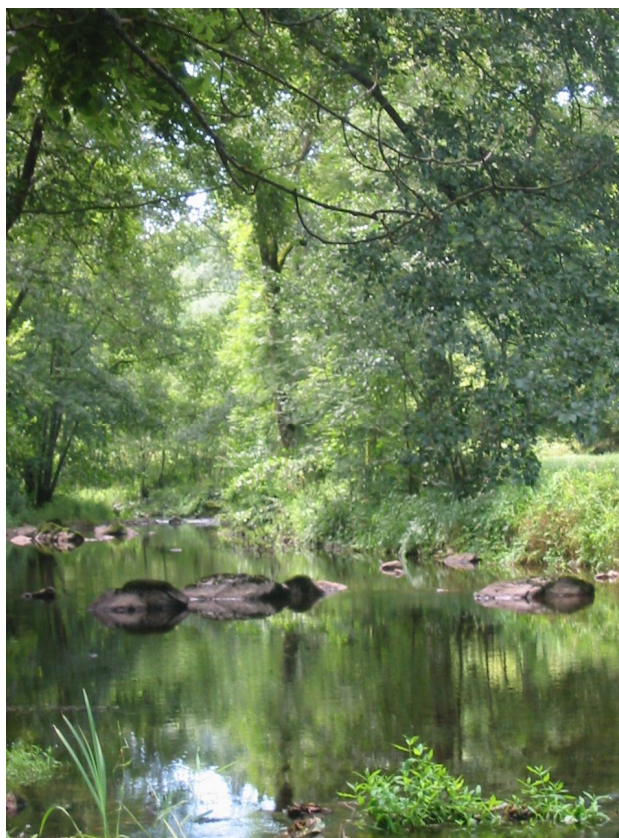




**Essai de caractérisation d'un réseau de surveillance
représentatif
Directive Cadre sur l'Eau
District de la Seine et des Côtiers Normands**



**Rapport de stage pour l'obtention du DESS Ingénierie des hydrosystèmes
continentaux en Europe**

Audrey PERICAT

Mai- septembre 2004

Maître de stage : Yannick ERAUD

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont permis de mener à bien ce travail, à l'Agence de l'Eau Seine Normandie au sein de la Direction des Etudes, Prospectives, Evaluations Environnementales :

M Jacques Bories, Directeur de la DEPEE de m'avoir accueilli dans sa direction, Mme Liliane Chauffrey, chef du service connaissance du milieu naturel, pour ses conseils et sa disponibilité.

Mes remerciements les plus sincères à Yannick Eraud, maître de stage et chargé d'études hydrologie, pour son suivi, ses conseils tout au long du stage, et sa bonne humeur.

Héri Andriamahefa, chargé d'études en milieux naturels pour ses précieux conseils techniques et rédactionnels, ses traitements informatiques et ses réflexions...

Un grand merci à Luc Pereira Ramos, Chargé d'études Directive Cadre, pour son agréable collaboration, ses conseils en « management » des masses d'eau, son expérience des réseaux de mesures, et son soutien dans les moments difficiles et moins difficiles...

Manuel Sarraza, qui, tout juste arriver à l'agence, a su si bien m'orienter pour la réalisation de ce « réseau de surveillance » et le traitement des bases de données.

A l'extérieur de l'Agence de l'eau, je souhaite exprimer mes remerciements à :

M. Philippe Crouzet, chargé d'études à l'IFEN, de m'avoir accordé cette formation NOPOLU, et pour m'avoir transmis une part de sa grande expérience de la construction, de l'exploitation et du rapportage des réseaux de surveillance qualité des eaux.

M. Jean Pierre Wagner, Chargé d'études à la DIREN Rhin Meuse pour ses conseils et réflexions sur la construction du réseau de surveillance Directive Cadre et de l'application Eurowaternet.

Enfin, je souhaite remercier toutes les membres de la DEPEE pour leur agréable compagnie, Fred pour les conseils en cartographie, François (pour la présentation du SENEQUE et les conseils en statistique), Vincent (ma vengeance sera terrible...), Chantal (et ses gâteaux pour entretenir le moral !), Anouk (et sa spontanéité), et tous les autres ...

Un clin d'oeil pour les stagiaires, très présents pendant l'été lol, Charline (l'étoile de la Beauce), Laure alias charline 2 (et le fil rouge), Grégoire (et la goutte d'eau), Fred et la très sympathique Julie.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	3
ABSTRACT.....	4
MOTS CLEFS.....	5
LISTE DES ABRÉVIATIONS	5
INTRODUCTION.....	6
PARTIE I : CONTEXTE D'ÉTUDES	8
A L'AGENCE DE L'EAU SEINE NORMANDIE (AESN)	8
A.1 LE CADRE INSTITUTIONNEL DE L'AGENCE DE L'EAU SEINE NORMANDIE	8
A.2 LES MISSIONS DE LA DIRECTION DES ETUDES DE LA PROSPECTIVE ET DE L'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE (DEPEE)	10
B LA DIRECTIVE CADRE EUROPÉENNE SUR L'EAU (2000/60/CE)	12
B.1 PRÉSENTATION.....	12
B.1.1 Objectifs	12
B.1.2 Les Moyens de mise en oeuvre	13
B.1.3 Les étapes importantes.....	13
B.2 MISE EN ŒUVRE DE LA DCE SUR LE BASSIN DE LA SEINE ET DES CÔTIERS NORMANDS.....	14
B.2.1 Elaboration de l'état des lieux	14
B.2.2 Typologie et désignation des masses d'eau.....	15
B.2.3 Identification et analyse des pressions anthropiques	19
C LES RÉSEAUX DE SURVEILLANCE QUALITÉ DES EAUX.....	22
C.1 MISE EN ŒUVRE DU RÉSEAU DE SURVEILLANCE DCE	22
C.1.1 Conception générale des réseaux.....	22
C.1.2 Principes pour la définition des réseaux.....	23
C.1.3 Conception du contrôle de surveillance.....	24
C.1.4 Conception du contrôle opérationnel.....	27
C.1.5 Conception du contrôle d'enquête	28
C.1.6 Réseau de références (annexe II, §1.3)	28
C.1.7 Le réseau d'inter étalonnage.....	28
C.1.8 Contrôle additionnel des zones protégées.....	29
C.2 PRÉSENTATION DU RÉSEAU NATIONAL DE BASSIN (RNB) EXISTANT	30
C.2.1 Historique des réseaux de mesures qualité des eaux de surface sur le bassin Seine Normandie..	30
C.2.2 Répartition des stations sur le bassin Seine Normandie	31
C.2.3 Les limites du RNB.....	34
C.2.4 Les autres réseaux de mesures	36
C.3 LE CONCEPT EUROWATERNET POUR LA DÉFINITION D'UN RÉSEAU REPRÉSENTATIF	37
C.3.1 Caractérisation et typologie.....	37
C.3.2 Sélection des stations	38
C.3.3 Résultats	38
C.3.4 Critique de la méthode.....	39

PARTIE II : TRAVAUX DE DÉFINITION DU RÉSEAU DE SURVEILLANCE SUR LE BASSIN SEINE NORMANDIE	40
D MÉTHODE DE DÉFINITION D'UN RÉSEAU REPRÉSENTATIF SUR LE BASSIN	40
D.1 HÉRARCHISATION ET AGENCEMENT DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE.....	40
D.1.1 <i>l'hydrosystème : du concept de continuum fluvial à la notion de mosaïque</i>	41
D.1.2 <i>Les paramètres de contrôle</i>	42
D.2 ANALYSE DE L'ACTIVITÉ HUMAINE SUR LE BASSIN	44
D.3 PROPOSITION DES RÉSEAUX DE SURVEILLANCE	45
D.3.1 <i>Choix des critères de définition du réseau</i>	45
D.3.2 <i>Démarche statistique</i>	45
D.4 DONNÉES DISPONIBLES	48
E RÉSULTATS DES ANALYSES	49
E.1 CARACTÉRISTIQUES NATURELLES DU BASSIN	49
E.1.1 <i>Répartition par Hydroécorégions</i>	49
E.1.2 <i>Répartition du linéaire par rang de strahler</i>	52
E.1.3 <i>Combinaison HER et rang de strahler</i>	56
E.2 TYPOLOGIE DES MASSES D'EAU, RÉPONSE DIRECTIVE CADRE.....	57
E.2.1 <i>Répartition des types de masses d'eau sur le bassin</i>	57
E.2.2 <i>Prospective de distribution des stations par type de masses d'eau</i>	59
E.3 ANALYSE DE L'ACTIVITÉ HUMAINE SUR LE BASSIN	60
E.3.1 <i>Approche EuroWaternet, répartition des forces motrices</i>	60
E.3.2 <i>Réseau représentatif des forces motrices</i>	64
F PROPOSITION DE RÉSEAU DE SURVEILLANCE	65
F.1 COMBINAISON DE LA CARACTÉRISATION PHYSIQUE DU BASSIN ET DES PRESSIONS	65
F.2 DÉFINITION DU NOMBRE DE STATIONS POUR LE RÉSEAU DE SURVEILLANCE DCE	65
F.2.1 <i>Scenarios de répartition des stations de surveillance</i>	65
F.2.2 <i>Essai de distribution des stations par type de masse d'eau combinée aux forces motrices</i>	67
G DISCUSSION GÉNÉRALE	70
G.1 CHOIX DES CRITÈRES TYPOLOGIQUES ET AMÉLIORATIONS POSSIBLES.....	70
G.2 PERSPECTIVES DE TRAVAUX À APPROFONDIR	73
CONCLUSION.....	75
BIBLIOGRAPHIE.....	76
LISTE DES ILLUSTRATIONS	78
LISTE DES ANNEXES	80

Résumé

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) demande que soit mis en œuvre un programme de surveillance de la qualité des masses d'eau pour 2007 dont le but principal est d'évaluer la conformité aux objectifs de bon état écologique. L'enjeu est de donner un résultat global représentatif de la qualité des milieux aquatiques.

L'étude menée s'appuie sur la prise en compte des déterminants naturels ou anthropiques de la qualité des cours d'eau afin de concevoir un réseau de surveillance représentatif du bassin Seine Normandie.

- Les paramètres hydroécocorégion (HER) et rang de Strahler, qui ont servi à la typologie des masses d'eau, sont évalués sur le réseau hydrographique afin de mettre en évidence les variabilités du milieu.
- L'approche par classe d'occupation des sols (forces motrices) indique les pressions anthropiques majeures et leurs enjeux de qualité des cours d'eau.

L'étude montre une prédominance de petits cours d'eau sur le bassin Seine Normandie (rang 1 à 3) et souligne la variabilité de la taille des bassins versants par ordre de Strahler et par HER. La distribution des types de masses d'eau est hétérogène sur le bassin (effectif variable), ce qui rend difficile la représentation de tous les types demandée par la DCE. La stratification par force motrice permet de qualifier les sources de pression sur le milieu mais une adaptation des critères au niveau du bassin pourrait en améliorer la précision. En se basant sur ces déterminants de qualité, la répartition des stations du réseau RNB se révèle peu adaptée aux objectifs de connaissance patrimoniale des milieux aquatiques.

Un scénario de distribution des stations a été développé en se basant sur la répartition du linéaire par HER et rang combinée à la force motrice dominante auquel le milieu est soumis. A partir d'une densité cible prédéfinie, on aboutit à un réseau de surveillance d'environ 200 stations de mesures.

Les perspectives de travaux sont importantes pour compléter les paramètres à intégrer dans la conception de réseaux davantage orienté vers l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau (ex : l'hydrologie, l'hydromorphologie...). D'autres scénarios de répartition des stations doivent être prospectés pour parvenir à une connaissance du bassin optimale.

Abstract

By 2007, the implementation of the Water Framework Directive (WFD) requires a monitoring program concerning water bodies quality in order to assess the compliance with the environmental quality objectives. The issue will be to obtain an overall view of the quality of the aquatic system.

This study is based on the consideration of natural and anthropogenic river quality determinants in order to design a representative monitoring network of the Seine Normandy district.

- An evaluation of Hydroecoregion (HER) and Strahler order, which are the basis of water bodies typology, is provided on the river network in order to highlight the system variability.
- The approach based on land cover classification (driving forces) indicates the main pressures from human activities and the issues involved on river quality.

The study shows the dominance of small rivers on Seine Normandy catchment (order 1 to 3), and underlines the variability of river catchment area by order and HER. The heterogeneity of the distribution of waterbody makes difficult to consider all types of waterbody as required by the directive. The stratification "driving forces" gives qualitative information concerning the type of pressures on aquatic system, but criteria adaptation should be done to get a better precision. With regards to these parameters, the actual network (RNB) seems not to be adapted to the objectives fixed.

A scenario of monitoring sites distribution has been developed, based on lineaire distribution by HER and river's order combined with the dominant driving force. Using a network density objective, the scenario results on a monitoring network composed by 200 sites.

Further studies are required to include other parameters on network design, (hydrology, hydromorphology...) towards the biological monitoring. Other scenarios of sites distributions need to be considered to get an optimal knowledge of the river bassin quality

Mots clefs

Déterminants de qualité, Réseau de surveillance, Représentativité spatiale, Connaissance du milieu aquatique, Directive Cadre sur l'Eau, Typologie

Liste des abréviations

AEE : Agence Européenne pour l'Environnement

AESN : Agence de l'Eau Seine- Normandie

CEMAGREF : CEntre national du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et Forêts

CSP : Conseil Supérieur de la Pêche

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DEPEE : Direction des Études, de la Prospective et de l'Évaluation Environnementales

DIREN : DIrection Régionale de l'Environnement

ERU : Eaux Résiduaires Urbaines

IFEN : Institut Français de l'ENvironnement

MEDD : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable

MES : Matières de suspension

RNB : Réseau National de Bassin

RNDE : Réseau National des Données sur l'Eau

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SDDE : Schéma Directeur des Données sur l'Eau

SNS : Service de la Navigation de Seine

SIE : Système d'Information sur l'Eau

SIG : Système d'Information Géographique

Introduction

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) demande que soit mis en œuvre, après la réalisation de l'état des lieux du district, un programme de surveillance de la qualité des masses d'eau. Opérationnel en 2007, il devra répondre aux exigences de la DCE en matière d'évaluation de la qualité des masses d'eau par rapport aux objectifs environnementaux d'atteinte du bon état en 2015. Cependant, il doit aussi s'inscrire dans la prolongation des réseaux de mesures actuels et notamment du Réseau National de Bassin (RNB) pour ce qui concerne les eaux de surface.

A ce titre, une réflexion nationale dans le cadre du Système d'Information sur l'Eau (SIE) est en cours et déclinée dans chaque bassin par un Schéma Directeur des Données sur l'Eau (SDDE) qui doit définir le contenu et l'organisation des différentes composantes de la mise en œuvre opérationnelle du programme de surveillance. Une première version du SDDE du bassin Seine-Normandie est attendue pour la fin 2004.

L'objectif de ce travail qui s'inscrit dans le cadre de cette réflexion sur la DCE est d'aboutir à une proposition de constitution d'un réseau de surveillance représentatif de la qualité des masses d'eau « cours d'eau » du district de la Seine et des Côtiers normands. .

Dans un premier temps, des éléments sur la directive cadre et sa mise en œuvre sur le district Seine Normandie sont présentés ainsi qu'un bilan des réseaux de surveillance existants et des concepts pour définir des stations de mesures représentatives de l'ensemble du bassin.

Le réseau hydrographique est caractérisé selon les principaux paramètres morphologiques. Cette analyse est confrontée à la typologie des masses d'eau utilisée dans l'état des lieux Version 2 (V2) provisoire du district de la Seine et des côtiers normands. Les activités anthropiques sont prises en compte en utilisant la stratification Eurowaternet (mise en œuvre pour le rapportage européen), développée pour évaluer et quantifier les tendances d'évolution de la qualité de l'eau des rivières en relation avec les grands secteurs d'activités : agricole, domestique et de faibles pression (Crouzet, 2001a).

Une méthodologie pour développer un réseau de surveillance répondant à la connaissance de l'état du milieu naturel sur le bassin sera définie à partir de ces éléments, en prenant le réseau de surveillance actuel (RNB) à titre comparatif. L'étude tient compte des exigences de la Directive

Cadre en terme de contrôle de surveillance destiné à établir un état de la qualité des masses d'eau, et de contrôle opérationnel pour les masses d'eau à risque de non atteinte du bon état. Elle s'intéresse plus particulièrement à la distribution spatiale des stations de mesures.

Partie I : Contexte d'études

A L'agence de l'Eau Seine Normandie (AESN)

Le travail mené dans le cadre de ce stage s'intègre dans les missions de la Direction des Etudes, Prospectives, Evaluations Environnementales (DEPEE) de l'Agence de l'Eau Seine Normandie, et plus particulièrement au sein du service « Connaissance des Milieux Naturels ». Le pilotage des travaux liés à la mise en œuvre de la DCE constitue une des plus importantes missions de la DEPEE.

A.1 Le cadre institutionnel de l'Agence de l'Eau Seine Normandie

La loi sur l'eau de 1964 instaure 6 Agences de l'Eau, sur la base de trois principes :

- ⇒ Primauté du bassin hydrographique sur la logique administrative pour une bonne gestion de la ressource.
- ⇒ Associer les différents usagers à la définition et à la mise en œuvre de la politique de l'eau en tenant compte d'une solidarité entre les différents usagers.
- ⇒ Application du principe "pollueur- payeur"

Les instances du bassin Seine Normandie s'organise autour d'organes délibératif, décisionnel et exécutif (figure 1).

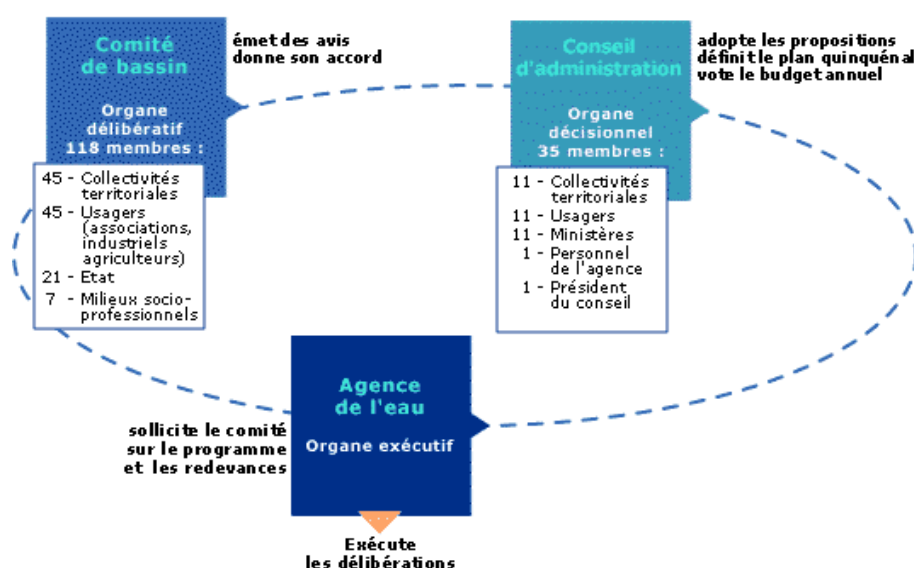
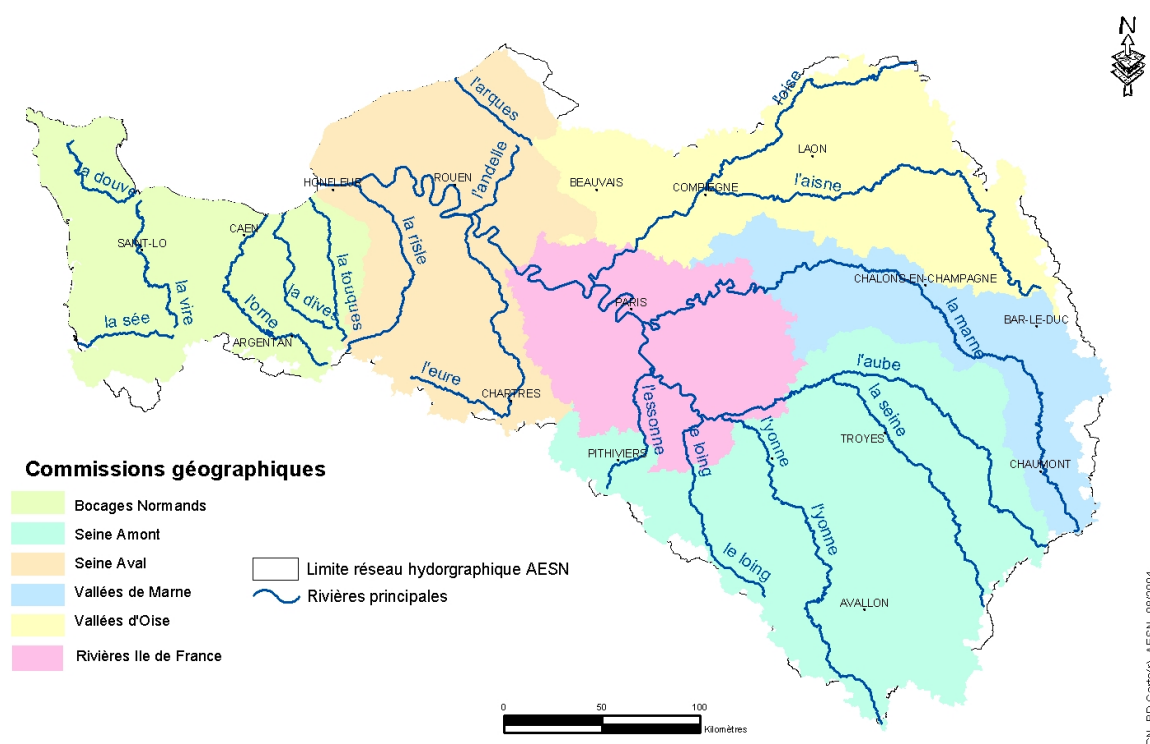


Figure 1 : Organisation et rôles des instances du bassin Seine Normandie (AESN, 2003)

L'Agence de l'Eau Seine- Normandie exécute les décisions du conseil d'administration sur la gestion du bassin hydrographique qui regroupe le bassin versant de la Seine et les côtiers normands.

Le district hydrographique couvre 8 régions, 25 départements, 9000 communes, sur 1/5^e du territoire français (100 000 km²). Il regroupe 17 millions d'habitants, 40 % des activités industrielles du pays et 60 000 km² de terres agricoles (soit 60% de la surface du bassin). L'AESN est subdivisée en 6 directions de secteur (carte 1).

Carte 1 : Commissions géographiques du district de la Seine et des côtiers normands



Un Schéma Directeur d'Aménagement de Gestion des Eaux (SDAGE) coordonne les actions sur le bassin depuis 1996 : outil de l'aménagement du territoire qui vise à obtenir les conditions d'une meilleure économie de la ressource en eau et le respect des milieux aquatiques tout en assurant un développement économique et humain en vue de la recherche d'un développement durable.

Il s'applique sur le bassin Seine Normandie à travers 3 orientations :

- ⇒ Préserver la santé et la sécurité civile : Risques sanitaires (eau potable, coquillage, baignade), inondations
- ⇒ Appliquer le principe de prévention : Efficacité à long terme, moindre coût économique

⇒ Préserver le patrimoine (art 1 de la loi sur l'Eau de 1992) : Préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides.

La mise en œuvre de ces principes doit s'appuyer sur une attention particulière accordée à **l'aménagement du territoire, l'amélioration des connaissances** et la publication des résultats ainsi qu'à l'application des **dispositions réglementaires**.

Les actions de l'Agence de l'eau sont mises en œuvre dans le cadre d'un programme d'intervention. **Le 8^{ème} programme (2003-2006)** développe des moyens techniques et financiers adaptés pour commencer à répondre aux objectifs européens, notamment de bon état des eaux, conformément à la directive cadre. La mise en place de commissions géographiques par sous bassins impliquant largement les acteurs locaux permettra d'assurer l'élaboration et le suivi des priorités **d'actions territoriales** en intégrant concertation et participation du public (Art 14 de la DCE).

A.2 Les missions de la Direction des Etudes de la Prospective et de l'Evaluation Environnementale (DEPEE)

La DEPEE a été créée afin d'assigner à l'Agence son rôle d'interlocuteur technique sur la connaissance environnementale du bassin avec ses principaux partenaires, de construire l'action de l'Agence sur des bases solides et de la valoriser au meilleur niveau scientifique. Les services et la place qu'occupe la direction au sein de l'agence sont indiqués sur la figure 2.

