

Relations entre pressions et impacts et détermination statistique des facteurs de contrôle de la qualité des cours d'eau du bassin Seine-Normandie

■ A. LEQUIEN¹, J. LESAVRE¹, A.S. ALLONIER-FERNANDES¹, F. MARTINET¹, J. MESQUITA¹, M. ROULIER¹, F. LAMY¹, J. DAVID², M. BACCHI³

Mots-clés : surveillance, rivières, atteinte du bon état, pressions ponctuelles et diffuses, analyses statistiques, occupation des sols, débit des cours d'eau

Keywords: monitoring, rivers, achieving good status, diffuse and point-source pollution, statistical analysis, land-use, river discharge

Introduction

La directive cadre sur l'eau (DCE) fixe des objectifs de résultat pour la qualité des eaux – le « bon état » –, en précisant les étapes à suivre pour atteindre ces objectifs et en établissant un cadre général de gestion intégrée de l'eau à l'échelle des districts hydrographiques [DIRECTIVE 2000/60/CE du 23 octobre 2000]. Dans chaque bassin, un programme de surveillance est mis en place afin d'évaluer l'état des masses d'eaux et un programme de mesures identifie les actions destinées à diminuer les pressions qui dégradent l'état des masses d'eau ou à réduire leur impact [AFNOR, 2012].

Selon la DCE, l'état des cours d'eau est défini d'après la situation la plus déclassante entre un état chimique se rapportant à des concentrations seuils de certaines substances toxiques et un état écologique qui repose sur une évaluation des éléments de qualité biologiques (peuplements végétaux, invertébrés, poissons), hydromorphologiques et physico-chimiques (paramètres généraux et polluants spécifiques non inclus dans l'état chimique). Le bon état écologique

est défini comme un écart « léger » avec une situation de référence, correspondant à des milieux non ou faiblement touchés par l'homme. En France, l'arrêté d'évaluation du 25 janvier 2010 du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE) décrit les règles d'agrégation entre ces différents éléments de qualité pour évaluer l'état écologique des eaux de surface selon cinq classes : très bon état, bon état, état moyen, état médiocre et état mauvais.

Si l'état écologique permet de traduire à la fois le contexte géographique naturel et les pressions anthropiques pouvant s'exercer sur une masse d'eau (pollutions diffuses d'origine agricole, pollutions ponctuelles issues des rejets des collectivités et des industries, pressions hydromorphologiques issues du re façonnage des cours d'eau par l'homme...), les relations pressions-impacts en cause sont aussi complexes que variées. Le contexte « multi-pressions » généralement observé sur les cours d'eau européens [REYJOL *et al.*, 2014], les impacts potentiels sur les neuf éléments de qualité et les 26 paramètres de l'état écologique [ARRÊTÉ D'ÉVALUATION du 25 janvier 2010] ainsi que l'influence de facteurs géographiques naturels rendent l'identification de l'origine des altérations complexe, notamment dans le cas de bassins fortement anthropisés tels que celui de la Seine [NADER et HOFLACK, 2004].

¹ Agence de l'eau Seine-Normandie – 51, rue Salvador-Allende – 92027 Nanterre cedex.

² Géo-Hyd – Parc technologique du Clos du Moulin – 101, rue Jacques-Charles – 45160 Olivet.

³ Société RIVE – 11, quai Danton – 37500 Chinon.

Afin d'aider à l'interprétation de la réponse des cours d'eau aux pressions anthropiques et d'orienter les futurs investissements pour la reconquête des milieux à l'échelle du bassin Seine-Normandie, l'article propose une analyse du lien entre pressions et qualité des eaux vis-à-vis des nutriments, puis une hiérarchisation statistique des principaux facteurs de contrôle de la qualité biologique des cours d'eau permettant de cibler les stations de surveillance « en limite de bon état », c'est-à-dire présentant une qualité biologique actuelle suffisante et des niveaux de risques d'exposition aux pressions compatibles avec l'atteinte du bon état dans les années à venir ou son maintien (enjeu de non-dégradation). Un important travail de compilation des données a permis de croiser les données physico-chimiques et biologiques issues des réseaux de surveillance avec les données de pressions et celles relatives au contexte géographique naturel (géologie, relief, climat), soit plus de 2 millions de données.

1. Matériel et méthodes

1.1. Les données physico-chimiques et biologiques disponibles sur le bassin Seine-Normandie

Depuis 1971, le ministère chargé de l'Écologie effectue un suivi de la qualité des cours d'eau français au moyen de réseaux de stations de surveillance successivement dénommés « inventaire national de la pollution » (INP) puis « réseau national de bassin » (RNB). Ce dernier a été remplacé, fin 2006, par les nouveaux réseaux mis en œuvre dans le cadre de la directive cadre sur l'eau et, notamment, le réseau de contrôle de surveillance (RCS) et le réseau de contrôle opérationnel (RCO). Afin de permettre une surveillance approfondie de la qualité des cours d'eau du bassin, les réseaux DCE ont été densifiés en ajoutant des stations de surveillance complémentaires (réseau complémentaire de bassin – RCB).

À l'échelle du bassin Seine-Normandie, des millions de données brutes issues des campagnes de

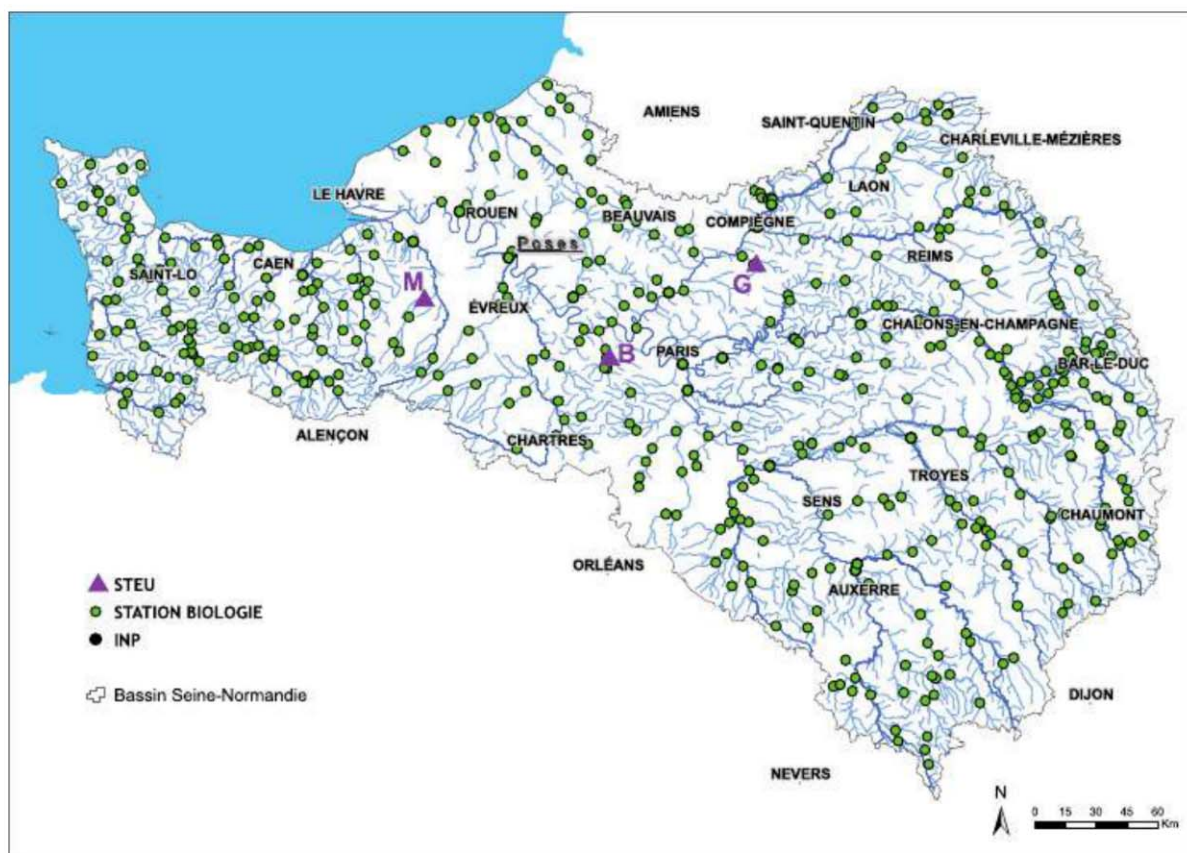


Figure 1. Localisation sur le bassin Seine-Normandie des 19 stations INP (inventaire national de la pollution), des 436 stations de surveillance avec listes floro-faunistiques et de trois stations de surveillance (M : Menneval ; G : Glaines ; B : Beynes) situées à l'aval de stations d'épuration urbaine (STEU)

surveillance sont disponibles. Entre 1971 et 2010, 19 stations de surveillance issues du réseau INP et présentant des données complètes pour les cinq paramètres de l'élément de qualité nutriments (orthophosphates, phosphore total, ammonium, nitrites, nitrates) ont pu être sélectionnées sur les grands axes fluviaux du bassin (figure 1).

Ces données physico-chimiques ont été traitées selon les seuils et règles d'évaluation de l'arrêté du 25 janvier 2010, établissant cinq classes d'état pour les nutriments (tableau I).

Pour la biologie, les indices à utiliser pour évaluer la qualité des cours d'eau sont les macro-invertébrés benthiques, les diatomées benthiques et les poissons [ARRÊTE D'ÉVALUATION du 25 janvier 2010]. Dans cette étude, les données disponibles sur les macrophytes aquatiques (IBMR, indice biologique des macrophytes en rivière, NF T 90-395) ont également été collectées puisque cet élément biologique est suivi dans les programmes de surveillance [ARRÊTÉ DE SURVEILLANCE du 25 janvier 2010]. Si les nutriments sont globalement bien suivis depuis 1971, l'évolution du compartiment biologique est plus difficilement interprétable en raison de la forte variabilité des mesures (nombreux opérateurs) et de leur faible fréquence (fréquence 1 par an ou même une année sur deux). De plus, l'évaluation de la qualité biologique n'est disponible que depuis 1995 pour l'indice poisson (IPR) et à partir de 2003 pour les invertébrés (indice biologique global normalisé IBGN, NF T 90-350 – puis méthode petits cours d'eau, MPCE normes expérimentales XP T 90-333 et

XP T 90-388) et les diatomées (IBD norme NF T 90-354 de 2007).

Pour réaliser les tests statistiques décrits ci-dessous, il a été nécessaire de considérer les données sur les structures de peuplements (listes floro-faunistiques) et non pas les notes indiciaires agrégées, établies selon les grilles d'évaluation de l'arrêté du 25 janvier 2010. Face aux lacunes existantes et à la difficulté de formatage de ce type de données, il a été choisi de rassembler les données brutes des relevés floro-faunistiques informatisés à ce jour, ce qui a permis de constituer un pool de 436 stations sur la période 2003-2007 (figure 1).

