des blooms phytoplanctoniques répétitifs (Rapport N/P souvent voisin de l'optimum de croissance c'est-à-dire 7,25 pour le phytoplancton, et 4 pour les cyanobactéries).

Lors des investigations concernant le lot 2, une priorité sera donnée à la compréhension de la chaîne trophique de l'Erdre. En effet, il est probable que celle-ci est fortement déséquilibrée, avec en particulier :

- ⇒ des effectifs réduits, voire l'absence totale sur certains sites de poissons superprédateurs (type Brochet) ;
- ⇒ une régression des poissons planctonophages et du zooplancton, laissant la place libre au phytoplancton opportuniste, notamment les cyanobactéries.

Les objectifs sont d'affiner les origines des déséquilibres biologiques tronçons par tronçon, y compris en amont de la rivière, afin d'établir un programme d'actions curatives et préventives contre l'apparition des blooms phytoplanctoniques. Ce programme devra passer impérativement par une limitation des apports de phosphore à la rivière.

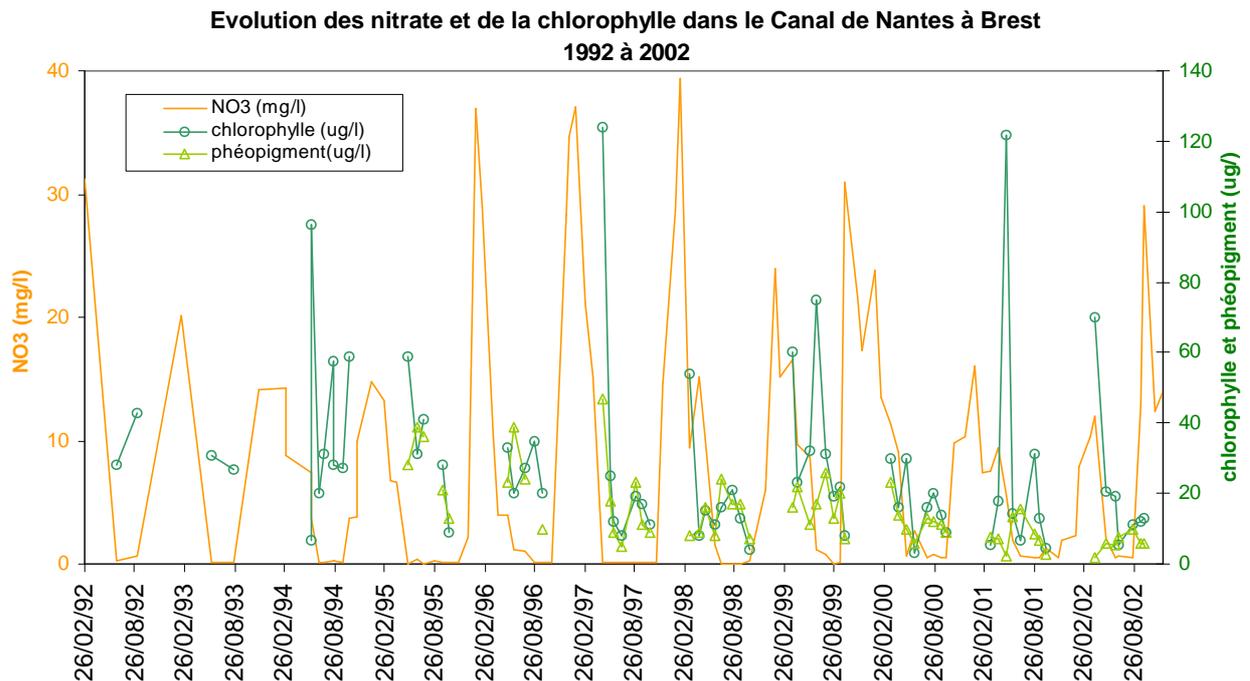
D'autres palliatifs ponctuels peuvent être envisagés, notamment en manipulant le réseau trophique :

- ⇒ l'introduction en excès de superprédateurs permet par exemple de réduire de manière drastique les populations de poissons zooplanctonophages ; le zooplancton, libéré de cette pression de prédation, peut alors proliférer et ainsi réguler la biomasse phytoplanctonique ;
- ⇒ une déphosphatation de certaines pièces d'eau peut être envisagée, par oxygénation des eaux profondes ou par la réintroduction de plantes hydrophytes, comme la châtaigne d'eau ou le nénuphar, qui donnent de l'ombrage et limitent le développement algal.

5. Evolution de la qualité des affluents

5.1. Le canal de Nantes à Brest

La chlorophylle a et les nitrates sont présentés sur le graphique ci-dessous.

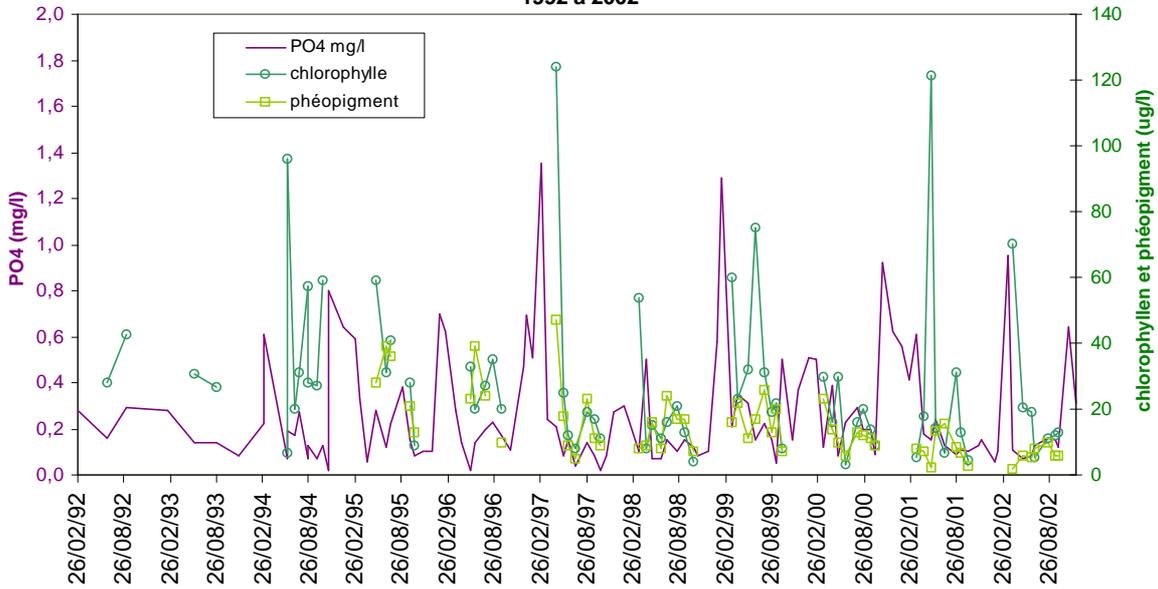


La concentration en chlorophylle a présente un maximum en mai 1997 avec 125 µg/L, un deuxième pic important est observé en mai 2001. On observe 8 dépassements du seuil d'eutrophisation moyenne de 60 µg/L : au printemps et en été 1994, en mai 1995, en mai 1997, au printemps et en été 1998, en mai 2001, en mai 2002.

En période estivale les concentrations en nitrates diminuent, une consommation en nitrates est observée due soit à la dénitrification soit à une consommation algale, soit aux deux. Des pics de nitrates supérieurs à 30 mg/L sont observés en 1996, 1997, 1998 et 2002. Les pics de nitrates en hiver sont décalés par rapport à ceux de chlorophylle au printemps et/ou en été, mais ils ne sont pas proportionnels.

Les concentrations en phosphates sont présentés dans le graphique suivant avec celles de chlorophylle a.

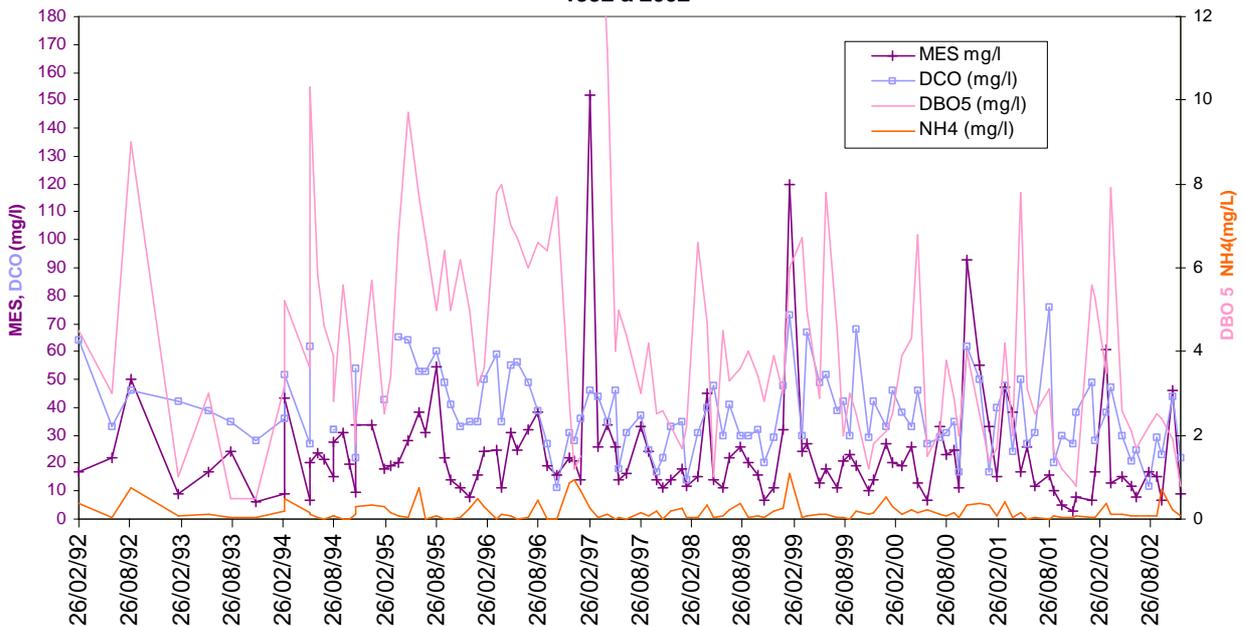
Evolution du phosphore et de la chlorophylle dans le canal de Nantes à Brest
1992 à 2002



Les pics de phosphates hivernaux et/ou printaniers sont assez importants. Des pics estivaux sont parfois présents en 1995 et 1996 correspondant soit à un relargage des sédiments, soit à la remise en solution du phosphore lors de la mortalité algale.

Le graphique suivant présente les évolutions de DBO5, de DCO, de NH₄ et de MES.

Evolution des MES, de la DBO5 et DCO dans le canal de Nantes à Brest
1992 à 2002



La DBO5 est souvent supérieure à 3 mg/L voire 5 mg/L. Des pointes sont observées en mai-juin 1997, dépassant 12 mg/L, ce qui peut traduire une surcharge organique.

La DCO est également souvent élevée avec des pointes à 40 mg/L qui seraient dues à des pollutions chroniques.

Les ions ammonium ont une concentration qui ne dépasse pas les 1 mg/L (classe 1B), ce qui est assez faible. Un bruit de fond en eaux usées serait donc cependant présent, correspondant à des émissions permanentes.

En MES, une pollution récurrente semble apparaître avec des valeurs supérieures à 30 mg/L.

En conclusion, le canal de Nantes à Brest présente une eutrophisation moyenne. Une consommation estivale en nitrates est observée et une remise en solution de phosphore est possible par la mortalité algale. Le canal est vraisemblablement en surcharge organique avec des pollutions ponctuelles par des matières en suspension.

5.2. Le Grenouillis

Le Grenouillis a connu d'importants changements de la qualité de son eau. Très dégradé jusque fin 1999 avec des valeurs de concentrations énormes en phosphates ainsi qu'en DBO 5, DCO, NH4 et MES, il a vu la qualité de ses eaux s'améliorer radicalement par la suppression des rejets de la station d'épuration de La Chapelle sur Erdre.

En novembre 1999 les pics de pollution étaient très importants :

- 390 mg/L de DBO 5
- 1980 mg/L de DCO
- 100 mg/L de NH4
- 23 mg/L de PO4

Aujourd'hui les concentrations en phosphates évoluent autour de 0,65 mg/L, en DBO5 les valeurs ne dépassent pas les 5 mg/L, la DCO oscille autour de 10 mg/L avec quelques légers pics à 20 mg/L en Novembre 2001.

En revanche, les concentrations en nitrates n'ont pas aussi radicalement diminué. Elles ne dépassent pas les 25 mg/L mais les pics sont identiques en valeur depuis 1995-1996 avec peut-être une légère baisse en 1998-1999. Le Grenouillis est tout de même eutrophe pour ce paramètre. Des consommations estivales de nitrates sont observées de 1992 à 2000.

La chlorophylle a montre des pics importants en août 1992 et 1993, aucun pic n'ayant été observé depuis. La disparition des effluents de station d'épuration n'a rien changé à la situation stable depuis 1993 avec des valeurs de chlorophylle a inférieures à 10 mg/L.

En conclusion, la qualité du Grenouillis a été reconquise rapidement par la suppression des rejets de la station d'épuration de La Chapelle sur Erdre. Au vu des valeurs depuis 2000, le Grenouillis est moyennement eutrophisé pour les valeurs de nitrates. Il ne semble pas y avoir de blooms d'algues.

5.3. L'Hocmard amont et aval

Les graphiques sont présentés en annexe 6. En chlorophylle a l'Hocmard amont présente des concentrations faibles inférieures à 20 µg/L (sauf pendant un bloom en 1992 avec des valeurs autour de 38 µg/L).

L'Hocmard aval présente des concentrations plus élevées avec des pointes à 115 µg/L en 1999 et 120 µg/L en juin 1996.

On est en eutrophisation moyenne voire faible en 2000 et 2001.

L'Hocmard amont, montre des consommations estivales faibles en nitrates en 1992, 1993, 1996. il n'y a pas de consommation d'octobre 1993 à juin 1996 ainsi que de février 1997 à octobre 2002. Globalement les nitrates ont une concentration inférieure à 20 mg/L (sauf en juin 1998 où la concentration dépasse 40 mg/L).

En phosphates, les concentrations varient de 0,2 à 1 mg/L, signe d'eutrophisation pour ce paramètre avec une pointe en 1992, en 2000 et en 2001, années correspondant aux plus fortes teneurs en chlorophylle a.

La DBO5 présente 10 valeurs au-dessus de 5 mg/L : en été 1993, été-automne 1996, été 1997, printemps 1998, printemps 2001 et automne 2001.

1/3 des valeurs de DCO sont supérieures à 40 mg/L, ce qui évoque une pollution marquée.

Les MES montrent peu de pics importants. Les ions NH_4 ont des concentrations inférieures à 1 mg/L rarement supérieures à 0,5 mg/L (classe 1B).

L'Hocmard aval, présente une consommation estivale en nitrates toujours présente depuis 1992 avec une concentration maximum de 25 mg/L.

Les concentrations en phosphates sont plutôt basses en hiver et importantes au printemps. Elles varient entre 0,2 mg/L et 1 mg/L, l'eutrophisation est indéniable.

La DBO5 dépasse 5 mg/L pendant ¼ du temps. On note une pointe à 8 mg/L et une pointe à 14 mg/L. La DCO est supérieure à 40 mg/L les 2/3 du temps, ce qui est un indice de pollution marquée.

Les MES ont seulement 2 épisodes au-dessus de 30 mg/L, ce qui n'est pas significatif. Les ions NH_4 ont une concentration inférieure ou égale à 0,5 mg/L ce qui traduit une absence d'eau usée.

En conclusion, l'Hocmard présente une eutrophisation moyenne en aval et faible en amont. Les nitrates sont consommés en été, une surcharge organique et des pollutions ponctuelles en DCO sont présentes.

5.4. Le Charbonneau amont et aval

Le Charbonneau amont voit la moitié de ses concentrations en chlorophylle inférieures à 50 µg/L avec une pointe à 100 µg/L en 2001, ce qui correspond à une eutrophisation moyenne.

Les concentrations en nitrates sont supérieures à 40 mg/L, et dépassent 50 mg/L pendant une longue période (en 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000 et 2001). Une chute estivale est observée uniquement en 1995, 1996 et 1998.

Les concentrations en PO_4 sont souvent supérieures à 0,2 mg/L, le Charbonneau amont est eutrophe. Il semble cependant que les concentrations chutent sur 10 ans avec des consommations au printemps sauf en 2001.

La DBO 5 présente 1/3 des valeurs inférieures à 5 mg/L. La DCO montre une pollution peu marquée avec des valeurs inférieures à 30 mg/L.

Les concentrations en ions ammonium montrent des pollutions ponctuelles, le Charbonneau semble réactif aux MES.

Le Charbonneau aval a le même profil de chlorophylle a que l'amont avec des pointes plus importantes jusqu'à 250 µg/L en 2001. L'eutrophisation de l'aval est plus marquée.

Les nitrates ont des concentrations supérieures à 40 mg/L avec une période de concentration supérieure à 50 mg/L plus courte qu'à l'amont. Il n'y a pas, à l'aval, de consommation estivale.

Les phosphates ont des concentrations très variables sur 10 ans qui oscillent entre 0,2 et 1 mg/L. L'aval est eutrophe aussi mais la tendance semble être à la baisse sur 10 ans.

La DBO 5 présente très peu d'épisodes supérieurs à 5 mg/L. La DCO par contre est souvent au-dessus de 30 mg/L ce qui correspond à des pics de pollution.

L'aval semble être moins réactif aux MES qu'à l'amont, en ammonium il n'y a pas de pics significatifs.

En conclusion, le Charbonneau a une eutrophisation marquée surtout en aval, des concentrations en nitrates élevées (>50 mg/L) ainsi que des concentrations en phosphates élevées mais qui semblent diminuer sur 10 ans.

Le Charbonneau est réactif aux MES et présente des pollutions ponctuelles en ammonium.

5.5. Le Gesvres

Le Gesvres a des valeurs de chlorophylle a inférieures à 50 mg/L ce qui est l'indice d'une eutrophisation faible. Des pointes en août et octobre 1995 sont toutefois observées ainsi qu'en août 1999.

On note des consommations estivales en nitrates de 1992 à 1995, 1997 et 1998, qui ne sont plus observées après 1998. On note des pointes en hiver avec un maximum de 22 mg/L, les valeurs oscillant autour de 15 mg/L.

Les phosphates ont des concentrations inférieures à 0,5 mg/L sauf en été 1992, 1996 et 1997 avec des pics vers les printemps/étés.

La DCO montre des pollutions ponctuelles avec ¼ des valeurs au-dessus de 40 mg/L et une pointe à 180 mg/L fin 1997. La DBO5 également montre des pollutions organiques ponctuelles avec ¼ des valeurs supérieures à 5 mg/L

Quant aux MES, on observe des épisodes très ponctuels au-dessus de 30 mg/L. Les ions ammonium ont des pointes au-dessus de 3 mg/L en août 1998 ce qui doit correspondre à une pollution en eaux usées (en absence d'eau usée les concentrations sont inférieures à 0,5 mg/L).

En conclusion, le Gesvres est faiblement eutrophisé, les concentrations en nitrates se situent autour de 15 mg/L et on note des consommations estivales. Le Gesvres présente également des pollutions organiques ponctuelles notamment par les eaux usées.

5.6. Le Cens

Le Cens, voisin du Gesvres a un profil qualité relativement proche de celui-ci. Les concentrations en chlorophylle a sont faibles avec deux épisodes au-dessus de 60 µg/L, le Cens est faiblement eutrophisé.

Les concentrations en nitrates sont inférieures à 20 mg/L et stationnaires depuis 10 ans. Des consommations estivales sont rarement observées (en 1997 et 2001), les pics de nitrates se retrouvent principalement en hiver.

Les concentrations en PO₄ sont stationnaires depuis 10 ans, inférieures à 0,8 mg/L. Les pics sont principalement au printemps. Les valeurs sont faibles et indiquent encore une eutrophisation faible.

La DBO 5 montre des consommations organiques ponctuelles en période estivale avec ¼ des valeurs au-dessus de 5 mg/L. 1/3 des valeurs de DCO sont supérieures à 40 mg/L, ce qui confirme ces pollutions ponctuelles.

Les MES sont rarement au-dessus de 30 mg/L. Par contre, en ammonium des pointes (supérieures à 0,5 mg/L) sont observées en 1995, 1998, 1999 et 2000 correspondant à un problème d'eau usée. Il y a une pointe en 1995 à 2,2 mg/L.

En conclusion, le Cens est faiblement eutrophisé avec de faibles valeurs de nitrates (<20 mg/L). Il subit des pollutions organiques très ponctuelles (pollution par les eaux usées). Les MES par contre sont très rares.

5.7. Le réservoir de Vioreau

Le réservoir de Vioreau présente une eutrophisation moyenne. Les valeurs de chlorophylle a sont inférieures à 60 µg/L avec des exceptions aux printemps 1995 et 1996, 2000 et 2001.

Les nitrates ont des concentrations inférieures à 15 mg/L avec présence de consommations estivales.

Les phosphates voient leurs concentrations augmenter en hiver, elles sont faibles au printemps. Elles sont toujours inférieures à 0,3 mg/L.

1/3 des valeurs de DCO sont supérieures à 5 mg/L avec un maximum à 14 mg/L, le réservoir est en surcharge organique. La DCO est supérieure à 30 mg/L la moitié du temps ce qui confirme l'idée de pollution organique.

L'ammonium est stationnaire en classe 1B, il n'y a pas de pollution en eau usée. Le réservoir est peu réactif aux MES.

En conclusion, le réservoir de Vioreau est moyennement eutrophisé mais possède une surcharge organique. Il y a une consommation estivale de nitrates.

6. Les Usages de l'Erdre

L'Erdre a toujours eu une grande importance sociale et économique pour l'agglomération nantaise. Aujourd'hui encore, malgré le déclin du transport fluvial et commercial qui a disparu depuis les années 1970, les Nantais entretiennent des relations privilégiées avec l'Erdre.

Les principaux usages sont orientés actuellement vers les activités de loisirs et de tourisme. Ainsi, l'Erdre est toujours navigable de Nantes à Nort-sur-Erdre, elle est gérée par le Département de la Loire-Atlantique et constitue un site attractif.

6.1. Les usages de loisirs et touristiques

- Les principaux sports nautiques pratiqués sont la voile, le canoë, le kayak, la planche à voile, l'aviron. Ils sont exercés principalement sur la Plaine de la Poupinière, la Plaine de Mazerolles, en aval de Sucé sur Erdre jusqu'à Port Breton et entre le port des Charrettes et le port de la Jonelière.
- La navigation concerne principalement la navigation à passagers et la navigation de plaisance. Elle s'exerce sur le canal de Nantes et entre Nort-sur-Erdre à Nantes.
- La pêche amateur s'exerce sur l'ensemble du plan d'eau de l'Erdre.
- La baignade est interdite sur l'Erdre. Toutefois, elle est autorisée sur le réservoir du Vioreau.