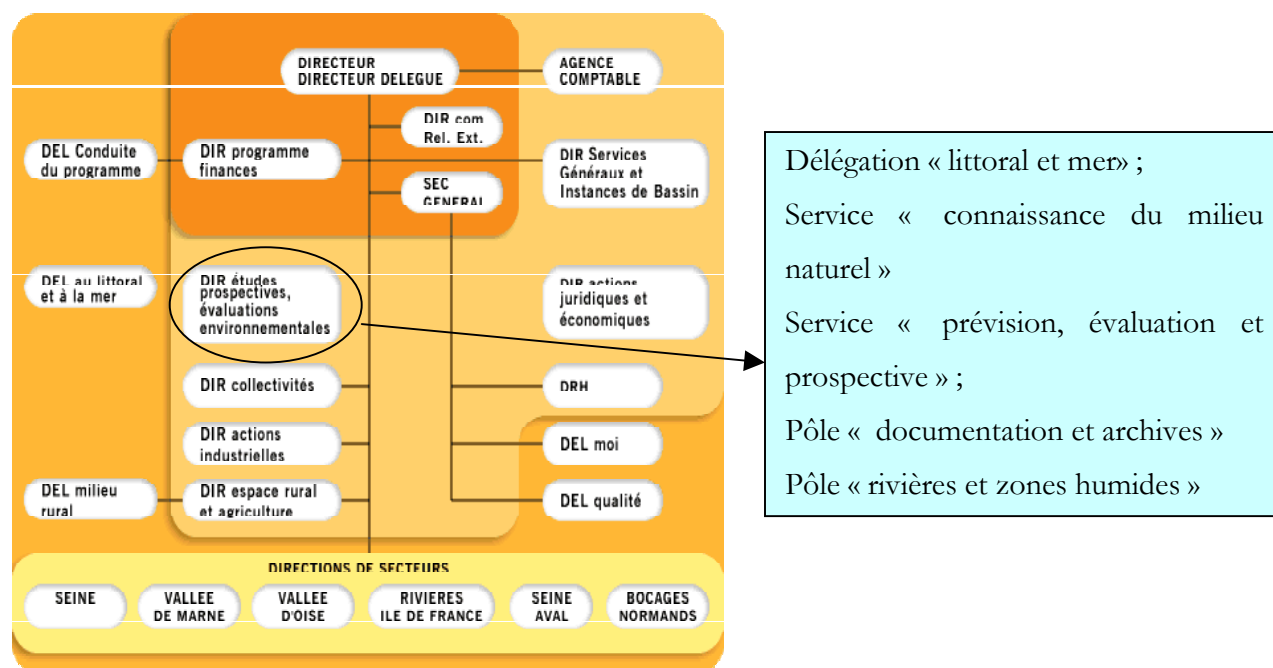


Figure 2 : Organigramme de l'Agence de l'Eau Seine Normandie (source site AESN)

Elle a pour principal objectif de répondre aux besoins de connaissances scientifiques et techniques relatives au bassin. Ainsi, elle développe des études nécessaires à connaître et définir les actions à mener sur le bassin. Cela se concrétise à travers les missions suivantes:

⇒ élaborer, d'animer et de participer à la mise en œuvre de la politique de l'Agence en matière de connaissances scientifiques et techniques, sur le milieu naturel (eaux continentales de surface et souterraines, eaux littorales) ;

⇒ contribuer à la prévision, et à la prospective concernant les usages de l'eau ; et de participer à l'évaluation globale de la politique publique mise en œuvre par l'établissement et par les partenaires de la politique de l'eau dans le bassin ;

⇒ coordonner la mise en œuvre des états des lieux successifs élaborés au titre de la directive 2000/60/CE établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau ;

⇒ coordonner avec la Direction du Programme et des Finances l'élaboration du plan de gestion du bassin tel que défini par la DCE ;

⇒ contribuer à l'élaboration du plan de gestion ;

⇒ coordonner le schéma directeur des données sur l'eau du bassin en liaison avec la DIREN de bassin et dans le cadre du système d'information national sur l'eau (SIE).

Les réflexions sur la mise en œuvre d'un réseau de surveillance représentatif de la qualité des eaux de surface constituent des éléments de travail pour le service « Connaissance du Milieu Naturel » chargé :

⇒ de l'élaboration de la politique de l'Agence concernant la connaissance des milieux naturels autres que littoraux ou marins,

⇒ de la coordination des études de l'agence concernant la connaissance du milieu naturel et de la réalisation d'études générales,

⇒ de la politique des réseaux de mesures sur la qualité du milieu naturel continental et de sa mise en œuvre,

⇒ de la coordination de la politique d'évaluation des actions de l'Agence sur la connaissance du milieu naturel et son fonctionnement écologique,

⇒ de la coordination de la mise en œuvre des états des lieux successifs élaborés au titre de la DCE ;

⇒ de la coordination avec la Direction du Programme et des Finances de l'élaboration du plan de gestion du bassin tel que défini par la DCE.

B La Directive Cadre européenne sur l'Eau (2000/60/CE)

B.1 Présentation

La Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil (JO L 327 du 22.12.2000) établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau a été adoptée le 23 octobre 2000. Elle vise à établir un cadre pour la gestion et la protection des eaux par district hydrographique, et est appelée à jouer un rôle stratégique et fondateur en matière de politique de l'eau. Elle fixe des objectifs ambitieux pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles et souterraines.

B.1.1 OBJECTIFS

La DCE a comme objectif principal de parvenir d'ici à 2015 au bon état quantitatif et qualitatif des eaux superficielles, souterraines et côtières de l'Union européenne. Deux possibilités de dérogation dans le temps, de deux fois 6 ans, seront néanmoins envisageables, soit une échéance maximale fixée en 2027.

Cette Directive impose sur ces eaux une obligation de résultats en fixant 4 objectifs environnementaux majeurs que sont :

- ⇒ la préservation des écosystèmes aquatiques ainsi que des écosystèmes terrestres et des zones humides qui en dépendent directement,
- ⇒ l'utilisation durable de l'eau fondée sur une protection des ressources en eau disponible,
- ⇒ la réduction des substances prioritaires et la suppression progressive des substances dangereuses prioritaires dans l'environnement aquatique,
- ⇒ la réduction des effets des inondations et des sécheresses.

Ces objectifs doivent contribuer :

- ⇒ à prévenir toute dégradation et à améliorer la qualité des écosystèmes dans leur ensemble,
- ⇒ à promouvoir une utilisation durable de l'eau douce en organisant sa protection sur le long terme,
- ⇒ à veiller à la cohérence avec les accords internationaux sur la protection des eaux continentales et marines.

B.1.2 LES MOYENS DE MISE EN OEUVRE

La Directive fixe des orientations en termes de moyens (méthodes, calendrier) mais surtout des obligations de résultats avec l'atteinte du bon état d'ici 2015, ce qui est novateur. Elle introduit la notion de district hydrographique qui correspond au bassin versant. L'autorité compétente pour l'application des règles prévues par la directive est le préfet coordonnateur de bassin.

Pour atteindre le bon état d'ici 2015, la DCE prévoit l'élaboration d'un plan de gestion qui sera établie d'ici 2009 pouvant donner lieu à une modification des SDAGE. Une analyse économique doit être effectuée sur chaque district et portera sur le bilan des pressions exercées par les usages de l'eau, les rejets polluants, les prélèvements d'eau, les interventions sur les cours d'eau. Cette analyse passera également par une évaluation du « taux de récupération des coûts », c'est-à-dire de la part du coût total de l'eau pris en charge par les usagers de l'eau. L'objectif est d'évaluer le degré d'application du principe pollueur- payeur et plus généralement les transferts financiers qui peuvent exister entre les usagers, les budgets de l'eau et ceux de l'Etat ou des collectivités.

Un programme de mesures pour chaque district doit être élaboré afin de parvenir aux objectifs environnementaux de la directive. Une participation active du public au processus décisionnel au cours de l'élaboration du plan de gestion doit être organisée ainsi qu'une mise à disposition des documents utilisés dans le plan de gestion auprès du public. Elle met ainsi l'accent sur l'information, la consultation et la participation du public.

B.1.3 LES ETAPES IMPORTANTES

La directive donne des échéances pour chacune des étapes de son application (figure 3). Les réseaux de surveillance des milieux aquatiques (fin 2006) constituent le point central de la mise en œuvre de la DCE.

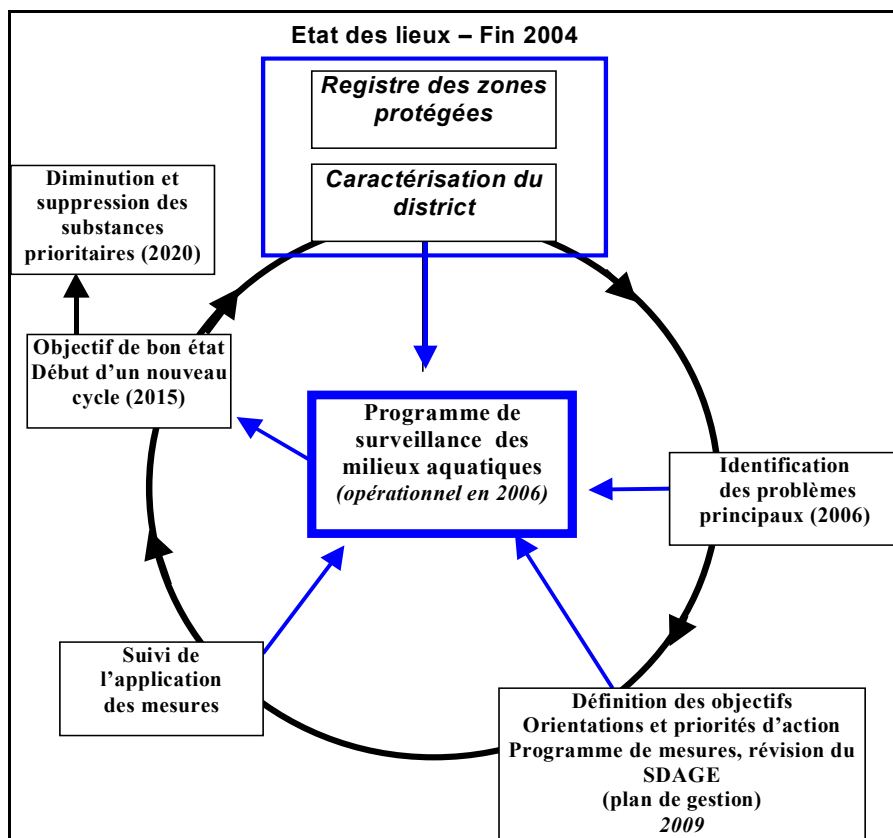


Figure 3 : Les étapes importantes de la Directive Cadre sur l'Eau

B.2 Mise en œuvre de la DCE sur le bassin de la Seine et des côtières normands

B.2.1 ELABORATION DE L'ETAT DES LIEUX

L'état des lieux est à réaliser pour fin 2004, il consiste en

- ⇒ une analyse des caractéristiques du district,
- ⇒ une étude des incidences de l'activité humaine sur l'état des eaux de surface et des eaux souterraines et,
- ⇒ une analyse économique de l'utilisation de l'eau.

La réalisation de l'état des lieux s'est appuyé sur les réflexions de groupes de travail thématiques : Ainsi le groupe « DCE- eau de surface continentale » constitué entre autres de représentants des différentes DIREN du bassin, du Conseil Supérieur de la Pêche (CSP), et de l'Agence de l'Eau, était chargé pour son domaine d'expertise d'apporter les éléments de diagnostic et d'analyse nécessaires à la réalisation de l'état des lieux . En parallèle, des groupes internes à l'agence (SURF) travaillent sur différents thèmes de mise en œuvre de la DCE.

Ces groupes permettent d'une part d'être en cohérence avec les méthodes européennes et nationales et d'autre part de donner un point de vue sur les études entreprises pour l'édification de l'état des lieux (découpages masses d'eau, réseaux de surveillance...)

Sur le bassin Seine Normandie, un pré-état des lieux a été établie en Janvier 2002. Une nouvelle version de l'état des lieux dite V1 a été établie en mars 2003. Cette version décrit les caractéristiques des masses d'eau et identifie les pressions s'exerçant sur le bassin. En novembre 2003, la version 2 (V2) de travail de l'état des lieux est parue avec un découpage plus fin des masses d'eau en tenant compte des pressions et un réseau de références pour chaque type de masses d'eau.

Les travaux menés dans cette étude se basent sur la version V2 de l'état des lieux. Le document définitif, à paraître fin 2004, ne devrait pas contenir de grands changements en ce qui concerne le découpage des masses d'eau.

B.2.2 TYPOLOGIE ET DESIGNATION DES MASSES D'EAU

B.2.2.1 Système de désignation des masses d'eau

Au sens de la Directive, une masse d'eau rivière, se définit comme une portion significative de cours d'eau, continue du point de vue hydrographique et homogène du point de vue de ses caractéristiques naturelles et des pressions anthropiques qu'elle subit. Elles sont caractérisées et définies selon des types hydromorphologiques homogènes.

L'annexe II de la Directive propose deux systèmes pour définir la typologie naturelle des masses d'eau rivières (annexe I.1).

Le système A apparaît comme une approche régionalisée et est basée sur une combinaison de paramètres simples mais aux limites figées. Les masses d'eau sont d'abord réparties en écorégions définies dans l'annexe XI de la Directive puis, à l'intérieur de chaque écorégion, elles sont réparties en types de masses d'eau suivant des descripteurs (altitude, surface de bassin versant, géologie) indiqués dans l'annexe II de la Directive.

Le système B, d'approche plus souple avec un choix ouvert dans les limites de classes, utilise les critères du système A et des critères optionnels descriptifs de la morphologie des cours d'eau et de la vallée notamment.

Cette typologie permet ainsi de répondre à la Directive sur le principe d'une évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques par la mesure d'un écart à des conditions de référence propres à chaque type de masse d'eau, principalement sur la base de bioindicateurs. L'établissement de la typologie permettra la définition des conditions de références biologiques, mais aussi hydromorphologiques et physico-chimiques

B.2.2.2 Le concept des Hydro- écorégions

La notion d'écorégions apparaît dans la DCE pour la caractérisation des types de masses d'eau de surface. Elles sont au nombre de 25 en Europe (Illies, 1978). Le bassin Seine- Normandie est totalement inclus dans l'écorégion des *plaines occidentales* (n° 13).

Cependant, les Ecorégions ne tiennent compte que des peuplements d'insectes sans lien fort avec le fonctionnement des écosystèmes d'eaux courantes (Wasson et al, 2002). Les essais menés par croisement d'informations n'ont pas aboutit à des résultats pertinents, et ont masqué les discontinuités naturelles. Cette approche a donc été appréhendée de manière plus précise au niveau national par le CEMAGREF par la définition d'Hydroécorégions (HER). Elles consistent en une régionalisation du territoire basée sur les déterminants primaires du fonctionnement des cours d'eau (géologie, relief, climat). Elle conduit à isoler des régions homogènes en terme de processus physiques dominants (figure 4) et aboutit à définir pour chaque région une variabilité des paramètres hydromorphologiques, chimiques et biologiques à l'échelle du tronçon (Wasson et al, 2002). Elle est un outil essentiel à la définition des conditions de références.

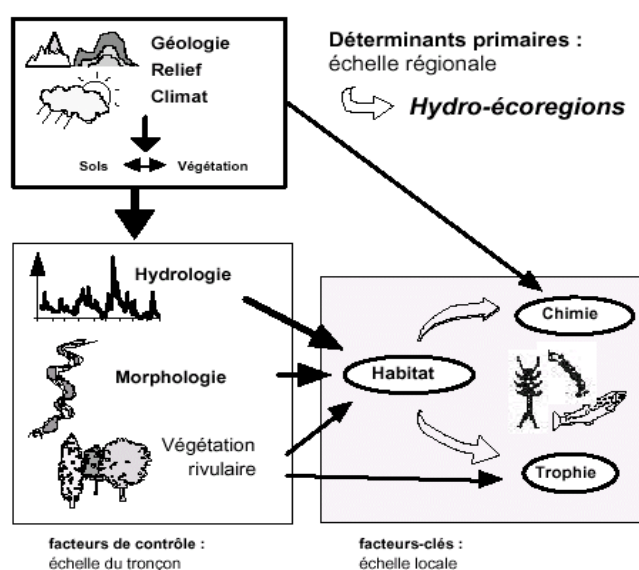


Figure 4 : Facteurs de contrôle des écosystèmes d'eaux courantes (Wasson et al, 2002)

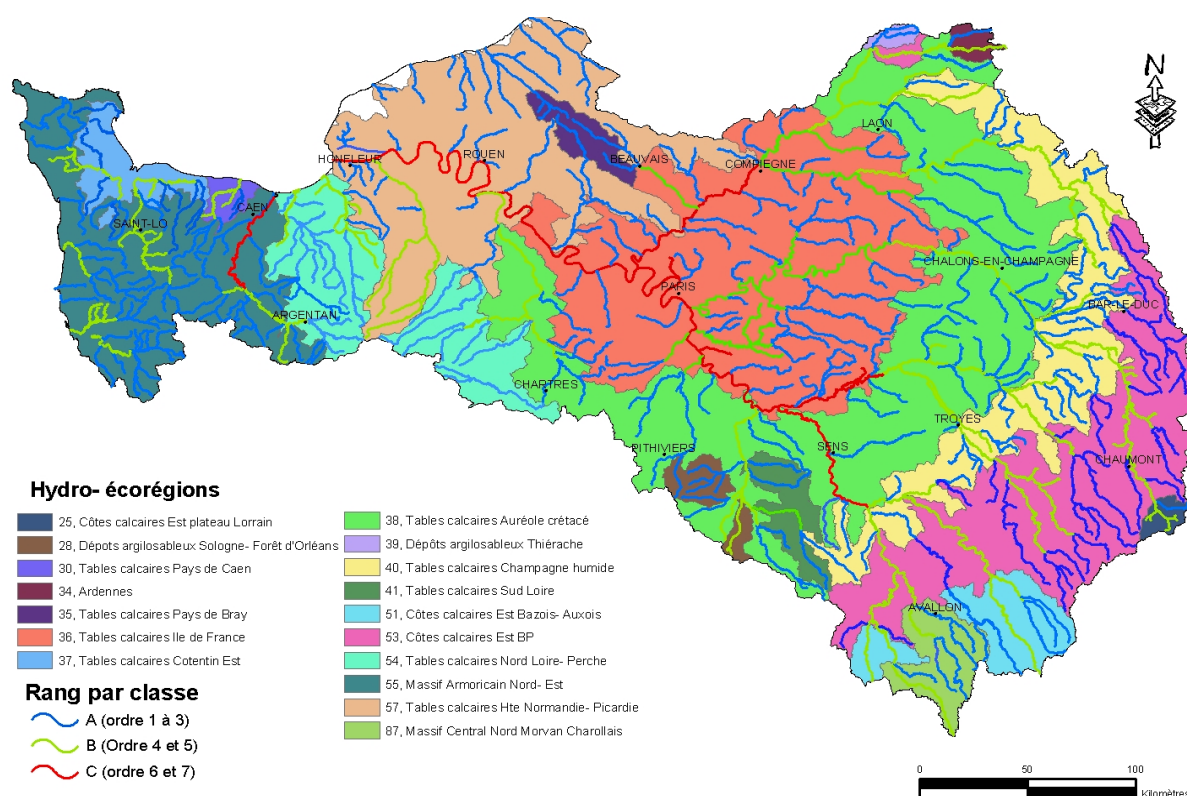
Cette régionalisation comporte deux niveaux hiérarchiques : les HER de niveau 1 sont au nombre de 22 (structure géophysique et climatique), les variabilités régionales sont affinées dans les HER de niveau 2 (annexe I.2).

B.2.2.3 La Typologie des masses d'eau

Il s'agit d'un découpage de nature technique qui s'appuie sur le système B mentionné dans la DCE. Le système A ne donnant pas satisfaction étant donné le faible nombre de paramètres pris en compte et le nombre de classes restreint associé.

La définition des types de masse d'eau a été validée au niveau national, elle repose sur un croisement entre la taille des cours d'eau (regroupement des rangs de Strahler) et l'appartenance à une hydroécorégion (carte 2).

carte 2 : Typologie des masses d'eau (version 2)

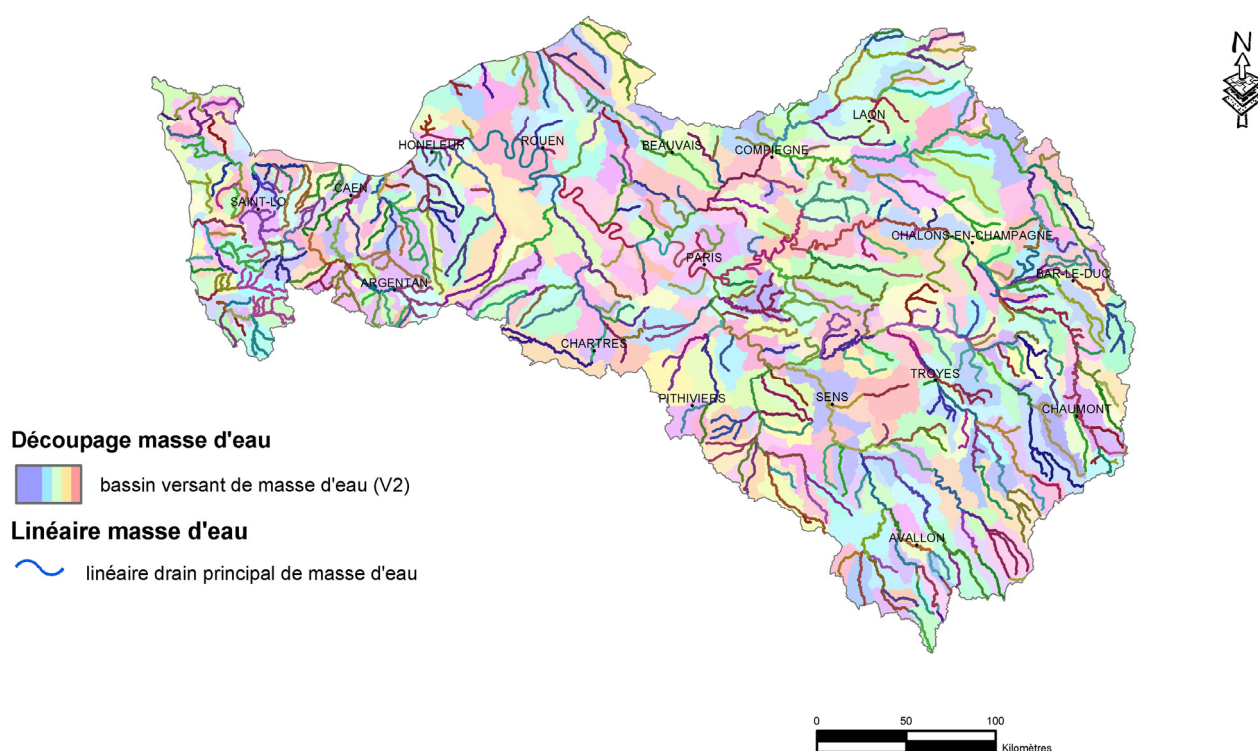


Le second niveau de découpage régional (HER2) retenu permet d'identifier certaines régions comme l'Ile-de-France, la zone de la craie ou la Champagne humide considérées comme particulièrement pertinentes pour expliquer le fonctionnement des cours d'eau ; 17 HER couvrent le district Seine et côtiers normands.

Le rang permettant d'appréhender la taille des cours d'eau ; pour le bassin Seine- Normandie, ils ont été regroupés de façon à identifier 3 ensembles : les petits cours d'eau (rangs 1 à 3 identifiés comme l'ensemble A), les cours d'eau moyens (rangs 4 et 5 identifiés comme l'ensemble B) et les grands cours d'eau (rangs 6 et 7 identifiés comme l'ensemble C) ; Sur cette base, **36 types** de masses d'eau rivières ont été identifiés sur le bassin (carte 2).

La délimitation des masses d'eau qui en découle tient compte également des pressions importantes sur le milieu (rejets ou altérations morphologiques profondes des rivières), ainsi que l'avis des experts locaux. La version 2 de l'état des lieux a conduit à la désignation de **415 masses d'eau « rivières » sur le bassin** (carte 3) et 44 masses d'eau « plans d'eau ». 62 d'entre elles sont classées en fortement modifiées. D'un point de vue géographique, les masses d'eau sont constituées par un groupement de zones hydrographiques (ZH). Il arrive cependant que le découpage ait donné lieu à une division de ZH.

carte 3 : Découpage des masses d'eau (Version 2, Novembre 2003)






IGN- BD Carthage - AESN- 08/2004

B.2.3 IDENTIFICATION ET ANALYSE DES PRESSIONS ANTHROPIQUES

Le bassin Seine Normandie est caractérisée par une anthropisation importante, qui se traduit par de fortes densités de population autour des grands cours d'eau (55% de la population concentrée sur 2% du territoire). Les pressions urbaines sur le milieu aquatique proviennent des rejets domestiques et pluviaux, source de pollution chimique, microbiologique... L'exploitation soutenue des terres agricoles autour de la région parisienne est responsable de drainage, d'émissions de polluants qui perturbent les milieux aquatiques (pollutions phytosanitaires, phénomènes de sécheresse, eutrophisation...). L'industrie occupe une place prépondérante au niveau économique, elle constitue une source de pollution chimique. La navigation et l'extraction de granulats sont deux activités qui provoquent des dommages hydromorphologiques importants pour le fonctionnement des milieux aquatiques (pertes de débits solides, migration des poissons, modification hydrologique) .