Trois matrices ont ainsi été construites sur cette période :

- matrice 1 : listes faunistiques des relevés bruts d'invertébrés ($N = 276$ stations et 204 colonnes taxons) ;
- matrice 2 : listes floristiques de diatomées ($N = 380$ stations et 327 colonnes taxons) ;
- matrice 3 : listes floristiques macrophytes ($N = 104$ stations et 81 colonnes taxons).

1.2. Les données de pressions et les facteurs naturels considérés

Les données permettant de caractériser le contexte géographique naturel et les pressions anthropiques (diffuses, ponctuelles et hydromorphologiques) ont été extraites des bases de données décrites ci-dessous par traitement des données du système d'information géographique (SIG) au niveau des stations étudiées. Parmi les facteurs naturels et anthropiques, seize

	Limites des classes d'état				
	Centile 90				
Param ètres par élém ent de qualité	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Nutrim ents					
PO ₄ ³⁻ (mg PO ₄ ³⁻ /L)	0,1	0,5	1	2	–
Phosphore total (mg P/L)	0,05	0,2	0,5	1	–
NH ₄ ⁺ (mg NH ₄ ⁺ /L)	0,1	0,5	2	5	–
NO ₂ ⁻ (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,1	0,3	0,5	1	–
NO ₃ ⁻ (mg NO ₃ ⁻ /L)	10	50	–	–	–

Tableau I. Paramètres de l'élément de qualité nutriments et valeurs seuils des cinq classes d'état [ARRÊTÉ D'ÉVALUATION du 25 janvier 2010]

variables de type « milieux » et « pressions » ont été retenues (*tableau II*). Différentes sources de données ont été utilisées : Corine Land Cover 2006 pour l'occupation des sols (agriculture, urbanisation, secteurs naturels), les travaux du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) de 2005 pour l'indice de développement et de persistance des réseaux (IDPR) – traduisant l'aptitude des formations du sous-sol à laisser ruisseler ou s'infiltrer les eaux de surface, une forte valeur d'IDPR révélant un fort ruissellement –, le SYRAH Large échelle V2.0 pour les surfaces agricoles et urbanisées du lit majeur [CHANDESRI *et al.*, 2008], la BD CARTO 3.1 pour la ripisylve, le rang de Strähler, l'altitude, la surface du bassin versant, la base de données hydrologiques du bassin Seine-Normandie [CEMAGREF, 2009] pour le module et le débit mensuel minimum sur l'année, de période de retour 5 ans (QMNA5), le référentiel des obstacles à l'écoulement (ROE) de l'Onema recensant les seuils et barrages existants sur la masse d'eau, l'état physico-chimique de la masse d'eau amont modélisé par Seneque [BILLEN *et al.*, 1998], extrait des résultats de l'état physico-chimique simulé sur les 1 658 masses d'eau de surface du

bassin dans le cadre de l'état des lieux du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) [AESN, 2009] et la typologie nationale sur les hydro-écorégions de rangs 1 et 2, élaboré par le Cemagref en 2006 [WASSON *et al.*, 2006].

1.3. Les tests statistiques réalisés

Des analyses en composantes principales normées (ACPn) ont d'abord été réalisées sur les trois matrices constituées. Les données biologiques (636 lignes stations/dates et 204 taxons pour la matrice invertébrés ; 386 lignes stations/dates et 327 colonnes taxons pour la matrice diatomées ; 178 lignes stations/dates et 81 colonnes taxons pour la matrice macrophytes) ont ensuite été mises en relation avec les 16 variables considérées en utilisant des analyses interclasses, ce qui a nécessité de codifier les variables quantitatives en cinq classes de valeur.

Les analyses factorielles interclasses ont permis de rechercher et de représenter de manière synthétique ce qui différencie le plus, en moyenne, les réponses des stations aux variables étudiées. L'analyse opère une combinaison des axes de l'ACP, de manière à maximiser la variance entre groupes de stations [DOLÉDEC et CHESSEL, 1987]. Cela consiste à

Nom de la variable	Description	Sources
AgriLitMajeur	Surface agricole sur le lit majeur	SYRAH Large échelle V2.0 (2008)
UrbainLitMajeur	Surface urbanisée sur le lit majeur	SYRAH Large échelle V2.0 (2008)
Ripisylve	Présence d'une ripisylve dans un buffer de 30 m autour du cours d'eau	BD CARTO 3.1 (2010)
Rang de Strahler	Indicateur de la position du tronçon dans la hiérarchie de l'hydrosystème	BD CARTO 3.1 (2010)
AgriBV	Pourcentage d'occupation du sol sur la masse d'eau par l'agriculture	CORINE LAND COVER (2006)
IDPR	Indice de développement et de persistance des réseaux	BRGM [2005]
Urbain BV	Taux d'urbanisation de l'ensemble de la masse d'eau	CORINE LAND COVER (2006)
Module	Débit annuel moyen du cours d'eau	CEMAGREF [2009]
Naturel BV	Taux de secteurs naturels sur l'ensemble de la masse d'eau	CORINE LAND COVER (2006)
Ouvrages	Nombre d'ouvrages sur l'ensemble de la masse d'eau en amont de la station analysée	ROE (ONEMA)
QMNA5	Débit mensuel d'étiage le plus bas sur l'année, de retour 5 ans	CEMAGREF [2009]
EtatPCAmont	État physico-chimique modélisé par Seneque à l'amont de la masse d'eau	AESN [2009]
Altitude	Altitude moyenne du bassin versant	BD CARTO 3.1 (2010)
Surface BV	Surface du bassin versant	BD CARTO 3.1 (2010)
HER 1	Hydro-écorégion de niveau 1	CEMAGREF (2006)
HER 2	Hydro-écorégion de niveau 2	CEMAGREF (2006)

Tableau II. Liste des variables de type « milieux » et « pressions », extraites à l'échelle des stations étudiées sur le bassin Seine-Normandie

optimiser la dispersion dans le plan factoriel des centres de gravité des profils moyens de la variable testée.

Ces techniques sont particulièrement utilisées pour caractériser l'influence probable d'un facteur méso-logique sur les structures faunistiques observées. L'analyse des facteurs de distribution, c'est-à-dire de la part respective entre structure biologique et variables « milieux » et « pressions » précitées est effectuée selon la méthode publiée par DOLÉDEC et CHESSEL [1989 et 1991], et reprise par BEFFY et DOLÉDEC [1991], DEGIORGI [1994] et VERNEAUX [1996]. La valeur de la première valeur propre de chacune des analyses interclasses permet de caractériser la prépondérance de la variable étudiée (spatial, temporel...). La signification élevée de la variabilité est confirmée par un test de permutation multivarié [CHESSEL *et al.*, 1993].

À l'issue des différents tests statistiques menés, seuls les résultats des analyses interclasses sont présentés. La représentation graphique choisie permet de classer par ordre d'importance sur un axe unique les différentes variables testées et de hiérarchiser ainsi les facteurs de contrôle naturels et anthropiques de la qualité biologique des cours d'eau du bassin.

1.4. Méthodologie de détermination des stations de surveillance en limite de bon état

Sur la base des résultats des analyses interclasses ayant permis d'identifier puis de hiérarchiser les facteurs expliquant le mieux les relations entre les 16 variables « milieux » et « pressions » et les

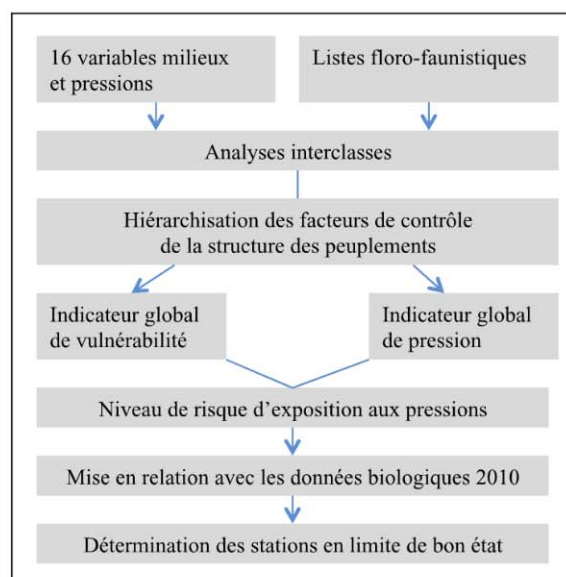


Figure 2. Méthodologie de caractérisation des stations en limite de bon état

matrices florofaunistiques observées aux stations, les variables quantitatives statistiquement significatives ont été retenues pour calculer un indicateur global de « vulnérabilité » – ou capacité du milieu à recevoir une pression – ainsi qu'un indicateur global de « pression ». Le croisement entre ces deux indicateurs a permis de définir des niveaux de risque d'exposition aux pressions qui ont ensuite été couplés avec la qualité biologique actuelle, permettant de déterminer les stations en « limite de bon état », c'est-à-dire présentant une qualité biologique actuelle suffisante et des niveaux de risques d'exposition aux pressions compatibles avec l'atteinte du bon état dans les années à venir ou son maintien (figure 2). Les données de biologie utilisées pour

		Classes de l'indicateur global de pression				
		1. Très fort	2. Fort	3. Moyen	4. Faible	5. Très faible
Classes de l'indicateur global de vulnérabilité	1. Très forte	Risque très fort	Risque très fort	Risque très fort	Risque fort	Risque fort
	2. Forte	Risque très fort	Risque fort	Risque fort	Risque fort	Risque moyen
	3. Moyenne	Risque fort	Risque moyen	Risque moyen	Risque faible	Risque faible
	4. Faible	Risque moyen	Risque faible	Risque faible	Risque faible	Risque très faible
	5. Très faible	Risque faible	Risque faible	Risque très faible	Risque très faible	Risque très faible

Tableau III. Profils de risque (très faible à très fort) des stations étudiées, issus du croisement des indicateurs globaux de vulnérabilité et de pression

mettre en œuvre cette méthodologie sont les données de surveillance disponibles les plus récentes (moyenne des notes IBGN et IBD de l'année 2010) et collectées sur 405 stations du bassin.

Les valeurs des indicateurs de vulnérabilité et de pression ont été normalisées selon cinq classes (de très fort à très faible) puis croisées, permettant de définir cinq niveaux de risque d'exposition aux pressions (de très fort à très faible) selon le *tableau III*.

Les aptitudes au maintien ou à l'atteinte du bon état (de très faibles à très fortes) ont été définies selon le *tableau IV* en couplant le niveau de risque d'exposition aux pressions avec la qualité biologique (données 2010). Pour déterminer les stations en « limite de bon état », il a été choisi de considérer les croisements qualité/niveau de risque représentés en bleu, vert et jaune (aptitudes très fortes, fortes et moyennes).

2. Résultats et discussion

2.1. Relations entre pressions et qualité des eaux vis-à-vis des nutriments sur le bassin de la Seine entre 1971 et 2010

Au niveau des 19 stations INP localisées sur les grands axes fluviaux du bassin de la Seine, les

figures 3 à 6 montrent que le pourcentage de stations de surveillance en bon état vis-à-vis des paramètres orthophosphates, phosphore total, ammonium et nitrites s'améliore nettement entre 1971 et 2010.