La carte de la page suivante présente les bases nautiques situées sur le plan d'eau.

6.2. Les usages professionnels

- 1) La pêche professionnelle est exercée par trois pêcheurs professionnels qui se partagent la rivière de Nort-sur-Erdre à Carquefou, comme suit :
 - L'Erdre, de La Poupinière jusqu'à l'aval de Sucé sur Erdre ;
 - De Sucé sur Erdre jusqu'à la Basse Poterie ;
 - Les Marais de Saint Mars.

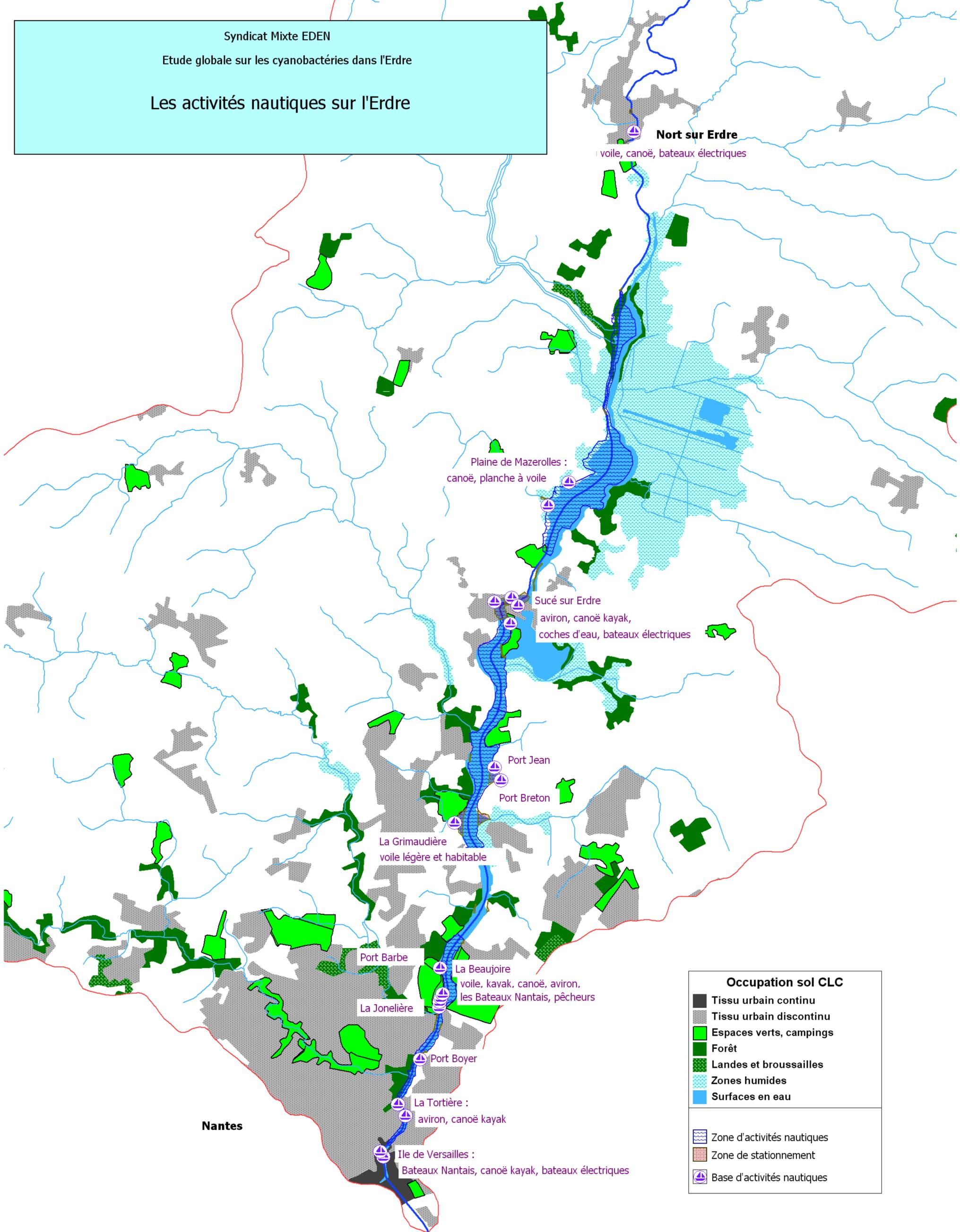
Ils utilisent deux techniques de pêche : les filets à mailles, pour capturer les espèces carnassières (sandres, brochets,...) et les nasses pour les anguilles.

Le résultat de la pêche est vendu aux restaurateurs locaux.

Leur activité est continue tout au long de l'année à l'exception des périodes où l'Erdre est gelée.

- 2) L'Erdre n'est pas utilisée comme ressource pour l'eau potable
- 3) L'extraction de tourbe est effectuée dans les marais de Mazerolles.

Syndicat Mixte EDEN
 Etude globale sur les cyanobactéries dans l'Erdre
 Les activités nautiques sur l'Erdre



Nort sur Erdre
 voile, canoë, bateaux électriques

Plaine de Mazerolles :
 canoë, planche à voile

Sucé sur Erdre
 aviron, canoë kayak,
 coches d'eau, bateaux électriques

Port Jean
 Port Breton

La Grimaudière
 voile légère et habitable

Port Barbe
 La Beaujoire
 voile, kayak, canoë, aviron,
 les Bateaux Nantais, pêcheurs

La Jonelière

Port Boyer

La Tortière :
 aviron, canoë kayak

Ile de Versailles :
 Bateaux Nantais, canoë kayak, bateaux électriques

Occupation sol CLC

- Tissu urbain continu
- Tissu urbain discontinu
- Espaces verts, campings
- Forêt
- Landes et broussailles
- Zones humides
- Surfaces en eau

- ▨ Zone d'activités nautiques
- ▨ Zone de stationnement
- ⚓ Base d'activités nautiques

Nantes



6.3. Les principales contraintes pour ces pratiques

Les principales contraintes liées à ces activités sont :

- la qualité de l'eau (cyanobactéries, ...) pour les activités nautiques et pour la pêche ;
- l'aménagement des berges pour les activités nautiques ;
- la profondeur sur le chenal (2 m) et dans les ports pour la navigation.

Les bateaux nantais ont subi des modifications de leur carène. Ces modifications consistaient à un élargissement ayant pour conséquence de remonter la ligne de flottaison et de diminuer le tirant d'eau.

Le tableau ci-dessous présente les limitations des usages exercées au sein des structures de loisirs lorsque le niveau 2 est atteint.

Aviron	La pratique de l'aviron est possible mais la découverte et l'initiation en skiff sont interdites.
Voile	La pratique de la voile est possible, mais la découverte et l'initiation à la voile sur dériveur instable (sauf bateaux collectifs stables de type seil...) sont interdites à partir d'un vent force 4
Planche	La pratique de la planche est interdite (à l'exception de l'entraînement des athlètes figurant sur les listes de haut niveau, les espoirs et les équipes de ligues par vent inférieur à force 4)
Canoë	La pratique du canoë-kayak est possible mais sont interdites : <ul style="list-style-type: none"> - toute activité de canoë-kayak à partir de force 4 ; - toute pratique de découverte et d'initiation sur embarcation instable ; - la pratique du freestyle ; - la pratique du kayak-polo et du slalom, sauf prise en compte par les clubs du niveau de pratique et d'aménagement de l'activité ; - l'utilisation d'embarcations de course en ligne à l'exception de l'entraînement en bateau monoplace des athlètes figurant sur les listes de haut niveau, les espoirs et équipes de Ligues.
Autres Embarcations (barques, pédalos)	L'utilisation d'embarcations instables ou entraînant un contact avec l'eau est interdite
Autres dispositions	La baignade est interdite. Les pratiquants ne doivent pas se mettre dans l'eau pour embarquer ou débarquer, ni s'asperger ou se rafraîchir avec l'eau de la zone d'activité. Le matériel et les équipements doivent être rincés après usage. En cas de contact avec l'eau au cours d'une activité nautique tolérée, une douche soignée doit être prise. Une consultation médicale sera nécessaire en cas d'ingestion d'eau et de trouble de santé.

Source : DDASS

III Analyse des flux

Pour estimer les différents flux de phosphore et d'azote qui aboutissent dans l'Erdre, il est nécessaire de se baser tout d'abord sur les flux existants, effectivement mesurés dans la rivière. Leur étude permet ensuite d'estimer la part respective des différentes sources étudiées.

1. Les flux présents dans l'Erdre

1.1. Méthodologie

Les flux d'azote et de phosphore présents dans la rivière ont principalement 5 origines connues, ils proviennent :

- ◆ de l'assainissement collectif et non collectif ;
- ◆ des industriels ;
- ◆ des effluents d'élevage ;
- ◆ des transferts diffus depuis l'espace rural ;
- ◆ du relargage des sédiments.

L'équation ci-dessous présente de manière simplifiée l'origine des flux présents dans l'Erdre :

$$\text{Flux dans la rivière} = \text{Flux de l'assainissement} + \text{Flux industriels} + \text{Flux des effluents d'élevage} + \text{Flux diffus rural} + \text{Flux relargués par les sédiments}$$

- **Découpage du bassin en zones**

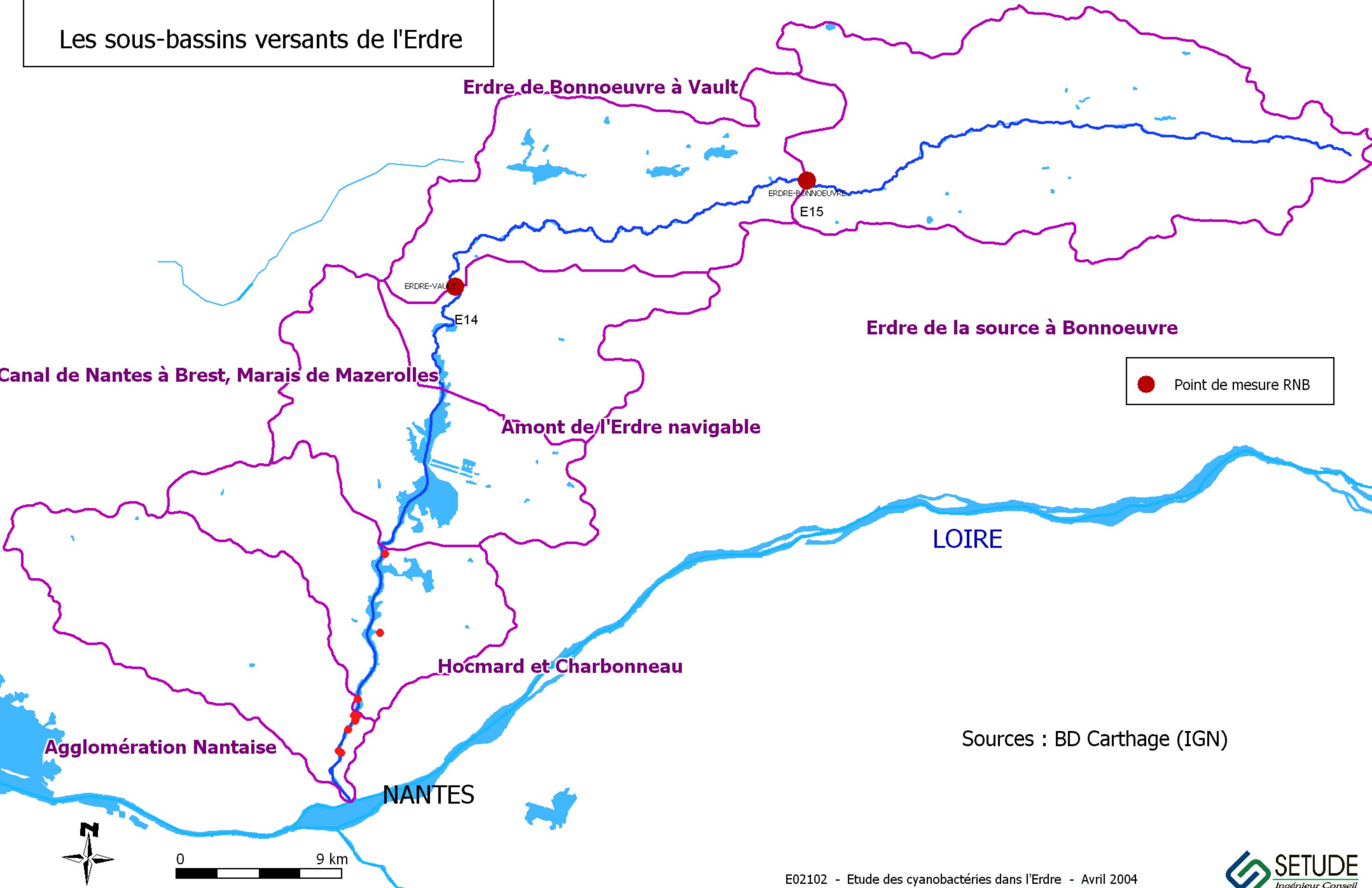
Afin de caractériser les grandes zones d'apport, le bassin versant a été découpé en 6 sous bassins versants. Ce découpage vient compléter celui présenté au paragraphe 1.2, afin de permettre une approche plus fine.

Les sous-bassins ont été sélectionnés de manière à disposer, pour chacun d'entre eux, d'un point de mesure à l'exutoire (points RNB et points de mesure du SMN) et à partager le bassin en plusieurs zones homogènes successives (cf. carte page suivante) :

- ✓ sous bassin versant 1 : l'Erdre, de sa source à Bonnœuvre ;
- ✓ sous bassin versant 2 : de Bonnœuvre à Vault ;
- ✓ sous bassin versant 3 : l'Amont de l'Erdre Navigable ;
- ✓ sous bassin versant 4 : le Canal de Nantes à Brest, les Marais de Mazerolles ;
- ✓ sous bassin versant 5 : l'Hocmard et le Charbonneau ;

sous bassin versant 6 : l'agglomération Nantaise.

Syndicat Mixte EDEN
Etude globale sur les cyanobactéries dans l'Erdre
Les sous-bassins versants de l'Erdre



Sources : BD Carthage (IGN)

Sur l'Erdre, seuls les deux points de mesures du RNB E15 et E14, caractérisant les deux sous bassins versants amont, donnent accès à la fois à des mesures de débit et de concentration. Ce sont les résultats de mesure de ces points qui servent de base pour calculer les flux d'azote et phosphore.

Les mesures réalisées par le SMN sont des mesures de concentration de fréquence trimestrielle (ou mensuelle pour le point aval) sans mesure de débit ; ces mesures ne sont donc pas exploitables pour le calcul des flux.

- **Calcul des flux**

Remarque : La méthodologie utilisée pour estimer les flux est similaire à celle appliquée pour le SAGE de la Rance (Commission Locale de l'eau Rance).

Dans un premier temps, un bilan entre les flux entrants et les flux présents dans la rivière a été effectué sur les deux bassins versants amont : l'Erdre, de sa source à Bonnœuvre et de Bonnœuvre à Vault.

1. Le calcul du flux polluant issu de l'assainissement est issu d'estimations à partir des mesures de qualité en sortie des stations d'épuration, et d'estimations classiques sur l'assainissement non collectif (cf paragraphe III.2).
2. Le calcul du flux polluant issu des industriels est inclus dans le précédent, les industriels notables du bassin versant étant reliés au réseau d'assainissement (cf paragraphe III.3).
3. Le flux polluant issu des effluents d'élevage ne peut pas être estimé dans le cadre d'une étude à grande échelle. Cette pollution est en effet très hétérogène. Elle est liée aux bâtiments d'élevage dont la capacité de stockage est insuffisante, ou dont les installations de collecte des effluents sont défectueuses. L'impact des ces émissions ponctuelles est d'autre part lié au réseau de transfert entre les élevages et les cours d'eau (présence de fossés enherbés, de zones de retenues). Les quantités d'azote et phosphore apportées annuellement sur le bassin sont cependant intégrées dans le point suivant, par l'intermédiaire du bilan CORPEN.
4. La pollution diffuse d'origine rurale résulte de deux phénomènes. Les phosphates se fixent dans le sol, et sont principalement transférés au réseau hydrographique lors de phénomènes de ruissellement érosif. Les nitrates ne sont que très peu retenus par le sol, et s'infiltrent au rythme des précipitations. Ils rejoignent le réseau hydrographique sous forme dissoute.

Le cycle de l'azote est donc court dans le sol, et lié de manière directe aux apports annuels. Le transfert du phosphore est plus long, avec un stockage important dans le sol.

Pour estimer le flux d'azote transféré à la rivière, il faut connaître les quantités apportées sur le bassin, et le coefficient de transfert.

De même, pour estimer le flux de phosphore, il faut connaître le stock présent dans le sol, et le coefficient de restitution.

La présente étude ne permet pas d'obtenir le niveau de détail nécessaire pour de telles estimations. C'est pourquoi une approche différente a été utilisée.

Partant des flux de nutriments mesurés dans la rivière, cette approche consiste à déduire les quantités d'origine connue (assainissement) pour estimer les autres flux (pollution diffuse, effluents d'élevage et relargage par les sédiments).

D'autre part, à titre indicatif, le bilan CORPEN est calculé sur le bassin (Cf. paragraphe III.2.4) afin d'estimer si les quantités apportées annuellement sur le bassin sont équilibrées ou non avec les quantités exportées (cultures). Il est notamment possible de connaître les apports actuels liés à la fertilisation minérale sur les cultures, et la quantité d'azote et phosphore contenue dans les effluents d'élevage.

5. Le flux de nutriments relargué par les nutriments n'est pas connu, et est donc estimé de manière commune avec les flux diffus ruraux et les flux des effluents d'élevage. Une discussion sur cet élément aura lieu dans le lot 2 de l'étude.

Les deux derniers points sont résumés par la formule suivante :

$$\text{Flux effluents élevage} + \text{Flux diffus rural} + \text{Flux relargués par les sédiments} = \text{Flux présents dans la rivière} - \text{Flux assainissement} - \text{Flux industriels}$$

Comme première hypothèse et au vu des premiers résultats d'analyse sur les sédiments (décembre 2002) montrant qu'ils sont riches en matière organique, mais pauvres en phosphore, la part relarguée en phosphore est considérée comme négligeable. Il est rappelé que les sédiments ne relarguent pas d'azote.

Cette hypothèse est validée par les campagnes de mesure réalisées de mars 2003 à octobre 2003. La discussion concernant ce point appartient au lot 2 de l'étude.

$$\text{Flux effluents agricoles} + \text{Flux diffus rural} = \text{Flux présents dans la rivière} - \text{Flux assainissement} - \text{Flux industriels}$$

Ce calcul ne peut être réalisé que sur les deux sous-bassins versants situés à l'amont des points de mesure RNB E15 et E14.

Sur les autres sous-bassins, il a été procédé de la manière suivante :

- les flux polluants issus de l'assainissement et des industriels ont été calculés de la même manière que sur les deux premiers sous-bassins ;
- le flux lié au relargage par les sédiments a été considéré nul ;
- il a été considéré que le flux pollution diffuse rurale + fuites des bâtiments d'élevage était directement proportionnel aux apports actuels en azote et phosphore, en prenant comme base les chiffres obtenus sur les deux premiers bassins versants.

1.2. Les flux présents dans la rivière

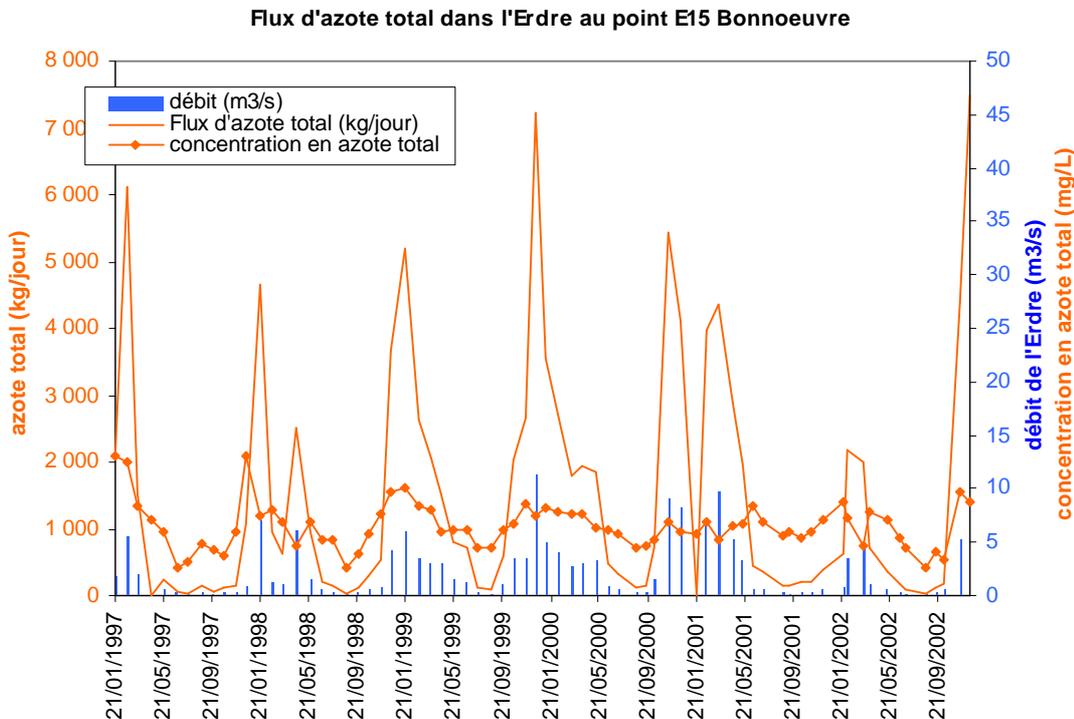
Nota Bene : Le calcul des flux dans la rivière Erdre est effectué à partir de mesures de concentrations ponctuelles un jour par mois aux points E14 et E15. Les flux sont donc le résultat d'extrapolations de ces mesures ponctuelles étendues à un jour entier puis au mois pour le calcul total des flux à l'année.

De plus les données du Réseau National de Bassin sont données sans valeur d'imprécision, ni marge d'erreur. Les extrapolations multiplient donc les marges d'incertitude sur les mesures.

1.2.1. Les flux d'azote

❖ L'Erdre à Bonnœuvre

Le calcul des flux d'azote dans la rivière à Bonnœuvre ne peut se faire qu'à partir de 1997, il n'existe pas de mesure antérieure sur ce point.