Le poids économique et social des pressions majeures et leurs impacts potentiels sur l'hydrosystème sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Poids socio-économique des principaux usages de l'eau et enjeux sur le bassin Seine Normandie (adapté de AESN, 2003)

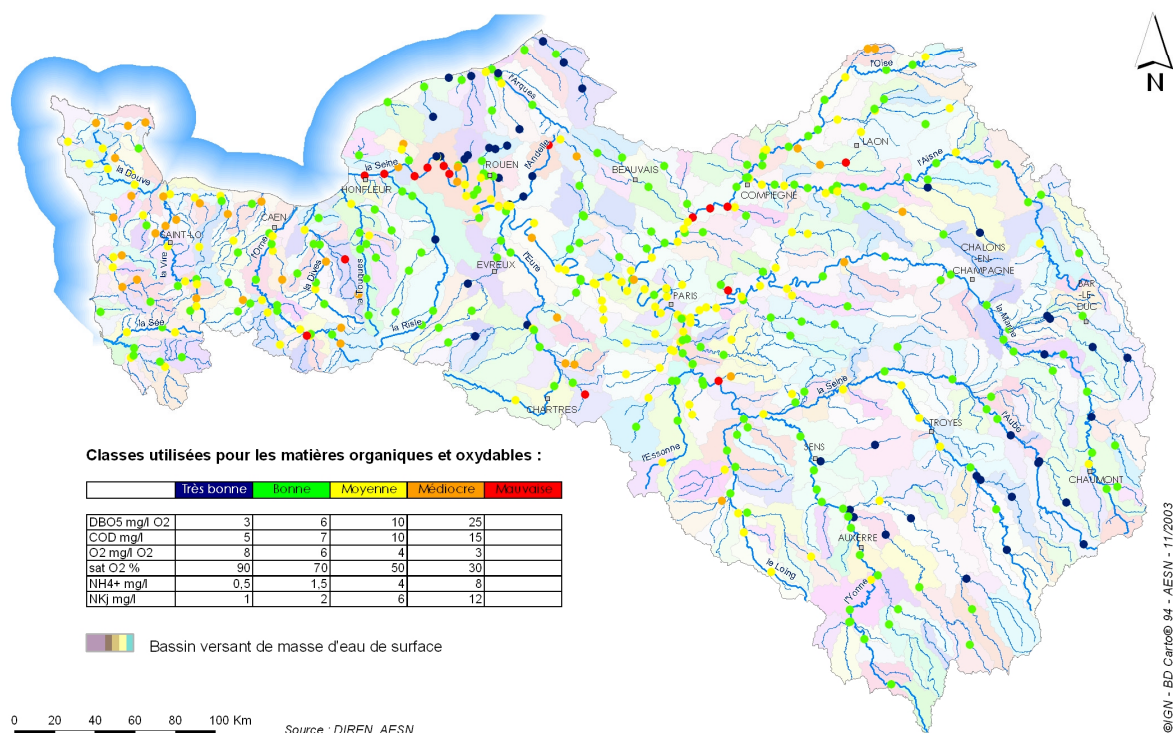
Usages	Domestique (Via Services Eau & Assainissement) 	Agriculture 	Industrie 
Usagers (milliers)	17 500		
Emplois (milliers)	23 dans services d'eau et assainissement (dont 13 dans privé)	145	45% débouchés bassin, 28% reste France, 26% exportés
Poids économique	chiffre d'affaire CA= 2250 M €	valeur ajouté standard (MBS) = 8000	1 600 000 emplois CA = 332 511 M €
Pollution chimique	Ecoulements pluviaux <i>Surcoût de l'eau potable Impact sanitaire, Dégradation des rivières</i>	70% des phytosanitaires émis	90% des Métox émis
Fonctionnement milieux aquatiques	Endiguements Ecoulements pluviaux <i>Dégradation de la fonction épuration naturelle des zones humides Inondations</i>	Erosion, drainage, pression sur les zones humides	Hydroélectricité : dommages hydromorphologiques
sécheresse et inondation	Ecoulements pluviaux 73% prélèvement nappe 61% prélèvement Surface <i>Dommages aux biens et au milieu</i>	9% pr. en nappe mais localement l'irrigation est parfois le 1 ^{er} préleveur	18% pr. Nappe ; 38% pr. Surface hors EDF ; 61% avec EDF
Eutrophisation	45% du phosphore émis Ecoulements pluviaux <i>Surcoût de l'eau potable et dégradation des rivières et du littoral</i>	23% du phosphore émis 80 à 90% des nitrates émis	sédimentation, accélération du processus
Contamination micro biologique	Rejets STEP Ecoulements pluviaux <i>Impacts sanitaires</i>	Rejets des élevages	

D'autres activités comme la pêche, la baignade et les loisirs nautiques agissent sur la qualité des eaux de surfaces à moindre mesure.

Pour l'état des lieux, l'estimation globale de rejets des flux polluants domestiques (pluvial, collectivités), industriels, agricoles a été suivi d'une évaluation de la variation de concentration par substance polluante entre l'amont et l'aval par zone hydrographique (prise en compte des rejets de stations d'épuration domestiques et industrielles).

L'analyse repose sur les données pollutions et qualité 2001, chaque évaluation des impacts est illustrée par une carte qualité par altération qui représente la réponse du milieu. A titre d'exemple, les matières organiques et oxydables (MOOX) constituées par les paramètres DBO, DCO et NH_4^+ ¹, proviennent essentiellement des collectivités et de l'industrie (carte 4), elles traduisent l'impact des pressions urbaines. On constate une dégradation de la qualité des eaux d'amont en aval du bassin, avec une mauvaise qualité de la Seine à l'aval de Rouen et sur l'Oise (aval de Compiègne). A cela s'ajoute des cas de dégradation sur le bassin amont lié à des rejets importants sur de petits cours d'eau. Cependant, la qualité générale du milieu est en amélioration grâce à une meilleure épuration des eaux.

carte 4: Qualité physico chimique des rivières – Matières organiques et oxydables 2001



¹ DBO : demande biochimique en oxygène ; DCO : demande chimique en oxygène ; NH_4^+ : Ammonium.

Essai de caractérisation d'un réseau de surveillance représentatif - Directive Cadre sur l'Eau

21



C Les réseaux de surveillance qualité des eaux

Le réseau de mesure est un dispositif de collecte correspondant à un regroupement de stations de mesure répondant à au moins une finalité particulière. Chaque réseau respecte des règles communes qui visent à garantir la cohérence des observations, notamment pour la densité et la finalité des stations de mesure, la sélection de paramètres obligatoires et le choix des protocoles de mesure, la détermination d'une périodicité respectée (Sandre, 2004).

C.1 Mise en œuvre du réseau de surveillance DCE

Les informations fournies dans ce chapitre proviennent de deux sources , le texte de la directive cadre 2000/60/CE et le guide du groupe de travail « monitoring » (Working group 2.7 ou GM).

Les programmes de surveillance ont pour objectif de « fournir une image d'ensemble cohérente de l'état écologique et chimique dans chaque district hydrographique » Le réseau de surveillance « doit permettre la classification des masses d'eau en 5 classes de qualité » (art 8, et annexe V.1.3). Ils doivent être opérationnels dès décembre 2006.

C.1.1 CONCEPTION GENERALE DES RESEAUX

L'annexe V distingue six types de réseaux au sein du programme de surveillance des eaux de surface :

- ⇒ le réseau de contrôle de surveillance (Cs) (cf. § 1.3.1),
- ⇒ le réseau de contrôle opérationnel (Co) (cf. § 1.3.2),
- ⇒ le réseau de contrôle d'enquête (Ce) (cf. § 1.3.3)

La surveillance intègre 3 réseaux spécifiques, outils de suivi et de comparaison :

- ⇒ le réseau de contrôle additionnel requis pour les zones protégées (cf. § 1.3.5).
- ⇒ le réseau d'inter étalonnage (cf. § 1.4.1),
- ⇒ un réseau de références (mise en œuvre au niveau national sous la maîtrise d'ouvrage partagé : CSP, DIREN, AE)

Les éléments à fournir pour le rapportage européen sont mentionnés en figure 5 (annexe VII, §4,1)

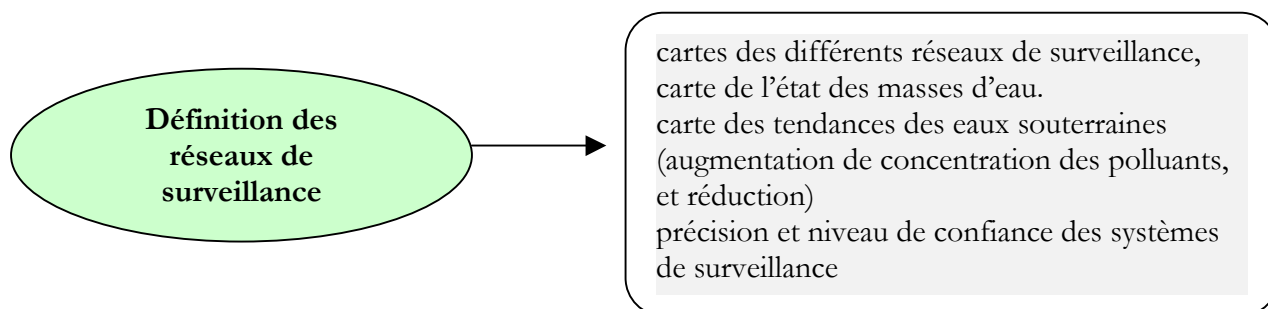


Figure 5 : Documents à fournir pour le rapportage européen (décembre 2006)

C.1.2 PRINCIPES POUR LA DEFINITION DES RESEAUX

Toutes les masses d'eau doivent être caractérisées (surface, souterraines, de transition et côtières) à l'intérieur du district hydrographique (GM, § 2.2). L'unité **masse d'eau** sera utilisée pour le **rapportage** et l'évaluation de l'état de l'eau par rapport au respect des objectifs environnementaux de la Directive.

La directive introduit une hiérarchisation des systèmes de surveillance de la qualité de l'eau (figure 6) adaptée aux différents types de masse d'eau présents en Europe (conditions physiques, géologiques et pressions anthropiques). Elle donne une **approche pragmatique** que chacun des états membres doit **adapter pour répondre aux enjeux du bassin**, tout en effectuant un travail d'harmonisation des résultats sur l'état écologique en Europe (GM, § 2.2).

C.1.2.1 Fréquence des mesures (Annexe V, § 1.3.4)

⇒ Fréquence temporelle

La fréquence demandée par la DCE dépend de la variabilité des éléments mesurés, flexible selon les paramètres, il est possible d'établir des réseaux tournants.

⇒ Fréquence spatiale

La délimitation des masses d'eau doit permettre une description précise de l'état des eaux de surface et souterraines, et produire une base pour la gestion de l'environnement aquatique. Le nombre d'unités à mesurer sera dépendant du degré de variation de l'état du milieu.

Les masses d'eau peuvent être regroupées pour définir le risque de non atteinte mais aussi pour la surveillance, à condition que le regroupement soit suffisant et représentatif : niveaux de confiance acceptables (GM, § 5.2.4).

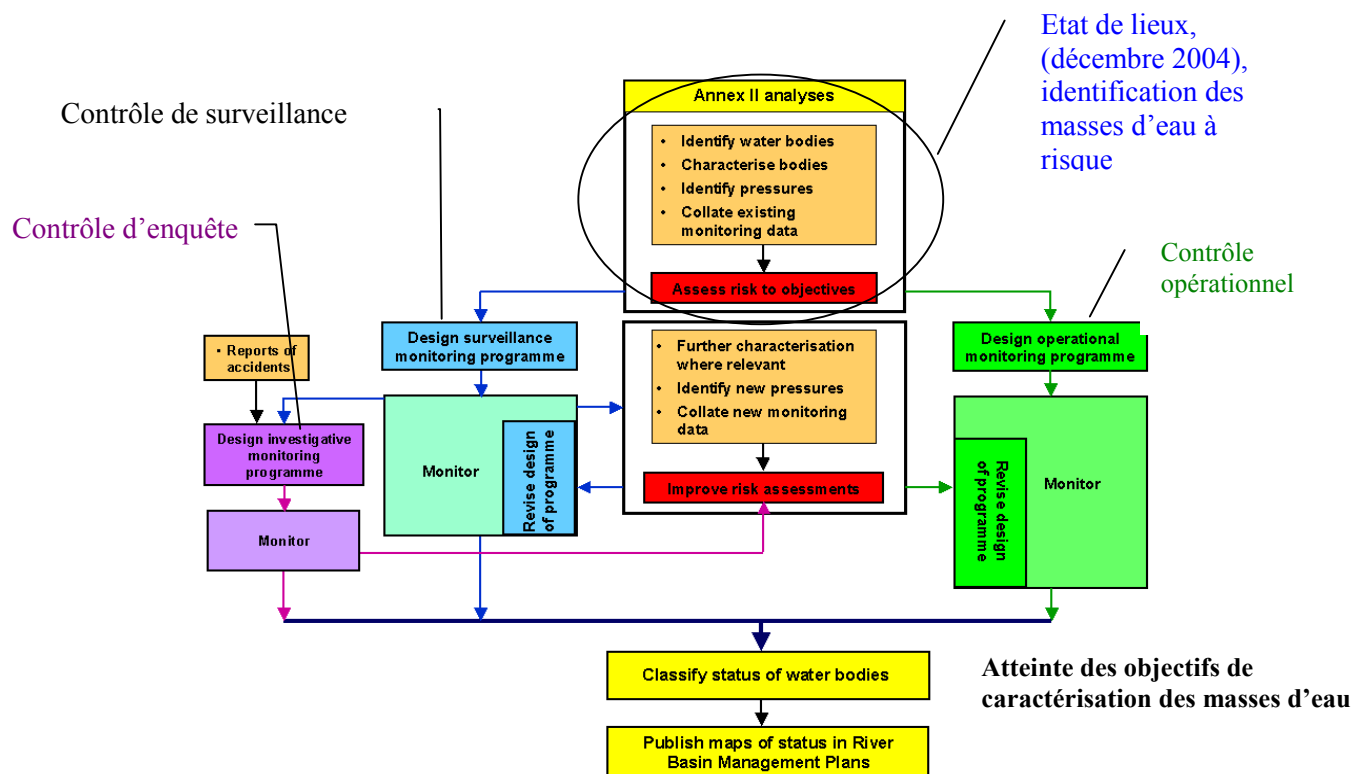


Figure 6 : Processus de définition des réseaux de surveillance des eaux superficielles en intégrant les articles 5 et 8 de la directive (working group 2.7, Nov 2002)

La **stratégie de surveillance** sera donc en partie liée au **nombre de masses d'eau**, et plus encore aux **variations des impacts** sur l'environnement aquatique, elle va dépendre aussi des groupements issus des caractéristiques du milieu et de la répartition des pressions.

C.1.3 CONCEPTION DU CONTROLE DE SURVEILLANCE

Pour le **réseau de surveillance**, le *contrôle d'un nombre « suffisant » de masses d'eau doit permettre d'évaluer l'état général des eaux de surface du bassin* (annexe V, § 1.3.1). Le réseau sera plus dense dans des milieux hétérogènes et pour les masses d'eau où l'atteinte du bon état n'est pas certaine (GM, § 2.7.2). Il reste à déterminer le nombre de stations nécessaires pour évaluer l'état écologique et chimique de chacune des masses d'eau.

Les objectifs du contrôle de surveillance (annexe V, § 1.3.1) sont les suivants :

- « **permettre la classification de l'état de toutes les masses d'eau** »

Suivant l'homogénéité des masses d'eau, une ou plusieurs stations de surveillance seront nécessaire par entité.

- « **compléter et valider la procédure d'étude des incidences détaillée à l'annexe II** »

Compléter l'état des lieux, mesures accrues entre 2006 et 2008 pour caractériser toutes les masses d'eau

- « **évaluer les changements à long terme des conditions naturelles** »

Un ensemble de stations de références de très bon voire bon état, qui doit permettre d'identifier les modifications de l'état des masses d'eau liées uniquement aux changements à long terme des conditions naturelles, .

- « **Evaluer les changements à long terme d'une importante activité anthropique** »

La sélection des masses d'eau et des stations peut se faire de manière statistique avec un **niveau de confiance et de précision** acceptable. Le nombre de stations sera dépendant du niveau de précision choisi (GM, §5.2.5).

Les stations de surveillance devront être présentes (annexe V, § 1.3.1) :

- sur les Masses d'eau où les objectifs seront atteints
- sur les Bassins Versants >2500 km²
- ou le Volume et le débit sont représentatifs du bassin (y compris plans d'eau)
- dans les zones de flux maritimes

La DCE stipule également que la surveillance concerne tous les cours d'eau dont le bassin versant est supérieur à 10 km²(typologie en annexe II). Chaque groupe de masses d'eau de caractéristiques similaires a son intérêt, et doit faire l'objet d'une surveillance (GM, § 5.2.5).

⇒ Sélection et fréquences des paramètres

Le texte de la directive comporte un tableau de fréquences des mesures qui est à lire avec précaution (tableau 2). En effet, les fréquences de prélèvements indiquées peuvent être à la fois inter et intra annuelles. Les éléments de qualités hydromorphologiques et physico-chimiques doivent être analysés pendant au moins 1 année. du programme de mesures à la fréquence minimale définie dans l'annexe V.1.3.4. Par contre, tous les éléments ne doivent pas être nécessairement mesurés la même année.

Il est possible de surveiller certaines masses d'eau tous les trois programmes de mesures quand elles ont atteint un bon état, et que les impacts sur le milieu aquatique n'ont pas fait l'objet de changement (GM, § 2.7.2). La surveillance sera évolutive à chaque programme, suivant la classification des masses d'eau à risque (surveillance ou opérationnel).

D'une manière générale les fréquences minimales demandées par la directive n'apparaissent pas suffisantes pour évaluer les changements à long terme des activités anthropiques diffuses (GM, §2.10.2).

Tableau 2 :Fréquence d'analyses minimales selon les types de paramètres (annexe V, § 1.3.4)

Élément de qualité	Devières	Lacs	Eaux de transition	Eaux côtières	
Biologique					
Phytoplancton	6 mois	6 mois	6 mois	6 mois	<div>Suivi pendant 1 an à la fréquence indiquée</div> <div>2 contrôles par programme de mesures obligatoires</div>
Autre flore aquatique	3 ans	3 ans	3 ans	3 ans	
Macro-invertébrés	3 ans	3 ans	3 ans	3 ans	
Poissons	3 ans	3 ans	3 ans		
Hydromorphologique					
Continuité	6 ans				<div>1 observation par programme de mesures</div>
Hydrologie	Continu	1 mois			
Morphologie	6 ans	6 ans	6 ans	6 ans	
Physico-chimique					
Température	3 mois	3 mois	3 mois	3 mois	<div>Suivi aux fréquences indiquées pendant au moins une année du programme de mesures</div>
Bilan d'oxygène	3 mois	3 mois	3 mois	3 mois	
Salinité	3 mois	3 mois	3 mois		
Nutriments	3 mois	3 mois	3 mois	3 mois	
État d'acidification	3 mois	3 mois			
Autres polluants	3 mois	3 mois	3 mois	3 mois	
Substances prioritaires	1 mois	1 mois	1 mois	1 mois	

C.1.4 CONCEPTION DU CONTROLE OPERATIONNEL

Il est destiné à évaluer (annexe V, 1.3.2)

⇒ L'état des masses d'eau (ME) comme risquant de ne pas répondre à leurs objectifs environnementaux

⇒ Les changements de l'état des masses d'eau suite aux programmes de mesures.

La démarche à entreprendre pour la définition de ce réseau devrait être la suivante :

- Bien cadrer la séparation **Bon état** écologique et **état moyen** pour la définition des réseaux de surveillance et opérationnel. Cela va déterminer les coûts des programmes de mesures à mettre en place (GM, § 2.8.1).
- Choisir le(s) paramètre(s) les plus sensibles aux pressions sur le milieu (nombre limité de paramètre nécessaire). Le choix des indicateurs est essentiel pour réduire les erreurs quant à l'évaluation de l'état du milieu (en biologie notamment).

Le choix des stations doit être fait en fonction du type de pressions, et les ME doivent être regroupées de telle manière que le nombre de points doit être *suffisant pour mesurer l'impact et sa magnitude* :

La prise en compte des pressions peut se résumer aux 4 cas suivants : (Annexe V.1.3.2)

1. **Fortes pressions localisées**: plusieurs points de mesure souvent nécessaires, localisé au point le plus sensible.
2. **Plusieurs pressions sources sur une même ME** : stations représentatives de l'impact des pollutions dans l'ensemble.
 - plusieurs points avec différents paramètres (séparation des pressions et des sources)
 - mesure par groupe de pressions si pas possible de les séparer
3. **Pressions hydromorphologiques** : Stations de mesures pour **une sélection de ME**, représentatif de l'impact général (ex : navigation)
4. **Pollutions diffuses** : sélection de points de surveillance représentatifs des risques d'une source diffuse donnée (cultures céréalières et nitrates)

La fréquence des mesures est laissée à la discrétion des états membres. Toutefois, la DCE (annexe V, 1.3.4) suggère d'adopter une fréquence au moins égale à celle utilisée pour le contrôle de surveillance, à adapter selon les cas et aux dires d'experts (GM, § 5.2.5). Elle doit permettre d'évaluer la qualité de l'eau à travers les paramètres les plus pertinents. Il est aussi possible de

modifier les fréquences d'analyses pendant les programmes de mesures lorsque les conditions de pressions sur le milieu évoluent (ex : impact non significatif ; pression enlevée).

La Directive souligne que les paramètres non biologiques doivent être analysés **en complément des biologiques**

C.1.5 CONCEPTION DU CONTROLE D'ENQUETE

Il est destiné, dans un premier temps, à combler les lacunes de l'état des lieux (masse d'eau dont on n'a pas statué sur le risque), il offre la possibilité d'avoir des connaissances supplémentaires, il est à faire lorsque (annexe V,1.3.3) :

- ⇒ la raison de tout excédent est inconnue
- ⇒ le contrôle de surveillance indique qu'une masse d'eau ne va pas atteindre les OQE, et qu'un contrôle opérationnel n'a pas encore été mis en place
- ⇒ déterminer l'ampleur et l'incidence des pollutions accidentelles

Il s'agit d'un contrôle spécifique : établi à des fréquences intenses sur une masse d'eau ou un tronçon pour des paramètres prédéfinis (ex : mesures écotoxicologiques).

C.1.6 RESEAU DE REFERENCES (ANNEXE II, §1.3)

La Directive exige pour l'état des lieux la constitution d'un réseau de références basé sur des sites de référence pour chaque type de masse d'eau. Elles serviront de base pour l'évaluation de la qualité et la détermination du niveau du bon état. Selon la définition de la Directive, les références correspondent à des situations où les activités humaines ne modifient pas sensiblement le fonctionnement des écosystèmes aquatiques.

Les conditions de référence seront établies par tous les éléments de qualité écologique (biologique mais aussi physico-chimique et hydromorphologique). Les mesures ne sont à faire qu'une année pendant les 6 ans du plan de gestion. Des études à l'échelle nationale ont été menées à la demande de la Direction de l'Eau par le CEMAGREF pour définir les stations de référence.

C.1.7 LE RESEAU D'INTER ETALONNAGE

Afin d'assurer que les limites du bon état (classe bleu) sont établies de manière cohérente avec les définitions normatives de la DCE et qu'elles sont comparables entre États membres, la Commission Européenne (CE) supervise la réalisation d'un « *exercice d'inter étalonnage* » qui consiste pour des types de masse d'eau de surface communs à plusieurs pays² :

- à utiliser chacun des outils nationaux d'évaluation de la qualité biologique sur des sites communs correspondant soit à la limite entre le « très bon état » et le « bon état », soit à la limite entre le « bon état » et l'« état moyen »
- à utiliser les résultats obtenus lors de ces campagnes de mesure pour fixer les valeurs numériques de délimitation du « bon état » pour chaque outil national d'évaluation de la qualité biologique.

Le groupe de travail « Ecostat » a pour mission d'identifier une série de sites dans chaque écorégion de la Communauté. Ces stations pourvues de données biologiques et de pressions constituent le réseau d'inter étalonnage. Chaque Etat membre est chargé de proposer au minimum 2 sites à la limite Bleu/Vert et 2 sites à la limite Vert/Jaune par type d'inter étalonnage.