Pour les nitrates, le seuil élevé du bon état, fixé actuellement à 50 mg/L [ARRÊTÉ D'ÉVALUATION du 25 janvier 2010], masque les variations et les états aux stations INP restent bons sur l'ensemble de la période considérée. Pour apprécier plus finement l'évolution des teneurs en nitrates sur le bassin, des seuils opérationnels plus restrictifs que ceux de l'arrêté du 25 janvier 2010 (*tableau V*) ont été utilisés. Sur les grands axes, une dégradation est enregistrée depuis les années 1970 (*figure 7*).

L'amélioration de la qualité des eaux vis-à-vis de l'azote réduit et du phosphore, notamment à partir des années 1990, est à mettre en relation avec la réduction des rejets issus des collectivités. Cette période correspond au début de grands chantiers de mises aux normes des stations d'épuration imposée par la directive sur les eaux résiduaires urbaines [DIRECTIVE 91/271/CEE du 21 mai 1991]. La nette amélioration des classes d'état pour les matières phosphorées peut également être attribuée à la réduction

Limite des classes opérationnelles nitrates Centile 90 (mg/L)					
Excellent	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
2	10	25	37,5	50	> 50

Tableau V. Seuils opérationnels pour les nitrates

		Niveau de risque				
		1. Très fort	2. Fort	3. Moyen	4. Faible	5. Très faible
Qualité biologique	1. Mauvaise	Très faibles	Très faibles	Très faibles	Faibles	Faibles
	2. Médiocre	Très faibles	Faibles	Faibles	Faibles	Moyennes
	3. Moyenne	Faibles	Moyennes	Moyennes	Fortes	Fortes
	4. Bonne	Moyennes	Fortes	Fortes	Fortes	Très fortes
	5. Très bonne	Fortes	Fortes	Très fortes	Très fortes	Très fortes

Tableau IV. Aptitudes au maintien ou à l'atteinte du bon état des stations de surveillance en fonction du niveau de risque d'exposition aux pressions et de la qualité biologique actuelle (2010)

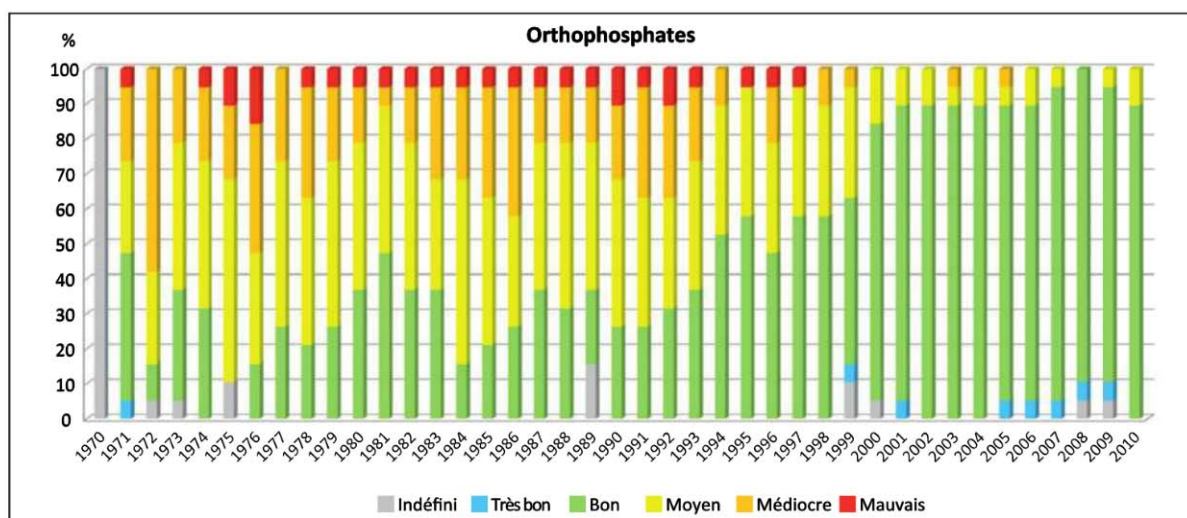


Figure 3. Évolution du pourcentage de stations INP évaluées en très bon état, bon état, état moyen, état médiocre et état mauvais pour les orthophosphates entre 1971 et 2010

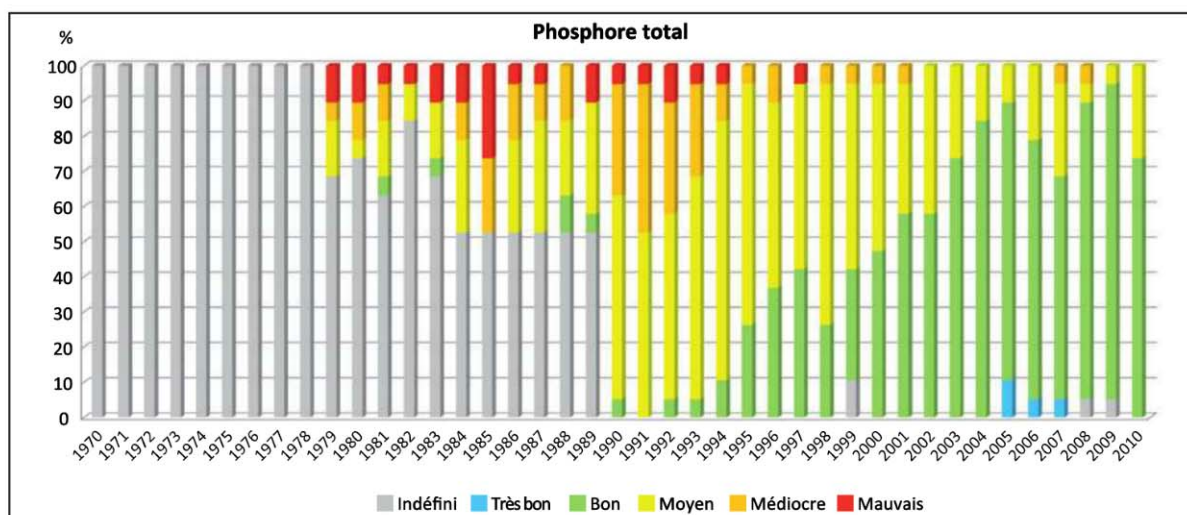


Figure 4. Évolution du pourcentage de stations INP évaluées en très bon état, bon état, état moyen, état médiocre et état mauvais pour le phosphore total entre 1971 et 2010

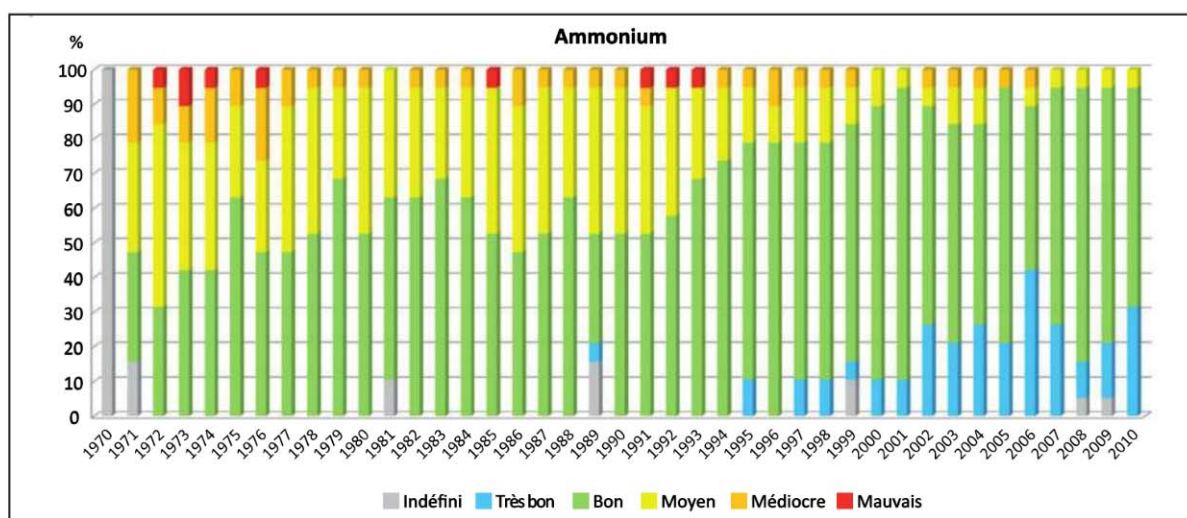


Figure 5. Évolution du pourcentage de stations INP évaluées en très bon état, bon état, état moyen, état médiocre et état mauvais pour l'ammonium entre 1971 et 2010

des rejets en phosphore du fait de l'anticipation par les industriels de la réglementation qui a interdit en 2007 les phosphates dans les lessives destinées au lavage du linge [DÉCRET n° 2007-491 du 29 mars 2007]. L'impact de la réduction des pressions ponctuelles sur la qualité des rivières a également été constaté à l'échelle nationale [CGDD, 2009] et à l'échelle européenne, notamment sur les teneurs en ammonium [EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2012].

Il est également intéressant de noter que la réduction des pressions ponctuelles s'est accompagnée de la diminution des phénomènes d'eutrophisation [AESN, 2013] sur le bassin, comme l'illustre la *figure 8* où la station de surveillance de Poses, située à l'aval du bassin, enregistre une nette diminution des teneurs en chlorophylle a ces dernières années.

En revanche pour les nitrates, aucune amélioration n'a été mise en évidence. Cela est dû à l'origine essentiellement diffuse des pollutions [MEYBECK *et al.*,

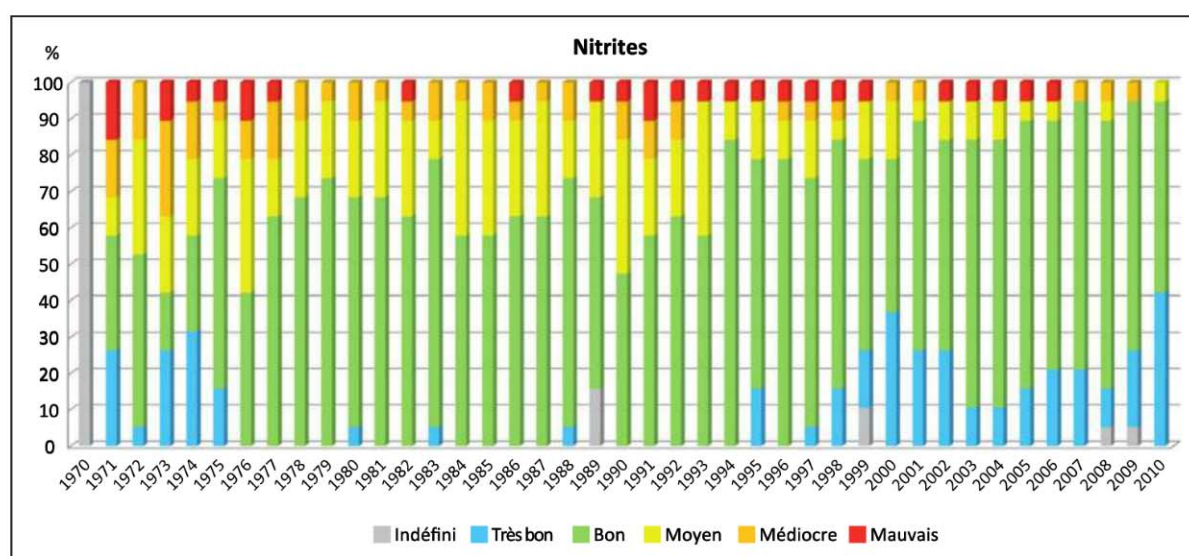


Figure 6. Évolution du pourcentage de stations INP évaluées en très bon état, bon état, état moyen, état médiocre et état mauvais pour les nitrites entre 1971 et 2010