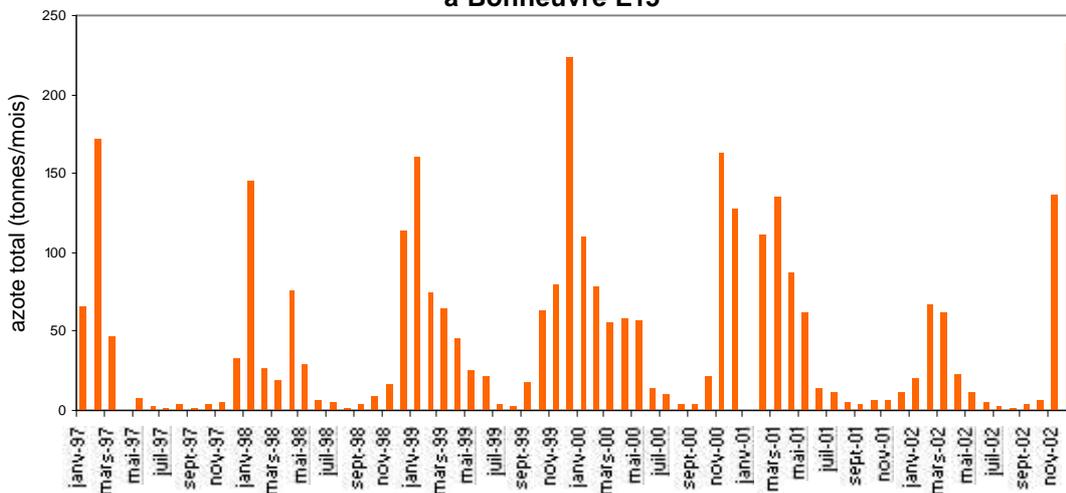


Les flux d'azote total à Bonneuvre ne présentent pas d'évolution caractéristique, depuis 1997, soit vers une augmentation soit vers une diminution du flux. Les pics de flux les plus importants sont directement corrélés aux pics de débit. Ils sont donc observés principalement pendant les mois de janvier.

Les concentrations en azote total présentent également des variations saisonnières. Les fortes valeurs de concentration sont observées en hiver, au moment où le débit est important. A cette période de l'année les pluies sont importantes, le ruissellement augmente, le lessivage de l'azote également, sous forme NO₃- principalement.

Si l'on observe les flux d'azote mensuel depuis 1997, on obtient le graphique suivant.

Evolution des flux d'azote mensuels sur les 6 dernières années à Bonneuvre E15

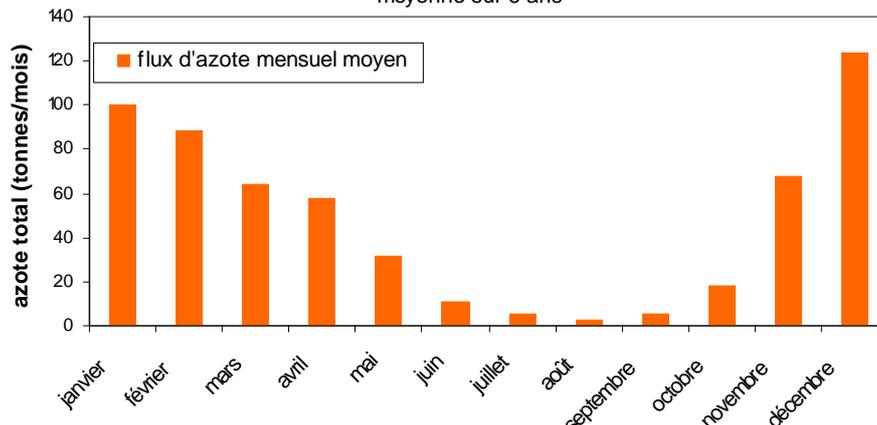


L'évolution des flux dans le temps montre de fortes valeurs en hiver et une faible valeur d'avril à octobre généralement.

En réalisant une moyenne par mois sur les 6 ans dont nous disposons, nous pouvons illustrer la dynamique d'évolution des flux sur une année.

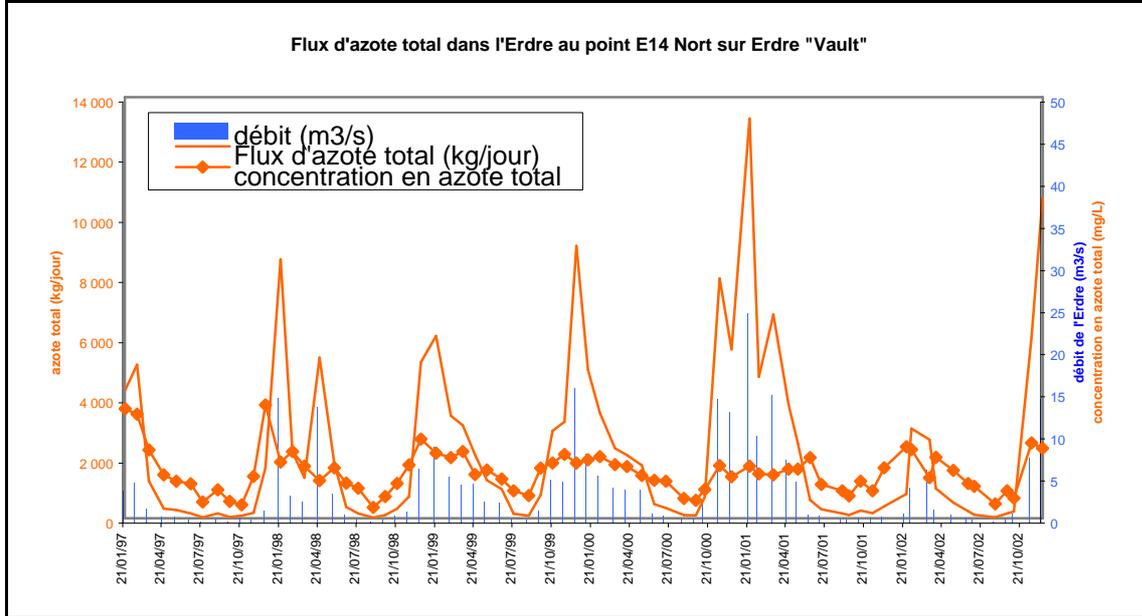
Dynamique des flux d'azote dans l'année :

Flux d'azote total mensuel dans la rivière Erdre à Bonneuvre (point E15)
moyenne sur 6 ans



❖ L'Erdre à Nort sur Erdre "Vault"

Le calcul des flux d'azote à Nort-sur-Erdre ne peut se faire qu'à partir de 1997. En effet s'il existe des mesures de débit et de nitrates, il n'existe pas de mesures de N Kjeldhal avant 1997. On ne peut donc conclure sur les flux d'azote Total avant 1997.

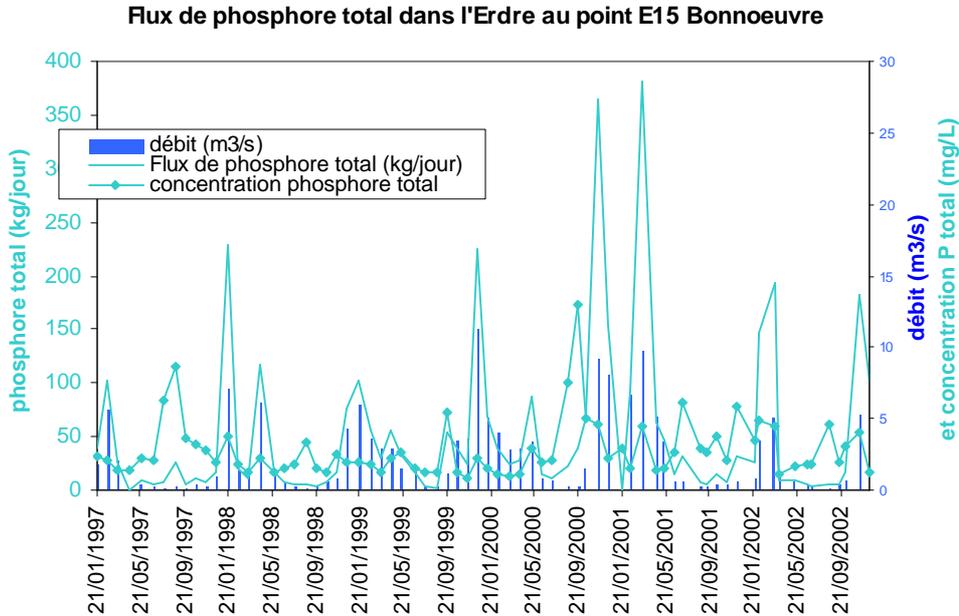


De même qu'à Bonnœuvre, l'évolution des flux à Nort-sur-Erdre ne présente ni augmentation ni diminution globale depuis 1997. Les flux évoluent en fonction du débit. L'évolution des concentrations montre la même évolution qu'à Bonnœuvre avec des pics en hiver au moment où le ruissellement est le plus important.

Cependant les valeurs de concentration sont légèrement supérieures à celles de Bonnœuvre en amont.

1.2.2. Les flux de phosphore

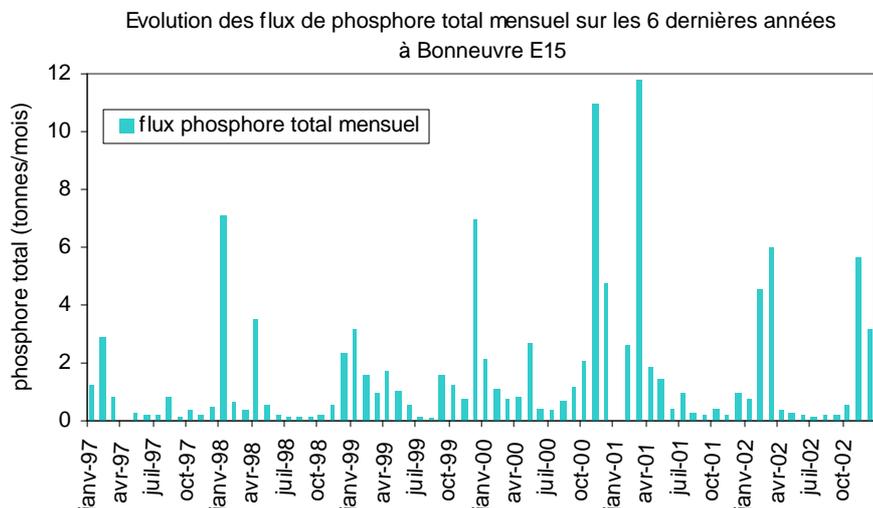
❖ L'Erdre à Bonnœuvre



Les flux de phosphore total à Bonnœuvre, de même que pour l'azote, ne présentent pas de tendance caractéristique, depuis 1997, soit à l'augmentation soit à la diminution du flux. Les pics de flux les plus importants sont toujours directement corrélés aux pics de débit. Ils sont donc observés principalement pendant les mois de janvier.

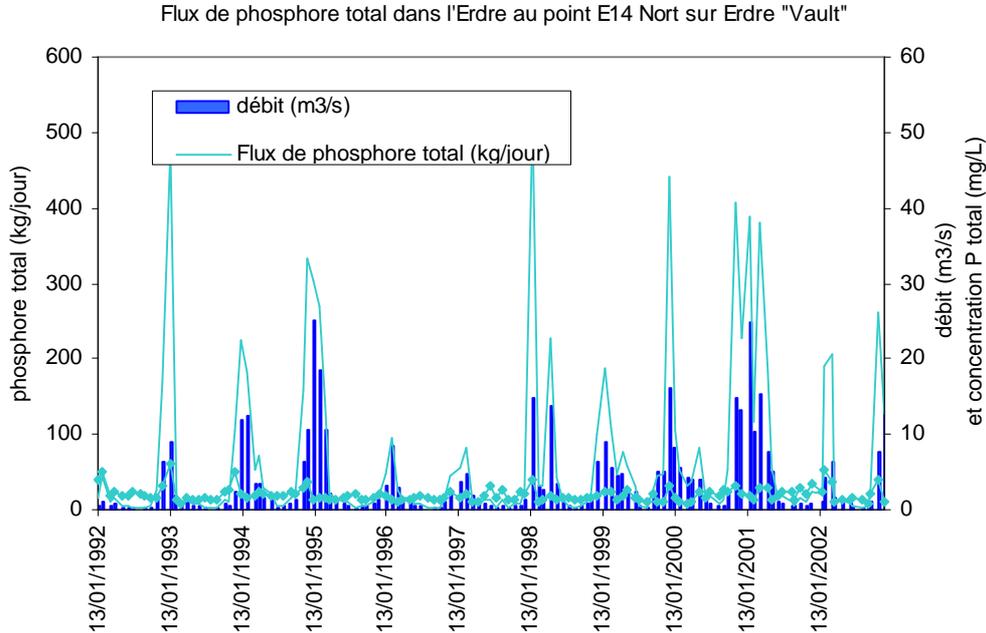
Les concentrations en phosphore total cependant sont relativement variables en ce point mais semblent indépendantes des événements pluvieux.

Si l'on observe la dynamique des flux mensuels depuis 1997, on observe comme pour l'azote des pics en hiver et des valeurs faibles d'avril à octobre.



❖ L'Erdre à Nort-sur-Erdre "Vault"

A la station E14, l'historique des flux de phosphore peut être effectuée à partir de 1992.



La dynamique d'évolution des flux de phosphore total reste identique à l'azote et au phosphore à Bonnœuvre. Elle suit directement l'évolution des débits.

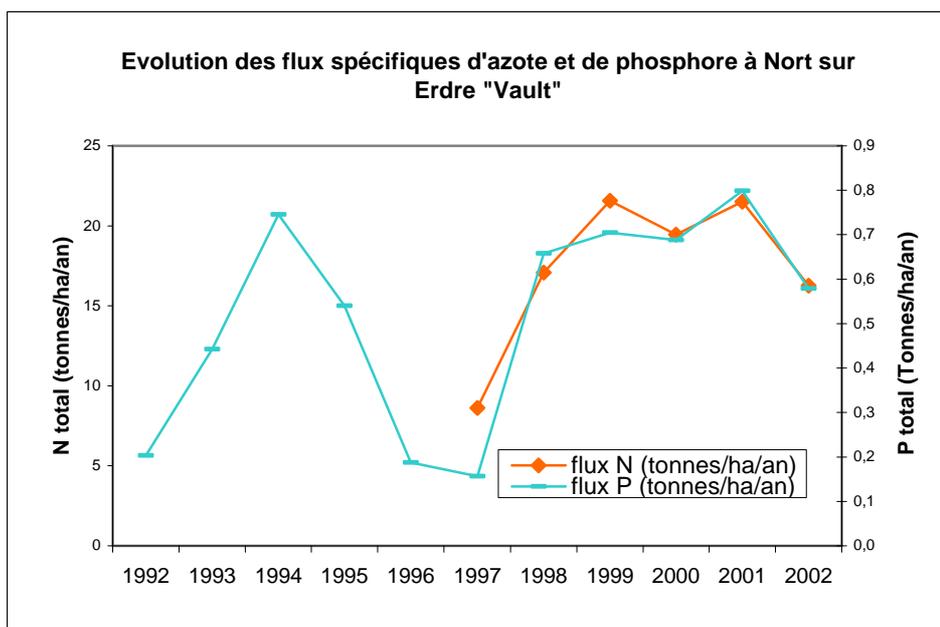
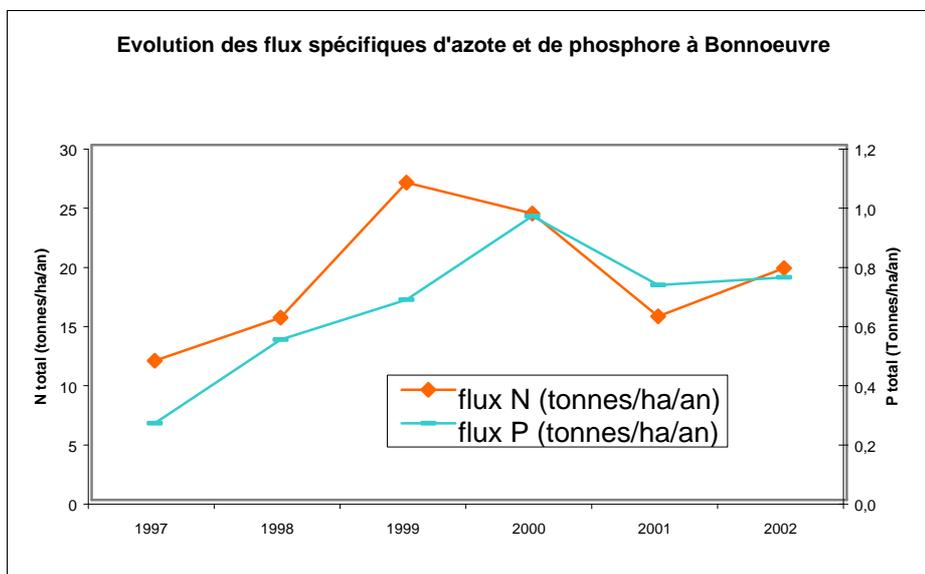
La concentration en ce point varie peu, et semble indépendante des événements pluvieux.

1.3. Bilan des flux transitant dans la rivière

Année	Flux spécifiques d'azote (kg/ha/an)		Flux spécifiques de phosphore (kg/ha/an)	
	Bonnœuvre	Nort-sur-Erdre	Bonnœuvre	Nort-sur-Erdre
1992	-	-	-	0,2
1993	-	-	-	0,4
1994	-	-	-	0,8
1995	-	-	-	0,5
1996	-	-	-	0,2
1997	11,8	8,6	0,3	0,2
1998	15	17,1	0,5	0,7
1999	27	21,6	0,7	0,7
2000	24	19,5	1,0	0,7
2001	16	21,5	0,7	0,8
2002	20	16,3	0,8	0,6
minimum	11,8	8,6	0,3	0,2
maximum	27	21,6	1,0	0,8
moyenne	18,9	17,4	0,7	0,5

A titre de comparaison, la moyenne des cours d'eau bretons en 2000 était de 31 kg N/ha/an. L'Erdre se situe donc en dessous de ces valeurs reconnues comme élevées.

Si l'on s'intéresse à l'évolution dans le temps de ces flux totaux, on obtient les graphes suivants.



A Bonnœuvre, avec le recul historique disponible (6 ans), on peut conclure à une tendance à la diminution en azote et en phosphore sur les 2 dernières années. Mais à Nort-sur-Erdre, où l'on peut observer le phosphore sur 10 ans, on remarque effectivement cette baisse sur les deux dernières années. On remarque surtout des valeurs de flux très faibles en 1996 et 1997.

Ces années étaient en réalité des années très sèches, dont les mois de décembre et janvier étaient plus secs que les années précédentes. Or ces deux mois contribuent fortement aux valeurs du flux total. Si l'on observe le tableau suivant, les mois de décembre et janvier contribuent à eux seuls à presque **50%** du flux total.

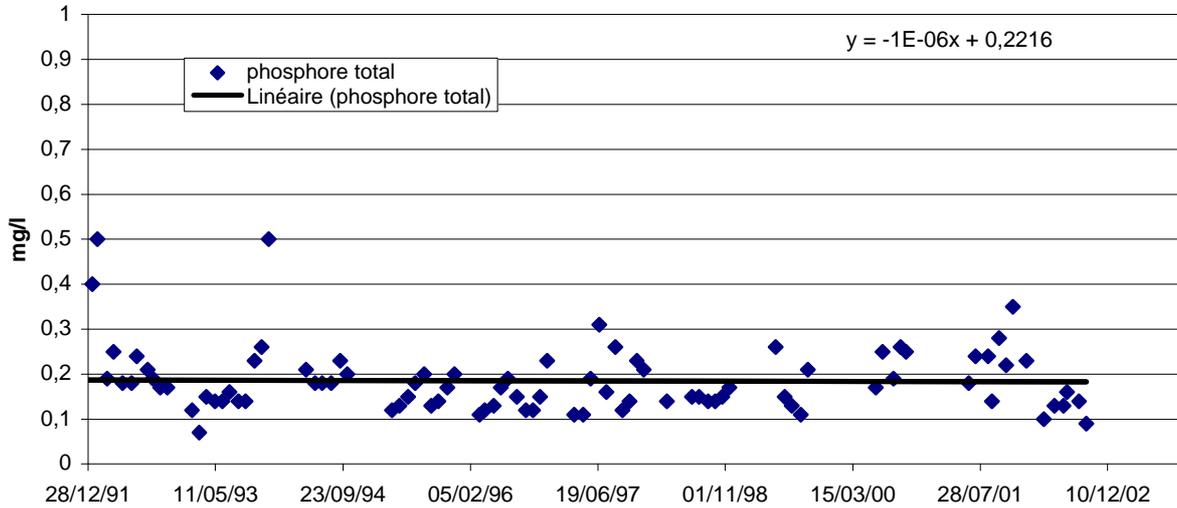
Mois	Contribution du mois au flux de N total (%) moyenne sur 6 ans	Contribution du mois au flux de P total (%) moyenne sur 11 ans
Janvier	24,3	26,3
Février	14,8	16,4
Mars	10,6	9,9
Avril	8,5	6,7
Mai	4,8	3,8
Juin	1,6	1,9
Juillet	0,6	1,1
Août	0,4	0,9
Septembre	0,7	0,9
Octobre	2,5	2,2
Novembre	10,8	9,9
Décembre	20,8	20

Il est donc difficile de statuer sur une évolution de flux global puisque le facteur pluie/débit prédomine largement sur les valeurs de concentration.

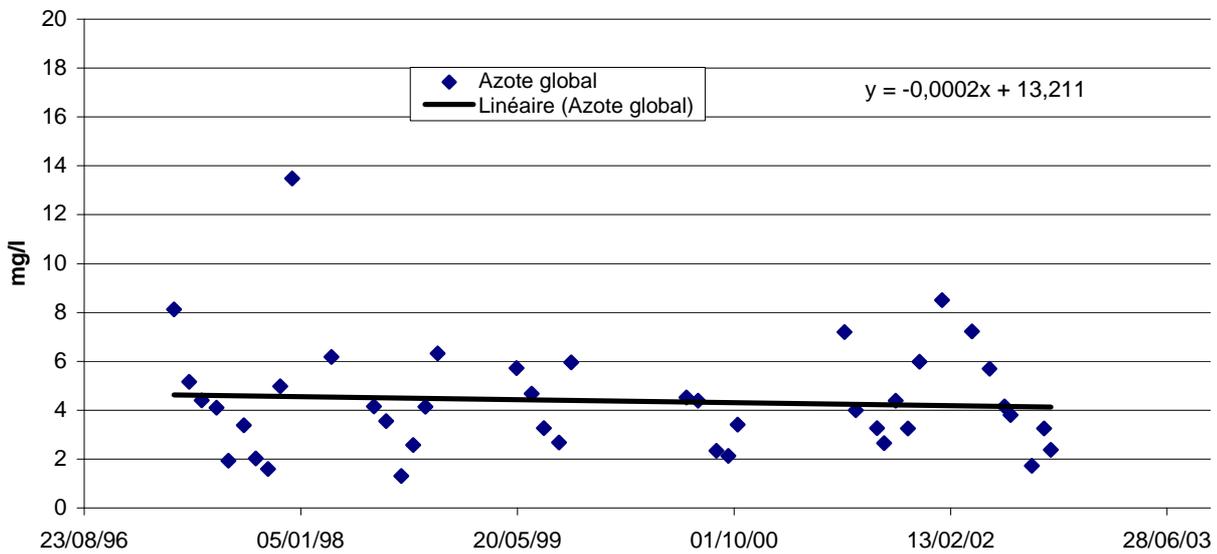
Afin d'observer une tendance sur les valeurs d'azote et de phosphore total en 10 ans, nous avons étudié les valeurs de concentration dans la rivière. Les valeurs de pics ont été supprimées, à savoir chaque valeur correspondant à un débit supérieur au module interannuel de l'Erdre (2,8 m³/s).