C.1.8 CONTROLE ADDITIONNEL DES ZONES PROTEGEES

Le contrôle additionnel doit répondre à des exigences spécifique présentées dans le tableau 4.

Tableau 2 : Type, entité, paramètre et fréquences demandé pour le contrôle additionnel (Annexe V, §1,3,5)

Point de captage eau potable		Zones d'habitat et zones de protection d'espèces
Entité concernée	Masse d'eau fournissant plus de 100 m ³ /jour (définie dans l'article 7)	Masse d'eau d'intérêt à risque de non atteinte
Paramètres à mesurer	Substances prioritaires et substances rejetés en importance	Paramètres pour évaluer les pressions importantes (similaire au Co)
fréquence	Selon population desservie : < 10 000 hab : 4/an 10 000<hab<30 000 : 8/an >30 000 12/an	Réponse aux objectifs

En conclusion, si la DCE laisse aux états membres une certaine liberté pour l'application de la Directive, la définition des réseaux de surveillance nécessite d'apporter des précisions sur

- La prise en compte de la surveillance des petits cours d'eau sans avoir d'outil statistique disponible
- la mise en place d'un outil d'évaluation (SEQ physique ou assimilé) pour la surveillance hydromorphologique (mise en œuvre sur le terrain et exploitation des données).
- la précision de mesures attendue
- Le budget disponible pour la mise en œuvre des réseaux de surveillance

C.2 Présentation du Réseau National de Bassin (RNB) existant

C.2.1 HISTORIQUE DES RESEAUX DE MESURES QUALITE DES EAUX DE SURFACE SUR LE BASSIN SEINE NORMANDIE

La surveillance des eaux de surface remonte au début des années 70 avec l'Inventaire National de la pollution (INP). Ce premier réseau de mesures a progressivement évolué vers le RNB (annexe II) dont les objectifs sont les suivants selon le protocole de 1987:

⇒ Obtenir une connaissance générale de la qualité des eaux superficielles et du milieu aquatique ainsi que de son évolution. Il n'est pas destiné à détecter les pollutions accidentelles ou à surveiller les rejets

⇒ Contribuer à fournir l'information nécessaire à la mise en œuvre de la gestion des eaux superficielles aux différents plans administratifs, techniques et financiers.

⇒ Informer les différents usagers sur la qualité du milieu aquatique dans le cadre du RNDE mis en place depuis 1993.

Il faut souligner que le Réseaux National de Bassin et les Réseaux Complémentaire Agence (aujourd'hui tous regroupés dans le RNB) ont vocation à fournir les données nécessaires à l'évaluation de la qualité des moyens et grands cours d'eau et son évolution dans le temps.

Un autre type de réseau dit « tournant » mis en place pour mailler, par période, plus précisément certains bassins versants mal échantillonnés a progressivement laissé place à un réseau de mesure de la qualité des eaux de surface continu à partir de 1987 (figure 7). On compte désormais 443 stations de mesures en 2004.

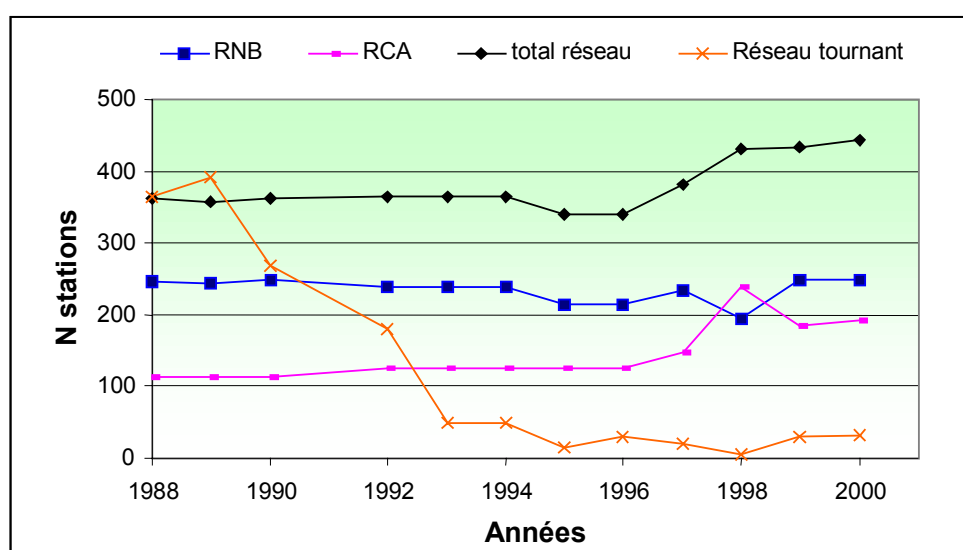


Figure 7 : Evolution du nombre de stations de mesures de la qualité des eaux de surface entre 1988 et 2000 (document interne AESN, 2001)

L'AESN participe au financement du RNB à hauteur de 2.100.000 € en 2004. Les stations font l'objet d'analyses sur une variété de paramètres différents (chimique et biologique), le nombre de stations actives par type de paramètres est indiqué dans le tableau 3.

Tableau 3 :Nombre de stations renseignées par type de paramètre (AESN, 2002)

Paramètres mesurés	Nombre de stations
Physique chimie basique	443
Chlorophylle	216
Micropolluants organiques (sur sédiment ou sur eau)	130
Métaux (sur sédiments)	174
Indice Biologique (IBGN, IBGA, IBD suivant les cas)	371

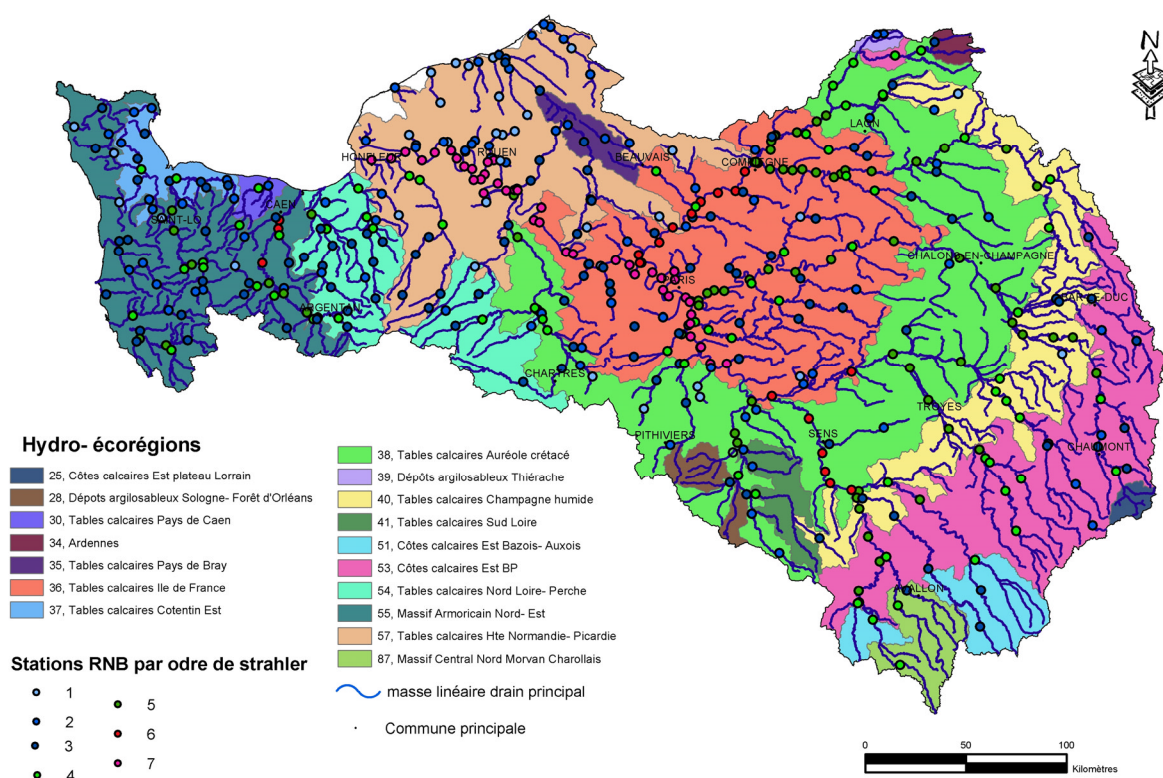
Les fréquences de mesures sur les stations sont variables : 6, 12, 24 voire 48 prélèvements par station par an pour les paramètres obligatoires. Les mesures sur sédiment et les indices biologiques sont effectués une fois par an.

Dans la suite de l'étude on prendra en compte toutes les stations RNB (réseau RCA inclus) du réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles, soit 443 sur les masses d'eau rivières, correspondant à une densité linéaire de 1 station pour 34 km de drain principal.

C.2.2 REPARTITION DES STATIONS SUR LE BASSIN SEINE NORMANDIE

Il s'agit maintenant d'évaluer la répartition des stations de mesures sur le bassin selon les déterminants physiques et de pressions, et d'en faire ressortir la variabilité spatiale, puis de réassigner le cas échéant les stations de surveillance selon leurs objectifs. La localisation des stations RNB par hydroécorégion et par rang de Strahler est représentée sur la carte 6.

carte 6 : Répartition des stations RNB par rang de Strahler et hydroécorégion



Les stations sont réparties inégalement sur le réseau (carte 4). Les HER en tête de bassin ne sont pas toujours représentées tandis que les grands axes concentrent une forte densité de points de surveillance, notamment sur tables calcaires du bassin parisien et de haute Normandie.

La comparaison entre la répartition des stations et du linéaire par rang de Strahler est représentée sur la figure 8.

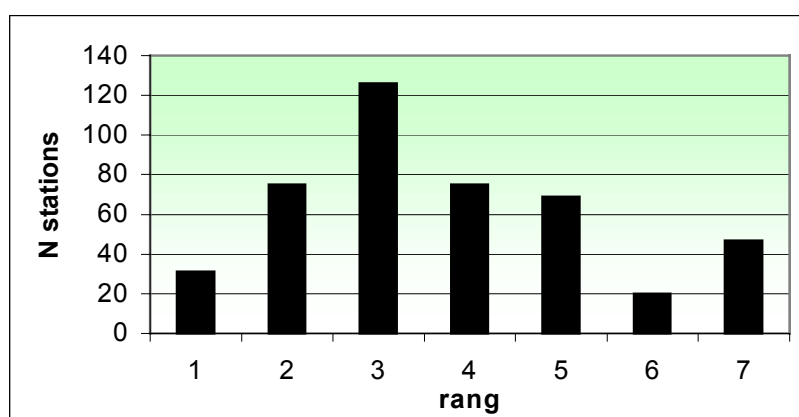


Figure 8 :Distribution des stations de surveillance selon l'ordination de Strahler

On constate une distribution binomiale centrée sur le rang 3. Les rangs 3, 4 et 5 sont nettement représentés au détriment des cours d'eau de rang 1. Cette information traduit le « river continuum concept » (RCC) qui valide les stations de mesures des moyens cours d'eau comme étant les plus

représentatifs du réseau (objectifs du RNB). Cette distribution est modifiée sur le rang 7 où l'on observe une forte concentration de stations sur la Seine. En revanche, la surveillance des cours d'eau de rang 1, 2 est très insuffisante puisqu'elle ne représente que 10 % des stations du réseau.

Cette comparaison révèle le manque de prise en compte du chevelu dans la surveillance patrimonial du bassin. De plus, les nombreuses stations de mesures localisées sur les grands cours d'eau (ordre 6 et 7) répondent davantage à des objectifs de contrôle des rejets qu'à un suivi patrimonial.

L'analyse combinée par HER et par rang est disponible dans le tableau 4. Il s'agit d'une étude comparative entre la surface occupée par chacune des régions et la distribution de stations RNB par taille de cours d'eau (les résultats sont reportés en pourcentage de surface et de population totale de stations).

Tableau 4 : Répartition des stations RNB par Hydro-écorégion et par rang de strahler

Hydroécorégion de rang 2 (Wasson et al, 2002)	code HER2	surfa ce (km²)	surface (% du bassin SN)	Nombre de stations	nombre de stations (%)	rang de Strahler						
						1	2	3	4	5	6	7
Côtes Calcaires Est Plateau Lorrain	25	300	0.3	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0
Dépôts argilo-sableux Sologne-Forêt d'Orléans	28	823	0.9	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0
Tables Calcaires Pays de Caen	30	395	0.4	5	1.1	0	1	2	1	0	2	0
Ardenne	34	313	0.3	1	0.2	0	0	1	0	0	0	0
Tables Calcaires Pays de Bray	35	963	1.0	3	0.7	0	3	2	0	0	0	0
Tables Calcaires Bassin Parisien-Ile de France	36	18429	19.5	122	27.5	3	10	31	17	27	11	22
Tables Calcaires Cotentin Est	37	1574	1.7	15	3.4	0	7	6	3	1	0	0
Tables Calcaires- auréole crétacé	38	19829	21.0	63	14.2	4	12	18	11	14	5	0
Dépôts argilo- sableux Thiérache	39	200	0.2	2	0.5	0	2	0	0	0	0	0
Tables Calcaires Champagne Humide	40	8101	8.6	27	6.1	1	0	5	7	9	1	0
Tables Calcaires- Sud Loire	41	1229	1.3	2	0.5	0	1	1	0	0	0	0
Côtes Calcaires Est Bazois Auxois	51	2374	2.5	4	0.9	0	0	1	2	0	0	0
Côtes Calcaires Est Bassin Parisien	53	11474	12.1	29	6.5	0	3	10	10	8	0	0
Tables Calcaires-Nord Loire Perche	54	5564	5.9	29	6.5	0	6	17	9	1	0	0
Massif Armorica Nord Est	55	8835	9.3	53	12.0	5	7	19	9	8	1	0
Tables Calcaires Haute Normandie	57	12435	13.2	85	19.2	18	23	12	4	1	0	25
Massif Central Nord Morvan Charolais	87	1665	1.8	3	0.7	0	0	1	2	0	0	0
Total	17	94506	100.0	443	100	31	75	126	75	69	20	47

On constate que toutes les HER sont représentées exceptées les HER 25 et 28. Toutefois, il existe de grandes disparités, les cours d'eau des tables calcaires sont très bien suivies actuellement au détriment des têtes de bassin. Seule l'HER 36 présente des stations sur tous les ordres de ses cours d'eau .

C.2.3 LES LIMITES DU RNB...

Une étude interne réalisée en 1995 soulignait déjà les problèmes des réseaux de mesures de la qualité de l'eau et notamment le manque de clarté dans ses objectifs.

Il y était signalé que les réseaux ne permettaient pas l'évaluation de l'impact de l'action financière de l'agence lié au nombre insuffisant et la localisation inadaptée des stations (impossibilité de faire des bilans) mais aussi au choix du nombre de paramètres (pas forcément pertinent par rapport aux objectifs). L'étude suggérait d'une part de séparer les réseaux selon les objectifs (tableau 5).

Tableau 5 : Proposition de différenciation des réseaux selon les objectifs

Type de réseaux	objectifs
Connaissance générale	évaluation de la qualité du cours d'eau afin d'avoir une idée globale (peu précise mais fiable) de la situation.
Estimation des flux	Suivi des concentrations à l'aval des grands bassins (sortie de bassin)
Bilan	bilan des rejets urbains, industriels et des ouvrages sur le milieu naturel Suivi permanent des agglomérations, des zones industrielles et des zones de rejets Suivi temporaire (quelques années) dans le cadre d'études lors de la mise en œuvre d'un ouvrage Bilan des pollutions diffuses : impact des pollutions diffuses et dispersées sur le milieu aquatique (principalement agricole)

Une adaptation spatiale et temporelle des stations est proposée pour le bilan des pollutions diffuses :

⇒ Positionnement des stations de mesures en entrée et en sortie des zones agricoles peu urbanisées, et présence de stations témoins.

⇒ Fréquence faible et adaptée à l'activité agricole, aux crues et aux phénomènes de lessivage des sols.

Les manques décelés lors de cette étude de 1995 et la proposition de hiérarchisation des réseaux rejoignent les exigences de la Directive Cadre en terme de réseau de surveillance.

Les résultats fournis dans cette étude révèlent que le réseau actuel est bien trop porté sur la surveillance des grands cours d'eau et néglige les petits cours d'eau. Les têtes de bassin actuellement peu suivies au niveau du RNB devront l'être davantage. Les points noirs et les suivis des rejets doivent être ré assigné vers le contrôle opérationnel.

C.2.4 LES AUTRES RESEAUX DE MESURES

En complément du réseau de surveillance de la qualité des eaux, il existe des réseaux spécifiques nationaux et locaux.

⇒ Réseau hydrométrique

A maîtrise d'ouvrage Ministère, il est constitué de 340 stations (AESN, 2002) où sont effectuées, soit des mesures en continu des hauteurs d'eau, soit des mesures ponctuelles pour les jaugeages. Les données sont accessibles sur la banque HYDRO.

⇒ Réseau hydrobiologique et piscicole (CSP)

Il existe depuis 1995, et vise à évaluer l'évolution des potentialités et des peuplements piscicoles des rivières. Il s'agit d'un suivi ponctuel sur des tronçons de rivières prédéterminés et fixes dans les temps afin de constituer un historique de données exploitables. 143 secteurs de rivières sont prospectés 3 ou 4 fois par an afin de déterminer si les populations de poissons sont conformes aux potentiels des rivières et si elles sont en augmentation, stagnation ou régression

⇒ Les réseaux locaux

De nombreux réseaux locaux fournissent des informations complémentaires sur la qualité des eaux, ils sont mis en œuvre par divers partenaires pour répondre à des objectifs bien précis (tableau 6).

Tableau 6 : Objectifs des réseaux locaux (non exhaustif) de suivi de la qualité des eaux de surface (RNDE, 2004)

Nom et maître d'ouvrage des réseaux	Objectifs
DIREN	réseau de suivi complémentaire suivant les cas : connaissance et impacts
Les traiteurs d'eau (bassin de la Seine, Marne et Oise)	Suivi de certains paramètres pour définir les traitements nécessaires Déclenchement des alertes
Collectivités locales : Conseils généraux, syndicats intercommunaux...	Réseaux de connaissance du milieu Réseau de suivi d'un impact, d'une altération, de paramètres biologiques
Les Institutions Interdépartementale des Barrages Réservoirs des Bassins de la Seine (IBRBS)	Surveillance de la qualité des plans d'eau (hydrologie, physico-chimie, biologie)
Parc Naturel régional (Morvan, Vexin)	Connaissance du milieu naturel

C.3 Le concept EuroWaternet pour la définition d'un réseau représentatif

Deux études IFEN ont porté sur la mise en œuvre du réseau l'Eurowaternet conformément aux demandes de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE). Elles traitent de la qualité de l'eau des cours d'eau vis-à-vis des nutriments azote et phosphore, elles ont permis de réviser et d'ajuster la méthodologie, et de dégager une procédure de construction de réseau représentatif, applicable pour différents critères de représentativité (Crouzet, 2001a). Ces objectifs principaux portent sur l'évaluation des politiques sectorielles (efficacité des mesures pour mettre en œuvre les directives, analyse coût bénéfice).

La méthode est développée en 3 étapes

- ⇒ La caractérisation des bassins versants et des stations ;
- ⇒ La sélection de stations représentatives ;
- ⇒ L'application et la présentation de résultats sur la qualité de l'eau.

C.3.1 CARACTERISATION ET TYPOLOGIE

Les paramètres pris en compte sont basés sur les recommandations du CTE/EC³. La stratification s'appuie sur la notion de force motrice, définie comme la cause primaire générant les pressions. En effet, des critères basés sur des émissions de polluants sont variables dans le temps, et de ce fait, ils sont inopérants pour la sélection de stations. La réponse du milieu sera certainement plus lente que l'évolution dans le temps des flux de polluants (ex : eaux usées suivant le rendement d'assainissement). Aussi, la force motrice représente un paramètre invariant par rapport au phénomène mesuré, qui est ici l'évolution de la concentration dans la rivière (Crouzet et Wagner, 2004).

L'identification des forces motrices a fait l'objet de travaux pour la définition des écarts à l'objectif DCE, le guide IMPRESS donne une liste des forces motrices influentes sur le milieu naturel classée en quatre grands thèmes : Il distingue les forces pollution, altération de l'hydrologie, de la morphologie et de la biologie (Impress management, 2002).

La stratification Eurowaternet adopte des critères qui ont des relations causales fortes sur la concentration des substances dans les cours d'eau : taille de Bassin Versant, indicateurs de

³ Centre Thématique Européen des Eaux Continentales

pressions appelées « forces motrices » (Crouzet et Wagner, 2004) : agricole intensive, agricole élevage, mixte, urbaine, densément urbaine, faible pression.

C.3.2 SELECTION DES STATIONS

Une sélection représentative de stations pour le réseau " EUROWATERNET " a été faite à partir du RNB en visant l'objectif de densité fixé pour le réseau européen (1 pour 1000 km²). Des règles de sélection des stations selon leurs caractéristiques ont été définies et programmées dans la Base Thématique des Eaux Continentales de l'IFEN selon les critères suivants (figure 9).

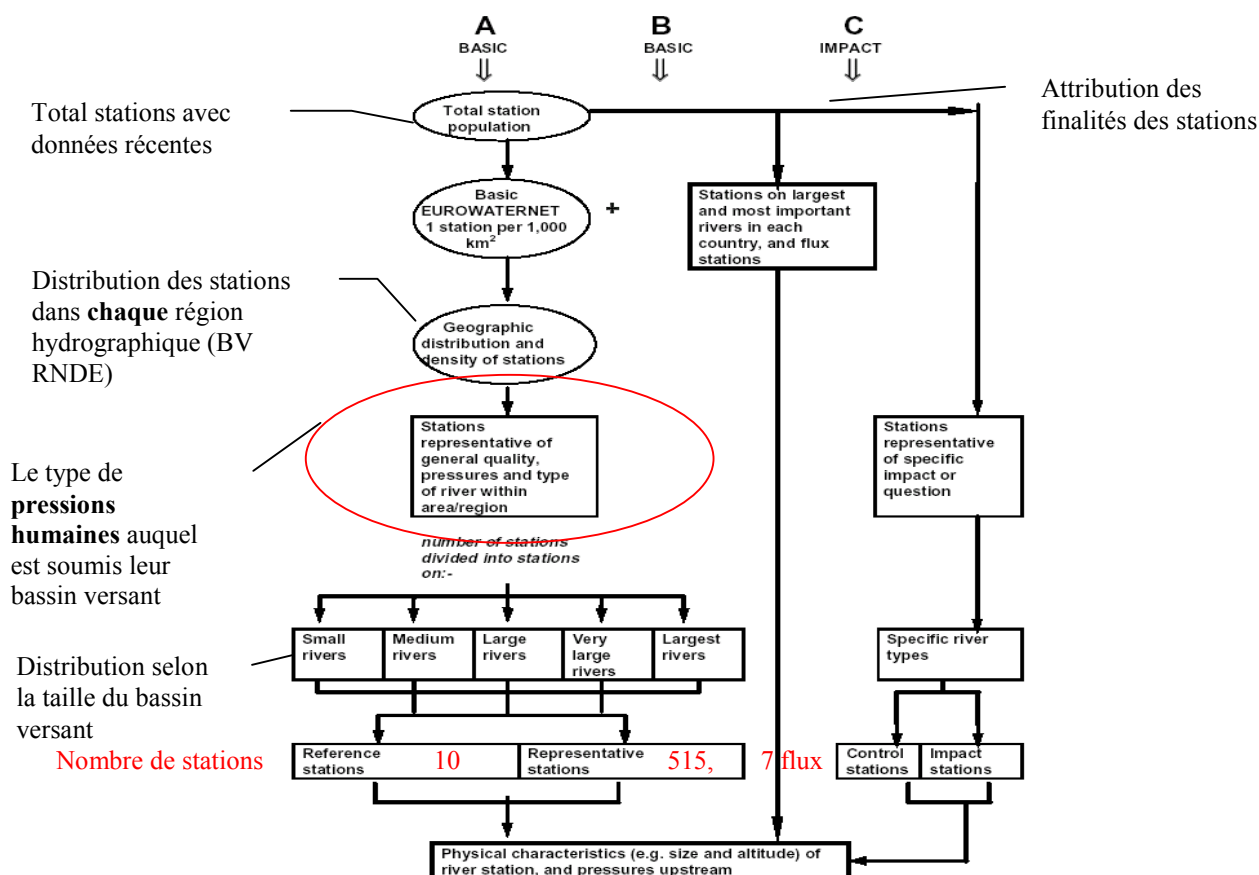


Figure 9 :Illustration de la procédure de sélection des stations de contrôle de surveillance et opérationnel du réseau EuroWaternet (EEA, 1998) et application en France (IFEN, 2001)

C.3.3 RESULTATS

Afin d'atteindre le nombre de stations fixé pour Eurowaternet (550 pour la France), il a donc fallu porter à **une station pour 800 km²** la densité cible dans les calculs de sélection. L'obtention du nombre de stations a pour conséquence une modification substantielle de la distribution géographique des stations. Le réseau français proposé à partir de 1998 comporte 552 stations appartenant à 4 types possibles pour le rapportage (figure 9).