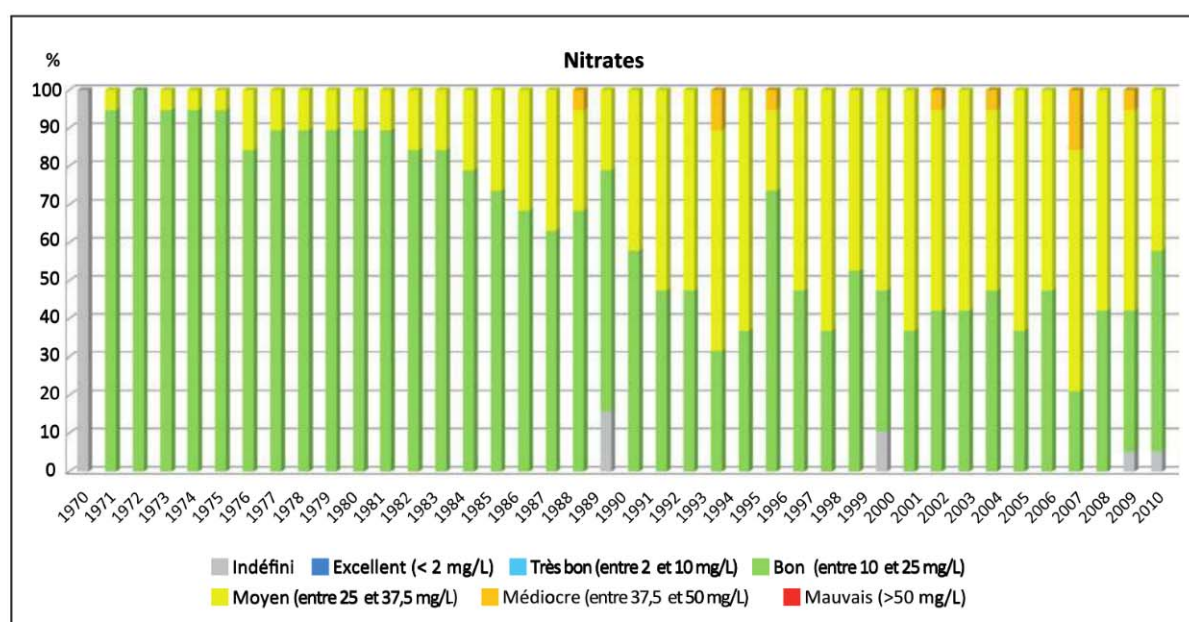


Figure 7. Évolution du pourcentage de stations INP évaluées en très bon état, bon état, état moyen, état médiocre et état mauvais pour les nitrates. Les traitements ont été réalisés à partir des seuils opérationnels du tableau V sur la même période

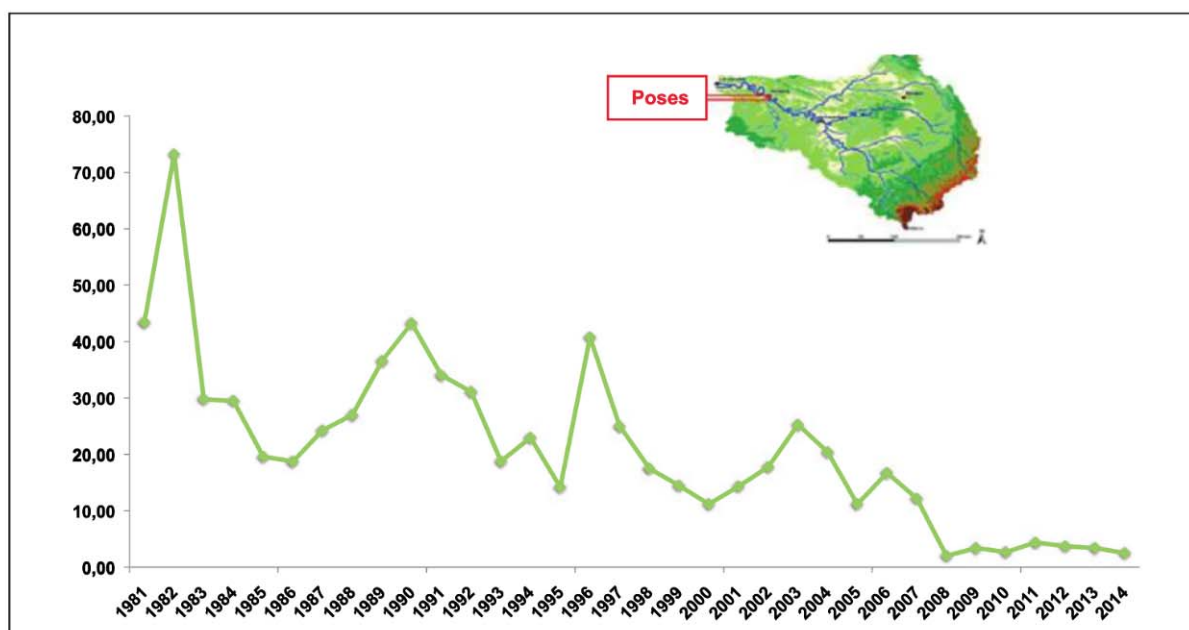


Figure 8. Évolution des concentrations moyennes annuelles de chlorophylle a ($\mu\text{g/L}$) au niveau de la station de surveillance de Poses sur la Seine

1998] provenant du ruissellement superficiel mais aussi des eaux souterraines, la contribution des eaux souterraines au débit de surface pouvant atteindre 90 % sur certains cours d'eau du bassin [LEQUIEN, 2006]. Les pressions diffuses sur le bassin restent prépondérantes : 45 % des stations de surveillance sont déclassées en 2010-2011 à la fois par les nitrates ($> 10 \text{ mg/L}$) et les pesticides de l'état chimique ($> 1 \text{ } \mu\text{g/L}$).

2.2. Relations entre pressions ponctuelles et teneurs en nutriments à l'échelle de la station de surveillance en rivière

Pour mettre en évidence le lien direct entre pressions ponctuelles et concentrations en nutriments enregistrées en rivière, les recherches ont porté sur des

masses d'eau situées en tête de bassin versant ou en amont de quelques grands axes. En effet, les altérations sur ces masses d'eau sont dues à des pressions plus faciles à identifier que plus en aval où l'état des cours d'eau résulte de pressions locales auxquelles s'ajoutent celles de tout le bassin versant amont [MASSON *et al.*, 2006].

Les conséquences en rivière de l'épuration de rejets urbains et industriels sont d'autant plus nettes que la pression polluante potentielle des rejets est grande, comme c'est le cas notamment pour les rivières à faibles débits où les rejets se trouvent peu dilués.

Trois stations de surveillance, situées à l'aval de stations d'épuration (figure 1) ont été choisies pour illustrer l'évolution des concentrations en orthophos-

Station de surveillance (nom de la rivière)	Nom de la station d'épuration	Capacité nominale de la station d'épuration (équivalent-habitant)	QMNA5 (m^3/s)
Menneval (la Charentonne, affluent de l'Eure)	Bernay	20 000	0,91
Glaines (rivière Sainte-Marie, affluent de l'Automne)	Crépy-en-Valois	18 000	0,36
Beynes (la Mauldre affluent de la Seine)	Ensemble 13 stations amont	180 000	1,08

QMNA5 : débit mensuel d'étiage le plus bas sur l'année, sur une période de retour de 5 ans.

Tableau VI. Caractéristiques des trois stations de surveillance situées à l'aval de stations d'épuration urbaines

phates et phosphore total, ammonium, nitrites, sur la période 1990-2015. Leurs caractéristiques sont données dans le *tableau VI*.

Sur la station de Menneval, située à l'aval de la station d'épuration de Bernay (Eure), une nette diminution des concentrations en nutriments a été enregistrée sur le cours d'eau de la Charentonne à la suite de la mise en eau de la station d'épuration urbaine (STEU) en 1999 (*figure 9*).

De même, à la suite de la création en 2005 de la nouvelle station d'épuration urbaine de Crépy-en-Valois (Oise), la *figure 10* met en évidence une diminution des concentrations en nutriments sur le cours d'eau Sainte-Marie.

Enfin, sur la station de Beynes, une amélioration progressive de la qualité des nutriments de la Mauldre (Île-de-France) est enregistrée (*figure 11*), à la suite de l'ensemble des travaux réalisés depuis plus de 20 ans sur les stations d'épuration situées en tête de bassin.

L'amélioration de la qualité des nutriments en rivière a été illustrée sur trois stations de surveillance du bassin Seine-Normandie. À l'aval de l'agglomération parisienne, de telles améliorations ont également été montrées en relation avec les travaux de réhabilitation des stations du Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne (SIAAP) [TABUCHI *et al.*, 2014]. Néanmoins, pour