Concernant l'azote à Nort-sur-Erdre il n'est pas possible d'avoir des données de concentration en azote total avant 1997. En effet s'il existe des mesures de débit et de nitrates, il n'existe pas de mesures de N Kjeldhal avant 1997. On ne peut donc conclure sur les concentrations d'azote total avant 1997.

Evolution du phosphore de 1992 à 2002 en éliminant les valeurs
lorsque le débit est supérieur à 3 m³/s au point E14
89 valeurs



Evolution de l'azote de 1997 à 2002 en éliminant les valeurs
lorsque le débit est supérieur à 3 m³/s au point E14
41 valeurs



Les graphiques ci-dessus ne montrent pas d'évolution significative ; la faible diminution observée est en effet à relativiser compte tenu du faible nombre de valeurs.

2. Les flux issus de l'assainissement

En considérant que les industriels implantés sur les communes sont tous raccordés au réseau d'assainissement, les rejets des stations d'épuration correspondent à des restitutions domestiques et industrielles dans le milieu récepteur.

Les rejets des stations d'épuration prennent en compte les populations agglomérées, raccordées à un réseau d'assainissement et les rejets des industries également raccordées.

2.1 Flux en azote et en phosphore restitués par l'assainissement collectif (données Satese)

2.1.1. Les stations d'épuration du bassin versant de l'Erdre

Le Service d'Assistance Technique à l'Exploitation des Stations d'Épuration (SATESE) réalise sur les stations d'épuration du département des campagnes de prélèvements ponctuels ainsi que des bilans entrée et sortie de traitement sur 24 heures. Cependant, l'ensemble des stations ne fait pas l'objet de bilan à une fréquence annuelle.

En revanche, les stations d'une capacité supérieure à 2 000 équivalents habitants disposent d'un bilan du système d'auto-surveillance. Les calculs de flux ont été réalisés sur la base des moyennes des données mensuelles fournies.

En l'absence de ces données, les flux ont été estimés à partir des bilans réalisés par le SATESE.

Pour les installations qui n'ont pas fait l'objet de bilans, mais uniquement de prélèvements ponctuels, les flux ont été calculés sur la base d'une moyenne des résultats des analyses ponctuelles. Souvent, les débits ne sont pas mesurés et nous avons alors considéré le débit nominal de la station. Les stations concernées sont marquées par une astérisque (*) dans les tableaux qui suivent.

Il s'agit de stations de faible capacité qui ne représentent pas un impact majeur sur le milieu naturel. Le SATESE indique que les traitements appliqués sur ces stations donnent de bons résultats.

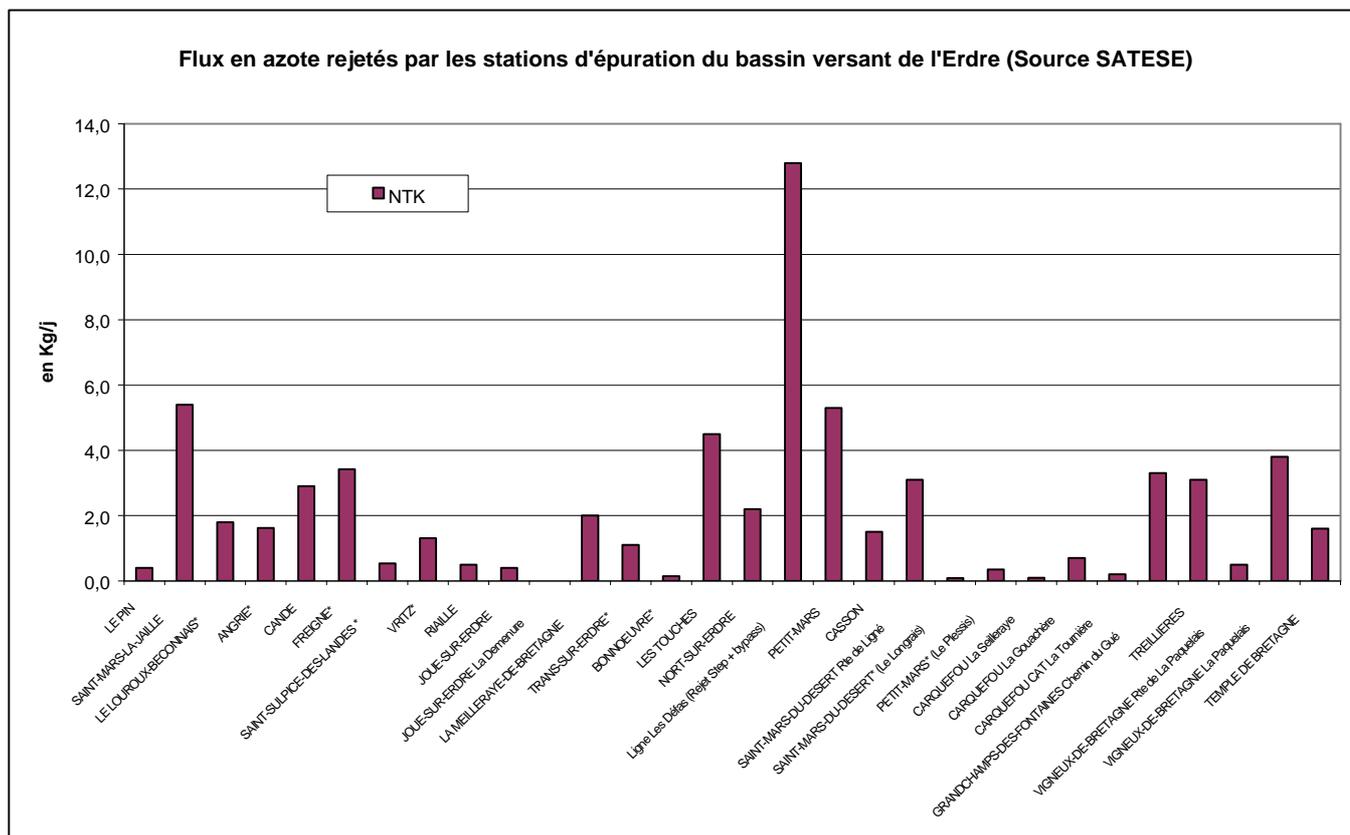
Les tableaux et les graphiques des pages suivantes présentent les flux moyens journaliers en sortie de traitement pour l'ensemble des stations d'épuration du bassin versant de l'Erdre (source SATESE, 2001-2002). Les rejets sont localisés soit dans l'Erdre directement, soit dans un de ses affluents.

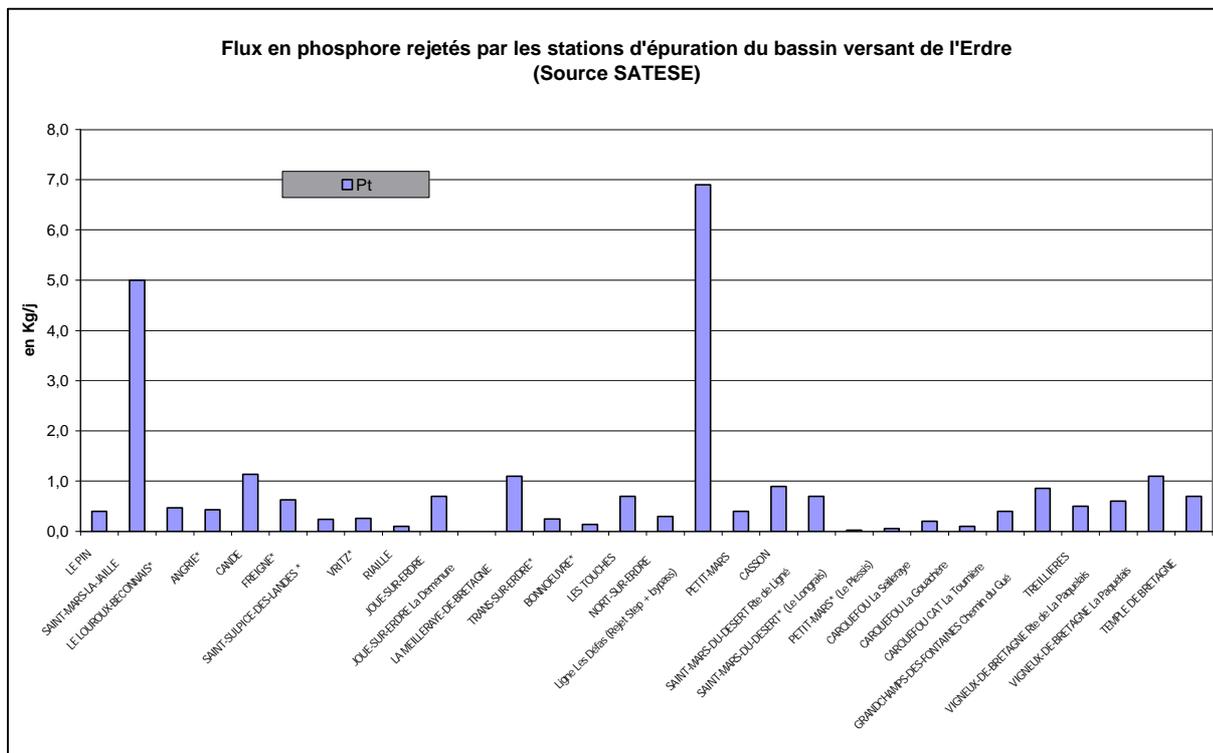
Flux en azote et en phosphore émis par les stations d'épuration (en Kg/j).
Données des bilans 2001-2002 (SATESE).

Commune	Station	Lieu de rejet	Pt	NTK
CANDE		Erdre	1,1	2,9
CARQUEFOU	La Seilleraye	Charbonneau	0,2	0,1
CARQUEFOU	La Gouachère	Charbonneau	0,1	0,7
CARQUEFOU	CAT La Tournière	Charbonneau	0,4	0,2
CASSON		Ruisseau de la Pissonnière	0,9	1,5
JOUE-SUR-ERDRE		Erdre	0,7	0,4
JOUE-SUR-ERDRE	La Demenure	Ruisseau du Baillou	0,0	-
LA MEILLERAYE-DE-BRETAGNE		Ruisseau du Pas Chevreuil	1,1	2,0
LE PIN		Ruisseau du Maudit	0,4	0,4
LES TOUCHES		Ruisseau du Pont- Orieux	0,7	4,5
LIGNE	Les Défas	Ruisseau de La Marquerie	2,5	4,3
LIGNE	Rejet de la station (Les Défas) et des eaux brutes by- passées	Ruisseau de La Marquerie	6,9	12,8
NORT-SUR-ERDRE		Erdre	0,3	2,2
PETIT-MARS		Ruisseau de la Déchausserie	0,40	5,30
RIAILLE		Erdre	0,1	0,5
SAINT-MARS-DU-DESERT	Rte de Ligné	Ruisseau de la Déchausserie	0,7	3,1
SAINT-MARS-LA-JAILLE		Erdre	5,0	5,4
TREILLIERES		Gevres	0,5	3,1
TEMPLE DE BRETAGNE		Gevres	0,7	1,6
VIGNEUX-DE-BRETAGNE	Rte de La Paquelais	Ruisseau du Choiseau	0,6	0,5
VIGNEUX-DE-BRETAGNE	La Paquelais	Gevres	1,1	3,8

**Flux en azote et en phosphore émis par les stations d'épuration (en Kg/j).
Données des mesures ponctuelles 2001-2002 (SATESE).**

Commune	Station	Lieu du rejet	Pt	NTK
ANGRIE *		Ruisseau du Fief Briand	0,4	1,6
BONNOEUVRE *		Erdre	0,1	0,1
CANDE *		Erdre	1,1	2,9
FREIGNE *		Erdre	0,6	3,4
GRANDCHAMPS-DES-FONTAINES *	Chemin du Gué	Hocmard	0,9	3,3
LE LOUROUX-BECONNAIS *			0,5	1,8
PETIT-MARS *	Le Plessis	Ruisseau de la Déchausserie	0,06	0,35
SAINT-MARS-DU-DESERT *	Le Longrais	Ruisseau de la Déchausserie	0,0	0,1
SAINT-SULPICE-DES-LANDES *		Ruisseau de la Bourgeonnaie	0,2	0,5
TRANS-SUR-ERDRE *		Le Ruisseau de La Montagne	0,2	1,1
VRITZ *		Ruisseau de Gicquelais	0,3	1,3





2.1.2. Le réseau d'assainissement de la Communauté Urbaine de Nantes

Les services techniques de la Communauté Urbaine de Nantes (CUN) ne disposent pas de mesures de qualité sur les eaux rejetées dans l'Erdre par les déversoirs d'orage. Par conséquent, il n'est pas possible d'estimer les flux qui sont émis par la Communauté Urbaine de Nantes sur le bassin.

Cependant, il s'agit d'effluents rejetés principalement par temps de pluie et donc dilués par les eaux de ruissellement.

De plus, même s'il s'agit de volumes très importants (2 329 448 m³ en 2001), l'influence de ces rejets dans la problématique du développement de cyanobactéries reste relative compte tenu de l'emplacement des déversoirs d'orage. En effet, les volumes d'eaux brutes diluées sont rejetés à l'aval de l'Erdre, essentiellement dans le tunnel Saint Félix. Les quantités d'azote et de phosphore qui sont rejetées à cet endroit de l'Erdre, n'ont pas d'influences majeures sur les quantités mesurées à l'amont.

Les autres points de rejets comme ceux de la Jonelière, la Tortière et de Sucé sur Erdre n'ont pas été intégrés au calcul du fait de l'incertitude sur les flux. Le temps de fonctionnement du trop plein de Sucé sur Erdre est connu, mais la qualité du rejet n'est pas mesurée ; la fréquence de déversement des autres points n'est pas connue.

2.2. Flux en azote et en phosphore restitués par l'assainissement collectif répartis sur les sous-bassins

Les flux émis par chaque station d'épuration ont été répartis sur les différents sous bassins versant de l'Erdre, d'amont vers aval.

Tableau de répartition des stations d'épuration et des flux correspondants par rapport aux sous bassins versants

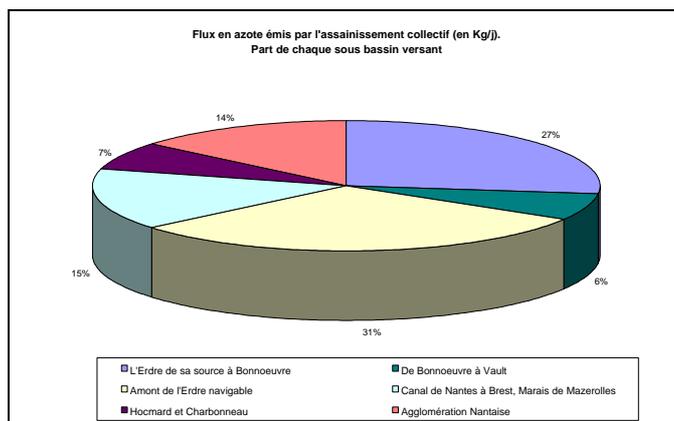
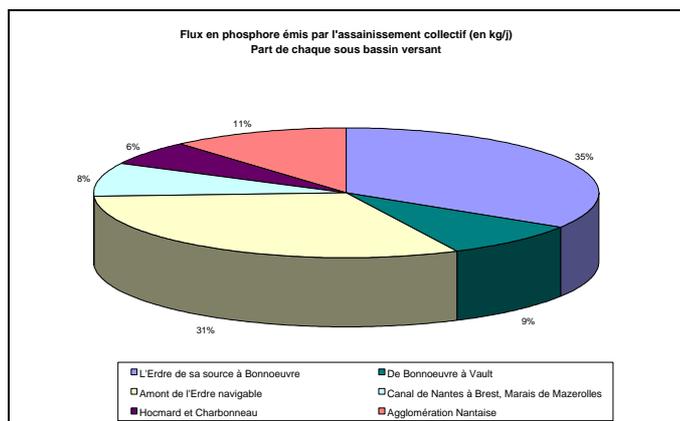
Sous-bassins	Commune	Station	Pt (Kg/j)	NTK (Kg/j)
<i>L'Erdre, de sa source à Bonnœuvre</i>	LE PIN		0,4	0,4
	SAINT-MARS-LA-JAILLE		5,0	5,4
	LE LOUROUX-BECONNAIS*		0,5	1,8
	ANGRIE*		0,4	1,6
	CANDE		1,1	2,9
	FREIGNE*		0,6	3,4
	SAINT-SULPICE-DES-LANDES *		0,2	0,5
	VRITZ*		0,3	1,3
	CORNOUAILLE	Pas d'informations		
Sous-Total			8,6	17,4
<i>L'Erdre de Bonnœuvre à Vault</i>	RIAILLE		0,1	0,5
	JOUE-SUR-ERDRE		0,7	0,4
	JOUE-SUR-ERDRE	La Demenure	0,0	-
	LA MEILLERAYE-DE-BRETAGNE		1,1	2,0
	TRANS-SUR-ERDRE*		0,2	1,1
	BONNOEUVRE*		0,1	0,1
Sous-Total			2,3	4,1

Sous-bassins	Commune	Station	Pt (Kg/j)	NTK (Kg/j)
<i>Amont de l'Erdre navigable</i>	NORT-SUR-ERDRE		0,3	2,2
	LES TOUCHES		0,7	4,5
	Ligne (Rejet Step + bypass)		6,9	12,8
Sous-Total			7,9	19,5
<i>Le canal de Nantes à Brest, les Marais de Mazerolles</i>	PETIT-MARS		0,40	5,30
	CASSON		0,9	1,5
	SAINT-MARS-DU-DESERT	Rte de Ligné	0,7	3,1
	SAINT-MARS-DU-DESERT*	Le Longrais	0,0	0,1
	PETIT-MARS*	Le Plessis	0,06	0,35
Sous-Total			2,0	10,0
<i>L'Hocmard et le Charboneau</i>	CARQUEFOU	La Seilleraye	0,2	0,1
	CARQUEFOU	La Gouachère	0,1	0,7
	CARQUEFOU	CAT La Tournière	0,4	0,2
	GRANDCHAMPS-DES-FONTAINES*	Chemin du Gué	0,9	3,3
Sous-Total			1,6	4,3
<i>L'agglomération nantaise</i>	TREILLIERES		0,5	3,1
	VIGNEUX-DE-BRETAGNE	Rte de La Paquelais	0,6	0,5
	VIGNEUX-DE-BRETAGNE	La Paquelais	1,1	3,8
	TEMPLE DE BRETAGNE		0,7	1,6
Sous-Total			2,9	9,0
Total			25,3	64,2

Le tableau suivant présente les flux entrants dans l'Erdre, pour chaque sous bassin versant, d'amont vers aval.

Sous-bassins versant	Pt (kg/j)	NTK (kg/j)	P Eh	NTK Eh	Pt (T/an)	NTK (T/an)
<i>L'Erdre, de sa source à Bonnoeuve</i>	8,57	17,39	2 143	1 159	3,1	6,3
<i>L'Erdre de Bonnoeuve à Vault</i>	2,28	4,15	571	277	0,8	1,5
<i>Amont de l'Erdre navigable</i>	7,90	19,50	1 975	1 300	2,8	7,0
<i>Le canal de Nantes à Brest, les Marais de Mazerolles</i>	2,08	9,90	521	660	0,8	3,6
<i>L'Hocmard et le Charbonneau</i>	1,56	4,30	389	287	0,6	1,5
<i>L'agglomération nantaise</i>	2,9	9,0	725	600	1,0	3,2
TOTAL	25,29	64,24	6 324	4 283	9,1	23,1

Les graphiques suivants présentent les apports de chaque sous-bassin en terme de flux d'azote et de phosphore :



Les deux bassins qui connaissent les apports en azote et en phosphore les plus importants sont :

- ◆ L'Erdre, de sa source à Bonnœuvre :
- ◆ L'amont de l'Erdre navigable.

Le sous bassin versant «L'amont de l'Erdre navigable» est sous l'influence du rejet de la station de Ligné (by-pass fréquent d'eaux brutes).

Cette station, sous dimensionnée, fera l'objet d'une restructuration complète pour 2004.

Les apports en azote et en phosphore sur le sous bassin versant « l'Erdre de sa source à Bonnœuvre » sont essentiellement dus à la station de Saint Mars La Jaille. Les dépassements en phosphore total sont principalement d'origine industrielle. Un traitement par déphosphatation au chlorure ferrique a été mis en place sur l'entrée des effluents industriels à la CMGE (Compagnie Marsienne de Gestion des Effluents). L'abattement du phosphore ainsi réalisé devrait permettre d'obtenir une qualité de rejet satisfaisante sur la station communale.

C'est également le sous bassin versant qui compte le plus grand nombre de stations d'épuration.

2.3. L'assainissement non collectif

2.3.1. les flux en azote et en phosphore émis et destinés à être traités en assainissement non collectif

L'estimation de la population du bassin versant assainie en non collectif a été réalisée :

- à partir des données du SATESE pour les communes disposant d'une station de traitement (population de la commune moins la population raccordée à la station d'épuration) ;
- au prorata de la surface de la commune inscrite dans le bassin versant pour les autres communes.

Les données suivantes ont été fournies par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne et ont permis d'estimer les flux en azote et en phosphore produits : chaque habitant produit chaque jour **15 grammes d'azote** et **4 grammes de phosphore**.

Sur cette base, les charges émises destinées à être traitées en assainissement non collectif sur **l'ensemble des communes** ont pu être estimées à :

- **690 Kg d'azote par jour, soit 45 850 équivalents habitants ;**
- **180 Kg de phosphore par jour, soit 45 850 équivalents habitants.**

La part correspondant au bassin versant de l'Erdre représente 22 884 Equivalents – Habitants pour l'azote et le phosphore. (343 kg d'azote et 91.5 kg de phosphore)

2.3.2. les flux en azote et en phosphore restitués par l'assainissement non collectif

Pour calculer les flux, les hypothèses suivantes ont été adoptées :

- ✓ **Installations d'assainissement non collectif**
 - ✓ Il existe statistiquement 70% d'installations non conformes qui abattent 20% de la pollution domestique en sortie de traitement ;
 - ✓ Il existe 30% d'installations conformes qui abattent 90% de la pollution domestique en sortie de traitement.
- ✓ **50% de la pollution est retenue par les sols avant d'être restituée à la rivière.**

Ainsi, les flux restitués au milieu naturel sur l'ensemble du bassin sont les suivants :

- **100 Kg d'azote par jour, soit 6 750 équivalent habitants,**
- **27 kg de phosphore par jour, soit 6 750 équivalents habitants.**

La part de ces flux due à des habitations susceptibles d'être raccordées est de **19 kg/j de phosphore** et 70 kg/j d'azote, soit 4 750 équivalent habitants.