C.3.4 CRITIQUE DE LA METHODE

Les critères retenus sont simples et peu évolutifs, particulièrement adaptés à la définition de réseaux **d'observation**. Cependant, la méthode utilisée soulève certaines questions :

⇒ L'incidence des critères et des classes de stratification et de présentation des résultats (unité géographique de prise en compte, description du type physique du cours d'eau, définition des classes par analyse typologique), sur la construction du réseau;

⇒ L'incidence des critères de représentativité (longueur de tronçon, longueur pondérée par le débit...);

⇒ L'intérêt d'adopter une méthode de pondération des résultats (qui permet de valoriser la totalité de l'information disponible, au prix d'une précision différente d'une strate à une autre) en alternative à une sélection de stations (plus simple à réaliser, mais amenant à une perte d'information);

⇒ La prise en compte des différentes précisions (précisions requises, précisions obtenues, influence de la fréquence d'échantillonnage).

Ce nouveau concept d'intégration des émissions dans la mise en place des réseaux de surveillance est intéressant dans le cadre où l'objectif du suivi étant de caractériser les impacts de ces émissions dans le milieu.

Partie II : Travaux de définition du réseau de surveillance sur le bassin Seine Normandie

D Méthode de définition d'un réseau représentatif sur le bassin

L'objectif de ce travail est d'identifier les outils qui vont permettre de mettre en œuvre un réseau de surveillance représentatif sur le district de la Seine et des côtières normands. A la suite de ce travail, des suggestions de répartition des stations de surveillance seront émises pour répondre aux demandes de l'agence, et notamment pour la mise en œuvre de la DCE.

Il est essentiel pour la définition d'un réseau de surveillance de définir ses objectifs, ainsi on pourra choisir les déterminants qui serviront à la désignation des stations de mesures suivant une logique adaptée.

On souhaite comprendre l'hydrosystème de la manière la plus pertinente, ce qui soulève les questions suivantes :

- ⇒ Quels sont les paramètres qui vont agir sur la qualité des cours d'eau ? Comment les prendre en compte ?
- ⇒ Comment positionner les réseaux en considérant ces variables? Quelle « règle » peut on adopter pour avoir des stations qui traduisent au mieux le fonctionnement milieu naturel?
- ⇒ Comment définir des populations homogènes de cours d'eau sur des bases statistiques?

Ce chapitre exposera certains concepts en vigueur sur la connaissance de l'hydrosystème et la mise en œuvre d'un réseau de surveillance représentatif.

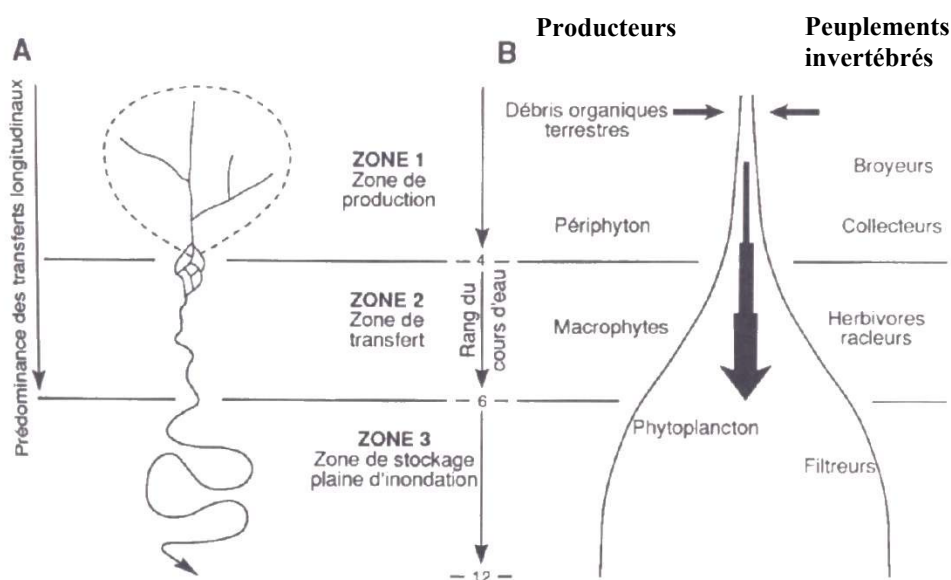
D.1 Hiérarchisation et agencement du réseau hydrographique

Dans un souci de comprendre l'hydrosystème, différents concepts ont vu le jour, ils ont donné lieu à la définition de typologie des milieux aquatiques. Parmi celles ci, on peut citer la zonation longitudinale rithron, potamon d'Illies (1961) que l'on peut mettre en relation avec la typologie d'Huet (1949) sur les peuplements piscicoles, regroupées dans la zonation ornithologique de Roché (Roché et Frochot, 1993). Elles obéissent à un gradient amont- aval par bassin versant.

D.1.1 L'HYDROSYSTEME : DU CONCEPT DE CONTINUUM FLUVIAL A LA NOTION DE MOSAIQUE

1. Le concept du continuum fluvial (Vannote et al, 1980)

Le bassin hydrographique naturel depuis sa source à son embouchure offre un gradient continu de conditions physiques (Vannote et al, 1980). Les communautés fluviales seraient adaptées de façon à se conformer à leur position moyenne dans le système physique. C'est ainsi que les producteurs et les consommateurs caractéristiques vont coloniser des conditions physiques spécifiques du chenal ; « les communautés biologiques forment un continuum temporel de remplacements synchronisés d'espèces » (Vannote et al, 1980). Ce concept assure une optimisation de l'énergie du système par des stratégies de transformation, les populations en aval profitant de l'inefficacité des populations amont à la transformation (figure 10).



**Figure 10 : Dimension longitudinale des systèmes fluviaux :
A) zonation de Schumm (1977) et B) Concept du continuum fluvial (Vannote et al, 1980)**

Le modèle est développé en distinguant 3 classes de taille de cours d'eau : les têtes de bassin (rang 1-3), les moyens cours d'eau (rang 4 à 5) et les grands cours d'eau (>6). Il souligne que **la diversité serait la plus importante dans les cours d'eau de taille moyenne** (rang 3 à 5) où les variations de température sont grandes au contraire des têtes de bassin colonisées par des espèces sténothermes. Ces conditions de variabilités favorisent une stabilité énergétique et la colonisation d'un large panel d'espèces. Les communautés sont structurées de sorte d'utiliser les matériaux disponibles pour minimiser les variations structurelles et fonctionnelles du milieu.

2. Discontinuités de la dimension longitudinale

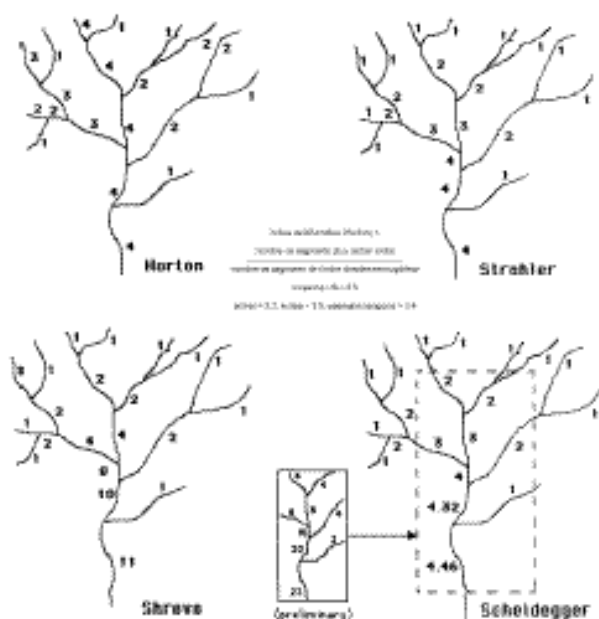
Plus tard, la notion de continuum est reprise et complétée: les fonctions qui relient les éléments du système entre eux sont rarement continues (Bravard et Gilvear, 1993), le réseau hydrographique serait davantage organisé en « marche d'escalier », liés aux apports des affluents qui sont susceptibles modifier la pente par exemple (Bruns et al, 1985). Le gradient discontinu des paramètres physiques d'amont en aval, ou notion de « mosaïque » remet en question l'évolution naturelle des zones de tressage en zones à méandres, préférant une **juxtaposition complexe de secteurs caractéristiques** des cours d'eau d'amont en aval.

3. La dimension transversale

En plus du continuum fluvial, il existe des interactions entre le chenal principal et le lit majeur de la rivière. Cette notion de *mosaïque* donne de l'importance au rôle géomorphologique et écologique du corridor fluvial (Minshall et al, 1985), la ripisylve est considérée comme un ruban de continuité. Les variables motrices sont constituées par le climat et la géologie qui détermine l'hydrologie, l'érosion et les débits solides et liquides. cette notion est plus difficile à prendre en compte dans le cadre d'une surveillance patrimoniale des cours d'eau.

D.1.2 LES PARAMETRES DE CONTROLE

L'ordre ou le rang de cours d'eau est une variable intéressante qui permet d'apporter des éléments sur la hiérarchie, la densité et la structure des réseaux hydrographique. Le système de classification de l'ordination de Strahler est élaboré de la manière suivante (figure 11):



⇒ Par l'attribution d'un code numérique indiquant la position d'une portion de cours d'eau situé entre 2 confluences.

⇒ Par la hiérarchisation du réseau hydrographique, par l'importance croissante de ses éléments, depuis les ramifications originelles de l'amont dépourvus de tributaires (ordre 1) jusqu'au collecteur principal (Strahler, 1957).

Figure 11: Méthodes d'ordination

D'autres méthodes évolutives (figure 10) accordent de l'importance à la progression des ordres sur l'artère principale et l'évolution du débit d'amont en aval (Shreve, 1967 : Scheidegger, 1965), celles ci sont moins utilisées. Il est à noter que l'ordination est intimement liée à la précision d'étude du réseau hydrographique, c'est pourquoi il existe une variabilité des ordres entre les bassins (Malavoi, 2000).

D'autres paramètres physiques et climatiques interviennent dans l'organisation de l'hydrosystème. Le réseau hydrographique est d'autant plus dense que le climat est plus humide, que les pluies sont plus abondantes, les pentes plus fortes, les roches ou formations superficielles moins perméables. L'agencement des éléments du réseau dépend de la structure, de la géologie et du relief. Le milieu aquatique constitué par le biotope et les biocénoses aura une réponse différente suivant les paramètres de contrôle qui le soutiennent (figure 12).

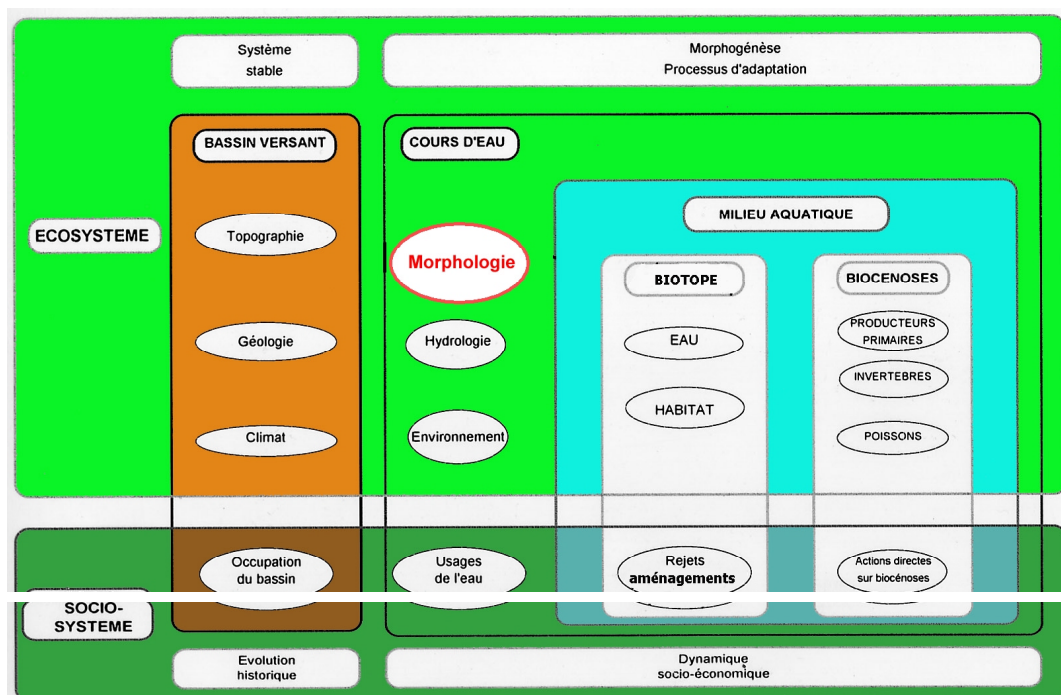


Figure 12 : Déterminants du fonctionnement d'un hydrosystème, prise en compte des pressions anthropiques (Malavoi, communication personnelle)

Les hydro- écorégions (HER) consistent en une régionalisation du territoire basée sur les déterminants primaires du fonctionnement des cours d'eau (géologie, relief, climat), elles décrivent le fonctionnement abiotique du milieu. Outil de délimitation des masses d'eau, la répartition des HER de niveau 2 sera analysée spatialement sur le réseau hydrographique.

La taille des bassins versants est une variable essentielle pour l'évaluation de la qualité de l'eau. Elle permet de prendre en compte les apports du bassin versant, les flux de pollution et la capacité épurative du milieu naturel, déterminante pour l'exploitation des analyses d'eau. Par ailleurs, elle constitue un outil pour évaluer la variabilité de l'hydrosystème par ordre de cours d'eau.

D.2 Analyse de l'activité humaine sur le bassin

Le système aquatique va s'adapter aux déterminants physiques du milieu sur lequel il repose. A cela s'ajoute les pressions anthropiques qui agissent sur le cours d'eau (figure 11).

Les données utilisées pour l'état des lieux du bassin s'appuient sur des estimations des émissions et de leur impact sur le milieu par classe de polluant. Il s'agit d'une évaluation de la variation de concentration d'un paramètre entre l'amont et l'aval d'une zone hydrographique en tenant compte des rejets industrielles et domestiques. Ces informations ponctuelles constituent des pressions, mais celles-ci sont variables au cours du temps, c'est pourquoi elles ne peuvent être un critère pour définir un réseau de connaissance du milieu aquatique.

En bref, un réseau patrimonial qui s'appuie sur un critère de quantification de l'impact des pressions n'est pas valide puisqu'il est très variable dans le temps. Il semble préférable d'appréhender le réseau en recherchant les facteurs à l'origine de la production de pollution : C'est la démarche entreprise dans le cadre du réseau Eurowaternet.

La stratification Eurowaternet (cf § C.3) a été développée pour déterminer l'architecture des réseaux de mesures adaptée aux exigences européennes de rapportage (AEE et DCE). Une stratification « forces motrices » est définie à partir de l'occupation des sols et de la densité de population par zone hydrographique (agricole, urbain). 7 classes de pressions en sont ressorties et doivent permettre une analyse des politiques sectorielles (ex : directive eaux résiduaires urbaines). Dans un premier temps, l'analyse portera sur la répartition des strates avec les critères d'origine (Crouzet et Wagner, 2004), puis elle sera combinée à l'analyse du réseau hydrographique sur la bassin

Pour valider les tendances de la qualité des eaux suivant les forces motrices, les données physico-chimiques des stations RNB sont analysées et testées statistiquement afin de déterminer les différences majeures entre strates.

D.3 Proposition des réseaux de surveillance

D.3.1 CHOIX DES CRITERES DE DEFINITION DU RESEAU

Le principe est de connaître le nombre de stations nécessaires à évaluer l'impact des pressions sur le milieu aquatique par sondage stratifié. Les critères de définition du réseau seront rattachés à la variabilité du milieu naturel. Ainsi, la répartition des stations fera l'objet d'une pondération liée notamment à la taille des cours d'eau et aux activités anthropiques susceptibles d'influer sur l'environnement aquatique.

D.3.2 DEMARCHE STATISTIQUE

La problématique de construction de réseaux dits «représentatifs» de la qualité des eaux de l'hydrosystème est récente. Elle fait appel à une démarche statistique qui n'a fait l'objet que d'études ponctuelles (intra-agence, note d'orientation). Pour répondre aux exigences européennes, des travaux ont été menés en intégrant une analyse des méthodes à utiliser pour la construction du réseau de surveillance (Crouzet et Wagner, 2004)

Elle mentionne deux options pour construire un réseau de surveillance réel représentatif :

⇒ faire un plan d'échantillonnage à précision constante, en définissant au sein de chaque sous-population d'individus n_i à évaluer, un taux de sondage $\tau_i = n_i / N_i$ déterminé en fonction de l'effectif total N_i et de la variabilité des paramètres à évaluer au sein de chaque strate pour avoir la même précision au sein de chaque strate.

⇒ faire un réseau spatialement et donc cartographiquement représentatif et définir le taux de sondage $\tau = n / N$ en fonction de l'effectif total N et de la variabilité des paramètres à évaluer au sein de la population totale.

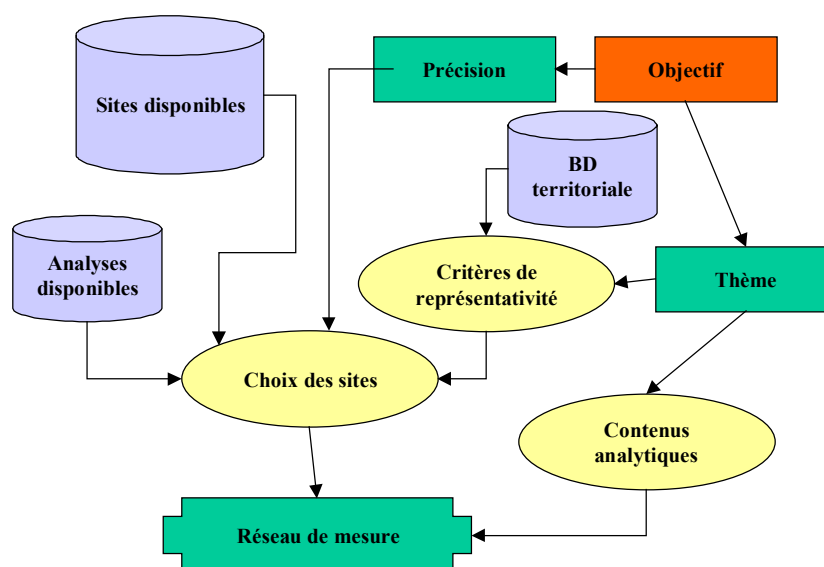
La première méthode s'écarte de la notion de proportionnalité basée sur le poids de la sous population par rapport à la population globale de stations au profit de la précision à l'intérieur de chaque groupe. Au contraire, la seconde méthode confère au réseau une représentation cartographique conforme à la réalité : la taille de la sous population n_i de chaque strate est proportionnelle à son poids relatif N_i / N au sein de la population globale. Cependant, elle minimise les variabilités intra strate. D'un point de vue statistique, il faudra choisir l'individu statistique le plus pertinent sachant qu'un seuil de 30 individus est nécessaire pour appliquer l'approche par sondage.

Pour caractériser un bassin versant, la 2nde méthode semble la plus facile à mettre en œuvre, et la plus homogène (nombre total connu). Il est possible de définir ce réseau par « tranche », correspondant à un objectif de suivi spécifique sachant que le réseau de surveillance optimal pour mesurer les nitrates ne sera pas le même que celui pour mesurer les pesticides ou les MES. Dans le cas de la définition du réseau de surveillance DCE, la démarche proposée est la suivante (Crouzet et Wagner, 2004) :

1. Choix d'une méthode de construction du réseau réel
2. Définir et évaluer un **réseau cible** auquel chaque réseau réel pourra être comparé (N stations total)
3. Définir des scénarios du nombre de points de mesure constituant des réseaux réels, pour le premier objectif de mesure
4. Evaluer la distance entre le réseau idéal cible et le réseau réel, il est alors possible de retenir un objectif en nombre de points de mesure,
5. Appliquer les règles de fréquence de mesure et de listes des déterminants
6. Reprendre les étapes 1 à 5 pour chaque objectif de suivi
7. Consolider le réseau final, en retouchant les points pour répondre aux exigences particulières.

Dans la suite du travail, on s'est intéressé aux quatre premières étapes de la démarche.

En résumé, la figure 13 résume les éléments à prendre en compte pour la définition d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux.



¹ BD territoriale : base de données (réseau, HER...)

Figure 13 : Schéma conceptuel de définition d'un réseau de surveillance pour la connaissance de l'hydrosystème

Il ne faut pas perdre de vue qu'il existe déjà un réseau de surveillance riche en information. La démarche suivante sera de comparer les propositions de réseaux à celui existant pour optimiser la distribution des stations et proposer une localisation des stations selon les avis d'experts et les données disponibles (paramètres mesurés, chroniques...).

D.4 Données disponibles

Le travail préliminaire de construction de base de données est déterminant. Il s'agit de récupérer les diverses sources de données (tableau 7 et 8) et de les combiner par traitements Access® et Arcview® afin d'obtenir des bases homogènes sur le bassin

Plusieurs échelles et donc populations sont disponibles pour l'analyse du réseau hydrographique (tableau 7), chacune sera étudiée selon les objectifs de connaissance des eaux de surface.

Tableau 7 :Source, description, échelle des données utilisées pour le réseau hydrographique

Individus	description	Réseau total Bd Carthage d+	Drains principaux
Tronçon	Codification des tronçons	5126 tronçons attribués par rang	978 Drains principaux correspondant aux ZH
Linéaire	Calcul des linéaires des tronçons	31 642 km de cours d'eau décrit	15 080 km de cours d'eau
Surface	Surface des ZH	Surface total par ZH du bassin	Surface total par ZH du bassin
Masse d'eau	MEV2 et MEV3	Masses d'eau définies en linéaire pour le <u>drain principal</u>	417 masses d'eau linéaire rivières

NB : La Bd Carthage (Base de Données CARTographiques THématiques des AGences de l'Eau) est adapté du thème « hydrographie » de la base Bd Carto® produite par l'IGN. Le référentiel a été élaboré dès 1994 (version 1) par les agences de bassin avec une codification adaptée ainsi qu'un découpage du réseau en zones hydrographiques. L'AESN possède la version 2.4 de la Bd Carthage (1998).

Pour caractériser le bassin hydrographique, un certain nombre de données ont été utilisées sous diverses formes (tableau 7)

Tableau 8 : Nom, source, échelle des bases de données utilisées pour caractériser le bassin

Information	Nom	Source	Echelle
Utilisation du sol	Corine Land Cover (CLC)	IFEN, 2000	Pixel
Eurowaternet	Hydrosol (combinaison CLC, communes, ZH)	IFEN, 2001 revu en 2004	Zone hydrographique ,synthèse bassin RNDE
Forces motrices	Population, cheptel	RGA, 2000	
Pressions morphologiques	Réseau d'observation du milieu (ROM)	CSP, 2003	Contexte piscicole
Hydro- écorégions	Niveau 1 Niveau 2	CEMAGREF, 2002	Zone hydrographique
Stations qualité des eaux de surface	Base Analyse qualité des Eaux (AQE)	AESN, 2004	Caractérisation multi-paramètres par station

E Résultats des analyses

E.1 Caractéristiques naturelles du bassin

Il s'agit de la caractérisation du réseau hydrographique des cours d'eau du bassin de la Seine et des côtiers normands. La démarche pour la suite du travail combine un état des lieux pour le linéaire codifié par déterminant et des perspectives d'amélioration sur le bassin, en utilisant le réseau de surveillance « patrimonial » actuel (RNB) à titre de comparaison.

E.1.1 REPARTITION PAR HYDROECOREGIONS

E.1.1.1 Les HER sur le bassin de la Seine et des Côtiers normands

Le bassin Seine Normandie traverse 17 HER2 (carte 7). La délimitation initiale (Wasson et al, 2002) a été légèrement modifiée par expertise locale.