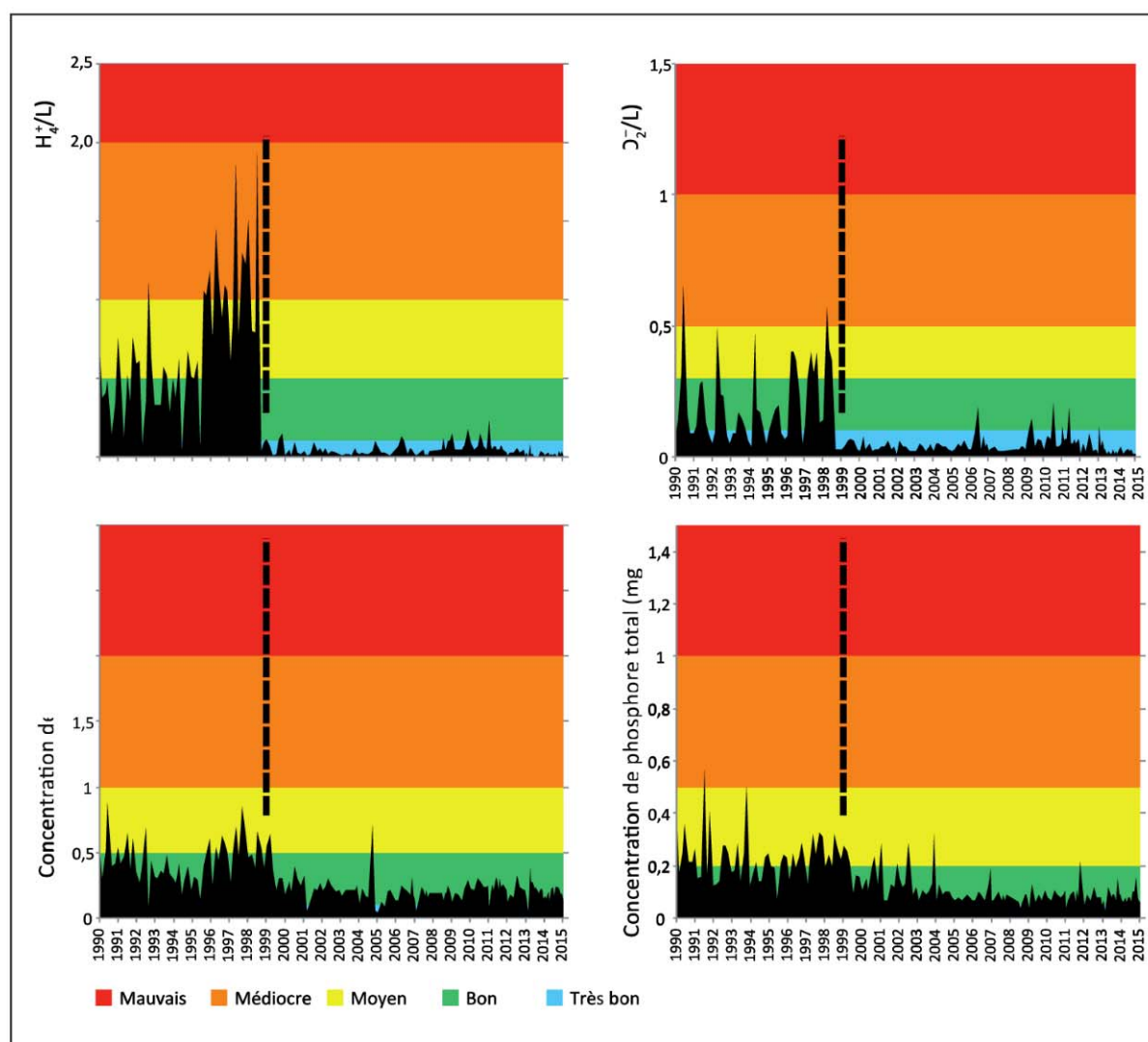


Figure 9. Évolution entre 1990 et 2015 des concentrations (mg/L) en nutriments (ammonium, nitrites, orthophosphates, phosphore total) sur la station de surveillance de Menneval (rivière de la Charentonne). Le trait vertical représente la date de mise en service de la station d'épuration de Bernay (1999)

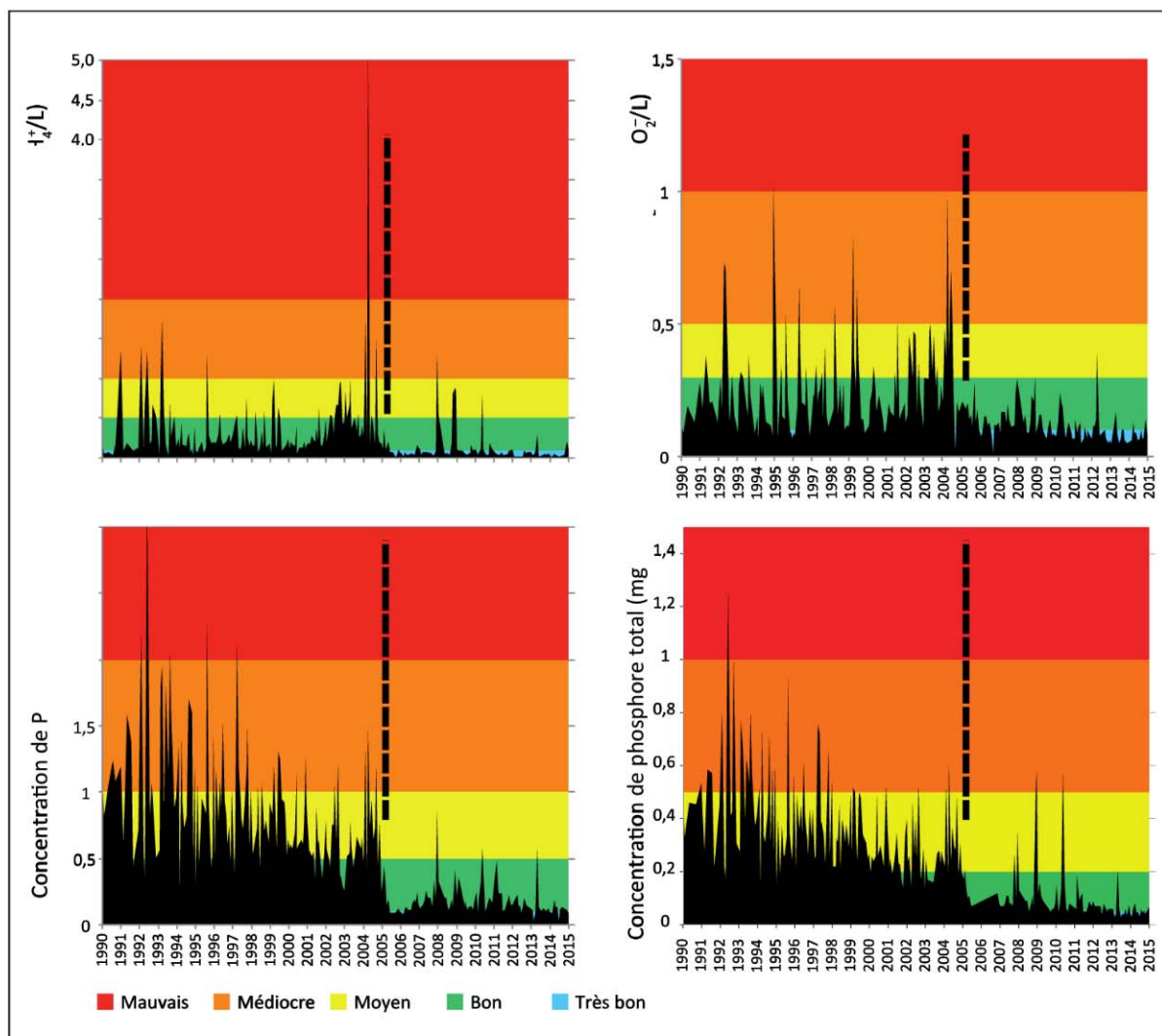


Figure 10. Évolution entre 1990 et 2015 des concentrations (mg/L) en nutriments (ammonium, nitrites, orthophosphates, phosphore total) sur la station de surveillance de Glaignes (rivière Sainte-Marie). Le trait vertical représente la date de mise en service de la station d'épuration de Crépy-en-Valois (2005)

certaines rivières telles que la Mauldre, caractérisée par une forte urbanisation et un faible débit – rapport population (habitants) sur débit d'étiage (L/s) d'environ 500 –, les pressions polluantes sont telles que des déclassements sont enregistrés malgré un parc de STEU au fonctionnement performant et qu'une étude est actuellement en cours pour étudier les possibilités d'objectifs DCE moins stricts.

Le rapport population sur débit d'étiage constitue un indicateur simple de la pression potentielle des rejets domestiques d'une agglomération sur une rivière, c'est pourquoi il est actuellement utilisé par l'Agence de l'eau Seine-Normandie pour une première estimation des difficultés à atteindre le bon état d'une masse

d'eau et arranger en ordre de priorité les actions à mener sur l'assainissement.

2.3. Hiérarchisation statistique des principaux facteurs de contrôle de la qualité biologique

La valeur de la première valeur propre de chacune des analyses interclasses a permis de hiérarchiser les 16 variables « milieux » et « pressions » pour chacune des trois matrices floro-faunistiques et d'identifier les facteurs naturels et anthropiques contrôlant la qualité biologique des cours d'eau.

Les facteurs naturels relatifs aux hydro-écorégions et au ruissellement (valeurs fortes d'IDPR) ressortent

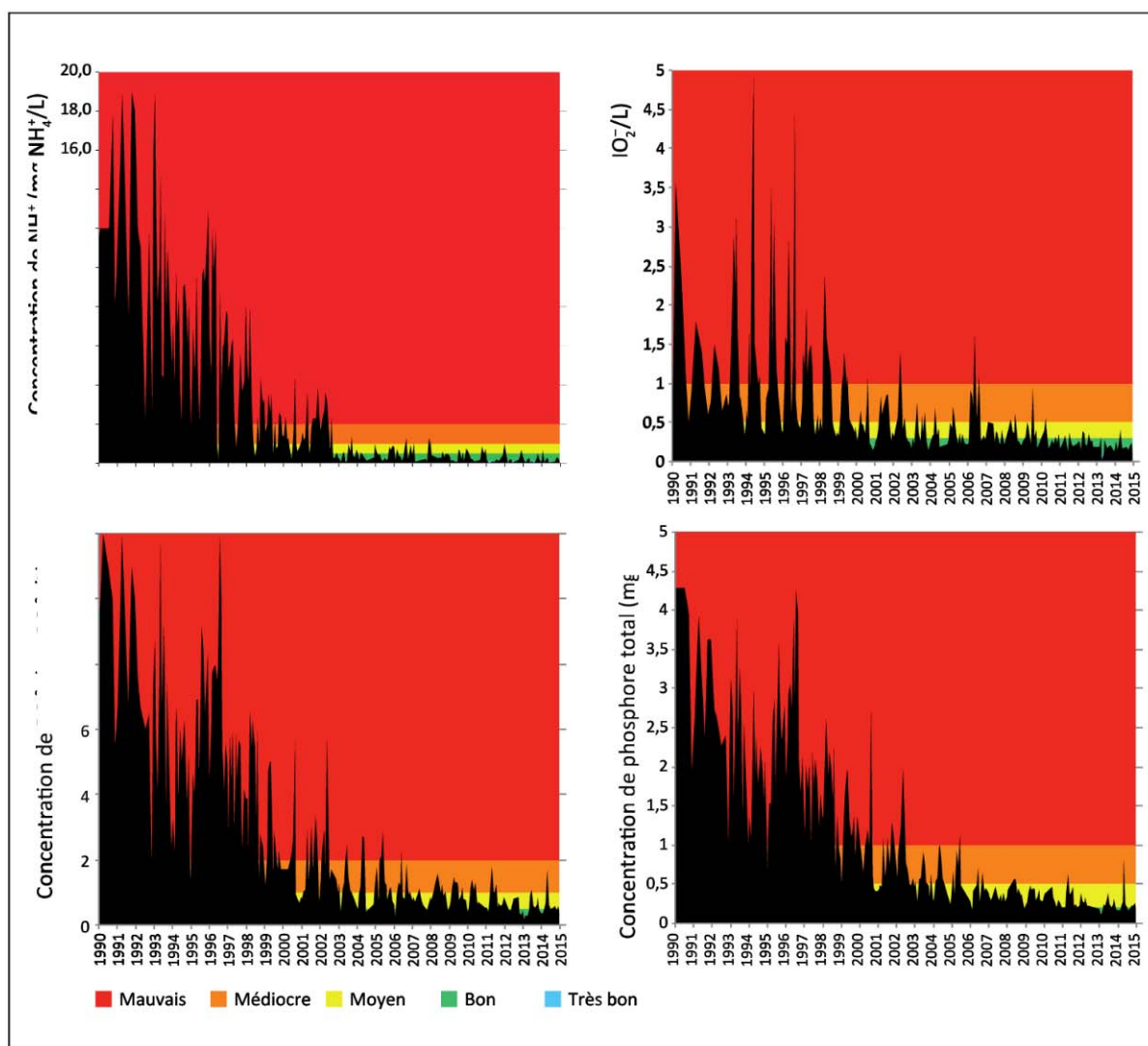


Figure 11. Évolution entre 1990 et 2015 des concentrations (mg/L) en nutriments (ammonium, nitrites, orthophosphates, phosphore total) sur la station de surveillance de Beynes (rivière de la Mauldre)

fortement des analyses interclasses réalisées pour les invertébrés (figure 12) et même plus fortement pour les diatomées (figure 13) ainsi que les variables d'occupation du sol (pourcentages de l'occupation du sol par l'agriculture et par les espaces naturels). Pour les macrophytes, en revanche, aucune variable explicative n'a été identifiée, la structuration des peuplements macrophytiques répondant plus à des conditions mésologiques locales (niveau trophique de l'eau et du substratum racinaire, faciès hydromorphologiques locaux).