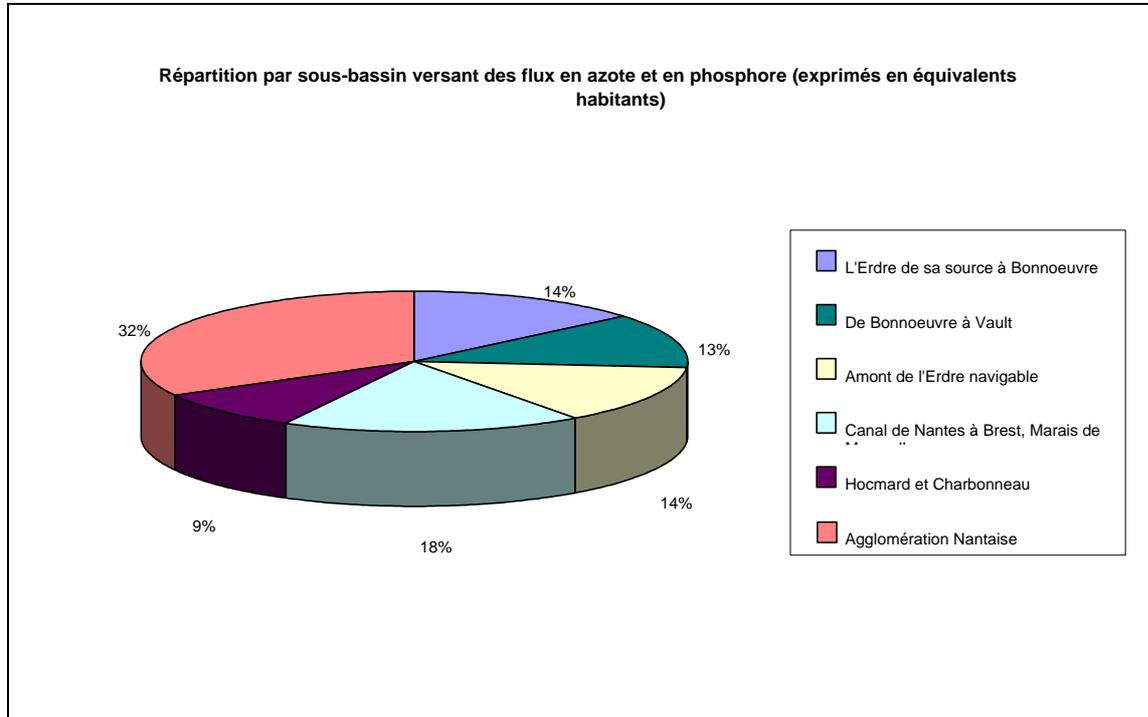
La part de ces flux due aux habitations en assainissement non collectif pur est de **8 kg/j de phosphore** et 30 kg/j d'azote, soit 2 000 équivalent habitants.

2.3.3. Répartition des flux par sous-bassins versant de l'Erdre.

Le tableau suivant présente les flux calculés à l'exutoire de chaque sous-bassin versant de l'Erdre.

Sous-bassins	N (kg/j)	P (kg/j)	Pollution en équivalent habitants
<i>L'Erdre, de sa source à Bonnœuvre</i>	14,0	3,7	935
<i>L'Erdre de Bonnœuvre à Vault</i>	12,8	3,4	850
<i>Amont de l'Erdre navigable</i>	13,8	3,7	917
<i>Le canal de Nantes à Brest, les Marais de Mazerolles</i>	18,0	4,8	1 203
<i>L'Hocmard et le Charboneau</i>	9,1	2,4	607
<i>L'agglomération nantaise</i>	33,5	8,9	2 236
TOTAL	101.2	26.9	6 748

Le graphique suivant présente la part de chaque sous bassin versant en terme d'apport en azote et en phosphore.



La part importante de l'agglomération dans le flux total s'explique notamment par de très faibles taux de raccordement sur les communes de Vigneux-de-Bretagne et Treillères (inférieurs à 30 %).

3. Les flux issus des industriels

Les flux considérés (fichier Agence de l'Eau Loire Bretagne) sont pris après pré-traitement quand celui-ci existe et sont calculés sur la base de 220 jours travaillés par an. Ils concernent les industries qui sont soumises à la redevance.

Il faut noter que les flux qui nous ont été fournis par l'Agence de l'Eau ne prennent en compte que les industries soumises à la redevance et produisant une pollution significative (plusieurs centaines d'équivalents habitants).

Les petites entreprises ne sont pas concernées par cette redevance et ne sont pas prises en compte dans les calculs de flux.

Les tableaux suivants reprennent, par commune, les flux en azote et en phosphore produits par les industriels.

◆ Commune du PIN

Raison sociale	Groupe d'activité	NR brute	NR nette	MP brute	MP nette
ETS GAUGUET SA COUVOIR DU PIN	Elevages et cultures	2,9	2,9	0,16	0,15
Total LE PIN		2,9	2,9	0,16	0,15

◆ Commune de CANDE

Raison sociale	Groupe d'activité	NR brute	NR nette	MP brute	MP nette
LELEU SA	Industries diverses	2,96	2,96	0,84	0,84
Total CANDE		2,96	2,96	0,84	0,84

◆ Commune des TOUCHES

Raison sociale	Groupe d'activité	NR brute	NR nette	MP brute	MP nette
SA H. LEDUC	Activités mécaniques	0,91	0,91	0,26	0,26
SA H. LEDUC	Traitement de surface	0,06	0,06	0,01	0,01
Total LES TOUCHES		0,97	0,97	0,27	0,27

◆ Commune de CARQUEFOU

Raison sociale	Groupe d'activité	NR brute	NR nette	MP brute	MP nette
LES FONDERIES TECHNIQUES DE VITRY (F.T.V.)	Activités mécaniques	0,84	0,84	0,24	0,24
SA QUILLARD ET FILS	Transformations de produits d'origine animale	15,46	15,46	4,88	4,88
S.E.I.T.A. ALTADIS USINE DES TABACS	Industries diverses	2,44	2,44	0,69	0,69

SORATECH - RACCORDS TUYAUTERIES CAOUTCHOUC	Industrie du caoutchouc	2,64	2,64	0,75	0,75
SORATECH - RACCORDS TUYAUTERIES CAOUTCHOUC	Pollution des commerces et services	1,43	1,43	0,41	0,41
STE AVIATUBE	Activités mécaniques	1,77	1,77	0,5	0,5
Raison sociale	Groupe d'activité	NR brute	NR nette	MP brute	MP nette
STE AVIATUBE	Traitement de surface	0,02	0,02	0	0
EDITIONS QUO VADIS	Industries diverses	2,05	2,05	0,58	0,58
HYDRALIFT BLM	Activités mécaniques	1,3	1,3	0,37	0,37
HYDRALIFT BLM	Traitement de surface	0,02	0,02	5,6	5,6
SERCEL	Activités mécaniques	2,65	2,65	0,75	0,75
STE NANTAISE DE GALVANISATION SNG	Activités mécaniques	0,12	0,12	0,03	0,03
STE NANTAISE DE GALVANISATION SNG	Laminage - Tréfilage - Etirage - Décapage	0	0	0	0
STE NANTAISE DE GALVANISATION SNG	Traitement de surface	0,39	0,39	0,11	0,11
TRELLEBORG MODYN SAS	Industrie du caoutchouc	1,83	1,83	0,52	0,52
TRELLEBORG MODYN SAS	Pollution des commerces et services	1,06	1,06	0,3	0,3
Total CARQUEFOU		35,1	35,1	16,03	16,03

♦ Commune D'ORVAULT

Raison sociale	Groupe d'activité	NR brute	NR nette	MP brute	MP nette
ALCATEL CIT	Activités mécaniques	5,74	5,74	1,64	1,64
Total ORVAULT		5,74	5,74	1,64	1,64

♦ Commune de GRAND CHAMPS DES FONTAINES

Raison sociale	Groupe d'activité	NR brute	NR nette	MP brute	MP nette
SA LIO LAQUAGE INDUSTRIEL DE L'OUEST	Traitement de surface	0,08	0,08	14,3	7,16
Total GRAND CHAMPS DES FONTAINES		0,08	0,08	14,3	7,16

♦ Commune de LIGNE

Raison sociale	Groupe d'activité	NR brute	NR nette	MP brute	MP nette
SA H. LEDUC	Activités mécaniques	1,69	1,69	0,48	0,48
SA H. LEDUC	Traitement de surface	0,09	0,09	3,82	1,92
Total LIGNE		1,78	1,78	4,30	2,40

♦ Commune de SAINT MARS LA JAILLE

Raison sociale	Groupe d'activité	NR brute	NR nette	MP brute	MP nette
AUBRET SA	Transformations de produits d'origine animale	35,99	35,99	11,45	11,45
GASTRONOME GICQUEL	Abattoirs	74,09	74,09	7,4	7,4
SA LES VOLAILLES DE ST MARS	Abattoirs	27,59	27,59	2,25	2,25

S.T.V.O.	Abattoirs	3,2	3,2	0,64	0,64
Total SAINT MARS LA JAILLE		140.87	140.87	21.74	21.74

◆ Commune de NORT SUR ERDRE

Raison sociale	Groupe d'activité	NR brute	NR nette	MP brute	MP nette
GENERAL TRAILERS	Activités mécaniques	1,21	1,21	0,34	0,34
GENERAL TRAILERS	Traitement de surface	0,13	0,13	0,03	0,03
Total NORT SUR ERDRE		1.34	1.34	0.37	0.37

◆ Commune de NANTES

Raison sociale	Groupe d'activité	NR brute	NR nette	MP brute	MP nette
ACB - GEC ALSTHOM	Activités mécaniques	3,15	3,15	0,9	0,9
ATMEL NANTES SA	Activités mécaniques	4,43	4,43	1,26	1,26
ATMEL NANTES SA	Traitement de surface	1,05	1,05	33,4	4,28
BEGHIN SAY	Production de sucre à partir de betteraves - Sucreries	17,83	17,83	11,89	11,89
CAISSE REGIONALE DE CREDIT AGRICOLE DE LOIRE ATLANTIQUE	Pollution des commerces et services	2,73	2,73	0,78	0,78
CARREFOUR BEAUJOIRE CENTRE COMMERCIAL	Pollution des commerces et services	2,05	2,05	0,58	0,58
CRAM DES PAYS DE LA LOIRE	Pollution des commerces et services	6,62	6,62	1,89	1,89
C.R.S.F LA POSTE SERVICE LOGISTIQUE	Pollution des commerces et services	9,38	9,38	2,68	2,68
ELECTRICITE DE FRANCE SERVICES ET INGENIERIE OUEST	Pollution des commerces et services	4,69	4,69	1,34	1,21
GEA - BTT	Activités mécaniques	1,89	1,89	0,53	0,53
HOPITAL SAINT JACQUES	Industrie textile	2,17	2,17	6,06	6,06

HOPITAL SAINT JACQUES	Pollution des commerces et services	24,75	24,75	6,33	6,33
Raison sociale	Groupe d'activité	NR brute	NR nette	MP brute	MP nette
JOSEPH PARIS SA	Activités mécaniques	1,17	1,17	0,33	0,33
PAPETERIE DE NANTES	Fabrication et transformation de papiers et cartons	116,57	34,98	9,32	2,8
SAUNIER DUVAL EAU CHAUDE CHAUFFAGE INDUSTRIE	Activités mécaniques	4,59	4,59	1,31	1,31
SAUNIER DUVAL EAU CHAUDE CHAUFFAGE INDUSTRIE	Traitement de surface	0,03	0,03	4,73	0,58
SNCF GARE DE NANTES	Industries diverses	6,54	6,54	1,87	1,87
UNIVERSITE DE NANTES FACULTE SCIENCES ET TECHNIQUES	Industrie chimique	3	3	0,24	0,24
B. GESTION MANDATAIRE DE PARIS GESTION - C.C. PARIDIS	Pollution des commerces et services	2,45	2,45	0,7	0,7
CAISSE ALLOCATIONS FAMILIALES	Industries diverses	0,02	0,02	0	0
CAISSE ALLOCATIONS FAMILIALES	Pollution des commerces et services	3,8	3,8	1,08	1,08
CAISSE FEDERALE DU CREDIT MUTUEL	Pollution des commerces et services	2,94	2,94	0,84	0,84
CAISSE PRIMAIRE D'ASSURANCE MALADIE CPAM	Pollution des commerces et services	4,9	4,9	1,4	1,4
CENTRE PENITENTIAIRE DE NANTES	Pollution des commerces et services	6,75	6,75	1,8	1,8
CREDIT INDUSTRIEL DE L'OUEST	Pollution des commerces et services	4,8	4,8	1,37	1,37
CROWN CORK COMPANY FRANCE	Activités mécaniques	2,45	2,45	0,7	0,7
DIRECTION SERVICES FISCAUX CITE ADMINISTRATIVE CAMBRONNE	Pollution des commerces et services	4,73	4,73	1,35	1,35
GOSS SYSTEMES GRAPHIQUES NANTES SA	Activités mécaniques	2,07	2,07	0,59	0,59

GOSS SYSTEMES GRAPHIQUES NANTES SA	Traitement de surface	0,04	0,04	0,01	0,01
Raison sociale	Groupe d'activité	NR brute	NR nette	MP brute	MP nette
GUILLOUARD A NANTES SA	Activités mécaniques	0,4	0,4	0,11	0,11
GUILLOUARD A NANTES SA	Laminage - Tréfilage - Etirage - Décapage	0	0	0	0
GUILLOUARD A NANTES SA	Traitement de surface	0,04	0,04	6,23	3,12
HOTEL DIEU	Pollution des commerces et services	18,63	18,63	4,96	4,96
LYCEE LA COLINIÈRE	Pollution des commerces et services	3,3	3,3	0,88	0,88
LYCEE TECHNOLOGIQUE REGIONAL LIVET	Pollution des commerces et services	4,57	4,57	1,22	1,22
M. LE CDT CASERNE LAMORICIÈRE	Pollution des commerces et services	6,6	6,6	1,76	1,76
MAISON ADMINISTRATION NOUVELLE CITE ADMINISTRATIVE BEAULIEU	Pollution des commerces et services	3,85	3,85	1,1	1,1
MAISON D'ARRET DE NANTES	Pollution des commerces et services	5,25	5,25	1,4	1,4
MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES	Pollution des commerces et services	3,73	3,73	1,06	1,06
MUTUALITÉ SOCIALE AGRICOLE	Pollution des commerces et services	2,02	2,02	0,57	0,57
STE ARMOR SA	Fabrication et transformation de papiers et cartons	2,47	2,47	0,7	0,7
SYNDICAT DES COPROPRIÉTAIRE DU CENTRE COMMERCIAL BEAULIEU	Pollution des commerces et services	2,87	2,87	0,82	0,82
THE VALSPAR (FRANCE) CORPORATION SA	Industrie chimique	3,75	3,75	0,3	0,3

Raison sociale	Groupe d'activité	NR brute	NR nette	MP brute	MP nette
UNIVERSITE DE NANTES ENSEMBLE ADM. MEDECINE	Industrie chimique	5,75	5,75	0,46	0,46
UNIVERSITE DE NANTES ENSEMBLE ADM. MEDECINE	Pollution des commerces et services	0,6	0,6	0,17	0,17
Total NANTES		323,22	241,63	120,39	77,36

L'ensemble de ces entreprises est relié à un réseau d'assainissement et les flux générés sont traités par des stations d'épuration. Les rejets industriels des entreprises localisées à Carquefou, Orvault et Nantes sont traités par la station d'épuration de Tougas (CUN) dont le rejet s'effectue en Loire.

Les flux polluants des industriels des autres communes sont traités par des stations de traitement communales avec les rejets domestiques.

Au cours des entretiens réalisés auprès des communes du bassin de l'Erdre, il n'a pas été évoqué de rejets industriels liquides directs au milieu naturel. Ce constat a été confirmé par le représentant du Conseil Supérieur de la Pêche : il n'existe plus de rejets industriels directs dans l'Erdre.

Cependant, sur la commune de Saint Mars La Jaille, a été signalé la présence d'un stockage important en ammonitrates, sur le site d'une entreprise qui fabrique des engrais. Lors d'évènements pluvieux, les eaux de ruissellement chargées en ammonitrates sont susceptibles de se rejeter directement dans l'Erdre. Aucune information complémentaire n'a pu être obtenue sur ces rejets.

4. Bilan CORPEN sur l'espace rural

4.1. Méthodologie

Comme il a été précisé au paragraphe III.1.1, l'estimation des flux d'azote et de phosphore émis d'une part par les fuites au niveau des bâtiments d'exploitation, d'autre part par les transferts diffus depuis les terres, n'est pas réalisée dans la présente étude.

Un bilan indicatif a été réalisé à l'aide de la méthode du CORPEN.

Le CORPEN, Comité d'orientation pour la réduction de la pollution des eaux par les nitrates, les phosphates et les produits phytosanitaires provenant des activités agricoles, a élaboré une méthode largement utilisée et reconnue qui permet d'estimer les flux et le solde annuel d'azote et de phosphore sur une surface donnée.

Cette méthode, principalement utilisée au niveau des exploitations agricoles, peut être utilisée à une plus grande échelle.

Le principe est d'estimer à l'aide de ratios moyens :

- l'ensemble des apports en fertilisant sur la surface, fumure minérale et effluents organiques ;
- l'ensemble des exports par les cultures en place ;
- le solde annuel, calculé par différence entre ces deux chiffres.

4.1.1. Calcul des apports en azote et phosphore

- **Fraction minérale**

La fraction minérale des apports est une variable sur laquelle l'incertitude reste toujours élevée. Les chiffres retenus pour le bassin de l'Erdre sont ceux fournis par les Directions Départementales de l'Agriculture et de la Forêt de Loire Atlantique et de Maine et Loire (données AGRESTE). Ces chiffres départementaux sont issus d'enquêtes auprès des producteurs d'engrais minéraux. C'est la valeur de Loire Atlantique qui a été retenue, soit **93 kg d'azote par ha**, et **27 kg de P₂O₅**. Le bassin est majoritairement situé sur la Loire Atlantique, et s'en rapproche fortement du point de vue du contexte agricole.

Deux autres approches ont permis de recouper les chiffres départementaux :

- une enquête auprès de la CANA, principal distributeur de la zone, a permis d'obtenir les quantités annuelles d'azote et phosphore minéral consommés ; les chiffres communiqués, mis en rapport avec la part de marché du distributeur, permettent d'estimer des consommations sur le bassin versant :
 - entre 95 et 107 kg d'azote par hectare ;
 - entre 29 et 33 kg de phosphore par hectare ;

- des informations issues des exploitants agricoles ont été obtenues par consultation des bilans CORPEN qui accompagnent certains plans d'épandage (exploitations de la commune de Bonnœuvre). Les chiffres obtenus ont été comparés aux chiffres globaux.

Sur 4 exploitations situées en amont du bassin versant, les chiffres issus du bilan CORPEN sont les suivants :

Surface Agricole Utilisée de l'exploitation	Fertilisation minérale azotée annuelle totale (en kg)	Fertilisation minérale azotée annuelle en kg par ha	Fertilisation minérale phosphorée annuelle totale (en kg)	Fertilisation minérale phosphorée annuelle en kg par ha
72	4 250	59	2 300	32
109	7 300	67	-	-
173	17 500	101	440	4
25	1 500	60	-	--

La moyenne pondérée sur ces exploitations est 80 kg d'azote par hectare, et 15 kg de P₂O₅ par hectare.

Le croisement de ces sources confirme les valeurs départementales qui seront retenues pour le calcul.

• Fraction organique

La part organique des apports en azote et phosphore est estimée à partir du cheptel présent sur la zone. Des quantités moyennes annuelles d'azote et phosphore produites par chaque type d'animal ont été estimées par le CORPEN. Le cheptel du bassin versant est connu par le recensement agricole 2000 de la DDAF. Les apports organiques liés aux boues d'épuration n'ont pas été pris en compte dans le calcul, mais des épandages de boues sont effectués sur une partie des communes.

Les données cantonales du recensement agricole ont été utilisées. Les données à échelle communale sont en partie couvertes par le secret statistique (dès qu'un chiffre concerne moins de 3 exploitations sur une commune), et risquent par conséquent d'être incomplètes.

Sur chaque canton, le cheptel localisé sur le bassin versant a été estimé sur la base d'un ratio de proportionnalité à la surface. Ainsi, pour un canton dont 50 % de la surface est localisée sur le bassin versant, il a été considéré que 50 % du cheptel du canton était situé sur le bassin.

Cette estimation permet d'avoir des chiffres globaux sur le bassin. Le détail par canton a été comparé aux informations disponibles par commune.

Les références retenues pour la production annuelle de phosphore épandable et d'azote par animal sont les suivantes :

Catégorie animaux	Production P ₂ O ₅ (en kg par an)	Production N (en kg par an)
Vache laitière (1 UGB)	36	85
Vache allaitante	25,2	67
Génisse + 2 ans	28,8	53
Génisse 1-2 ans	21,6	42
Génisse - 1 an	10,8	25

Bovin viande + 2 ans	25,2	72
Bovin viande 1-2 ans	21,6	40
Bovin viande - 1 an	10,8	20
Taurillon - 2 ans	16,2	44
Veau boucherie	1	4,2
Porc charcutier alim simple	2,12	3,25
Porc charcutier alim biphase	1,45	2,7
Truie verrat alim simple	15	17,5
Truie verrat alim biphase	11,8	14,5
Porcelet alim simple	0,28	0,44
Porcelet alim biphase	0,25	0,4
PCP alim simple	2,1	3,25
PCP alim biphase	1,45	2,7
Lapin	0,126	0,084
Brebis-chèvre	6	10
Agneau-chevreau	1,8	3
Agnelle-chevrette	3	5
Poule pondeuse-reproductrice	0,7	0,5
Dinde	1,4	1
Poulette	0,175	0,125
Poulet de chair	0,182	0,182
Dinde de chair	0,22	0,22
Poulet label	0,13	0,13
Perdrix	0,08	0,01
Canard	0,28	0,28

Catégorie animaux	Production P₂O₅ (en kg par an)	Production N (en kg par an)
Juments et ponettes poulinières selle et course	18,3	44
Juments et ponettes poulinières races lourdes	21,3	51
Chevaux et poneys selle et course	18,3	44
Chevaux et poneys trait, boucherie, maigre	21,3	51
Anes, mulets, bardots	9,2	22
Pintade	0,74	0,53
Pigeon	0,2	0,14
Oie	0,56	0,4

Porc engrais	6,3	9,75
--------------	-----	------

Données CORPEN

Pour les porcins, il a été considéré que 50 % des effectifs étaient soumis à une alimentation biphasée, et 50 % à une alimentation normale.