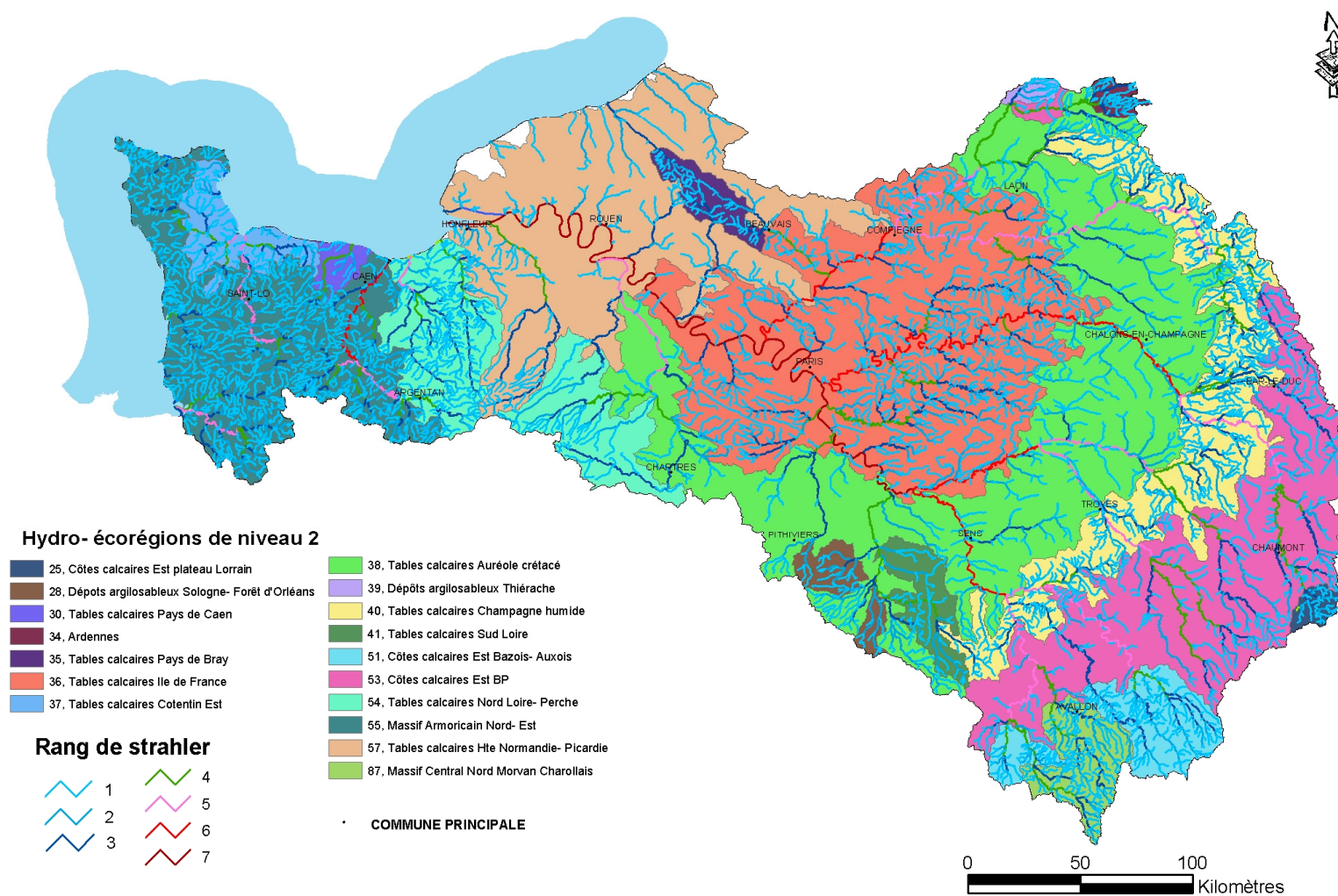
Le bassin de la Seine repose sur les **tables calcaires** pour la majeure partie de son linéaire (60%), regroupées dans les HER 35,36,37,38, 40,41. Ce sont des régions de plaine, d'altitude inférieure à 200 m, le sous-sol est formé de roches sédimentaires tabulaires en majorité carbonatées. Les différentes tables présentent des variations de perméabilité induisant des différences dans la densité du réseau de drainage ou des différences de dureté et de résistance à l'érosion.

La partie amont du bassin est constituée pas **les côtes calcaires** de l'Est Bazois- Auxois (51) et Bassin Parisien (53). Elles se différencient des tables calcaires par des reliefs de cotes disposées en auréole concentrique. Les reliefs s'échelonnent entre 200 et 400 m, et les formes plus hétérogènes entre plaines argileuses humides et plateaux calcaires à vallées sèches. Le gradient climatique d'ouest en est se manifeste par des précipitations sensiblement plus abondantes.

Les côtiers normands s'écoule à travers le **massif Armoricaïn** (HER 55) que l'on distingue par ses roches primaires dures, imperméables, et non carbonatées, un relief de collines peu accentué et un climat océanique.

Certaines HER sont très faiblement représentées en tête de bassin (7,4 % pour l'ensemble): il s'agit du plateau lorrain (25), des dépôts argilosableux de Sologne (28) et du Thiérache (39), des Ardennes (34), et du Massif Central Nord Morvan Charollais (87). Les tables calcaires Champagne humide et le Massif Armoricaïn présentent des réseaux plus denses que les autres régions.

carte 7 : Réseau hydrographique : linéaire total par rang et hydroécorégion



Cependant, une étude des données qualité par HER n'indique pas de différences marquées par paramètre de qualité physico- chimique classique (SEQ-eau) si l'on considère les types naturels de cours d'eau sans analyse des pressions (Aquascop, 2003). Les peuplements biologiques sont en revanche plus sensibles à ces paramètres physiques.

Le tableau 9 fait une synthèse des avantages et inconvénients du paramètre HER.

Tableau 9 : Intérêts du paramètre Hydroécocorégion

Avantages	Inconvénients
Entités physiques similaires	Hétérogénéité des surfaces,
Paramètres de délimitation des masses d'eau (typologie DCE)	Impossible d'obtenir des populations suffisantes permettant le traitement statistique dans les petites HER2
	Découpage par expertise
Outils pour la définition des références biologiques	Les groupements faunistiques associés ne sont pas encore complètement définies.
	Difficulté de relier les informations qualité des eaux avec les entités physiques

E.1.1.2 Prospective de réseau représentatif selon les hydroécocorégions

Les hydroécocorégions renseignent sur la notion de densité de drainage, c'est ainsi que l'analyse surfacique ne donne pas la même image du bassin que l'analyse linéaire. Un échantillonnage à précision constante surfacique ne semble pas la meilleure option de définition des stations par régions homogènes.

Une évaluation du nombre de stations nécessaires pour représenter les HER selon les proportions linéaires et surfaciques qu'elles recouvrent est indiquée sur la tableau 10, l'analyse s'appuie sur la densité cible du RNB, c'est à dire 443 stations.

Tableau 10 : Répartition des stations par hydroécorégion

Hydroécorégion de rang 2 (Wasson et al, 2002)	code HER2	stations RNB	Répartition proportionnelle des stations (en nombre)		
			linéaire total	linéaire drain principal	analyse des manques (linéaire dppal)
Côtes Calcaires Est Plateau Lorrain	25	0	2	3	2
Dépôts argilo-sableux Sologne-Forêt d'Orléans	28	0	4	5	4
Tables Calcaires Pays de Caen	30	5	5	6	
Ardennes	34	1	5	5	4
Tables Calcaires Pays de Bray	35	3	4	2	1
Tables Calcaires Bassin Parisien-Ile de France	36	122	93	93	-29
Tables Calcaires Cotentin Est	37	15	12	9	-3
Tables Calcaires-auréole crétacé	38	63	60	65	-3
Dépôts argilo-sableux Thiérache	39	2	2	2	
Tables Calcaires Champagne Humide	40	27	57	49	30
Tables Calcaires-Sud Loire	41	2	5	5	3
Côtes Calcaires Est Bazois Auxois	51	4	15	11	11
Côtes Calcaires Est Bassin Parisien	53	29	37	39	8
Tables Calcaires-Nord Loire Perche	54	29	29	26	
Massif Armoricaire Nord Est	55	53	64	49	11
Tables Calcaires Haute Normandie	57	85	35	50	-50
Massif Central Nord Morvan Charolais	87	3	15	23	12
Total- densité cible	17	443	443	443	0

⇒ Exemple : comparaison des bassins de la Marne, de l'Oise et de l'Yonne

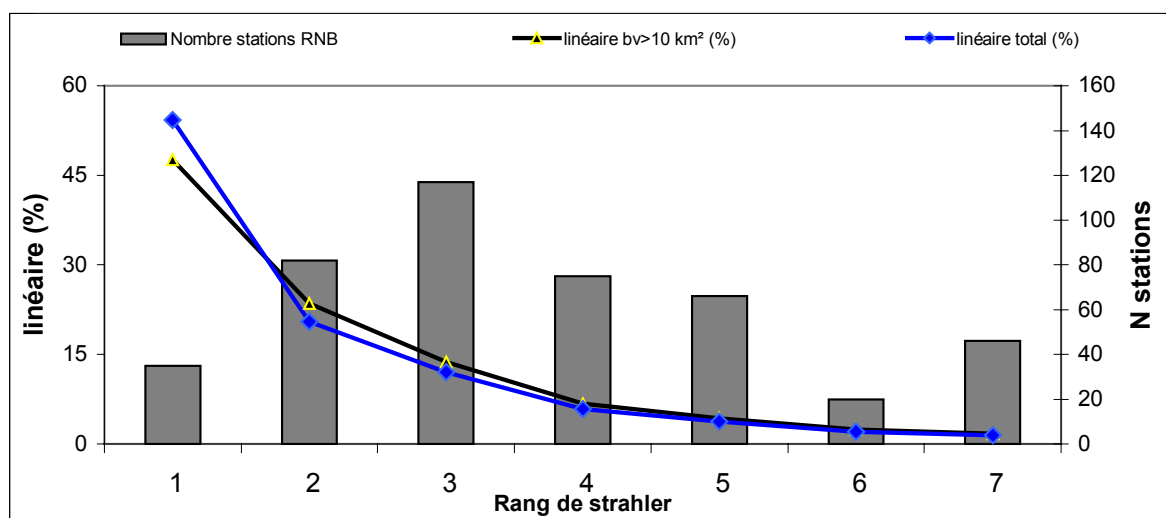
Il est intéressant d'étudier trois grands bassins d'ordre 6 qui rejoignent la Seine évaluer leurs similarités. L'Yonne, la Marne et l'Oise s'écoulent sur les tables calcaires (HER 36 et 38) avec une pente similaire. Elles recueillent les écoulements de bassins versants supérieurs à 10000 km² D'un point de vue hydrologique, ce sont les principaux affluents de la Seine avec des débits caractéristiques similaires. L'activité dominante de ces bassins versants est constituée par les grandes cultures.

Les similarités de ces rivières sont nombreuses. Si l'on souhaite étudier l'impact des pratiques culturelles sur le milieu naturel, mettre en relation les évolutions de la qualité de l'eau de ces trois ensembles semble un outil de comparaison intéressant pour la gestion du bassin.

E.1.2 REPARTITION DU LINEAIRE PAR RANG DE STRAHLER

La figure 14 représente le linéaire de cours d'eau réparti par ordre de Strahler. On constate que le rang 1 constitue plus de la moitié des tronçons, avec plus de **54%** du linéaire. En revanche, les cours d'eau de taille moyenne (type b), de rangs 4 et 5 représente un peu plus de 10% du linéaire alors que les grands cours d'eau (rang 6 et 7) n'atteignent pas 4% du linéaire. Selon la typologie de

l'état des lieux, on constate la prédominance des cours d'eau de type A (rangs 1, 2 et 3) qui constituent plus de 86% du linéaire. Les données sont extraites des bassins de taille supérieure à 10 km², échelle valide de la Bd Carthage.



**Figure 14 : Répartition du linéaire et des stations RNB par ordre de Strahler
(en % du linéaire total sur le bassin)**

La répartition des rangs sur le bassin de la Seine d'une part et des côtiers normands d'autre part est menée afin de montrer d'éventuelles différences entre ces deux grandes entités du bassin. Les résultats n'indiquent pas de variabilité fondamentale dans la répartition du linéaire par rang de Strahler : pour le bassin de la Seine, les variations sont comprises entre 0.5 et 2.5 % par rapport au linéaire total (bassin), tandis que la différence majeure en basse Normandie consiste en une forte densité de cours d'eau de rang 1 (65 %). La prédominance de petits cours d'eau peut donc être généralisée à l'ensemble du bassin. Elle n'est pas spécifique des bocages normands.

Le tableau 11 résume les points forts et faibles d'une typologie basée sur les rangs de Strahler.

Tableau 11 : Intérêts du paramètre "rang de strahler"

Avantages	Inconvénients
Robuste, simple à mettre en œuvre Largement utilisée Outil de délimitation des masses d'eau (typologie DCE)	L'ordination dépend de l'échelle d'analyse, il existe plusieurs type d'ordination du bassin Seine Normandie Ne prend pas en compte l'apport d'affluents pouvant jouer un rôle important (affluent de rang 4 vers cours d'eau de rang 5) Dépend de l'échelle d'observation (linéaire codifié) d'où une hétérogénéité de l'ordination entre les bassins (Wasson et al, 2002) Ex : Décalage d'un rang sur les tables calcaires entre les ordinations Seine Normandie et Loire Bretagne

E.1.2.1 Un réseau de surveillance représentatif de l'ordre des cours d'eau

En prenant en compte le rang de Strahler uniquement, les stations de surveillance se répartissent à plus de 80% sur les cours d'eau d'ordre 1, 2 et 3, selon une loi proportionnelle au linéaire. Selon un scénario équivalent au RNB actuel, le nombre de stations à placer par ordre de cours d'eau est indiqué dans le tableau 12. Le rang 1 rassemble plus de la moitié des stations. Cette approche va dans le sens d'un effort de surveillance de la qualité des eaux en tête de bassin, sur les affluents et les cours d'eau côtiers. En revanche, les cours d'eau récepteurs (grandes rivières) seraient nettement moins suivis.

Tableau 12 :Prospective de distribution des stations par rang de strahler

Rang de strahler	scénario idéal	scénario idéal (BV>10 km ²) ⁴	modification RNB (scénario idéal)
1	240	211	+205
2	104	104	+22
3	61	61	-56
4	30	30	-45
5	19	19	-47
6	11	11	-9
7	8	8	-38

⁴ Dans cette analyse, on ne considère que les bassins versant de taille supérieure à 10 km², tout en sachant que les tailles des rangs 2 ne sont pas informées.

On peut émettre une réserve à cette analyse : les cours d'eau de rang 1 sont très diversifiées d'un point de vue morphologique et géographique (carte 5), donc les possibilités d'extrapolation des mesures de qualité sont limitées, les phénomènes locaux restent prédominants. Si les petits cours d'eau représente un linéaire important, leur influence du point de vue des débits est limitée. Selon une étude sur le bassin de la seine, les cours d'eau de rang 1, 2 et 3 ne représentent que 12% de la surface en eau et 6% du volume total d'eau sur le bassin hydrographique (Guerrini et al, 1998).

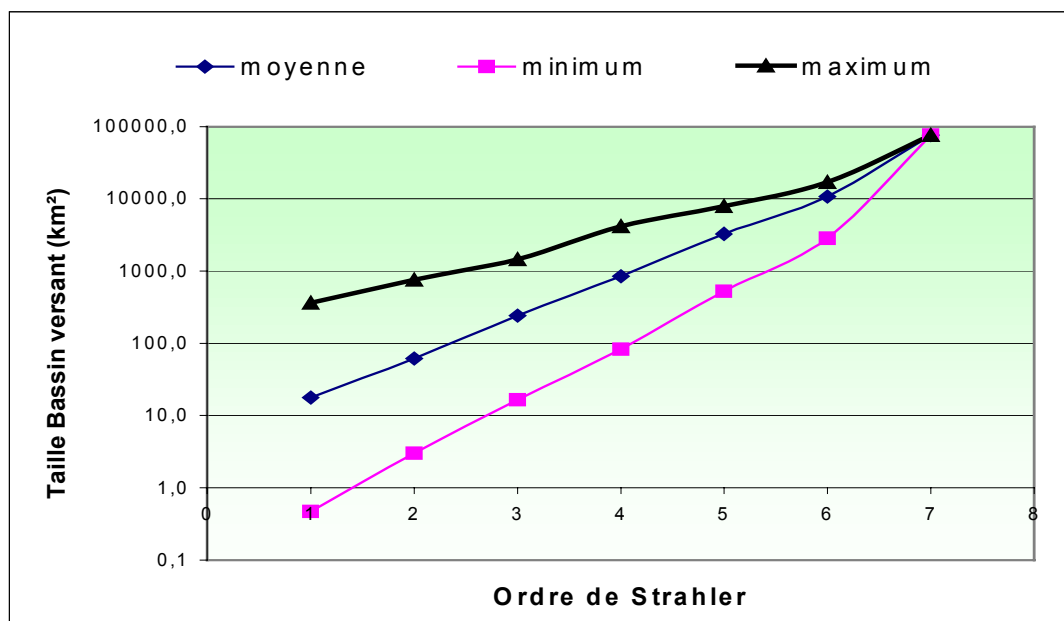
La stratégie d'échantillonnage basée sur la proportionnalité des rangs sur Seine Normandie instaure une modification du réseau actuel, 2 options sont à envisager:

- Augmenter le nombre total de stations pour pouvoir suivre de manière pertinente les grands cours d'eau, notamment l'Oise, la Marne, l'Yonne, et la Seine aval et prendre en compte les débits caractéristiques du bassin.
- Pondérer la proportionnalité avec d'autres paramètres comme la vulnérabilité aux pollutions (donner des coefficients selon la taille du cours d'eau).

E.1.2.2 Taille des bassins versants par rang

Cette analyse sur la taille des bassins versant par rang vient compléter la caractérisation de l'ordination du bassin, l'essentiel des données étant fourni en terme de linéaire. La surface des bassins versants est mesurée pour un échantillon de tous les cours d'eau .

Elle a été calculée à chaque nœud aval du couple cours d'eau/ rang,
les résultats disponibles sont reportés dans la figure 15.



¹ La taille des bassins versants par rang de cours d'eau est calculée par traitements géographiques des données MNT. Des difficultés de mise en œuvre se sont posées pour les tronçons de rang 1 et 2 par la multiplicité des cas (affluents de grands cours d'eau, rencontre de cours de même rang sur le bassin amont), les résultats de 3606 tronçons sont présentés sur les 5126 codifiés.

Figure 15 : Surface des bassins versants par ordre de strahler sur le bassin Seine Normandie et données statistiques (échelle logarithmique)

Les cours d'eau de bassin versants supérieur à 2500 km² appartiennent aux ordres supérieurs à 4. Les bassins versants de rang 1 constituent près de 40 000 km², c'est à dire plus d'un tiers de la surface du bassin Seine Normandie. Les cours d'eau de rang 3 ont un bassin versant compris entre 20 et 1000 km². La forte hétérogénéité des tailles de tous les ordres de cours d'eau témoigne de la variabilité des rangs, qui soulève le problème d'utiliser l'ordre de cours d'eau comme paramètre définissant la taille du bassin versant.

80% du linéaire sur le bassin est constitué par les petits cours d'eau

La répartition des stations RNB n'est pas représentative du linéaire par rang de cours d'eau

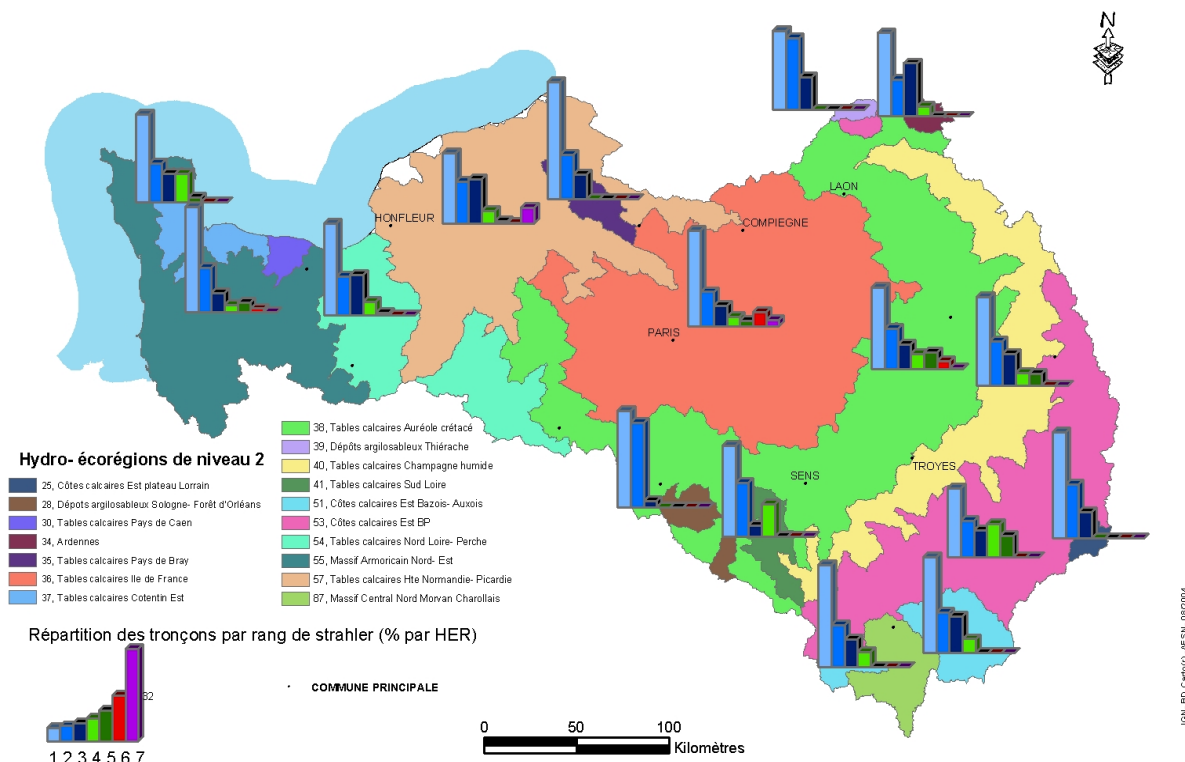
Le rang de Strahler est une variable hétérogène pour la taille des bassins versants et des débits.

E.1.3 COMBINAISON HER ET RANG DE STRAHLER

E.1.3.1 Caractérisation de l'hydrosystème

Les données linéaires par rang sont associées aux HER pour caractériser les tronçons de cours d'eau par les couples HER et rang (carte 8). A travers cette analyse, il est possible de mettre en évidence les variabilités de densité de drainage et de répartition des rangs par hydroécorégion. Les diagrammes représentent la proportion de tronçons par rang de cours d'eau, identifiée par HER..

carte 8 : Représentation graphique des rangs de cours d'eau par hydroécorégion



NB : l'HER 30 n'est pas représenté en diagramme car l'échantillon de cours d'eau n'est pas représentatif.

Les têtes de bassin de la Seine comme le massif Armoricain sont constituées par des fortes proportions de cours d'eau de rang 1 et 2. Il existe cependant une variabilité dans la densité de chevelu selon les HER (carte 5). Les grands cours d'eau ne sont représentés que sur les tables calcaires et en très faible proportion.

E.1.3.2 Proposition de réseau répondant à la répartition des 2 paramètres combinés

Une nouvelle répartition qui prend en compte les processus physiques dominants et la taille de cours d'eau est proposée (annexe III) en tenant compte du linéaire total de cours d'eau. Cette distribution est comparée à la répartition du réseau actuelle. Il existe cependant une réelle difficulté à mettre en relation les hydro écorégions avec les forces motrices. D'un point de vue

qualité des cours d'eau, les relations entre les HER et les paramètres qualité ne sont pas immédiates (Aquascop, 2003).

E.2 typologie des masses d'eau, réponse Directive Cadre

E.2.1 REPARTITION DES TYPES DE MASSES D'EAU SUR LE BASSIN

Un travail d'évaluation de l'importance des types de masses d'eau (masses linéaires V3, Août 2004) est mené sur le bassin à partir du linéaire des drains principaux hors plans d'eau (tableau 13). Les types sont regroupés par grands ensembles, à savoir les têtes de bassin, les cotes calcaires, les tables calcaires et la Basse Normandie, ce qui permet d'avoir une vision amont- aval du bassin. On note que les masses d'eau des tables calcaires constituent les 2/3 du linéaire à travers 15 types.

En outre, un travail de caractérisation complémentaire des masses d'eau a été nécessaire : en plus des données fournies par l'état des lieux : linéaire, type, classement fortement modifié, risque de non atteinte, les masses d'eau se sont vues attribuées la présence de stations de surveillance (réseau RNB), la force motrice dominante.

L'analyse montre que 2/3 des masses d'eau correspondent à des cours d'eau de classe A, 97 masses d'eau sont en type B et seulement 19 en classe C. Cette prédominance des petits cours d'eau retranscrit bien le caractéristiques du réseau hydrographique (§E.1).