Si les résultats confirment l'intérêt de la typologie nationale mise en place par le Cemagref [WASSON *et al.*, 2006] et les travaux du BRGM sur l'IDPR

[BRGM, 2005], qui par définition intègrent des informations climatiques, géologiques et hydrologiques globales, ils ont permis de faire ressortir de façon individuelle des variables « milieux » telles que le module, le QMNA5, l'altitude et le rang de Strahler.

Ces analyses soulignent également que les facteurs anthropiques d'occupation agricole des sols influent directement sur les structures de peuplements des invertébrés et des diatomées. Outre l'importance des facteurs naturels, la nécessaire prise en compte de l'occupation des sols pour prévoir la qualité biologique des cours d'eau a également été montrée dans d'autres travaux [DONOHUE *et al.*, 2006 ; WASSON *et al.*, 2010 ; KRISTENSEN *et al.*, 2012].

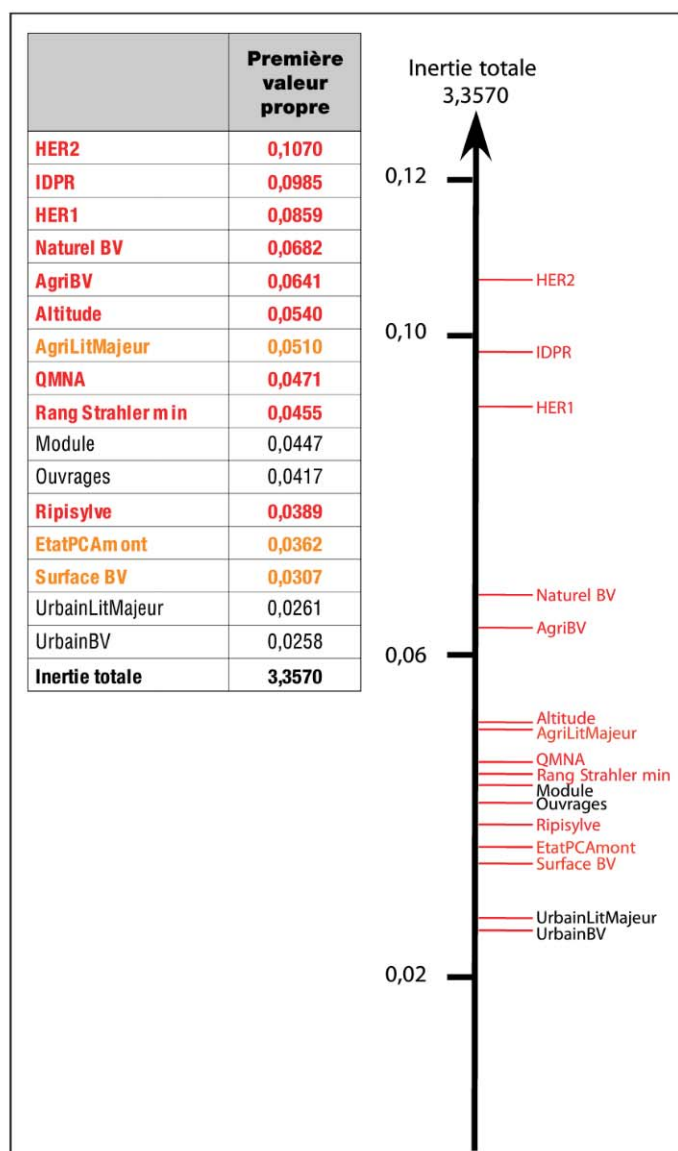


Figure 12. Valeurs propres des 16 variables pressions et milieux testées et classement par ordre d'importance vis-à-vis des listes faunistiques des relevés bruts d'invertébrés (N = 276 stations). Les variables statistiquement très significatives sont représentées en rouge, celles moins significatives en orange et celles étant très peu significatives en noir

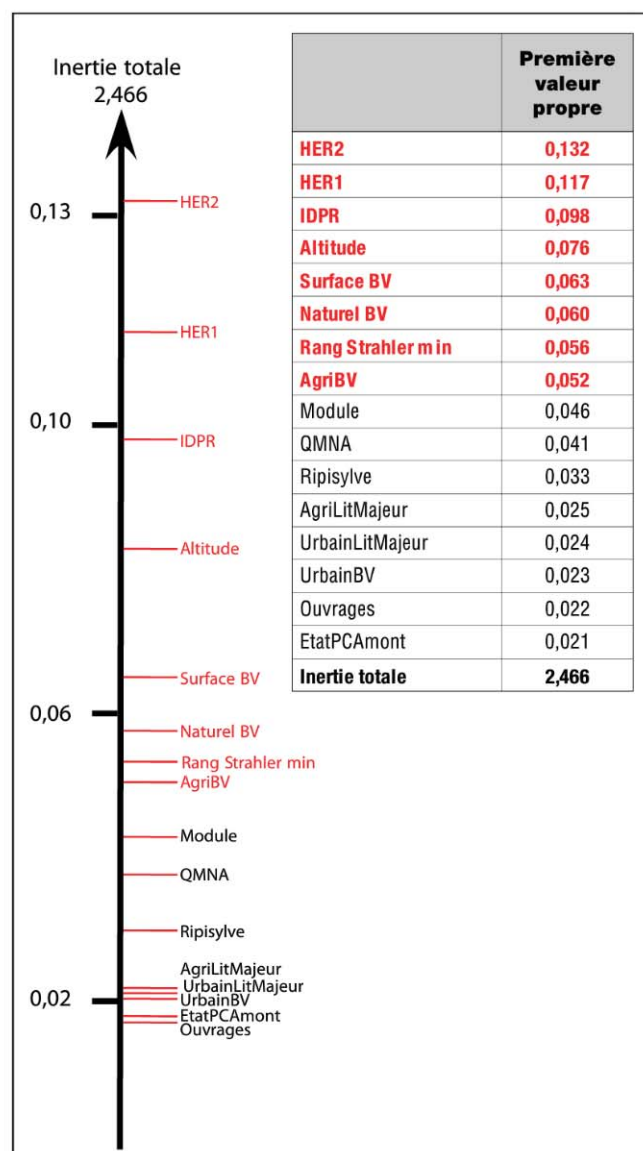


Figure 13. Valeurs propres des 16 variables pressions et milieux testées et classement par ordre d'importance vis-à-vis des listes floristiques des diatomées (N = 380 stations). Les variables statistiquement très significatives sont représentées en rouge, celles moins significatives en orange et celles étant très peu significatives en noir

2.4. Identification des stations de surveillance « en limite de bon état »

Pour le calcul des indicateurs globaux de « vulnérabilité » et de « pression », seules les variables quantitatives statistiquement significatives dans les analyses interclasses précédentes ont été retenues. La part respective de chaque variable par rapport aux indicateurs globaux est donnée par le pourcentage moyen expliqué par cette variable lors des analyses réalisées sur les trois matrices.

Pour l'indicateur global de vulnérabilité, l'altitude, la surface, le rang de Strahler, le module, l>IDPR et le QMNA5 ont été intégrés dans l'équation suivante :

$$\text{Vulnérabilité} = \text{altitude} \times 8,4 + \text{surface} \times 3,9 + \text{Strahler} \times 4,69 + \text{Module} \times 3,66 + \text{IDPR} \times 9,34 + \text{QMNA5} \times 3,2$$

Pour l'indicateur global de pression, les surfaces agricoles et urbanisées du lit majeur, la ripisylve, le pourcentage d'occupation du sol par l'agriculture et les espaces naturels, l'état physico-chimique

modélisé de la masse d'eau amont ont été considérés dans l'équation suivante :

$$\text{Pression} = \text{agrilitmaj} \times 4,05 + \text{urbainlitmaj} \times 2,88 + \text{ripisylve} \times 3,25 + \text{agriBV} \times 5,05 + \text{naturelBV} \times 5,67 + \text{étatPCamont} \times 3,23$$

Le profil de risque des stations a été étudié en croisant l'indicateur global de vulnérabilité et celui de pression. La répartition des stations étudiées est donnée dans le *tableau VII*.

Plus de 47 % des stations ($N = 192$) présentent un niveau de risque d'exposition aux pressions faible ou très faible (profil vert/bleu) tandis que 23 % des stations ($N = 92$) présentent un niveau de risque moyen (profil jaune) et 30 % ($N = 121$), un niveau de risque fort ou très fort (profils orange/rouge).

Le croisement de ces niveaux de risque (de très fort à très faible) avec les données actuelles de qualité biologique (moyenne des IBGN et IBD 2010) a permis de classer les stations étudiées selon leurs aptitudes au maintien ou à l'atteinte du bon état. Cinq niveaux d'aptitudes ont été considérés : très fortes en bleu, fortes en vert, moyennes en jaune, faibles en orange et très faibles en rouge (*tableau VIII*).

Représentés en bleu/vert/jaune dans le *tableau IX*, les stations en limite de bon état sont celles présentant

des aptitudes très fortes, fortes ou moyennes et elles constituent 39 % des stations ($N = 158$) tandis que 61 % des stations ($N = 247$) ne présenteraient pas les aptitudes nécessaires (rouge/orange).

Une cartographie de ces stations à l'échelle du bassin Seine-Normandie est présentée (*figure 14*) de façon à territorialiser les aptitudes au maintien ou à l'atteinte du bon état.

Conclusions et perspectives

La multiplicité des réseaux de surveillance (inventaire national de la pollution, réseaux complémentaires de 1971 à 1986, réseau national de bassin à partir de 1987, réseaux DCE à partir de 2007) ainsi que le changement de méthodes d'évaluation et de suivi des paramètres de la qualité des eaux (grille qualité de 1971, SEQ-Eau, arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation) rendent difficiles l'appréciation globale de l'évolution de la qualité des eaux et l'analyse des relations pressions-impacts sur une longue période. Ce constat est encore plus marqué pour les éléments de qualité biologiques.