4.1.2. Calcul des exportations de phosphore et d'azote par les cultures

Des ratios d'exportation par les différentes cultures ont été estimés par le CORPEN.

Les surfaces des cultures sont connues par le recensement agricole 2000 de la DDAF. De même que pour le cheptel, les surfaces situées sur le bassin ont été estimées par des ratios de proportionnalité au pourcentage de la surface de chaque canton situé sur le bassin.

Les ratios d'exportation retenus pour ce calcul sont les suivants :

Culture	Rendement en quintaux par hectare (moyenne Loire Atlantique 1995-2001)	Surface cultivée sur le bassin versant (RA 2000)	Emission phosphore (en kg par quintal de rendement)	Emission azote (en kg par quintal de rendement)
BLE	59	8 078	1,0	2,1
AVOINE	43	433	1,0	2,0
SEIGLE	44	30	1,0	2,0
TRITICALE	49	1 551	1,0	2,2
ORGE ET ESCOURGEON	48	1 240	1,0	2,0
AUTRES CEREALES	57	395	1,0	2,2
COLZA	24	1 473	0,1	3,5
TOURNESOL	20	1 403	1,8	2,3
MAIS GRAIN ET SEMENCE	72	1 500	0,7	1,5
MAIS FOURRAGE ET ENSILAGE	107	6 486	0,6	1,3
PRAIRIES TEMPORAIRES	75	24 266	0,7	2,5
STH	35	10 020	2	0,56

Source : CORPEN, Chambre d'Agriculture 44

La superficie occupée par ces cultures représente 93 % de la surface agricole utilisée du bassin. Les autres cultures présentes ont été considérées comme négligeables du point de vue des flux d'azote et phosphore.

Les chiffres de production de fourrage ont été ajustés en fonction du cheptel présent sur le bassin, en considérant que les besoins en fourrages des animaux sont de 5 tonnes de matières sèches par unité grand bovin (UGB).

Ces chiffres permettent d'estimer les apports non consommés de phosphore et d'azote sur chaque canton du bassin. Sur cette base, les quantités sont calculées sur chaque zone hydrographique définie sur le bassin.

Les deux points de mesure du réseau national de bassins permettent d'estimer le flux de phosphore et d'azote sur deux zones. Un coefficient de transfert peut être calculé sur ces zones, entre les quantités de phosphore et d'azote émises par les surfaces agricoles et les quantités transférées à la rivière.

4.2. Les apports d'azote et phosphore sur le bassin

4.2.1. La fertilisation organique

Les tableaux suivants présentent les apports annuels en phosphore et azote organique sur le bassin, estimés par la méthode décrite au paragraphe II.4.1.1.

Sous bassin	P total animaux (en kg par an)	P Bovins (en kg par an)	P Porcins (en kg par an)	P Volailles (en kg par an)	P Ovins (en kg par an)	P Caprins (en kg par an)	P Equins (en kg par an)
De la source à Bonnœuvre	1 023 409	615 975	85 404	273 764	33 849	812	13 256
De Bonnœuvre à Vault	510 238	353 145	37 946	96 651	18 434	96	3 894
Nort-sur-Erdre	231 077	183 499	15 754	17 411	10 290	73	4 020
Marais de Mazerolles, Canal de Nantes à Brest	286 885	250 291	10 952	11 100	6 349	208	7 964
Hocmard et Charbonneau	143 978	125 280	2 070	3 963	1 263	512	10 854
Agglomération Nantaise	230 297	208 860	1 078	8 489	1 077	328	10 449
Total	2 425 883	1 737 049	153 204	411 377	71 262	2 030	50 437
Pourcentage		71,6%	6,3%	17,0%	2,9%	0,1%	2,1%

Sous bassin	N total animaux (en kg par an)	N Bovins (en kg par an)	N Porcins (en kg par an)	N Volailles (en kg par an)	N Ovins (en kg par an)	N Caprins (en kg par an)	N Equins (en kg par an)
De la source à Bonnœuvre	1 847 767	1 399 981	127 722	230 198	56 414	1 354	31 865
De Bonnœuvre à Vault	984 759	795 887	57 675	90 908	30 724	160	9 357
Nort-sur-Erdre	480 458	413 153	24 143	16 206	17 150	122	9 664
Marais de Mazerolles, Canal de Nantes à Brest	619 544	562 937	16 855	9 663	10 581	347	19 146
Hocmard et Charbonneau	315 072	279 577	3 136	3 282	2 105	853	26 095
Agglomération Nantaise	507 980	470 749	1 629	8 129	1 796	547	25 121
Total	4 755 580	3 922 284	231 160	358 386	118 770	3 383	121 248
Pourcentage		82,5%	4,9%	7,5%	2,5%	0,1%	2,5%

Les bovins représentent de loin la plus forte source de phosphore, avec 72 % des émissions annuelles. Les volailles représentent également une part notable, avec 17 % des émissions. Les porcins arrivent en troisième position.

En ce qui concerne l'azote, les proportions sont légèrement différentes, du fait du rôle moins important des volailles, dont les déjections sont très riches en phosphore.

4.2.2. La fertilisation minérale

La fertilisation moyenne retenue pour les calculs est celle des statistiques AGRESTE pour la Loire Atlantique : 93 kg d'azote par ha, et 27 kg de P_2O_5 .

La quantité totale annuelle d'azote et phosphore minéraux apportée est estimée sur la base de la surface fertilisable sur le bassin, définie comme suit :

Terres labourables + Surface toujours en herbe (hors parcours et pacages) + cultures fruitières + vignes + Cultures maraîchères + Cultures florales + Jardins familiaux + Pépinières - Jachère

SAU	Surface fertilisable	P minéral	N minéral
61 321 ha	55 332 ha	1 494 tonnes	5 146 tonnes

Sur cette base, les quantités en jeu à l'échelle du bassin sont **1 600 tonnes de phosphore P_2O_5** et **5 600 tonnes d'azote**. La correspondance en équivalents habitants donne environ 1 million d'équivalents habitants.

4.2.3. Exportations par les cultures

Sur la base des ratios présentés au paragraphe II.4.1.3, les quantités annuelles de phosphore et d'azote exportées par les cultures sur l'ensemble du bassin sont les suivantes :

Culture	Export N en kg	Export P2O5 en kg
Avoine	37 267	18 633
Blé	1 000 899	476 619
Maïs-grain et maïs-semence	161 730	75 474
Orge et escourgeon	118 720	59 360
Seigle	2 605	1 302
Triticale	165 773	75 352
Autres céréales	49 531	22 514
Colza grain et navette	125 916	3 598
Tournesol	64 078	50 148
Maïs fourrage et ensilage	905 768	418 047
Prairies temporaires	4 549 818	1 273 949
Prairies permanentes	701 367	196 383

Une incertitude de 7 % liée aux cultures non prises en compte pour le calcul existe.

4.2.4. Résultats du bilan CORPEN

Les apports et exports précédents permettent de calculer le bilan CORPEN sur le bassin versant de l'Erdre.

Les différences entre les bilans par hectare s'expliquent par les différences d'activité agricole sur les sous-bassins versants. Ainsi, l'importance du solde en phosphore et azote par hectare sur l'agglomération nantaise s'explique par une activité maraîchère importante.

On obtient les résultats suivants :

Bilan CORPEN sur le bassin de l'Erdre pour le phosphore (P₂O₅)

Sous bassin	Surface Agricole Utilisée	Apports organiques (en tonnes)	Apports minéraux (en tonnes)	Export par les cultures (en tonnes)	Solde total (en tonnes)	Solde par hectare (en kg)
De la source à Bonnoeuvre	22 176	1 023	599	968	679	31
De Bonnoeuvre à Vault	12 731	510	344	574	308	24
Nort-sur-Erdre	6 671	231	180	296	130	19
Marais de Mazerolles, Canal de Nantes à Brest	8 599	287	232	384	155	18
Hocmard et Charbonneau	4 673	144	126	190	84	18
Agglomération Nantaise	6 471	230	175	258	132	20
Total	61 321 ha	2 425 t	1 656 t	2 671 t	1 488 t	24 kg/ha

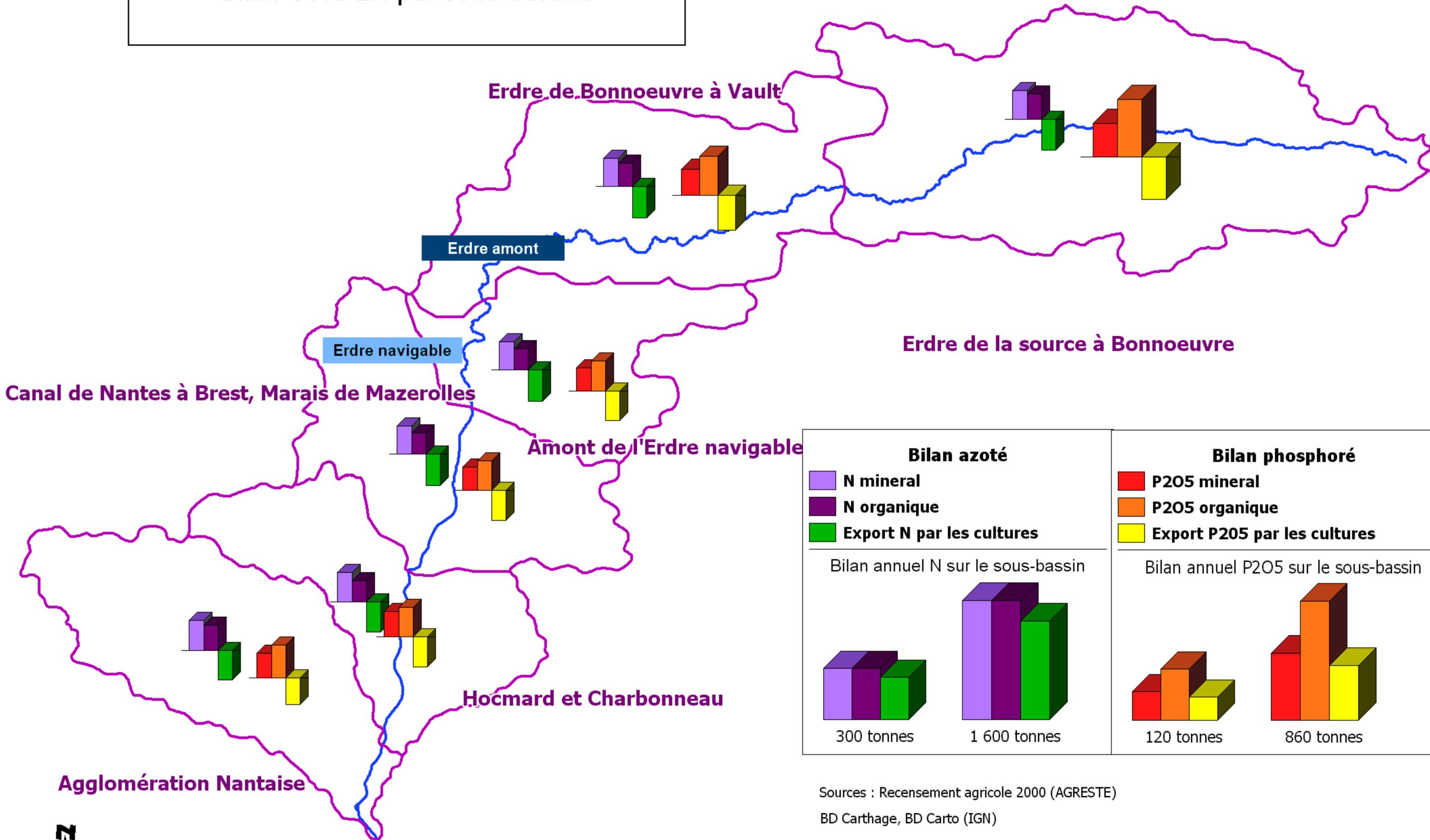
Les valeurs sont exprimées en quantité de P₂O₅. La quantité de P total correspondante s'obtient dans un rapport 62/142.

Bilan CORPEN pour l'azote

Sous bassin	Surface Agricole Utilisée	Apports organiques (en tonnes)	Apports minéraux (en tonnes)	Export par les cultures (en tonnes)	Solde total (en tonnes)	Solde par hectare (en kg)
De la source à Bonnoeuvre	22 176	1 848	2 062	2 919	1 082	49
De Bonnoeuvre à Vault	12 731	985	1 184	1 698	573	45
Nort-sur-Erdre	6 671	480	620	888	267	40
Marais de Mazerolles, Canal de Nantes à Brest	8 599	620	800	1 152	338	39
Hocmard et Charbonneau	4 673	315	435	571	192	41
Agglomération Nantaise	6 471	508	602	812	248	38
Total	61 321 ha	4 756 t	5 703 t	8 039 t	2 699 t	44 kg/ha

La carte de la page suivante présente le bilan CORPEN par zone hydrographique pour le phosphore et l'azote.

Syndicat Mixte EDEN
 Etude globale sur les cyanobactéries dans l'Erdre
 Bilan CORPEN par sous-bassins



Sources : Recensement agricole 2000 (AGRESTE)
 BD Carthage, BD Carto (IGN)

Les deux points de mesure du Réseau National de Bassin situés à Bonnœuvre et à Vault permettent d'estimer coefficient théorique de restitution à la rivière des quantités annuelles apportées sur les sous-bassins. Il s'agit d'un coefficient de calcul.

Flux de phosphore observés sur les points de mesure :

		Erdre à Bonnœuvre	Erdre à Vault
Moyenne 97-2002	Flux total	19,7 tonnes	28 tonnes
	Flux assainissement	4,4 tonnes	6 tonnes
	Flux espace rural	15,3 tonnes	21 tonnes
	Coefficient de calcul de restitution	1%	1%
Année 2000	Flux total	28 tonnes	32 tonnes
	Flux assainissement	4,4 tonnes	6 tonnes
	Flux espace rural	23,5 tonnes	26 tonnes
	Coefficient de calcul de restitution	2%	2%
Année 2002	Flux total	21,9 tonnes	27 tonnes
	Flux assainissement	4,4 tonnes	6 tonnes
	Flux espace rural	17,5 tonnes	21 tonnes
	Coefficient de calcul de restitution	1%	1%

Le taux de restitution moyen à la rivière des apports phosphorés ruraux peut être estimé à 1 %.

Les variations des taux de restitution sont liées à la pluviométrie sur le bassin.

Flux d'azote observés sur les points de mesure :

		Erdre à Bonnœuvre	Erdre à Vault
Moyenne 97-2002	Flux total transitant dans la rivière	563,5 tonnes	814 tonnes
	Flux lié à l'assainissement	11,4 tonnes	18 tonnes
	Flux attribué à l'espace rural	552,1 tonnes	797 tonnes
	Coefficient de calcul de restitution	20%	30%
Année 2000	Flux total transitant dans la rivière	706 tonnes	910 tonnes
	Flux lié à l'assainissement	11,4 tonnes	18 tonnes
	Flux attribué à l'espace rural	694,6 tonnes	892 tonnes
	Coefficient de calcul de restitution	26%	33%
Année 2002	Flux total transitant dans la rivière	571,1 tonnes	761 tonnes
	Flux lié à l'assainissement	11,4 tonnes	18 tonnes
	Flux attribué à l'espace rural	559,7 tonnes	743 tonnes
	Coefficient de calcul de restitution	21%	28%

Le taux de restitution moyen à la rivière des apports azotés ruraux peut être estimé à 25 %.

Sur la base de ces taux de restitution, des valeurs ont été calculées pour les autres sous bassins versants.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Sous-bassin	Flux de phosphore attribué à l'espace rural (en tonnes par an)	Flux d'azote attribué à l'espace rural (en tonnes par an)
De la source à Bonnœuvre	14,6 tonnes	539,2 tonnes
De Bonnœuvre à Vault	6,8 tonnes	257,6 tonnes
Nort-sur-Erdre	3,1 tonnes	132,5 tonnes
Marais de Mazerolles, Canal de Nantes à Brest	3,8 tonnes	169 tonnes
Hocmard et Charbonneau	2,1 tonnes	99,3 tonnes
Agglomération Nantaise	3,7 tonnes	166,2 tonnes
Total	34,2 tonnes	1 363,8 tonnes

Les études détaillées menées sur les bassins versants de la Sèvre Amont, du lac de Grandlieu, et du Gouët montrent une répartition flux bâtiments d'élevage / flux diffus allant de 60% / 40 % à 80 % / 20 %.

En l'absence de données précises sur le bassin de l'Erdre, il a été considéré dans le bilan global des flux que le flux lié aux bâtiments d'élevage était égal au flux diffus, soit une répartition 50 % / 50 % entre les deux sources. Cette hypothèse de travail retenue semble plausible au regard des valeurs citées précédemment.

5. Bilan des flux transitant dans la rivière

5.1. Flux annuels

Le tableau suivant résume la répartition des flux estimés entre les différentes sources de phosphore et d'azote :

répartition selon les périodes	Flux en phosphore		Flux en azote	
	kg/été	kg/hiver	kg/été	kg/hiver
Stations d'épuration	4 550 kg	4 550 kg	11 565 kg	11565 kg
Taux raccordement	3 460 kg	3 460 kg	13 010 kg	13010 kg
Assainissement non collectif	1 460 kg	1 460 kg	5 490 kg	5490 kg
Déversements de temps de pluie	300 kg	1 000 kg	1 200 kg	4320 kg
Fuites des bâtiments d'élevage	2 700 kg	14 300 kg	136 380 kg	545 520 kg
Ruissellement des surfaces rurales	2 700 kg	14 300 kg	136 380 kg	545 520 kg
Total	15 170 kg	39 070 kg	304 025 kg	1 125 425 kg

Les apports nutritifs liés à l'assainissement ont pour origine les rejets :

- ⇒ des unités d'épuration ;
- ⇒ des particuliers non raccordés à la station d'épuration;
- ⇒ de l'assainissements non collectifs ;
- ⇒ des by-pass des postes de refoulement et des déversoirs d'orages en temps de pluie.

Seules 15 % des stations d'épurations présentes sur le bassin versant de l'Erdre traitent le phosphore bien que l'Erdre soit classée en zone sensible. Le rejet journalier en phosphore des stations d'épuration du bassin versant représente 25 kg/j de P, soit 4 550 kg P par été ou par hiver.

La population non raccordée à un système d'assainissement collectif représente 35 % de la population des communes rejetant sur le bassin versant. Elle correspond à un rejet journalier de phosphore dans le milieu naturel de 27 kg/j.

75 % de cette population (soit 25 % de la population des communes rejetant sur le bassin versant) devrait être raccordée à un système d'assainissement collectif. En effet les taux de raccordement des différentes stations d'épuration du bassin versant sont faibles et varient en moyenne de 45 à 65 %. En terme de flux de phosphore, les mauvais raccordements représentent 19 kg/j de phosphore au milieu naturel.

En dehors des zones d'assainissement collectif, les installations individuelles de traitement des eaux usées fonctionnent dans des conditions d'efficacité très variables. Les flux restitués au milieu naturel issus de l'assainissement non collectif proprement dit sont estimés à 8 kg/j de phosphore.

Les débordements de temps de pluie sur les déversoirs d'orage ou les by-pass des postes de refoulement ont lieu principalement sur la partie aval de l'Erdre navigable. En 2000-2001, les volumes d'eau déversés dans l'Erdre en été sont de 500 000 m³, soit un flux de phosphore estimé à 300 kg, et de 1 800 000 m³ pour l'hiver, soit 1 000 kg de phosphore. Les eaux déversées sont des eaux usées (eaux brutes) diluées par les eaux de ruissellement.

La partie rurale du bassin contribue aux apports en phosphore dans la rivière à hauteur de 37 t en hiver, et 5,4 t en été. Les deux principales sources sont :

- ⇒ les fuites des bâtiments d'élevage ;
- ⇒ les pollutions diffuses liées au ruissellement ou à l'infiltration des eaux de pluie chargées en nutriments.

La part de chacune de ces sources est difficilement quantifiable, en l'absence de données exploitables sur le bassin versant de l'Erdre.

Les pollutions issues des bâtiments d'élevage sont liées à des capacités de stockage d'effluents insuffisantes ou à des installations défectueuses. Les pollutions diffuses sont particulièrement importantes en hiver, où les précipitations provoquent un ruissellement de surface, peu atténué par la configuration du bassin ; le couvert végétal est faible à cette saison, et il existe très peu de zones de contact susceptibles de ralentir le transfert de l'eau.

Des études réalisées sur d'autres bassins versants pour quantifier les parts respectives de ces deux sources de pollution ont constaté une prépondérance de la part issue des bâtiments d'élevage, variant entre 60 % et 80 % selon les bassins observés.

Pour le bassin de l'Erdre, il a été considéré que les flux liés au monde rural étaient issus pour moitié des fuites des bâtiments d'élevage et pour moitié des pollutions diffuses.

Le tableau ci-dessous présente la répartition des flux en phosphore par sous bassins versant.

Source du phosphore	de la source à Bonnoeuvre	de Bonnoeuvre à Vault	Amont de l'Erdre Navigable	Marais de mazerolles	Hocnard et Charbonneau	Agglomération nantaise	Total des flux actuels sur le bassin versant de l'Erdre
	kg/été	kg/été	kg/été	kg/été	kg/été	kg/été	kg/été
Stations d'épuration	1 543 kg	410 kg	1 422 kg	374 kg	281 kg	522 kg	4 552 kg
Taux raccordement	476 kg	437 kg	476 kg	617 kg	309 kg	1 144 kg	3 459 kg
Assainissement non collectif	190 kg	175 kg	266 kg	247 kg	123 kg	458 kg	1 460 kg
Déversements de temps de pluie	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	300 kg	300 kg
Fuites des batiments d'élevage	1 168 kg	544 kg	248 kg	304 kg	168 kg	296 kg	2 728 kg
Ruissellement des surfaces agricoles	1 168 kg	544 kg	248 kg	304 kg	168 kg	296 kg	2 728 kg
Total	4 545 kg	2 110 kg	2 660 kg	1 846 kg	1 049 kg	3 016 kg	15 226 kg

Source du phosphore	kg/hiver	kg/hiver	kg/hiver	kg/hiver	kg/hiver	kg/hiver	kg/hiver
Stations d'épuration	1 543 kg	410 kg	1 422 kg	374 kg	281 kg	522 kg	4 552 kg
Taux raccordement	476 kg	437 kg	476 kg	617 kg	309 kg	1 144 kg	3 459 kg
Assainissement non collectif	190 kg	175 kg	266 kg	247 kg	123 kg	458 kg	1 460 kg
Déversements de temps de pluie	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	1 000 kg	1 000 kg
Fuites des batiments d'élevage	6 132 kg	2 856 kg	1 302 kg	1 596 kg	882 kg	1 554 kg	14 322 kg
Ruissellement des surfaces agricoles	6 132 kg	2 856 kg	1 302 kg	1 596 kg	882 kg	1 554 kg	14 322 kg
Total	14 473 kg	6 734 kg	4 768 kg	4 430 kg	2 477 kg	6 232 kg	39 114 kg

Les flux hivernaux des différents sous bassins versants sont majoritairement issus de la partie rurale. Ainsi, l'importance de ces flux montre une insuffisance au niveau des bâtiments d'élevage et au niveau de la rétention des nutriments notamment dans les sous bassins versants amont. Par contre, les flux estivaux en phosphore sont principalement liés aux flux d'assainissement.