Tableau 13 : Caractérisation des types de masses d'eau sur le bassin

Hydroécorégions de niveau 2	type	Nombre MEV3	Linéaire dppal	en % du total
Sologne- Forêt d'Orléans	28A	2	92.8	0.61
	28B	1	36.9	0.24
Thiérache	39A	2	55.8	0.37
Morvan- Charolais	87A	10	220.3	1.46
	87B	3	55.6	0.37
Ardennes	34A	1	29.3	0.19
	34B	1	36.7	0.24
Plateau lorrain	25A	2	16.4	0.11
	25B	1	21.5	0.14
TC- Sud Loire	41A	5	226.8	1.50
	41B	1	39.4	0.26
TC- Pays de Bray	35A	5	176.1	1.17
Total <u>têtes de bassin</u>	12	34	1007.7	6.67
Côtes calcaires Bazois Auxois	51A	2	212.2	1.40
	51B	5	169.5	1.12
Côtes calcaires Bassin Parisien	53A	27	1211.8	8.02
	53B	13	610.1	4.04
Total <u>Côtes calcaires</u>	4	47	2203.5	14.57
TC- Bassin Parisien- Ile de France	36A	55	1669.6	11.04
	36B	14	576.9	3.82
	36C	12	606.0	4.01
TC- Cotentin est	37A	9	299.5	1.98
	37B	5	158.3	1.05
TC- auréole crétacé	38A	41	1425.3	9.43
	38B	18	799.3	5.29
	38C	3	215.7	1.43
TC- Champagne humide	40A	30	1044.6	6.91
	40B	16	629.1	4.16
TC- Nord Loire Perche	54A	18	821.1	5.43
	54B	6	232.3	1.54
TC- Haute Normandie Picardie	57A	38	1014.4	6.71
	57B	4	280.3	1.85
	57C	2	163.3	1.08
Total <u>Tables calcaires</u>	15	271	9935.7	65.72
Pays de Caen	30A	1	30.4	0.20
	30B	1	64.3	0.43
Massif Armoricaïn- Nord Est	55A	38	1592.2	10.53
	55B	8	228.7	1.51
	55C	2	56.1	0.37
Total <u>Normandie</u>	5	50	1971.8	13.04
Résumé	36	402	15118,7	

E.2.2 PROSPECTIVE DE DISTRIBUTION DES STATIONS PAR TYPE DE MASSES D'EAU

La directive souligne que tous les types de masses d'eau doivent être surveillés. En ces circonstances, une répartition proportionnelle des stations par type est établie. On constate que seuls les types 36A, 38A, 40A, 57A, 55A autorisent le sondage statistique avec des populations supérieures à 30 individus. Les autres types doivent être suivis exhaustivement.

Il convient aussi de rappeler que c'est le linéaire du drain principal qui est pris en compte et non la totalité des tronçons codifiés, qui doivent faire appel à une méthodologie spécifique.

La répartition des stations se heurte à des problèmes de populations statistiques, on envisage néanmoins plusieurs hypothèses qui seront développé dans le paragraphe F.2.1 :

- ⇒ Surveillance de toutes les masses d'eau : 402 stations (réseau tournant possible)
- ⇒ Surveillance de tous les types de masses d'eau : 36 stations de mesures
- ⇒ Surveillance proportionnelle au linéaire : on donne une densité de stations cible à laquelle on multiplie le % du linéaire par type. On ne prend pas en compte les possibilités de faire des statistiques
- ⇒ Surveillance avec pondération statistique : Toutes les masses d'eau sont surveillées, les types dont la population est supérieure à 30 individus sont surveillés partiellement.
- ⇒ Surveillance par groupement de types de masses d'eau

Une répartition des stations proportionnelle au linéaire par type de masse d'eau comparée au réseau existant révèle une distribution très différente. Les types A de masses d'eau sont sous représentés au détriment des grand cours d'eau. Si l'on se place dans l'optique de surveiller toutes les masses d'eau (a), il faudrait déplacer 55 des stations des grands cours d'eau sur des masses d'eau de classe A (rang 1 à 3).

E.3 Analyse de l'activité humaine sur le bassin

E.3.1 APPROCHE EUROWATERNET, REPARTITION DES FORCES MOTRICES

E.3.1.1 Application des critères de stratification niveau national (IFEN, 2004)

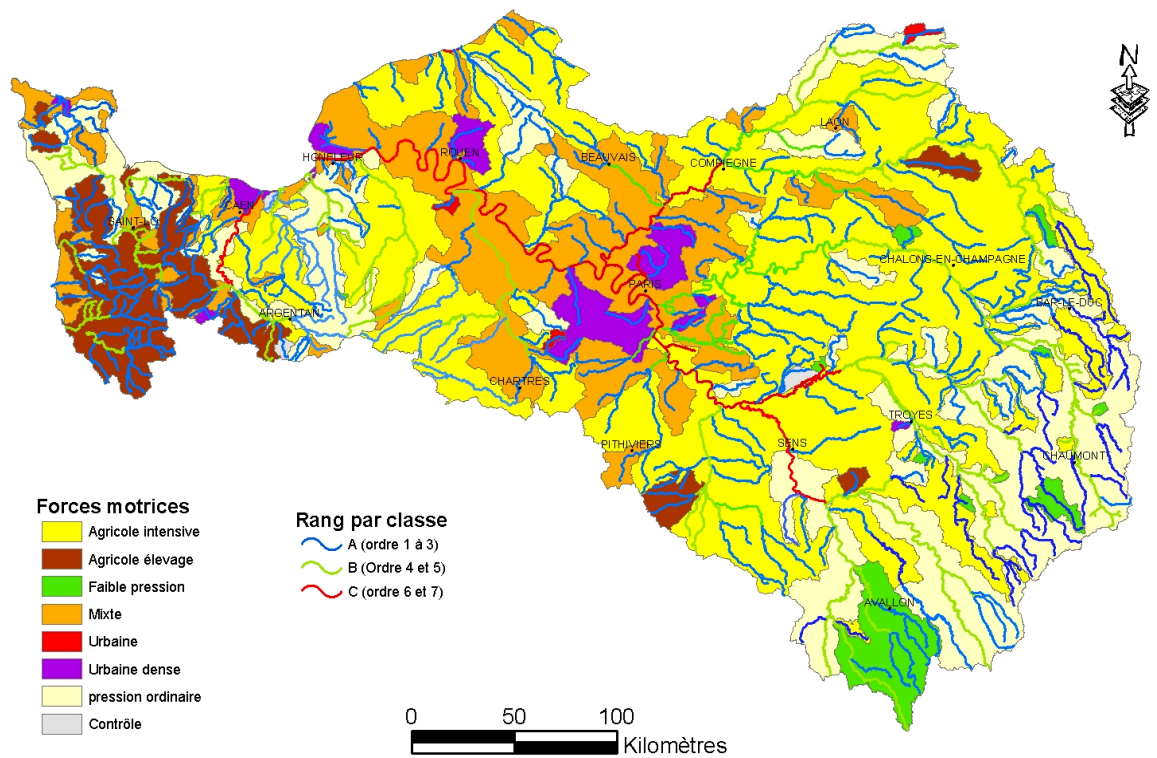
La stratification est établie par zone hydrographique (ZH), les données ont été fournies par l'IFEN suivant les critères définis dans le tableau 14. L'approche a été faite de manière empirique en déterminant par classe d'occupation des sols des seuils pour différencier des strates (% d'occupation du sol ou densité).

Tableau 14 : Scénario de définition des critères de stratification « force motrice » (version finale SQ04D, variante n° 4, IFEN, 2004)

Variable	Strate							
	Faible pression	Impacts ordinaires	Densément urbain	Mixte	Urbain	Agricole intensive	Agricole élevage	contrôle
Agricole 1	<25%	<40% *		>=40%	(D-pop>=80 AND URB>=2.5) OR (D-pop>=90 AND URB>=1.5)	>=40%		
Agricole 2		OR* (AG1+AG2)<60%		*OR* (AG1+AG2)>=60%		*OR* (AG1+AG2)>=60%		
Forêt+Autres	>=30							
Urbain	<1.5%	<2.5% ** OR	>=10					
Densité-pop	<40	** <80	>=300/200	>=80		<80	<80	
Densité - animaux	<50	<200		* >=200		<200	>=200	
Nombre. BV en France	852	1924	217	576	360	1071	1157	13

La stratification a été appliquée sur le bassin de la Seine et des côtières normands (carte 9).

carte 9 : Stratification forces motrices sur le bassin Seine Normandie (Version 2004)



La distribution des strates par zone hydrographique est disponible sur la figure 16. On constate la dominance de la strate agricole intensive (dans les régions de la Brie et Champagne).

Une grande surface de territoire (26% des ZH) est caractérisée par des impacts dits « ordinaires », indicateur de pressions agricoles modérées (figure 16). Toutefois, la proportion de ZH classées urbaines est faible face à la réalité. Certaines grandes agglomérations sont classées en « mixte », à l'exemple de Paris et de la proche couronne. Cette strate combine une pression urbaine forte et une agriculture très présente sur le bassin versant amont. Elle couvre l'ensemble du bassin parisien, et la Seine aval. Les zones de faible pression se trouvent sur le bassin amont et recouvre l'ensemble de l'écorégion Morvan (HER 87). La Basse Normandie est caractérisée par des pressions de type élevage.

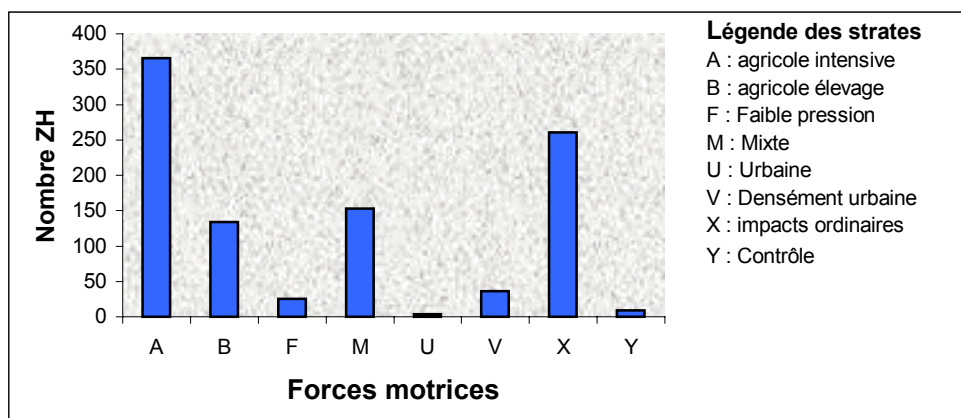


Figure 16 : Répartition des strates « forces motrices » sur le bassin Seine Normandie

E.3.1.2 Validation par paramètre de qualité

Les données qualité 1997-2001 des stations de surveillance RNB sont analysées suivant les forces motrices. Des indicateurs physiques (température, pH, MES, Conductivité), chimiques (DBO5, DCO, nutriments NO_3^- , NH_4^+ , orthophosphates, phosphore total, et pesticides communs) ont fait l'objet d'une comparaison des moyennes par force motrice (figure 17, (a) et (b)). L'analyse indique des différences entre strate (annexe IV), particulièrement pour les concentrations en matières phosphorées et ammonium qui sont nettement plus importantes dans les classes urbaines (mixte, urbaine, urbaine dense). En revanche, les résultats pour les pesticides n'indiquent pas de différences significatives, sans doute en relation avec le faible nombre d'analyses disponibles.

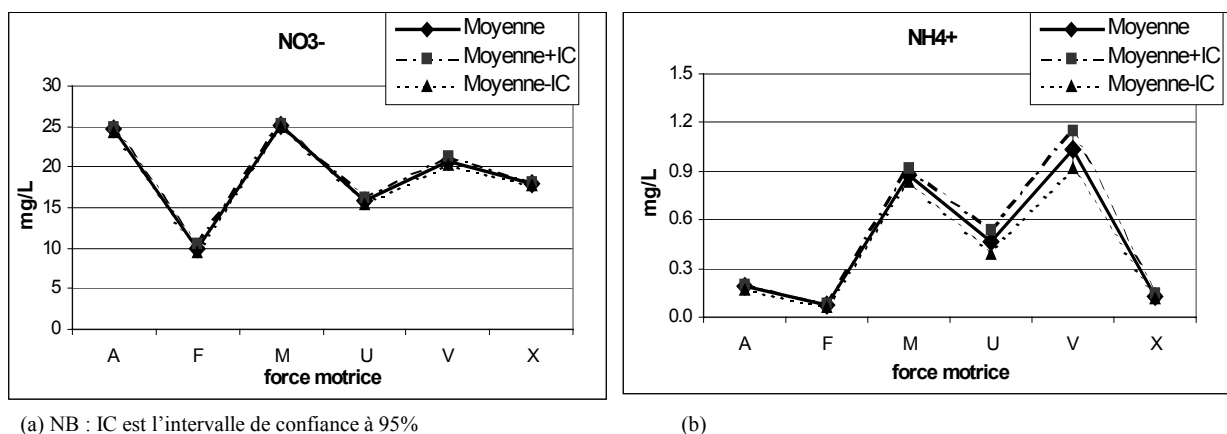


Figure 17 : Moyenne des concentrations (1997-2001) des stations par force motrice (a) nitrates et (b) Ammonium

Un test statistique de comparaison de variances est mené sur le paramètre nitrate (NO₃-) pour vérifier l'homogénéité des données par strate et valider les classes définies. Le test F de comparaison des moyennes (données qualité 1997-2001 dont on a extrait les moyennes annuelles entre les différents groupes) montre qu'il existe une différence entre les strates. On procède alors au test F d'analyse des variances. Il existe une différence significative à 95% entre les variances inter strate par rapport aux variabilités à l'intérieur de chaque force motrice (annexe V).

E.3.1.3 Limites de la méthode

Les limites de la stratification existent bien, elles peuvent être dues :

⇒ A l'échelle d'étude :

La ZH peut apparaître trop grande pour ce type d'analyse au niveau du bassin. De plus, la surface des ZH n'est pas homogène, elle varie d'un facteur 10⁵, variant de 0,008 à 622 km², pour une moyenne de l'ordre de 96 km². Ainsi, les critères d'occupation du sol peuvent être perturbés par les % de superficie des différentes activités. Par exemple, des massifs forestiers à proximité d'agglomérations peuvent entraîner la classification de zones urbaines en strate « mixte ». De même, des sites industriels vont influencer vers une classification en urbain de la ZH qu'ils occupent.

⇒ Aux critères de stratification :

Les **seuils** pour différencier « urbain » et « mixte » sont à expliquer dans le cas du Bassin Seine Normandie, La Seine aval est classée en « mixte » car elle est massivement urbanisée mais elle subit aussi les pollutions agricoles sur son bassin amont.

Les **paramètres** pris en compte, à savoir, 4 classes du CLC, densité de population, et du cheptel sont intéressants mais d'autres paramètres, tels que le potentiel d'activité industrielle, devraient être pris en compte (ex : vignobles de Marne).

E.3.1.4 Conclusion

Cette première application type Eurowaternet à l'échelle du bassin apporte une nouvelle stratification basée sur les modifications d'origine anthropique. Bien que l'échelle d'étude ne soit pas très précise, l'approche par stratification peut être considérée comme l'un des outils de décision pour définir un réseau de mesure de la qualité de l'eau représentatif du milieu naturel. On peut aussi envisager l'analyse à une échelle plus petite, au niveau des sous bassins versants.

E.3.2 RESEAU REPRESENTATIF DES FORCES MOTRICES

Le réseau de surveillance qui permet de suivre les forces motrices de façon optimal peut suivre une loi proportionnelle, ou bien obéir à des pondérations suivant les variabilités des pressions (pollutions urbaines, lessivages agricoles...). Une comparaison entre la répartition des stations proportionnelle à la surface et la distribution des stations RNB par force motrice est présentée en figure 18 .

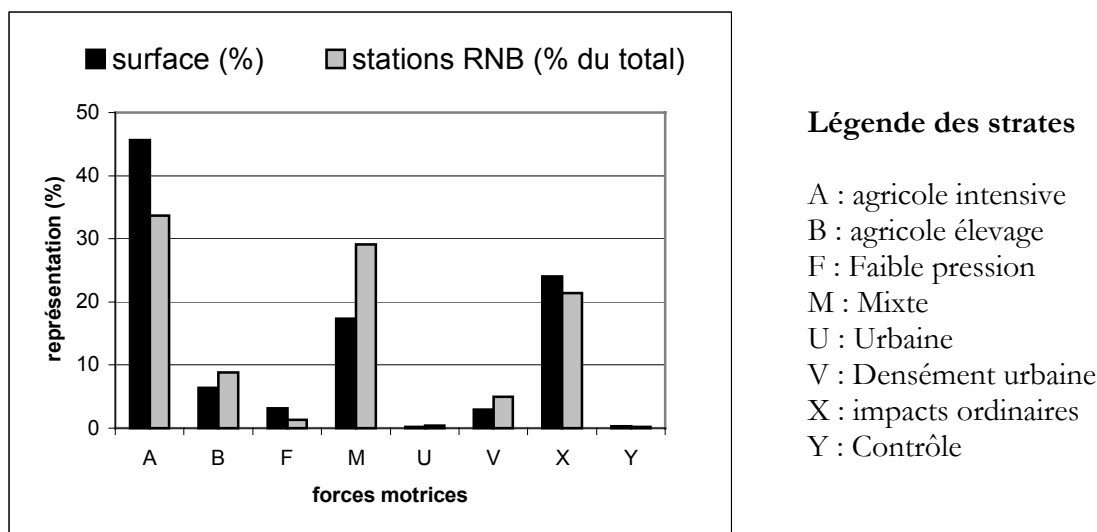


Figure 18 : Différence entre la proposition de répartition surfacique et celle des stations RNB par force motrice

Les forces motrices sont bien représentées dans l'ensemble, la strate agricole est moins surveillée que la strate mixte, le réseau à prévoir devra prendre en compte davantage les pollutions d'origines agricoles (+ 10%). Toutefois on peut mettre en relief le fait que les cours d'eau en force motrice « mixte » intègre les pollutions d'origines urbaines et agricoles, de ce fait la variabilité le long du cours d'eau sera sans doute plus importante que dans les zones à dominance agricole unique.

F proposition de réseau de surveillance

F.1 Combinaison de la caractérisation physique du bassin et des pressions

Les analyses présentées dans le chapitre E soulignent les différences entre la répartition de stations envisagée en considérant le réseau hydrographique et la distribution des sites de surveillance actuels.

Les tronçons de cours d'eau de linéaire total et de drain principal sont caractérisés par leur type naturel combiné à la force motrice dominante dans laquelle il se trouve. Cette combinaison offre une nouvelle possibilité de distribution de stations qui tient compte des pressions anthropiques (annexe VI).

Rappel : les forces motrices tiennent compte d'un cumul bassin amont, elles ne sont donc pas pertinentes pour le chevelu hydrographique, il est préférable d'utiliser le drain principal pour cette analyse.

F.2 Définition du nombre de stations pour le Réseau de surveillance DCE

F.2.1 SCENARIOS DE REPARTITION DES STATIONS DE SURVEILLANCE

Pour répondre aux exigences de la DCE de classification de l'état des masses d'eau sur l'ensemble du bassin, l'unité d'analyse statistique la plus adaptée correspond au tronçon de cours d'eau (Crouzet et Wagner, 2004). On procédera ensuite par un regroupement des entités similaires selon les critères type naturel et forces motrices (conditions naturelles et activités anthropiques). Ainsi, on pourra déterminer le nombre minimal de stations nécessaire au réseau de contrôle de surveillance Directive Cadre pour l'évaluation de l'ensemble des masses d'eau (Evaluation des changements à long terme liés aux évolutions naturelles, et ceux résultant d'activités dispersées d'origine anthropique) en s'appuyant sur une représentativité spatiale du réseau.

L'enjeu est de déterminer les groupes les plus pertinents de l'échantillonnage pour optimiser le réseau, ce qui n'est pas évident compte tenu du découpage en petits groupes de masses d'eau.

Dès lors, plusieurs principes peuvent être adoptés :

1. On représente tous les types de masses d'eau du bassin de façon à prendre en compte les variabilités de tous les milieux naturels : Tous les types représentés par un nombre de masses d'eau supérieur à 30 feront l'objet d'une surveillance de chacune des masses d'eau. Les populations de moins de 30 individus feront l'objet d'un échantillonnage partiel, les stations seront réparties selon les FM
 - Inconvénients : on sureprésente les têtes de bassin, grand nombre de stations nécessaires
 - Avantages : tous les types représentés, toutes les masses d'eau pourront être classées
2. On reprend les HER de rang 1, pour avoir des groupes plus importants, en gardant les classes de rang de cours d'eau (Tables calcaires, Cotes calcaires, Massif Armoricaïn, Morvan, têtes de bassin) puis on répartie les stations selon les forces motrices.

Dans les deux cas, un nombre important de stations (supérieur à 300) apparaît nécessaire, ne serait ce que pour représenter les types naturels, ces solutions ne semblent pas optimales.

Compte tenu des petites populations, on adopte une méthode de distribution des stations sur le réseau qui permet de représenter tous les types sans se soucier de l'extrapolation statistique :

1. La proportion du linéaire par couple HER et rang de drain principal est évalué en fonction du linéaire total du bassin (annexe VI).
2. On détermine un seuil de représentativité du linéaire à surveiller (seuil statistique), ce qui correspond à donner une densité cible par x km linéaire
 - Résultat : cette densité cible a été évaluée à 0.5% du réseau, soit 1 station pour 75 km linéaire (200 stations). elle permet de surveiller 95% du réseau hydrographique, seuil de représentativité statistique (figure 18)

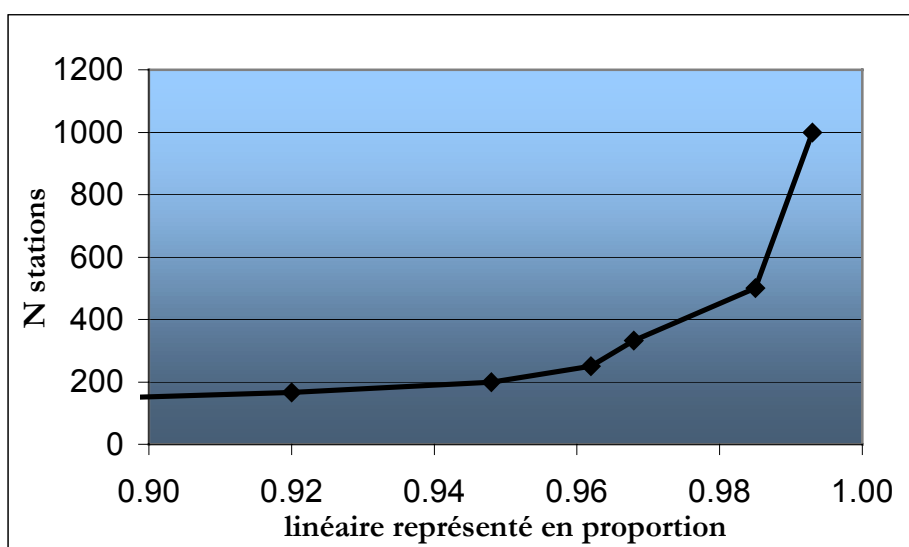


Figure 19 : Evaluation de la représentativité selon la densité cible de stations

3. Les stations sont ensuite réparties par couple de type de masse d'eau et force motrice, on obtient alors une distribution optimale des stations :
4. Afin de répondre aux demandes de la Directive Cadre, on souhaite représenter tous les types de masses d'eau, il s'agit donc de placer une station de surveillance sur tous les types de masses d'eau présents que le bassin. On ajoute un certain nombre de stations : on appelle cette nouvelle distribution le réseau optimal amélioré.

Les résultats de ces étapes sont communiqués dans le tableau 15.

Tableau 15 : Différents scénarios pour définir la densité cible du réseau de surveillance DCE

	Réseau minimal	Réseau optimal	Réseau optimal amélioré	Réseau maximal
Critères de détermination	Nombre de combinaisons type* FM	Détermination d'une densité cible selon le linéaire	Réseau optimal avec ajout de stations issues de l'analyse des manques	Surveillance de toutes les masses d'eau
Effectif de stations	83	203	203+ 23	402
Répartition	1 station par type : force motrice et pression	Répartition proportionnelle selon les couples type*FM	Idem que l'optimal + ajout stations pour couples présents dans l'hydrosystème	1 station par masse d'eau

F.2.2 ESSAI DE DISTRIBUTION DES STATIONS PAR TYPE DE MASSE D'EAU COMBINÉE AUX FORCES MOTRICES

La distribution finale des stations du réseau optimal et optimal amélioré est donnée dans le tableau 17. Le nombre de masses d'eau par couple type naturel et force motrice est donné à titre indicatif.