		Indicateur global de pression				
		1. Très fort	2. Fort	3. Moyen	4. Faible	5. Très faible
Indicateur global de vulnérabilité	1. Très forte	1	6	6	2	0
	2. Forte	1	24	50	31	3
	3. Moyenne	0	13	76	53	17
	4. Faible	0	5	36	33	28
	5. Très faible	0	0	1	12	7

Tableau VII. Profil de risque de 405 stations du bassin Normandie, issu du croisement entre indicateur global de vulnérabilité et celui de pression

		Niveau de risque				
		1. Très fort	2. Fort	3. Moyen	4. Faible	5. Très faible
Qualité biologique	1. Mauvaise	0	5	9	8	2
	2. Médiocre	11	58	71	83	21
	3. Moyenne	0	20	26	43	23
	4. Bonne	2	5	9	6	1
	5. Très bonne	1	1	0	0	0

Tableau VIII. Aptitudes des stations étudiées ($N = 405$) au maintien ou à l'atteinte du bon état. Les stations en limite de bon état sont indiquées bleu/vert/jaune

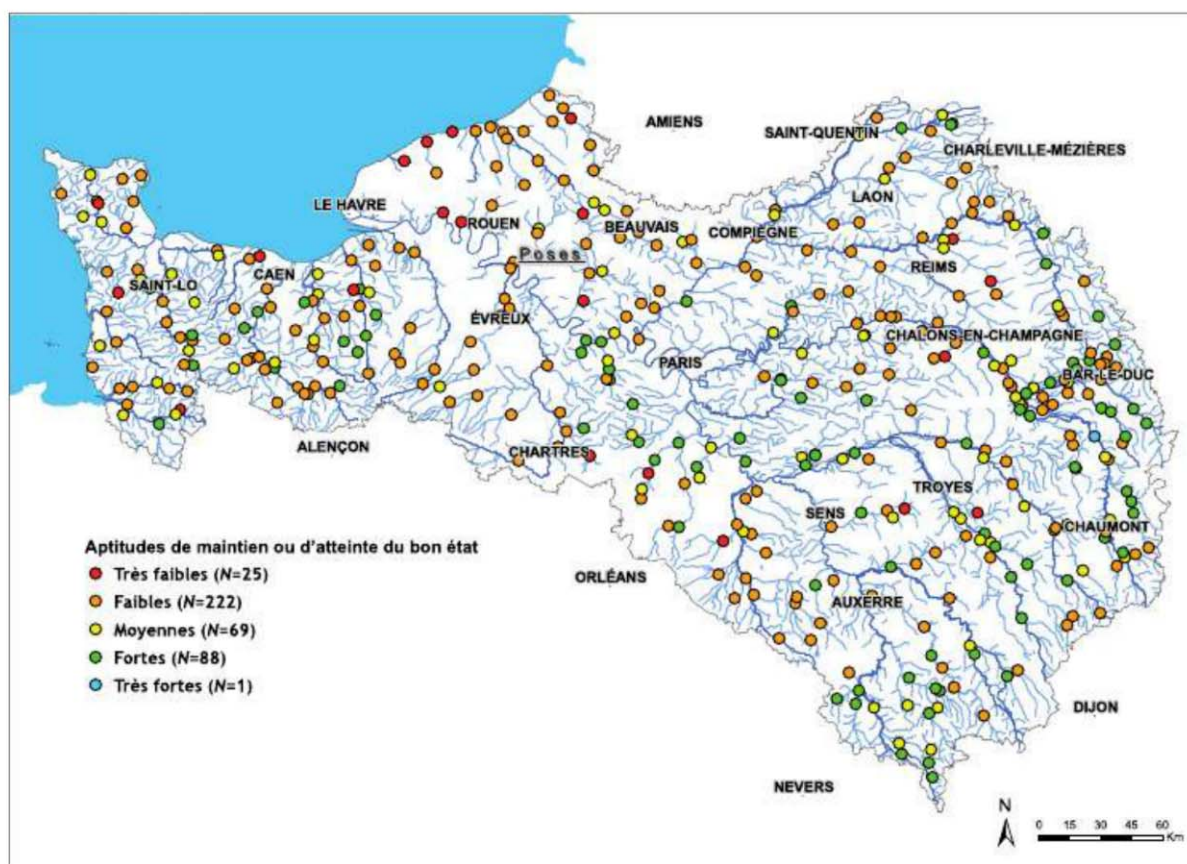


Figure 14. Cartographie des stations en « limite de bon état » (représentées en bleu, vert et jaune) et des stations présentant des aptitudes au maintien ou à l'atteinte du bon état faibles ou très faibles (respectivement en orange et rouge)

Sur les grands axes du bassin, la compilation des données physico-chimiques entre 1971 et 2010 a néanmoins permis d'illustrer l'amélioration générale de la qualité des eaux vis-à-vis des orthophosphates, du phosphore total, de l'ammonium et des nitrites, s'accompagnant de la diminution des phénomènes d'eutrophisation. Cette amélioration est notamment due aux travaux d'assainissement menés à partir des années 1990 sur le bassin [DIRECTIVE 91/271/CEE du 21 mai 1991], les pressions ponctuelles ayant été largement réduites. L'impact de la réduction de ces pressions à la suite de la mise en service de stations d'épuration a par ailleurs été très nettement mis en évidence sur trois rivières du bassin : la Charentonne, la rivière Sainte-Marie et la Mauldre.

En ce qui concerne les pressions diffuses, celles-ci restent prépondérantes sur le bassin et la dégradation mise en évidence depuis 1971 pour les nitrates, grâce à l'utilisation de seuils opérationnels, en témoigne. À cette tendance générale s'ajoute le fait que le phosphore total, dont les sources peuvent être ponctuelles

mais également diffuses, reste le paramètre le plus déclassant sur le bassin [AESN, 2013].

La non-atteinte du bon état écologique résultant généralement de la combinaison de plusieurs paramètres déclassants parmi les éléments de qualité physico-chimiques, hydromorphologiques et biologiques, il est difficile d'isoler une pression ponctuelle, diffuse ou hydromorphologique et de cibler les actions à mettre en œuvre.

Sur le bassin Seine-Normandie, où le contexte « multipressions » concerne près d'une station de surveillance sur deux (250 stations déclassées à la fois par des paramètres biologiques et physico-chimiques [AESN, 2013]), les tests statistiques réalisés ont permis d'identifier, mais surtout de hiérarchiser les facteurs naturels et anthropiques expliquant et/ou contrôlant la qualité biologique des cours d'eau du bassin. Outre les facteurs écorégionaux et l'IDPR, le débit du cours d'eau et l'occupation agricole des sols (par rapport à l'urbanisation et aux secteurs naturels)

sont les principaux facteurs à considérer pour la reconquête des milieux.

Sur la base de la méthodologie d'identification des stations en limite de bon état (39 % des stations de surveillance étudiées), les aptitudes au maintien ou à l'atteinte du bon état ont été territorialisées sur le bassin. D'autres études sur des objectifs DCE moins stricts, telles que celle menée sur l'Île-de-France, pourraient être envisagées sur les stations du bassin présentant de faibles aptitudes au maintien ou à l'atteinte du bon état (61 % des stations).

La méthodologie proposée présente néanmoins certaines limites et pourrait être complétée par des données plus précises sur les variables d'entrée (type de cultures, concentrations en nitrates...) et la qualité biologique (données poissons, nouveaux indices biologiques développés par l'Onema).

Si l'efficacité des traitements d'eaux résiduares urbaines sur l'état des rivières a été montrée, il faut constater que près de la moitié des masses d'eau superficielles du bassin ne sont pas en bon état physico-chimique [AESN, 2013]. Compte tenu de l'importance des pressions ponctuelles en regard des débits des cours d'eau, l'impact global des rejets ponctuels est élevé à l'échelle du bassin Seine-Normandie et ce constat devrait s'amplifier à terme avec la réduction des débits des rivières du bassin prédite par les simulations du changement climatique. Aussi, l'effort sur l'assainissement doit rester soutenu pour maintenir le parc des ouvrages existants en bon état de fonctionnement et améliorer les performances des dispositifs présentant des rejets impactants.

Pour les pollutions diffuses et notamment les nitrates, dont l'origine est agricole et provient à la fois du ruissellement superficiel et des apports de nappes, le délai de réponse des cours d'eau aux actions agricoles mis en place ainsi que l'inertie des nappes font que les objectifs environnementaux DCE de 2021 et 2027 restent très ambitieux. Enfin, pour les pressions hydromorphologiques, contrairement aux effets de dégradation, la réponse biologique des écosystèmes aux opérations de restauration est insuffisamment connue et reste à évaluer dans le temps [HERING *et al.*, 2010).

Remerciements

Les auteurs remercient les Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) et l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema) pour les données sur les indices biologiques, la directrice générale de l'Agence de l'eau Seine-Normandie, Mme Rousseau, la directrice de la connaissance et de l'appui technique, Marie-Dominique Monbrun, Aline Cattan, Sylvain Victor, Mireille Ragué, Julien De Bortoli, Chantal Greischel, Sylvie Reculard, Philippe Lohest, la direction de la stratégie territoriale, Luc Pereira Ramos, Cédric Deransart, la direction de l'eau et des milieux aquatiques, Pascal Maret, Rachel Puechberty, la direction territoriale Île-de-France, Gilles Cherier et Lydia Prouvé, la direction territoriale Vallées d'Oise, Pascale Mercier, la direction territoriale Seine-Aval, Anthony Deburghrave, Axel Aurouet de la société GeoHyd et Yorick Reyjol de l'Onema.

Bibliographie

AESN – AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE (2009) : *Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux 2010-2015 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands*, 274 pages.

AESN – AGENCE DE L'EAU SEINE-NORMANDIE (2013) : *État des lieux du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands*, 328 pages.

AFNOR (2012) : « Mise en œuvre de la directive-cadre sur l'eau : pour un bon état des eaux en 2015 ». Afnor normalisation *Qualité de l'Eau* T 90-N° 595, 37 pages.

ARRÊTÉ D'ÉVALUATION du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du Code de l'environnement.

ARRÊTÉ DE SURVEILLANCE du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du Code de l'environnement.