Sur le sous bassin versant "de la source à Bonnoeuvre", les flux estivaux en phosphore issus de l'assainissement sont importants. Les rejets des stations d'épuration, en particulier, représentent plus de 30 % du flux de phosphore estival. Cette partie du bassin de l'Erdre est en effet caractérisée par des stations de petite taille, de types lagunes, sans traitement spécifique pour le phosphore. Sur le sous bassin "Amont de l'Erdre Navigable", ce phénomène est amplifié par le rejet de la station défectueuse de Ligné.

Sur le sous bassin versant de l'Erdre navigable, les flux en phosphore issus de l'assainissement prédominent sur les flux issus de l'espace rural. Des quantités importantes de phosphore issues des défauts de raccordement et des installations d'assainissement non collectif sont émises sur les bassins versants de l'agglomération Nantaise et des marais de Mazerolles.

De plus, un flux de pollution lié aux débordements de temps de pluie des réseaux unitaires existe sur le sous bassin versant de l'Agglomération Nantaise.

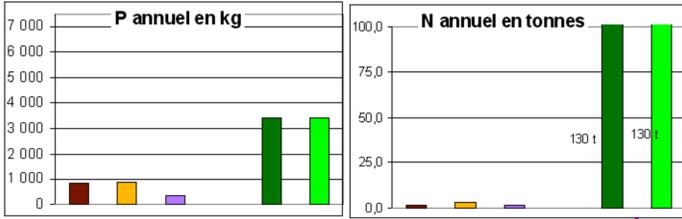
Les flux d'azote par sous bassin versant sont largement dominés par les apports liés au monde rural. La répartition par source de pollution et par sous bassin versant est présentée dans le tableau suivant :

	De la source à Bonnoeuvre	de Bonnoeuvre à Vault	Amont de l'Erdre Navigable	Marais de mazerolles	Hocnard et charbonneau	Agglomération nantaise	Total des flux actuels sur le bassin versant de l'Erdre
Source de l'azote	kg N/ été	kg N/ été	kg N/ été	kg N/ été	kg N/ été	kg N/ été	kg N/ été
Stations d'épuration	3 130 kg	747 kg	3 510 kg	1 782 kg	774 kg	1 620 kg	11 563 kg
Taux raccordement	1 800 kg	1 646 kg	1 774 kg	2 314 kg	1 170 kg	4 307 kg	13 011 kg
Assainissement non collectif	720 kg	658 kg	994 kg	926 kg	468 kg	1 723 kg	5 488 kg
Déversements de temps de pluie	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	1 200 kg	1 200 kg
Fuites des batiments d'élevage	53 920 kg	25 760 kg	13 250 kg	16 900 kg	9 930 kg	16 620 kg	136 380 kg
Ruissellement des surfaces agricoles	53 920 kg	25 760 kg	13 250 kg	16 900 kg	9 930 kg	16 620 kg	136 380 kg
Total	113 490 kg	54 571 kg	32 778 kg	38 822 kg	22 272 kg	42 090 kg	304 023 kg

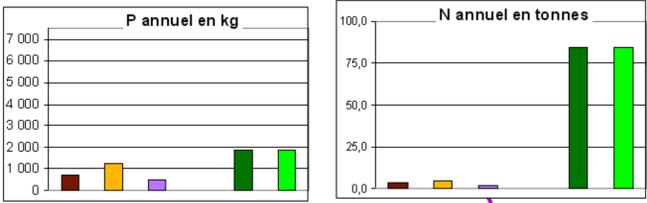
Source de l'azote	kg N/ hiver	kg N/ hiver	kg N/ hiver	kg N/ hiver	kg N/ hiver	kg N/ hiver	kg N/ hiver
Stations d'épuration	3 130 kg	747 kg	3 510 kg	1 782 kg	774 kg	1 620 kg	11 563 kg
Taux raccordement	1 800 kg	1 646 kg	1 774 kg	2 314 kg	1 170 kg	4 307 kg	13 011 kg
Assainissement non collectif	720 kg	658 kg	994 kg	926 kg	468 kg	1 723 kg	5 488 kg
Déversements de temps de pluie	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	4 320 kg	4 320 kg
Fuites des batiments d'élevage	215 680 kg	103 040 kg	53 000 kg	67 600 kg	39 720 kg	66 480 kg	545 520 kg
Ruissellement des surfaces agricoles	215 680 kg	103 040 kg	53 000 kg	67 600 kg	39 720 kg	66 480 kg	545 520 kg
Total	437 010 kg	209 131 kg	112 278 kg	140 222 kg	81 852 kg	144 930 kg	1 125 423 kg

La carte jointe ci-après présente le bilan des flux en azote et en phosphore par sous bassin versant. Sur les bassins versants amont, les flux en azote et phosphore sont dominés par les apports du monde rural.

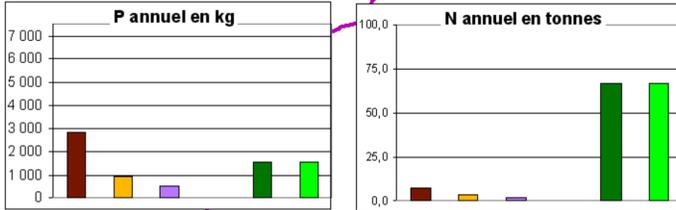
Syndicat Mixte EDEN
 Etude globale sur les cyanobactéries dans l'Erdre
 Les flux d'azote et phosphore par sous-bassins



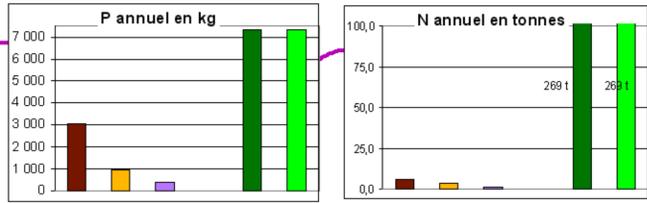
Erdre de Bonnoeuve à Vault



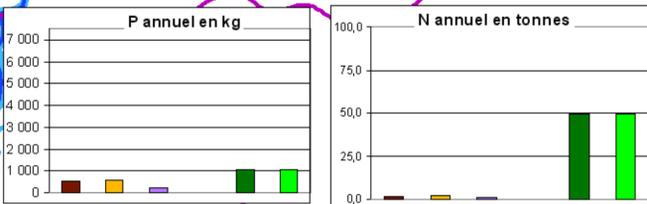
Canal de Nantes à Brest, Marais de Mazerolles



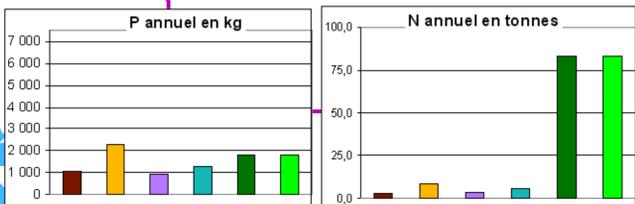
Amont de l'Erdre navigable



Erdre de la source à Bonnoeuve

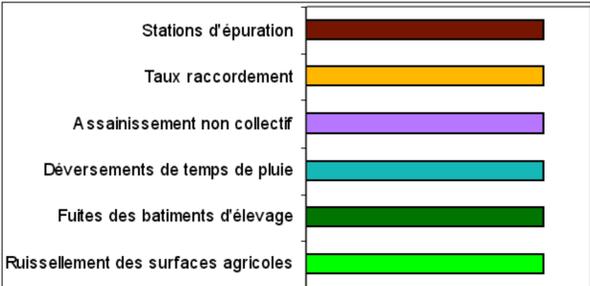


Hocmard et Charbonneau

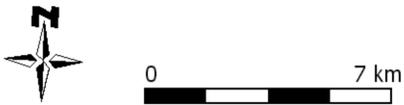


Agglomération Nantaise

Flux total sur la zone en tonnes par an et par zone hydrographique



Sources : Recensement agricole 2000 (AGRESTE), SATESE 44 et 49 (2002), AELB, BD Carthage (IGN)



5.2. Historique des flux estimés

Les sources bibliographiques antérieures fournissent deux estimations des flux d'azote et phosphore sur le bassin versant de l'Erdre : une en 1990 (SMN) et une en 1992 (BETURE).

Le tableau suivant présente les chiffres globaux annuels estimés selon l'étude de 1990, de 1992 et l'étude de 2003. Les méthodes d'estimation diffèrent légèrement mais les résultats restent, dans l'ensemble, cohérents.

De nombreuses améliorations ont été apportées au parc d'épuration de l'ensemble du bassin (renouvellement de stations, équipement des dernières communes,...), ainsi que le raccordement de l'agglomération nantaise sur une station déversant dans la Loire expliquent l'amélioration considérable observée sur les flux d'azote et de phosphore issus de l'assainissement.

On constate des écarts plus importants entre les trois études sur l'estimation des flux issus de l'espace rural. Toutefois, les flux de phosphore estimés restent homogènes tandis que les flux d'azote diffèrent selon les études. Ces différences peuvent provenir, en outre, du fait que les résultats d'analyses disponibles sur la qualité de l'Erdre sont plus importants en 2003 qu'en 1990 ou 1992 et qu'ils permettent une estimation plus fine.

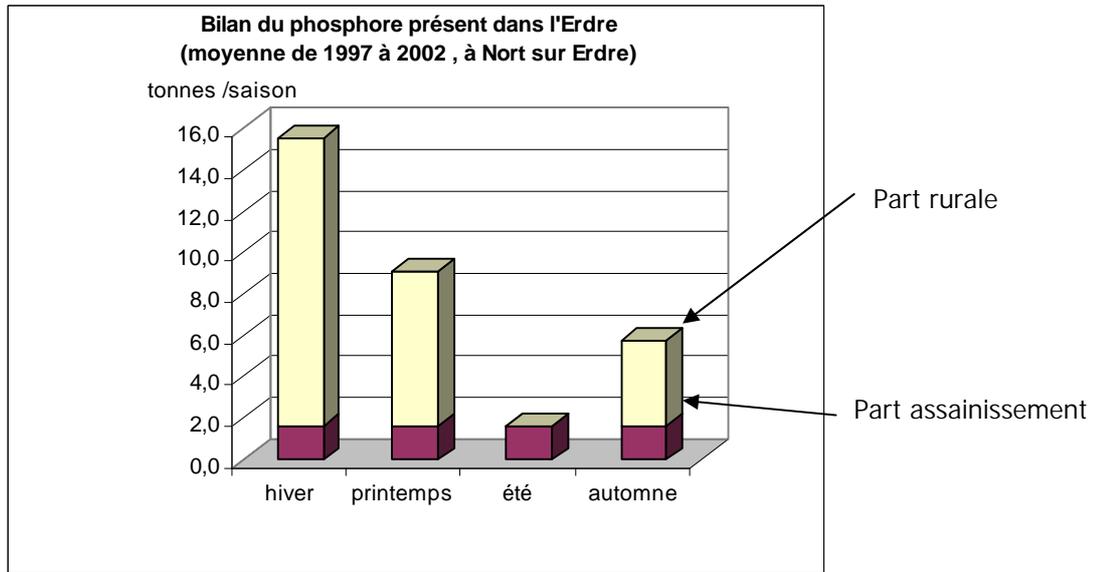
Flux de phosphore	Méthode d'estimation	Flux annuel assainissement (tonnes)	Flux annuel rural (tonnes)	Flux annuel total (tonnes)
SETUDE 2003	Bilan CORPEN, puis coefficient de transfert basé sur les mesures de qualité dans la rivière	19 tonnes	34 tonnes	53 tonnes
BETURE 1992	Bilan CORPEN, calage du modèle	178 tonnes	15 tonnes	193 tonnes
SMN 1990	Bilan CORPEN, puis coefficients de transfert à deux niveaux (distance, abattement) calés sur les mesures disponibles	Entre 40 et 80 tonnes	Entre 15 et 40 tonnes	Entre 75 et 100 tonnes

Flux d'azote	Méthode d'estimation	Flux annuel assainissement (tonnes)	Flux rural (tonnes)	Flux total (tonnes)
SETUDE 2003	Bilan CORPEN, puis coefficient de transfert basé sur les mesures de qualité dans la rivière	60 tonnes	1300 tonnes	1360 tonnes
BETURE 1992	Bilan CORPEN, calage du modèle	524 tonnes	714 tonnes	1238 tonnes
SMN 1990	Bilan CORPEN, puis coefficients de transfert à deux niveaux (distance, abattement) calés sur les mesures disponibles	Entre 20 et 100 tonnes	Entre 250 et 550 tonnes	Entre 300 et 600 tonnes

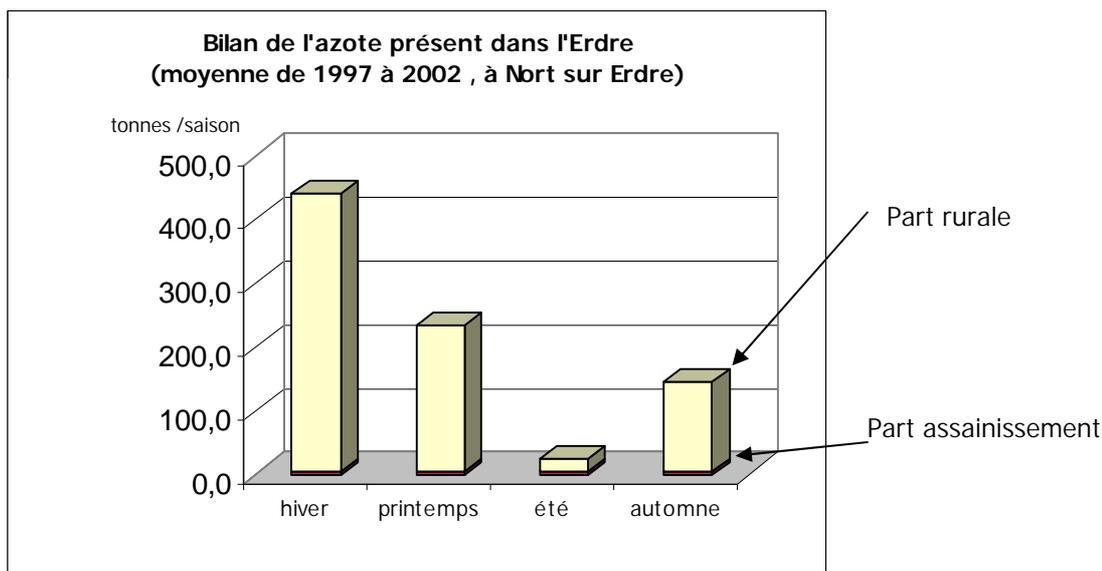
5.3. Saisonnalité des flux

La fréquence des analyses disponibles ne permet pas d'estimer les flux d'azote et phosphore sur une courte échelle de temps.

Une approche par trimestre a été effectuée afin de mieux comprendre le fonctionnement de la rivière.



	P présent dans le rivière (tonnes)	P issu de l'assainissement (tonnes)	P espace rural (tonnes)
Hiver	15,55	1,6	13,93
Printemps	9,10	1,6	7,48
Eté	1,03	1,6	0,00
Automne	5,75	1,6	4,12
Total	31,43 tonnes	6,50 tonnes	25,52 tonnes



	N présent dans la rivière (tonnes)	N issu de l'assainissement (tonnes)	N espace rural (tonnes)
Hiver	441,46	4,4	437,1
Printemps	234,95	4,4	230,6
Eté	25,06	4,4	20,7
Automne	144,51	4,4	140,1
Total	845,98 tonnes	17,53 tonnes	828,44 tonnes

- Durant la période hivernale, la part d'azote et de phosphore issu de l'espace rural est largement prépondérante dans les quantités présentes dans la rivière. Le ruissellement de surface et le lessivage causés par les précipitations sont à l'origine des quantités importantes de nutriments transférés à la rivière. Ce flux comprend à la fois la production de pollution des terrain agricoles, mais également ceux issus des terrains non agricoles (surfaces urbaines, aires imperméabilisées, etc.). Pour la partie agricole, le couvert végétal peu développé à cette saison ne joue pas suffisamment son rôle de rétention, malgré des rotations ne laissant que 7 % de sols nus en hiver. Mais la cause principale est la vitesse de transfert des eaux, beaucoup trop rapide sur toute la partie rurale.

Il a été établi que le linéaire des cours d'eau a été nettement réduit au cours des 20 dernières années. Le recalibrage des fossés et des cours d'eau est la cause principale de cette réduction, et joue un rôle majeur dans les transferts importants de phosphore vers le réseau hydrographique superficiel. L'existence de ruissellements très chargés en matières en suspension à l'occasion d'événements pluvieux modérés montre que l'aménagement hydraulique de la partie rurale du bassin ne joue pas son rôle de rétention en amont des eaux météoriques.

Cette problématique est mise en évidence par les problèmes d'inondations rencontrés à l'amont du bassin, principalement sur la commune de Saint-Mars-la-Jaille. La plupart des aménagements hydrauliques du bassin ont été réalisés selon l'idée reçue que l'eau des précipitations doit être

évacuée le plus rapidement possible vers l'aval. Or ce principe se révèle désastreux pour les phénomènes d'inondations, mais favorise également fortement les pollutions.

La présence de zones tampon en amont, de bandes enherbées en bordure des parcelles, de fossés enherbés, est nécessaire pour limiter le transfert de nutriments vers la rivière.

- Durant la période estivale, l'azote et le phosphore présents dans la rivière sont majoritairement issus des rejets urbains. Le couvert végétal présent sur les terres agricoles consomme les nutriments présents dans le sol, et la faiblesse des précipitations entraîne peu de lessivage ou de ruissellement. Les rejets urbains restent constant, et prennent alors une part prépondérante, qui suffit à alimenter l'eutrophisation de la rivière.

Il est à noter que durant les mois d'été, les concentrations mesurées en azote sont faibles, au regard des flux entrants issus de l'assainissement et des bâtiments d'élevage (non estimé dans les chiffres). Les phénomènes de stockage de l'azote par la biomasse algale ou de dénitrification cités au paragraphe II.4.1 ont un rôle important au cours de cette période.

Les chiffres exposés précédemment permettent de formuler les remarques suivantes :

- les quantités de nutriments présentes dans la rivière en sortie d'hiver suffisent à elles seules à initier les phénomènes d'eutrophisation ;
- les flux résiduels transférés à la rivière en été sont également suffisants pour entretenir l'eutrophie, dans un contexte de plan d'eau (écluse fermée).

Ceci met en évidence l'importance d'agir à la fois sur l'ensemble des causes de l'eutrophisation pour obtenir des résultats sur la rivière.

IV Les actions d'amélioration de la qualité des eaux sur le bassin versant

Une fois les principales sources d'émission d'azote et phosphore identifiées, il est possible de faire le point sur les actions prévues qui permettront de réduire les phénomènes conduisant à l'eutrophisation de l'Erdre. Les actions déjà engagées sur le bassin ont été recensées par grands thèmes.

1. Actions concernant l'agriculture

1.1. Les pollutions rurales diffuses

La réglementation concernant les actions engagées dans le domaine agricole a pour source principale la Directive n°91/676/CEE du 12 décembre 1991, concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles, dite directive "nitrates".

Conformément au décret d'application de la loi sur l'eau n°93-1038 du 27 août 1993, **l'ensemble du département est classé en zone vulnérable** pour la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles. En revanche, sur la base de la circulaire du 27 décembre 2001 concernant la mise en œuvre du deuxième programme d'action de la directive NITRATES, **il n'y a pas de cantons en Zone d'Excédent Structurel pour l'azote** sur le bassin versant.

Du fait du classement du département en zone vulnérable, des programmes d'action ont été engagés sur la base d'une étude de la qualité des eaux. Ils accompagnent l'évolution globale de l'agriculture, qui est passée d'un objectif de production pure à des préoccupations de réduction des charges et de protection de l'environnement.

Un diagnostic réalisé en 1999 notamment avec la participation de la DDASS et de la Chambre d'Agriculture, montrait que malgré des progrès notables dans les pratiques, une marge de progrès importante subsistait, particulièrement dans la gestion des épandages d'effluents d'élevage, et dans le raisonnement de la fertilisation sur maïs.

Le code des bonnes pratiques agricoles, publié en annexe du décret n°93-1038 du 27 août 1993, fournit des règles permettant de limiter l'impact des pratiques agricoles sur l'environnement en terme de pollution azotée. **En particulier, un plafond de 170 kg d'azote par hectare doit être respecté à l'échelle de chaque exploitation**, ainsi que des règles concernant les conditions d'épandage, de stockage des effluents.

En ce qui concerne le phosphore, il n'existe pas de limite nationale. Le département de la Vendée a cependant imposé un **plafond de 100 kg de phosphore par hectare**. Cette mesure n'est pas adaptée au bassin versant de l'Erdre, le seuil de 100 kg de phosphore n'étant pas atteint dans les faits.

1.2. Les pollutions au niveau des bâtiments d'élevage

Selon leur taille, les élevages sont soumis à différentes obligations réglementaires. Ainsi, pour les bovins :

- une exploitation de plus de 80 vaches est rangée dans le régime des installations soumises à autorisation ;
- une exploitation comprise entre 40 et 80 vaches est soumise à déclaration ;
- les exploitations de plus petite taille sont soumises au régime du règlement sanitaire départemental.

Les règles définies dans le code des bonnes pratiques agricoles concernant le stockage des effluents sont applicables à l'ensemble des élevages de la zone. Pour permettre la mise en conformité des bâtiments, un **Programme de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole** a été lancé, afin de fournir des aides financières aux exploitants.

Le premier volet de ce programme (dit PMPOA 1) est achevé. Il s'adressait aux exploitations répondant aux critères de taille définis dans la loi (élevages de plus de 70 UGB). Sur le bassin de l'Erdre, 163 dossiers de subvention ont été engagés pour des mises aux normes, représentant 33 % de la SAU, et 45 % du cheptel. 90 dossiers ont été soldés en date du mois de mai 2003.