Tableau 16 : Essai de distribution des stations de surveillance par type de masses d'eau et forces motrices

⁴MEV3 : masse d'eau linéaire Version 3 (Août, 2004)

Type naturel	force motrice	Nombre optimal	Nombre optimal amélioré	Nombre MEV3 ⁵
25A	x		1	2
25B	x		1	1
28A	a	1	1	1
28A	B	1	1	1
28B	a		1	1
30A	m		1	1
30B	a		1	1
34A	U		1	1
34B	x		1	1
35A	a		1	1
35A	m		1	1
35A	x		1	3
36A	a	9	9	18
36A	F	1	1	1
36A	m	8	8	17
36A	U	1	1	1
36A	V	5	5	10
36A	x	4	4	7
36A	Y		1	1
36B	a	4	4	7
36B	m	3	3	5
36B	V	1	1	1
36B	x	1	1	1
36C	a	2	2	4
36C	m	3	3	8
37A	B	1	1	3
37A	m	1	1	2
37A	x	1	1	4
37B	B		1	1
37B	m		1	1
37B	x		1	3
38A	a	16	16	28
38A	B	1	1	1
38A	m	4	4	7
38A	V	1	1	1
38A	x	2	2	4
38B	a	5	5	11
38B	B	1	1	1
38B	m	1	1	2
38B	x	2	2	4
38C	a		1	3
39A	x		1	2
40A	a	10	10	20
40A	B	1	1	1
40A	F	1	1	1

40A	x	4	4	8
40B	a	3	3	10
40B	x	2	2	6
41A	a	2	2	5
41B	a		1	1
51A	x	4	4	2
51B	F	0	1	1
51B	x	1	1	4
53A	a	10	10	13
53A	x	11	11	14
53B	F	1	1	1
53B	x	6	6	12
54A	a	6	6	8
54A	m	2	2	3
54A	x	5	5	6
54A	Y		1	1
54B	a	1	1	4
54B	x	1	1	2
55A	a	2	2	4
55A	B	12	12	22
55A	m	2	2	4
55A	V	1	1	2
55A	x	3	3	6
55B	B	3	3	5
55B	m	1	1	1
55B	x	1	1	2
55C	x		1	2
57A	a	10	10	19
57A	m	5	5	9
57A	U	1	1	1
57A	V	1	1	2
57A	x	3	3	6
57A	Y		1	1
57B	a		1	3
57B	m		1	1
57C	m	2	2	2
87A	F	4	4	10
87B	F	1	1	3
total	83 combinaisons	203 stations	226 stations	402 masses d'eau

Une synthèse de la distribution des stations par classe de rang combinée aux forces motrices est présenté dans le tableau 17. Près de 75% des stations se trouvent sur les cours d'eau de rang 1, 2 et 3.

Tableau 17 : Nombre de stations par force motrice et classe de rang (scénario optimal amélioré)

Classe de rang	Agricole intensive	Agricole élevage	Faible pression	Mixte	Urbaine	densément urbaine	pression ordinaire	Contr ôle	Total
A	67	16	6	24	3	8	40	3	167
B	17	5	3	7		1	17		50
C	3			5			1		9
Total	87	21	9	36	3	9	58	3	226

G Discussion générale

Définir un réseau de surveillance fait intervenir des paramètres multiples, aussi de nombreuses pistes et critères de détermination restent à explorer. Une analyse des données et des pistes de travail sont proposées dans ce chapitre.

G.1 Choix des critères typologiques et améliorations possibles

La proposition de réseau est indicative et associée à la typologie masse d'eau qui constitue la base de travail de l'état des lieux sur le bassin.

1. On peut s'interroger sur la représentativité des masses d'eau par rapport à l'hydrosystème. Le découpage s'appuie sur le croisement HER et rang, or l'analyse a montré la variabilité de taille de bassin versant selon les rangs de cours d'eau. Les HER intégrant les paramètres physiques (géologie, relief, climat) n'apparaissent pas déterminantes sur la qualité physico-chimique des eaux, mais elles interviennent sur les populations biologiques.
 - On peut proposer de modifier les classes de rangs (A, B, C) selon les caractéristiques telles que la densité de drainage par HER pour réduire la variabilité à l'intérieur des populations de rang.
 - Une typologie selon la taille des bassins versants semble intéressante pour évaluer la variabilité des cours d'eau. Cependant, le calcul des tailles de bassins versants par tronçon n'est pas immédiate compte tenu des faibles variations de relief sur le bassin. La délimitation des bassins hydrographiques et topographiques peut se faire en utilisant le modèle Numérique de Terrain.
 - Par ailleurs, la qualité de l'eau est intimement liée aux variations hydrologiques. Or le débit est une variable qui n'a pas été prise en compte dans la construction du réseau (si ce n'est le paramètre pluviométrie inclut dans les HER). Il faut souligner que les mesures continues de débits ne sont pas associées aux stations de surveillance, ce qui rend complexe l'intégration de l'hydrologie. Le régime hydrologique, l'intensité du débit, l'étiage sont autant de variables qui agissent sur les qualités physico-chimique et biologique des eaux. Il s'agit donc de choisir le facteur de contrôle dominant par rapport aux objectifs que l'on se donne.

⇒ Le kilomètre de cours d'eau Normalisé (kmcn) est une unité de conversion (1 km de long ou s'écoule 1 m³/s) qui est utilisée pour les comptes de qualité (niveau national), à partir de données de débits moyens interannuels et des approximations. Cependant, la méthode est limitée pour le calcul des débits des bassins amonts (IFEN , 1999) et mérite d'être adaptée au niveau du bassin.

⇒ Des modélisations qui consiste à établir une relation entre le module interannuel brut ou spécifique et les rangs de Strahler et de Shreve peuvent fournir des informations intéressantes. Il semble que la corrélation soit meilleure avec l'ordination de Shreve et une modulation par HER selon des travaux pratiqués sur le bassin Loire Bretagne (Malavoi, 2000).

2. D'un point de vue de la représentativité, l'utilisation des masses d'eau peut apparaître comme limitante pour la connaissance de l'hydrosystème. Les réflexions scientifiques et notamment l'élaboration de typologie sur la connaissance de l'hydrosystème présentent des bases à suivre pour appréhender la gestion du bassin versant. La DCE va dans le sens d'une application concrète de cette connaissance, l'objectif étant d'améliorer le fonctionnement de l'écosystème aquatique et d'atteindre le bon état. La masse d'eau est une unité de rapportage pour ces objectifs mais le texte mentionne l'objectif d'obtenir une image cohérente de la qualité des eaux sur l'ensemble du bassin mais aussi de représenter tous les types. En bref, le réseau de connaissance patrimoniale doit fournir des informations exploitables pour transcrire l'état écologique, déceler les altérations, analyser les évolutions pour améliorer la situation dans le cadre de la gestion du bassin.

⇒ Il est important de remarquer que l'analyse par type de masses d'eau peut être discutée, il n'est pas nécessaire de se baser sur le découpage masses d'eau, qui ne sont finalement que des unités de rapportage de la qualité. Dans la réalité, la gestion des cours d'eau est faite par bassin et sous bassin hydrographique, il faudra donc que le réseau de surveillance réponde aux besoins de surveillance par entité hydrographique (exemple : bassin SAGE).

3. En ce qui concerne la construction du réseau, la définition d'une densité cible de stations a été choisie de manière empirique. Ce nombre total de stations peut être adapté aux différents objectifs.

Il est possible d'y appliquer d'autres scénarios, d'insérer des coefficients selon la variabilité du milieu comme :

- ⇒ les caractéristiques des HER,
 - ⇒ les rangs de cours d'eau (Principe du RCC)
 - ⇒ les forces motrices (agricole ; urbain, et faible pression)
- Les stations dont on possède des chroniques importantes fournissent des informations sur l'évolution de la qualité de l'eau à long terme. Elles présentent un intérêt évident pour l'exploitation des données qualité et l'évaluation des tendances, changements naturels et pressions anthropiques. C'est pour cela qu'il serait souhaitable d'intégrer cette notion de chronique dans le choix des sites de mesures.
 - Pour le choix des stations, la réattribution des stations de mesures actuelles selon leurs objectifs est nécessaire pour valider une analyse pertinente par déterminant de qualité, ce travail d'expertise est en cours pour définir les stations dites « représentatives » par masse d'eau. En effet, la variabilité de la qualité des eaux est souvent liée à des rejets ponctuelles .
4. La stratification a été établie par zone hydrographique au niveau national. Compte tenu de l'hétérogénéité de la Bd Carthage, on peut envisager de reprendre le découpage des forces motrices à une échelle d'étude plus petite, comme les sous bassins versants afin d'obtenir une répartition plus précise des strates. Cette nouvelle donne sera certainement plus pertinente pour l'analyse du chevelu, elle impliquera une adaptations des critères (seuils) et des variables de stratification (classe de Corine Land Cover).
- Il est possible de modifier les seuils et d'ajouter des variables : mise en place d'une force motrice industrie. Toutefois, on risque de réduire les populations à surveiller et rendre difficile le travail statistique.
 - La possibilité d'introduire l'hydromorphologie dans la stratification a fait l'objet d'une réflexion mais a soulevé des difficultés de mise en œuvre. En effet, la notion de perturbation hydromorphologique doit être intégrée dans la procédure, en trouvant les origines de construction d'ouvrages, et les insérer en tant que critère de force motrice (zone à risque..).

G.2 Perspectives de travaux à approfondir

1. Le réseau mis en œuvre concerne le drain principal des cours d'eau, une approche complémentaire qui fait appel à un échantillonnage statistique pour le suivi du chevelu hydrographique sera mise en place prochainement pour les petits cours d'eau de plus de 10 km². Il est indispensable d'établir une méthodologie pour appréhender la qualité de ces cours d'eau qui représente plus de 50% du linéaire du réseau, si l'on souhaite connaître le patrimoine naturel dans son ensemble.
2. L'étude a abouti à la distribution de stations par type de masses d'eau mais pas à leur localisation sur le linéaire. On peut rechercher les moyens de parvenir à un positionnement précis des stations .

⇒ On peut envisager une automatisation du positionnement théorique des stations de mesures par SIG ou par modélisation, toutefois la précision de cette cartographie sera limitée (rayon de 10 km au mieux). Concrètement, la localisation précise des stations doit tenir compte des conditions locales (rejets, modifications morphologiques...) et de l'accessibilité du site pour le prélèvement (présence d'un pont, accessibilité de la berge...). Il est donc possible d'ajouter des critères pour orienter le positionnement du site automatique comme la présence d'un pont, la localisation des rejets... Toutefois, il semble que la situation précise de la station devra être validée par un expert de terrain.

3. La prise en compte de l'hydromorphologie est limitée par le manque d'information disponible : Il n'existe pas de réseau d'observation de la morphologie des cours d'eau à ce jour. Or, ce paramètre est fondamentale pour le fonctionnement du milieu aquatique : la présence d'habitats dans le lit et les berges de cours d'eau va déterminer la capacité de colonisation du milieu par les invertébrés benthique et les poissons. De plus, les ouvrages en lit (seuils, barrages) vont agir sur le transport des substances dans l'eau (sédimentation...) et donc sur les concentrations observées. De même, la perturbation de connexion transversale des rivières est un facteur déterminant de la qualité des eaux (épuration naturelle...) du lit mineur.

⇒ La mise en œuvre d'un outil d'observation morphologique (comme le SEQ-physique) est rendu indispensable pour l'application de la surveillance morphologique des cours d'eau demandé par la DCE d'une part. Les informations fournies permettent de pourront être intégré dans la typologie pour la connaissance du milieu aquatique et l'orienté davantage vers l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau (habitat, vitesse de courant...).

Et à plus long terme...

Les tronçons de masses d'eau ne permettent pas de fournir des échantillons suffisant pour l'extrapolation des données. Aussi, il peut être intéressant de reprendre l'analyse à l'échelle de sous bassins versants. Des travaux à ce sujet sont en projet sur le bassin Rhin Meuse (M. Wagner, DIREN Rhin Meuse, communication personnelle). Cela implique aussi une amélioration de la précision du réseau Bd Carthage pour le chevelu hydrographique.

La modulation des critères de représentativité va évoluer suivant les données disponibles. Il est donc important de produire les informations nécessaires pour donner la possibilité d'insérer un large panel de facteurs de contrôle de la qualité des eaux.

Conclusion

La caractérisation du bassin hydrographique (rang, HER) intègre certains facteurs de contrôle de la qualité des eaux. La prise en compte des pressions par la méthodologie Eurowaternet offre la possibilité de rationaliser sur des principes simples, homogènes et pérennes la conception des réseaux de mesures et leur exploitation (sélection par type de stations), d'autant plus si elle est adaptée aux spécificités du bassin.

La combinaison des types naturels et forces motrices offre des perspectives intéressantes pour la définition des réseaux de surveillance : les paramètres pris en compte sont peu évolutifs, et il est tout à fait envisageable d'y intégrer de nouvelles variables (débits, hydromorphologie). Par ailleurs des travaux similaires sont en cours dans les agences de l'eau Rhin Meuse et Rhône méditerranée Corse, qui devrait conduire à l'harmonisation des réseaux sur le territoire français.

La mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau est l'occasion de rénover le réseau de surveillance actuel, qui a perdu dans ce contexte une part de sa pertinence en terme de connaissance du milieu. La conception du nouveau réseau devra intégrer les objectifs de chaque station de surveillance et sa représentativité sur le bassin pour assurer sa pérennité.

Le scénario optimal envisagé propose un réseau de surveillance de 200 stations environ, qui permettrait d'avoir une vision globale de l'état des eaux de surface sur le bassin Seine Normandie, en incluant des stations sur tous les types de masse d'eau et des forces motrices qui s'y exercent. Toutefois, d'autres scénarios doivent être prospecté pour conforter la représentativité du bassin

De toute évidence, la configuration finale du réseau sera soumis aux arbitrages de niveau national dans le cadre de la mise en œuvre du Schéma Directeur Données sur l'Eau. Un projet de circulaire du ministère concernant les réseaux de surveillance est en cours de réalisation et fixera des objectifs nationaux de mise en œuvre.

En tout état de cause, la mise en œuvre d'un programme de surveillance constitue une étape décisive dans le processus de mise en œuvre de la directive Cadre sur l'Eau, dans la mesure où les résultats constitueront le juge de paix des atteintes des objectifs environnementaux et du bon état sur le bassin.

Bibliographie

AESN section DEPEE . 2002. *Connaissance des milieux aquatiques : Les réseaux de mesures cofinancés en 2002..* Agence de l'Eau Seine- Normandie.

AESN, 2003. *Etat des lieux du bassin de la Seine et cours d'eau côtiers normands V2: Atlas cartographique.* Novembre 2003. Agence de l'Eau Seine- Normandie.

AESN, novembre 2003. *Etat des lieux du bassin de la Seine et cours d'eau côtiers normands V2.* Version de travail.. Agence de l'Eau Seine- Normandie. 121p.

Amoros, C., Petts G. E., 1993. *Hydrosystèmes fluviaux*, Paris : Masson, 300 p.

AQUASCOP, 2003. *Qualité des rivières du bassin Seine Normandie Année 2000.* Traitements des données par le SEQ-Eau v2, rapport de phase 1. Agence de l'Eau Seine- Normandie. 59p.

AQUASCOP, 2003. *Qualité des rivières du bassin Seine Normandie Année 2001.* Traitements des données par le SEQ-Eau v2, rapport de phase 2. Agence de l'Eau Seine- Normandie. 91p.

Bravard, J.P., et Gilvear, D.J. Structure hydro- géomorphologique des hydrosystèmes. In Amoros, C. et Petts E. (1993). *Hydrosystèmes fluviaux*. Paris. Masson. 300 p.

Bruns, D.A., Minshall. G. W., Cushing, K.W., Brock, J.T., Vanotte, R, L. 1985. Tributaries as modifiers of the RCC. Analysis of polar ordinations and regression models. *Archiv fur hydrologie* 99, 208-220.

Crouzet, 2001a. *Approche concrète des réseaux de mesure*, note d'orientation du 22 octobre 2001. IFEN, 18p. et 6 cartes.

Crouzet , 2001b. *Réseau de mesure pour les petits cours d'eau*, note d'orientation du 5 novembre 2001. IFEN.

Crouzet, P et Wagner, J.P. 2004. *Approche concrète des réseaux de mesures, version modifiée.* Note d'orientation du 5 juillet 2004. IFEN, Diren de bassin Rhin- Meuse. 26p.

Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. *JO des Communautés*.

Guerrini, M.C, Meybeck, M.C., Penven, M.J., Hubert, G., Muxart, T., 1998. Le Bassin de la Seine : la confrontation du rural et de l'urbain. *La Seine en son bassin.* d. M. G. Meybeck M., Fustec E. Paris, Elsevier: 29-79.

Huet, M. 1949. Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Schweiz. Z. Hydrol.* 11:333-351.

IFEN, 1999. *Les comptes de la qualité des cours d'eau* : mise en œuvre d'une méthode simplifiée. Développement en cours. Synthèse de rapport général. 11 p.

Illies, J et Botosaneanu, L., 1963. Problèmes de methodes de la classification et de la zonation des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt. Internat. Verein. limno.* **12** :1-57.

IMPRESS Management. 2002. *Guidance for the analysis of Pressures and Impacts In accordance with the Water Framework Directive*. Version 5.1: 16 October 2002.

Malavoi, J.R., 2000. *Appui technique à l'ordination des cours d'eau du bassin*. Rapport final. Agence de l'Eau Loire Bretagne.

Minshall, G.W., Cummins, K.W., Petreson, R.C., Cushing. C.E., Bruns, D.A., Sedell. J.R et Vannote, R.L., 1985. Developments of stream ecosystems theory. *Canadian journal of fisheries and aquatic science* **42** : 1045- 1055.

Roché, J. and B. Frochot (1993). "Ornithological contribution to river zonation." *Acta Oecologica*. **14**: 415-434.

Sandre (2004). Site Internet www.rnde.tm.fr/ Réseau National des Données sur l'Eau.

Strahler, A.N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Amer. Geophy. Union Trans* **38**: 913-20.

Schumm, S.A., 1977. *The fluvial system*. J Wiley & sons. Chichester.

Sheidegger, A., 1965. Statistical law of stream numbers. *Journal of geology* **74**: 17-37.

Shreve, R.L. 1967. Infinite topologically random chanel networks. *Journal of geology* **75** :178- 186.

Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R. & Cushing C.E. 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **37**: 130-137.

WASSON, J.G., 2002. *Définition des Hydro-écorégions françaises métropolitaine. Approche régionale de la typologie des eaux courantes et éléments pour la définition des peuplements de référence d'invertébrés*. 147 p.

Working group 2.7 Monitoring . 2002. *Guidance on Monitoring for the Water Framework Directive*. Final draft. Guidance version n°12. 98 p.

Documents complémentaires de travail

AESN, 2002. *Eléments préparatoires à l'état des lieux au titre de la Directive Cadre sur l'eau 2000/60/CE*. 391p. Agence de l'Eau Seine- Normandie.

AESN, Janvier 2003. *Version 1 de l'état des lieux du district hydrographique de la Seine et des côtières normands*. 196p. Agence de l'Eau Seine- Normandie.

Groupe de travail RC-ESC. *L'évolution des réseaux de suivi de la qualité des eaux de surface continentales ? Problématiques et orientations*. Octobre 2001.

Groupe national connaissance. *Cahier des charges pour L'évolution des réseaux de suivi de la qualité des eaux de surface continentales en France*. 13 Décembre 2001.

Liste des illustrations

Figures

Figure 1 : Organisation et rôles des instances du bassin Seine Normandie (AESN, 2003).....	8
Figure 2 : Organigramme de l'Agence de l'Eau Seine Normandie (source site AESN).....	10
Figure 3 : Les étapes importantes de la Directive Cadre sur l'Eau.....	14
Figure 4 : Facteurs de contrôle des écosystèmes d'eaux courantes (Wasson et al, 2002).....	16
Figure 5 : Documents à fournir pour le rapportage européen (décembre 2006)	23
Figure 6 :Processus de définition des réseaux de surveillance des eaux superficielles en intégrant les articles 5 et 8 de la directive (working group 2.7, Nov 2002)	24
Figure 7 : Evolution du nombre de stations de mesures de la qualité des eaux de surface entre 1988 et 2000 (document interne AESN, 2001).....	30
Figure 8 :Distribution des stations de surveillance selon l'ordination de Strahler	32
Figure 9 :Illustration de la procédure de sélection des stations de contrôle de surveillance et opérationnel du réseau EuroWaternet (EEA, 1998) et application en France (IFEN, 2001)	38
Figure 10 : Dimension longitudinale des systèmes fluviaux :	41
Figure 11: Méthodes d'ordination.....	42
Figure 12 :Déterminants du fonctionnement d'un hydrosystème, prise en compte des pressions anthropique (Malavoi, communication personnelle).....	43
Figure 13 : Schéma conceptuel de définition d'un réseau de surveillance pour la connaissance de l'hydrosystème	47
Figure 14 : Répartition du linéaire et des stations RNB par ordre de Strahler	53
Figure 15 : Surface des bassins versants par ordre de strahler sur le bassin Seine Normandie et données statistiques (échelle logarithmique).....	55
Figure 16 : Répartition des strates « forces motrices » sur le bassin Seine Normandie	62
Figure 17 : Moyenne des concentrations (1997-2001) des stations par force motrice (a)nitrates et (b) Ammonium	62
Figure 18 : Différence entre la proposition de répartition surfacique et celle des stations RNB par force motrice	64
Figure 19 : Evaluation de la représentativité selon la densité cible de stations.....	67

Tableaux

Tableau 1 : Poids socio-économique des principaux usages de l'eau et enjeux sur le bassin Seine Normandie (adapté de AESN, 2003)	19
Tableau 2 : Type, entité, paramètre et fréquences demandé pour le contrôle additionnel (Annexe V, §1,3,5).....	29
Tableau 3 : Nombre de stations renseignées par type de paramètre (AESN, 2002).....	31
Tableau 4 : Répartition des stations RNB par Hydro- écorégion et par rang de strahler	34
Tableau 5 : Proposition de différenciation des réseaux selon les objectifs	35
Tableau 6 : Objectifs des réseaux locaux (non exhaustif) de suivi de la qualité des eaux de surface (RNDE, 2004)	36
Tableau 7 : Source, description, échelle des données utilisées pour le réseau hydrographique	48
Tableau 8 : Nom, source, échelle des bases de données utilisées pour caractériser le bassin	48
Tableau 9 : Intérêts du paramètre Hydroécorégion	51
Tableau 10 : Répartition des stations par hydroécorégion	52
Tableau 11 : Intérêts du paramètre "rang de strahler"	53
Tableau 12 : Prospective de distribution des stations par rang de strahler	54
Tableau 13 : Caractérisation des types de masses d'eau sur le bassin.....	58
Tableau 14 : Scénario de définition des critères de stratification "force motrice » (version finale SQ04D, variante n° 4, IFEN, 2004).....	60
Tableau 15 : Différents scénarios pour définir la densité cible du réseau de surveillance DCE	67
Tableau 16 : Essai de distribution des stations de surveillance par type de masses d'eau et forces motrices	68
Tableau 17 : Nombre de stations par force motrice et classe de rang (scénario optimal amélioré)	69

Cartes

Carte 1 : Commissions géographiques du district de la Seine et des côtières normands	9
carte 2 : Typologie des masses d'eau (version 2)	17
carte 3 : Découpage des masses d'eau (Version 2, Novembre 2003)	18
carte 4: Qualité physico chimique des rivières – Matières organiques et oxydables 2001	20
carte 5 : Qualité biologique des cours d'eau, Macroinvertébrés 2001	21
carte 6 : Répartition des stations RNB par rang de Strahler et hydroécorégion	32
carte 7 : Réseau hydrographique : linéaire total par rang et hydroécorégion	50
carte 8 : Représentation graphique des rangs de cours d'eau par hydroécorégion.....	56
carte 9 : Stratification forces motrices sur le bassin Seine Normandie (Version 2004)	61

Photo de couverture : Station de surveillance sur le *Serein* en Bourgogne (auteur : A.Pécat, 2004)

Liste des Annexes

Annexe I : Typologie des milieux aquatiques

- I.1 : Les deux systèmes typologiques proposées pour la Directive Cadre (Annexe II de la DCE)
- I.2 : Cartographie des hydroécorégions de niveau 2 en France (Wasson et al, 2002)

Annexe II : Evolution des réseaux de surveillance de la qualité des eaux de surface sur le bassin Seine Normandie (AESN, non publié, 2001)

Annexe III : Proportion (%) de tronçons linéaire total par rang et par hydroécorégion

Annexe IV : Moyennes des concentrations des paramètres qualité des eaux (1997-2001) par force motrice V1.

Annexe V : Test statistique pour la concentration Nitrates (1997-2001) par force motrice

Annexe VI : Scénario de distribution des stations par type de masses d'eau final.