Compte tenu de la faible taille des exploitations sur la zone, ce programme a eu un faible impact.

Pour compenser ce fait, une opération bassin versant a été lancée avec l'aide du Conseil Général et du FEOGA, dans le cadre du **programme européen Objectif 5B**. Ce programme, applicable à certaines zones éligibles définies sur des critères touchant notamment à l'agriculture et l'économie, a permis d'obtenir des financements pour les exploitations de petite taille. 53 communes du pays de Chateaubriand étaient situées en zone éligible, dont une partie sur le bassin versant de l'Erdre (La Haute vallée de l'Erdre, zone comprise entre Joué-sur-Erdre et Vritz).

Une centaine d'exploitations étaient volontaires pour cette action, 87 dossiers ont abouti, et ont bénéficié d'un financement à hauteur de 50 % du montant des travaux, réparti entre des fonds du Conseil Général et du FEOGA. 40 millions de francs de subvention ont ainsi été obtenus pour des mises aux normes de bâtiments d'exploitation.

Le deuxième volet du programme (PMPOA 2) est en cours de réalisation. Il comprendra, outre l'aspect mise aux normes des installations de collecte des effluents, un volet agronomique. Sa conception devrait permettre de traiter la majeure partie des désordres provoqués par les fuites d'effluents au niveau des bâtiments d'exploitation.

Le dépôt des dossiers a été clos fin 2002. 4 200 demandes de dossiers ont été effectuées sur le département de Loire Atlantique, sur environ 6 000 exploitations susceptibles de faire la demande. L'instruction des dossiers se prolongera jusque début 2006.

2. La mise en place de périmètres de captage

Les terres agricoles situées dans les limites d'un périmètre de captage sont nécessairement soumises à des contraintes sur leurs pratiques, à plus forte raison si le siège d'exploitation est situé dans la zone, ou s'il s'agit du périmètre rapproché.

Plusieurs captages utilisés sur les communes du bassin versant ont fait l'objet d'études hydrologiques ; pour la plupart cependant, les négociations concernant la nature exacte des contraintes à mettre en place pour assurer la sécurité du captage sont encore en cours, et rencontrent des difficultés.

Les captages de Nort-sur-Erdre font l'objet d'un contrat de nappe entre le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de la Région de Nort-sur-Erdre et l'ensemble des acteurs concernés sur la zone. Ce contrat est principalement centré sur les activités agricoles, mais comporte également des axes non agricoles, de communication et d'animation.

Dans ce cadre, des études ont été menées sur l'ensemble des exploitations concernées, avec diagnostic des pollutions. Des actions de sensibilisation sont prévues auprès des agriculteurs de la zone, afin de limiter les risques de pollution diffuse :

- gestion de la fertilisation ;
- usage des produits phytosanitaires, optimisation de l'utilisation du matériel, désherbage mécanique ;
- gestion des intercultures ;
- gestion de l'irrigation ;
- dispositifs enherbés...

Des aides techniques sont également prévues pour limiter les pollutions ponctuelles (diagnostic des exploitations, financement et réalisation des travaux pour les bâtiments d'élevage, diagnostic, aménagement et conseils sur le matériel pour les risques liés aux produits phytosanitaires).

Les actions non agricoles concernent la protection des zones particulièrement sensibles du point de vue géologique (achat de terrains, mesures de protection de certains milieux naturels...), les usages non agricoles de produits phytosanitaires, et un contrat d'agglomération ainsi qu'une surveillance des rejets industriels.

3. Actions concernant l'assainissement

A échéance 2005, toutes les communes auront la responsabilité de l'assainissement de l'ensemble des habitants de leur périmètre. A l'heure actuelle, la plupart des communes ont déjà réalisé une étude de zonage, et ont défini l'évolution de leur système d'assainissement. Les travaux d'importance concernant les réseaux collectifs sont pour la plupart planifiés.

D'importants travaux ont été réalisés sur un certain nombre de stations d'épuration du bassin. Les dernières communes du bassin versant qui ne disposaient pas de station en sont désormais équipées (mise en place de filtres à sable sur Bonnœuvre en 1997 par exemple). D'autres stations plus anciennes, mais dont le fonctionnement était devenu très insuffisant ont été renouvelées. C'est le cas sur les communes de Nort-sur-Erdre (mise en service en août 2000), sur Riaillé (mise en service en juillet 1999) Treillères (mai 1998), Vigneux de Bretagne (juillet 2000) et Casson (juin 2002).

La partie autonome de l'assainissement reste par contre très peu contrôlée. Toutes les nouvelles constructions et les constructions qui font l'objet de travaux de renouvellement sont contrôlées par la DDE, elles doivent disposer d'un système d'assainissement autonome conforme. Aucune procédure de contrôle systématique n'a cependant encore été mise en place sur les communes interrogées.

Les communes ayant effectué leur diagnostic d'assainissement ont dû réaliser une enquête sur 30 % des systèmes d'assainissement autonome de leur territoire.

4. Entretien de la rivière et lutte contre les inondations en amont du bassin

Deux syndicats d'aménagement de l'Erdre existent sur la partie amont du bassin. Créés à l'origine lors des actions de remembrement, notamment sous la pression du monde agricole, ces syndicats avaient pour objectif d'entretenir le cours d'eau (nettoyage des berges principalement, enrochement de certaines berges, création de petites retenues...).

Une fusion des deux syndicats est en cours, afin de mettre en œuvre une politique globale de lutte contre les inondations de plus en plus fréquentes qui se produisent, particulièrement sur les communes de Saint-Mars la Jaille, Bonnœuvre et Joué-sur-Erdre.

Une étude sur l'origine des inondations, achevée en 2001 (SOGREAH PRAUD, 2001), a conclu à la nécessité de créer des bassins-tampons pour écrêter les crues de l'Erdre.

5. Actions spécifiques de la Communauté Urbaine de Nantes

5.1. Le programme NEPTUNE

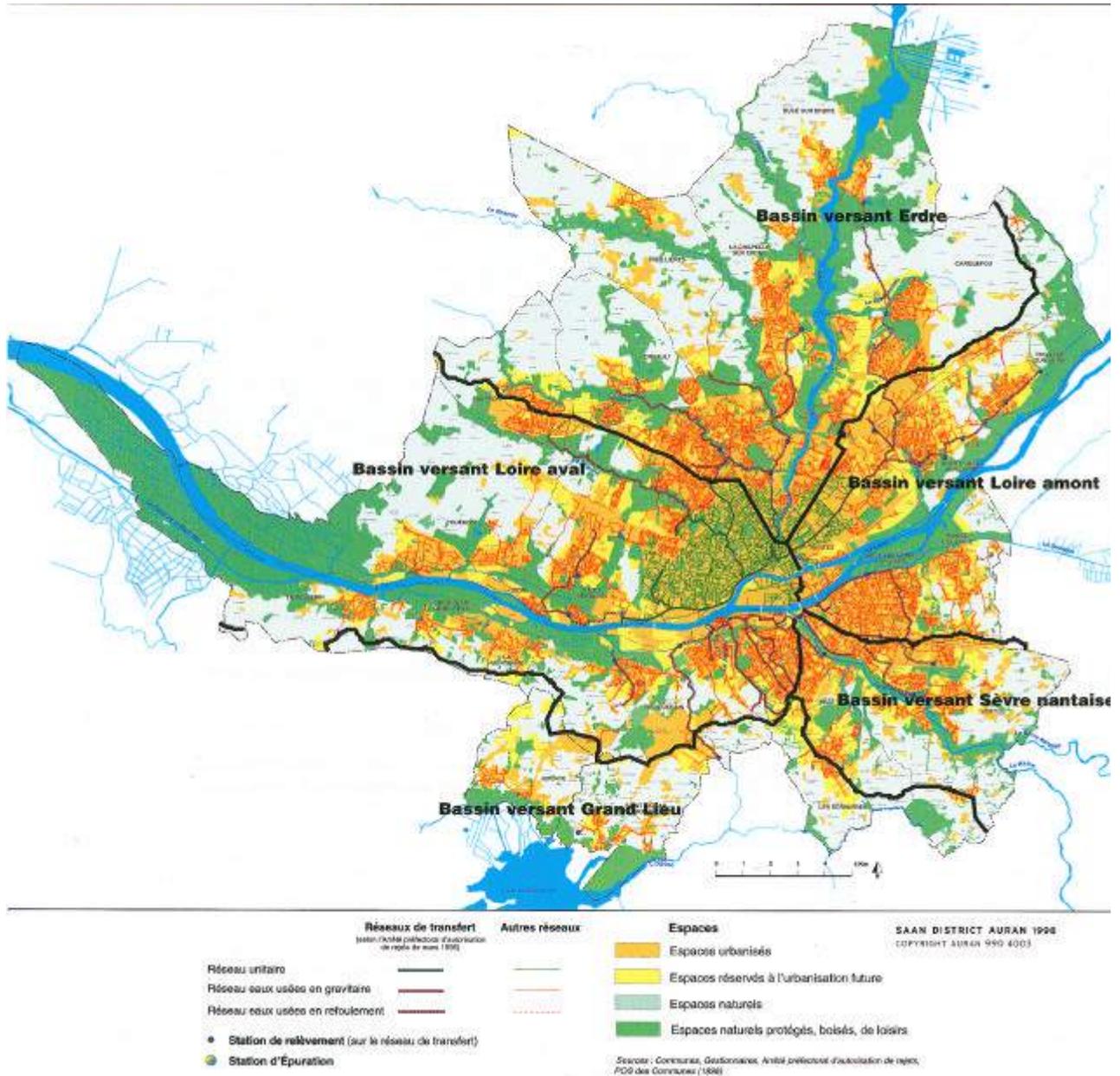
Le syndicat mixte d'assainissement de Nantes, qui s'est transformé en communauté de communes, a lancé un programme de protection et de restauration de la qualité des milieux naturels aquatiques, baptisé NEPTUNE. L'application du programme Neptune se fait au moyen de contrats successifs conclus entre l'Agence de l'Eau Loire Bretagne et les collectivités.

Les trois axes sont :

- adaptation du réseau à l'évolution de l'agglomération nantaise ;
- amélioration des stations d'épuration ;
- politique de qualité des cours d'eau, de restauration des usages traditionnels liés à l'eau.

Le programme NEPTUNE 1 s'est déroulé entre 1994 et 1998, il a été mené à 93 %. Le programme Neptune 2 s'étale sur 1999-2003.

La carte suivante présente le périmètre d'action du programme NEPTUNE 2 avec le réseau d'assainissement géré par la Communauté Urbaine de Nantes ainsi que les espaces naturels et urbanisés.



5.2. Reconquête des milieux naturels

En ce qui concerne les milieux aquatiques, il a été engagé sur chaque cours d'eau une démarche similaire à un SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau).

- Pour l'Hocmard et l'Erdre, c'est l'EDEN qui est maître d'ouvrage des études et des actions.
- En ce qui concerne, le Gesvres, l'étude a été engagée en 1994 sur la partie amont du bassin, afin d'éviter un recalibrage complet de la rivière. Les travaux sur la végétation ont été réalisés jusqu'à La Chapelle-sur-Erdre, et à certains endroits ponctuels.
- En ce qui concerne le Cens, l'étude a été réalisée dans son ensemble (SAUNIER TECHNA, 2001), et les propositions d'actions sont en cours. Des problèmes d'inondation existent sur cette rivière au niveau d'Orvault et du pont du Cens.

5.3. Etudes et travaux de la Direction de l'Assainissement concernant l'Erdre

5.3.1. Opérations structurantes

a. Opérations réalisées dans le cadre du contrat Neptune 1

En 1999, la station d'épuration de La Chapelle sur Erdre, ancienne et peu efficace en termes de dépollution est supprimée au profit d'une chaîne de transfert.

Cette chaîne de transfert qui comporte de nombreux postes de refoulement : Aulnay, la Haie, Chevalerie et Morrhonière assure en plus de la commune de La Chapelle l'évacuation des eaux usées de la zone Ragon de la commune de Treillières et de quelques quartiers nantais ce qui correspond aux effluents de l'agglomération nantaise de la rive droite de l'Erdre.

Les effluents de cette zone se retrouvent ainsi en connexion avec les réseaux nantais et rejoignent la station de Tougas pour y être traités.

b. Opérations prévues

• **Etude de restructuration du collecteur de transfert : La Chapelle sur Erdre/Nantes**

La chaîne de transfert réalisée lors du contrat Neptune 1 présente cependant des problèmes de fonctionnement par :

- une forte sensibilité des réseaux à la pluviométrie et aux eaux de nappe
- des passages fréquents en trop-plein des différents postes de relèvement

La Direction de l'Assainissement a donc envisagé une étude pour limiter les déversements en agissant sur les réseaux structurants et secondaires. Ces actions seront menées conjointement par la Direction de l'Assainissement et le Pôle Erdre et Cens.

La première étape de l'étude a consisté à préciser l'origine des désordres avec une campagne de mesures initiée en septembre 2002.

Les prochaines étapes porteront sur l'analyse de ces données puis la proposition d'aménagements : création de bassins de stockage, réhabilitation de réseau, conformités des raccordements...

Echéance : l'Avant Projet Sommaire relatif aux travaux sur la chaîne de transfert devrait être finalisé à la fin du 3^{ème} trimestre 2003, la réalisation des travaux est prévue au cours du 2^{ème} semestre 2004.

• **Etude de restructuration du collecteur de transfert : liaison Sucé-sur-Erdre / Carquefou / Nantes**

Le Schéma Directeur d'Assainissement de la Rive Nord de la Loire, approuvé en 1981, préconisait la suppression des stations d'épuration des bourgs de Sucé sur Erdre et de Carquefou au profit d'une infrastructure de transfert (poste et réseau de refoulement) assurant la connexion sur les réseaux nantais et in fine sur la station d'épuration de Tougas.

Le raccordement de Carquefou, mis en service en 1985, est assuré par le poste de refoulement du Verger qui reprend l'ensemble des eaux usées du bourg.

Le raccordement de Sucé sur Erdre, mis en service en 1987, est assuré par le poste de refoulement de la Havardière, la conduite de refoulement issue de ce poste se raccordant sur celle du poste du Verger.

Ce système connaît aujourd'hui des défaillances :

- Le fonctionnement du poste de la Havardière est assujéti à celui du Verger qui est prioritaire. Il en résulte des passages fréquents en trop-plein du poste de la Havardière.
- Les réseaux des deux communes sont très sensibles à la pluviométrie et aux eaux de nappe.

La conjugaison de ces deux éléments induit de nombreux déversements directement dans l'Erdre.

S'inscrivant dans la problématique générale d'amélioration de la qualité de l'Erdre, une étude a été lancée par la Direction de l'Assainissement en septembre 2001 dans le but de **réduire voire supprimer les déversements au niveau du poste de la Havardière**.

Cette étude conduit à proposer une séparation des transits des communes de Carquefou et Sucé-sur-Erdre. Les eaux usées de cette dernière seront à terme dirigées vers le poste de refoulement de Port la Blanche dont la réhabilitation prévue pour commencer en septembre 2003 prévoit ce nouvel apport.

Echéance : L'Avant Projet Sommaire de la déconnexion du poste de la Havardière a été finalisé en janvier 2003, l'estimation du coût des travaux est de 380 000€ HT. Les travaux sont prévus au cours du **2^{ème} semestre 2003**.

Travaux complémentaires :

- La commune de Sucé sur Erdre a réalisé un diagnostic de ses réseaux d'assainissement dont les conclusions sont :
 - ✓ Les réseaux doivent être réhabilités et les branchements mis en conformité pour réduire les apports d'eaux parasites ;
 - ✓ Un bassin tampon en amont du poste de refoulement de la Havardière doit être réalisé de façon à supprimer les déversements dans l'Erdre.

- La commune de Carquefou prévoit de réhabiliter ses réseaux et de mettre en conformité les branchements en vue de réduire l'apport d'eaux parasites et d'optimiser le fonctionnement des postes de refoulement. Ces actions sur le réseau secondaire seront pilotées par le Pôle Erdre-Fleuriaye.

- **Etude d'amélioration du fonctionnement du collecteur de l'Est – déversoirs de Duchesse Anne**

Le collecteur de l'Est draine les effluents du Nord et de l'Est de l'agglomération nantaise : Sucé sur Erdre, Carquefou, Thouaré, Sainte Luce et une partie de Nantes.

Ce collecteur, unitaire en aval, est saturé à la moindre pluie ce qui provoque des déversements fréquents dans l'Erdre au canal Saint Félix via les deux déversoirs de la Place Duchesse Anne.

Les aménagements envisagés sont axés sur la mise en place de dispositifs de stockage reprenant les effluents excédentaires non admissibles dans le siphon de la Place Duchesse Anne et supprimant de ce fait les rejets dans l'Erdre.

Cependant le fonctionnement hydraulique complexe du collecteur de l'Est nécessite des études approfondies pour examiner l'impact et la pertinence des aménagements proposés.

Echéance : les travaux sont programmés sur la période 2004-2007.

5.3.2. Opérations d'accompagnement

a. Contrôle de l'assainissement non collectif

Les communes se trouvent confrontées à des obligations juridiques nouvelles : la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 impose aux communes de réaliser un zonage entre zones d'assainissement collectif et zones d'assainissement non collectif. Pour ce dernier cas, les communes doivent mettre en place un service public d'assainissement non collectif – SPANC- destiné à contrôler les ouvrages individuels (les ouvrages nouveaux et les ouvrages existants) avant le 31 Décembre 2005.

La Communauté Urbaine de Nantes se trouve confrontée à un nombre considérable d'installations à vérifier (environ 13 000) ce qui nécessite de fixer des priorités. Les installations concernant milieux naturels fragiles comme l'Erdre feront partie de ces priorités.

b. Contrôle de la conformité des branchements

Une opération de contrôle des raccordements des usagers sur le réseau d'assainissement collectif et de suivi des mises en conformité a été décidée. Cette opération qui s'inscrit sur le long terme s'avère nécessaire pour aboutir, à terme, à une réduction significative des rejets directs. Elle est prévue sur 10 ans avec une priorité sur les bassins versants fragiles comme celui de l'Erdre.

c. Fiabilisation des postes de refoulement

Ce projet de fiabilisation, à mi-chemin entre les opérations structurantes et les opérations d'accompagnement, vise à mettre en place un réseau de télésurveillance systématique. Des dispositifs d'astreinte avec des interventions dans l'heure seront prévus afin de pouvoir agir rapidement.

Parallèlement les bâches seront doublées.

5.3.3. Objectifs du programme NEPTUNE 2

En terme d'amélioration de la qualité des cours d'eau, l'objectif de ce contrat est de gagner au moins une classe de qualité sur les petits cours d'eau de l'Agglomération. Pour atteindre cet objectif, il est visé une réduction supplémentaire des flux de pollution urbaine de 46 000 éq/habitants soit 700 kg d'azote et 200 kg de phosphore par jour ou encore 255 tonnes par an d'azote et 73 tonnes par an de phosphore. (chiffres programme NEPTUNE 2).

V Le Programme d'action à engager afin de rétablir l'Equilibre de l'Erdre

Pour rétablir l'équilibre de l'Erdre, les actions déjà engagées doivent être intensifiées et renforcées. Le programme d'action à entreprendre peut être établi autour des 4 grands axes suivants :

- ❖ **Réduire l'émission de nutriments ;**
- ❖ **Fixer les nutriments ;**
- ❖ **Rééquilibrer le milieu ;**
- ❖ **Entretien le milieu.**

La **réduction de l'émission de nutriments** doit s'effectuer au niveau des trois principaux émetteurs qui sont l'assainissement, l'agriculture et les industriels.

- L'assainissement constitue l'une des premières priorités dans la mesure où le phosphore issu des rejets est prédominant en période estivale et que cette période est propice au développement des cyanobactéries.
- L'agriculture est la deuxième priorité dans la mesure où elle implique des flux de nutriments très importants dans la rivière notamment durant la période hivernale.
- Les industriels et les autres sources de pollution potentielles par rejet direct dans la rivière doivent être surveillés.
- Les vases, en relarguant du phosphore, peuvent constituer une autre source de pollution. Cependant, cette source de pollution ne constitue pas une priorité pour le moment puisque les premières investigations de terrain ont montré dans l'ensemble des faibles teneurs de phosphore dans les vases. Or le phosphore est l'élément limitant pour le développement des cyanobactéries sur lequel les efforts de réduction dans la rivière doivent se porter.

Les principales actions à engager pour réduire l'émission de nutriments sont les suivantes :



d'assainissement non collectif ;

- ↳ la mise en place de zones de décantation sur les zones les plus critiques ;

- ↳ la remise à niveau des stations d'épuration (notamment avec le traitement du phosphore) ;
- ↳ la réhabilitation des réseaux de collecte ;
- ↳ la mise en conformité des branchements ;
- ↳ la suppression des by-pass des postes de refoulement ;
- ↳ la mise en conformité des installations

- ↳ l'optimisation des apports en azote et phosphore sur les terres ;
- ↳ la mise aux normes des bâtiments d'élevage (PMPOA2 en cours) ;
- ↳ l'élargissement des investigations auprès de l'ensemble des industriels du bassin versant afin de s'assurer qu'il n'existe pas de rejet illicite.

Fixer les nutriments avant leur arrivée dans la rivière permet de réduire les quantités d'azote et phosphore présentes dans la rivière. Les actions à engager sont :

- ↳ la mise en place des cultures intermédiaires piégeant les nitrates en période hivernale (moutarde, phacélie...) ;
- ↳ l'entretien des fossés en herbe (limiter le curage en hiver afin de favoriser l'utilisation des nutriments par les végétaux) ;
- ↳ la revégétalisation des zones sensibles à l'érosion



Les actions engagées pour **rééquilibrer le milieu** doivent être réalisées selon les 3 niveaux suivants :

- avant la rivière ;
- à l'interface de la rivière ;
- dans la rivière proprement dite.



- ↳ le reconditionnement des fossés (enherbement) ;
- ↳ la création de zones de décantation ;
- ↳ le reconditionnement de l'interface rivulaire avec la revégétalisation des berges ;
- ↳ la réintroduction de macrophytes (châtaignes d'eau, roseaux, nénuphars...)

L'entretien du milieu **est nécessaire pour maintenir un équilibre fragile recréé par l'homme. En effet, l'azote et le phosphore fixés dans les grands végétaux nécessitent d'être enlevés du milieu afin d'éviter le retour de ces nutriments au milieu naturel.**

Dans le cadre de la suite de l'étude, le programme d'actions sera affiné et des solutions adaptées à chaque sous système seront proposées.

⇔ La reconquête de la qualité de l'ERDRE, plus belle rivière de France selon François 1er, nécessite des efforts solidaires du monde urbain et rural pour atteindre un objectif commun : redonner à l'ERDRE un équilibre biologique écologiquement viable et économiquement fiable.