- BEFFY J.L., DOLÉDEC S. (1991) : « Mise en évidence d'une typologie spatiale dans le cas d'un fort effet temporel : un exemple en hydrobiologie ». *Bull. Ecol.* ; 22 (1) : 169-78.
- BILLEN G., GARNIER J., LE GUERN G. (1998) : « SENEQUE 1.3, notice de présentation ». *Programme PIREN Seine*. UMR SISYPHE 7619, Université Pierre et Marie Curie-Paris, France.
- BRGM (2005) : *Carte de vulnérabilité simplifiée du bassin Seine-Normandie*. Rapport BRGM/RP-54148-FR, 83 pages.
- CHANDESRIAS A., MENGIN N., MALAVOI J. R., SOUCHON Y., WASSON, J.G. (2008) : *Appui scientifique à la mise en œuvre de la directive cadre européenne sur l'eau. Système Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau. Atlas à large échelle V2.0*. Rapport Cemagref-Onema, 58 pages.
- CEMAGREF (2009) : *Cartographie des débits de référence sur le bassin Seine-Normandie*. Rapport Cemagref - AESN de deuxième phase, 62 pages.
- CGDD – COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE (2009) : « Évolution de la qualité des cours d'eau : volet macropolluants ». *Études et documents* n° 13, 10 pages.
- CHESEL D., THIOULOUSE J., DOLÉDEC S., OLIVIER J.M. (1993) : « Software. Multivariate Analysis and graphical display for environmental data. Version 4. HyperCard stacks and program library for the analysis of environmental data ». URACNRS 1451 « Écologie des eaux douces et des grands fleuves », Université Claude Bernard-Lyon, France.
- DÉCRET n° 2007-491 du 29 mars 2007 relatif à l'interdiction des phosphates dans certains détergents. *JO* n° 77 du 31 mars 2007.
- DEGIORGI F. (1994) : *Étude de l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre. Prospection multisaisonnière de 6 plans d'eau de l'est de la France à l'aide de filets verticaux* [thèse]. Université de Franche-Comté, 207 pages.
- DIRECTIVE 91/271/CEE du Conseil, du 21 mai 1991, relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. *JOCE* n° L 135 du 30 mai 1991.
- 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.
- DOLÉDEC S., CHESEL D. (1987) : « Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique. I : Description d'un plan d'observations complet par projection de variables. *Acta oecologica. Oecologia generalis* ; 8 (3) : 403-26.
- DOLÉDEC S., CHESEL D. (1989) : « Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique. II : Prise en compte et élimination d'effets dans un tableau faunistique ». *Acta oecologica. Oecologia generalis* ; 10 (3) : 207-32.
- DOLÉDEC S., CHESEL D. (1991) : « Recent developments in linear ordination methods for environmental sciences ». *Advances in Ecology* ; 1 : 133-55.
- DONOHUE I., MCGARRIGLE M.L., MILLS P. (2006) : « Linking catchment characteristics and water chemistry with the ecological status of Irish rivers ». *Water Research* ; 40 (1) : 91-8.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2012) : « European waters - assessment of status and pressures ». *EEA Report n° 8*, 98 pages.
- HERING D., BORJA A., CARSTENSEN J., CARVALHO L., ELLIOTT M., FELD C. K., VAN DE BUND, W. (2010) : « The European Water Framework Directive at the age of 10: a critical review of the achievements with recommendations for the future ». *Science of the total Environment* ; 408 (19) : 4007-19.
- KRISTENSEN E., BAATTRUP-PEDERSEN A., ANDERSEN H. (2012) : « Prediction of stream fish assemblages from land use characteristics: implications for cost-effective design of monitoring programmes ». *Environmental monitoring and assessment* ; 184 (3) : 1435-48.
- LEQUIEN A. (2006) : *Dynamique érosive actuelle et transferts fluviaux dans l'ouest du bassin de Paris. Exemple de bassins versants littoraux en Haute-Normandie : le Dun, la Ganzeville et l'Yères* [thèse]. Université de Rouen, 183 pages.
- MASSON M., BLANC G., SCHAFER J. (2006) : « Geochemical signals and source contributions to heavy metal (Cd, Zn, Pb, Cu) fluxes into the Gironde Estuary via its major tributaries ». *Science of the total Environment* ; 370 : 133-46.
- MEYBECK M., DE MARSILY G., FUSTEC E. (1998) : « La Seine en son bassin : fonctionnement écologique d'un système fluvial anthropisé ». Paris, Elsevier, 749 pages.
- NADER K., HOFACK P. (2004) : « Les pressions anthropiques et leurs impacts sur les situations qualitatives et quantitatives de l'eau dans le Bassin versant de la Seine ». *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* ; 51 : 75-87.
- REYJOL Y., ARGILLIER C., BONNE W., BORJA A., BUIJSE A.D., CARDOSO A.C., VAN DE BUND W. (2014) : « Assessing the ecological status in the context of the European Water Framework Directive: Where do we go now? ». *Science of the Total Environment* ; 497 : 332-44.
- TABUCHI J.P., JAIRY A., MARY C., PICARD J.M. (2014) : « Grand Paris et perspectives pour le Siaap » *TSM* ; 6 : 58-68.
- VERNEAUX V. (1996) : *Structure, dynamique spatiale et temporelle du peuplement chironomidien du lac de l'Abbaye (massif du Jura) et approche typologique. Relation entre la typologie larvaire et la structuration des peuplements émergents* [thèse]. Université de Franche-Comté, 187 pages.
- WASSON J.G., CHANDESRIAS A., PELLA H., SAUQUET E., MENGIN N. (2006) : *Appui scientifique à la mise en œuvre de la directive cadre européenne sur l'eau. Typologie des cours d'eau de France métropolitaine*. Rapport Cemagref-MEDD, 63 pages.
- WASSON J.G., VILLENEUVE B., ITAL A., (2010). Large scale relationships between basin and riparian land cover and the ecological status of European rivers. *Freshwater Biology* ; 55 (7) : 1465-82.

Résumé

A. LEQUIEN, J. LESAVRE, A.S. ALLONIER-FERNANDES, F. MARTINET, J. MESQUITA, M. ROULIER, F. LAMY, J. DAVID, M. BACCHI

Relations entre pressions et impacts et détermination statistique des facteurs de contrôle de la qualité des cours d'eau du bassin Seine-Normandie

Afin d'aider à l'interprétation de la réponse des cours d'eau aux pressions anthropiques sur le bassin Seine-Normandie, l'objectif est d'analyser le lien entre pressions et qualité physico-chimique et, à partir d'analyses statistiques, de proposer une hiérarchisation des facteurs naturels et anthropiques influençant la qualité biologique des cours d'eau. L'une des finalités opérationnelles est d'identifier les stations de surveillance « en limite de bon état ». S'appuyant sur les stations de surveillance de la qualité des rivières du bassin, ce travail se fonde sur un croisement des données physico-chimiques et biologiques issues des réseaux de surveillance avec les données de pressions et celles relatives au contexte géographique naturel, soit plus de 2 millions de données. Les résultats obtenus soulignent la prépondérance des pressions diffuses sur le bassin avec une tendance à l'augmentation des teneurs en nitrates depuis les années 1970 tandis que les paramètres liés aux rejets urbains (orthophosphates, phosphore total, ammonium, nitrites) diminuent grâce à l'amélioration des traitements épuratoires entrepris à partir des années 1990.

L'impact de la réduction des pressions ponctuelles à la suite de la mise en service de stations d'épuration a pu être mis en évidence très nettement sur trois rivières situées en tête de bassin. Concernant la qualité biologique des eaux, les analyses statistiques réalisées montrent que les principaux facteurs à considérer pour l'atteinte du bon état sont les facteurs naturels relatifs aux hydro-écorégions (HER), l'indice de persistance des réseaux (IDPR), le débit des cours d'eau ainsi que les facteurs anthropiques d'occupation agricole des sols. Sur le bassin, le nombre de stations en « limite de bon état », c'est-à-dire présentant une qualité biologique actuelle suffisante et caractérisées par des facteurs naturels et anthropiques favorables pour rester au bon état (enjeu de non-dégradation) ou l'atteindre dans les années à venir est de 158 (sur un total de 405 stations de surveillance, soit 39 %). Concernant les stations présentant de faibles aptitudes au maintien ou à l'atteinte du bon état (61 % des stations), des études sur des objectifs de la directive cadre sur l'eau (DCE) moins stricts pourraient être envisagées.

SAMBAT

**Sonde Autonome Multiparamètre
Station d'alerte
Contrôle de la qualité de l'eau
Suivi des travaux de génie civil**

- > Autonome, télétransmission
- > Nettoyage automatique.
- > Conductivité, Température, Profondeur, CDOM, Turbidité, Oxygène dissous, pH, Chlorophylle a, Phycocyanine, Redox, Hydrocarbure.

Utilisée et qualifiée par les principaux gestionnaires de l'eau



nke
INSTRUMENTATION



Votre solution de mesure in-situ
www.nke-instrumentation.com

A. LEQUIEN, J. LESAVRE, A.S. ALLONIER-FERNANDES, F. MARTINET, J. MESQUITA, M. ROULIER, F. LAMY, J. DAVID, M. BACCHI

Relationships between pressures and impacts and statistical determination of factors controlling river water quality in the Seine-Normandie basin

To understand the rivers response to human pressures within the Seine-Normandie basin, the objective is to analyze the relationships between diffuse and point-source pollution and physico-chemical water quality and to propose a statistical ranking of natural and anthropogenic factors controlling biological water quality -using statistical analysis. One of the operational aims is to identify monitoring stations "at the limit of good status". Based on monitoring stations of the quality of rivers in the basin, this work presents a cross physicochemical and biological data from monitoring networks with pressure data and those relating to natural geographic context (over 2 million data). The results show the importance of diffuse pressure within the basin with an increase - since the 70s - in the concentration of nitrate while the parameters related to urban waste water (orthophosphate, total phosphorus, ammonium, nitrite) decrease due to the improvement of sewage treatment system from the 90s. The impact of the

point-source pollution reduction following the activation of wastewater purification plants has been shown very clearly on three rivers located in upstream areas of the drainage basins. Concerning biological water quality, the statistical tests show that the most crucial factors to consider to achieve good status are the natural factors relating to hydroecoregions (HER), the Networks Persistence Index (IDPR), the river discharge and the anthropogenic factors of agricultural land occupation. At the scale of the Seine-Normandie basin, the number of stations "at the limit of good status", i.e. having a sufficient biological quality and favorable natural and anthropogenic factors to stay in good status (prevent further deterioration issue) or achieve it in the coming years is 158 (total of 405 monitoring stations, i.e. 39 %). Concerning the stations with low capacity to maintain or achieve good status (61 % of the stations), studies on less stringent WFD objectives could be considered.

APPEL À CANDIDATURE POUR L'AGRÈMENT DES HYDROGÉOLOGUES EN MATIÈRE D'HYGIÈNE PUBLIQUE DE LA RÉGION CENTRE-VAL DE LOIRE 2016-2021

Par décision du Directeur général de l'Agence régionale de santé (ARS) Centre-Val de Loire en date du 15 janvier 2016 l'appel à candidature pour le renouvellement des hydrogéologues agréés dans les départements du Cher, d'Eure-et-Loir, de l'Indre, d'Indre-et-Loire, de Loir-et-Cher et du Loiret est ouvert.

• Où retirer votre dossier de demande d'agrément ?

À compter du 1^{er} février 2016, vous pouvez retirer votre dossier de candidature :

- sur le site Internet de l'ARS Centre-Val de Loire : www.ars.centre-val-de-loire.sante.fr
- dans les délégations départementales de l'ARS (*adresses disponibles ci-dessous*)

• Renseignements

Siège - ARS Centre-Val de Loire - Mme Moraguez T° 02 38 77 47 42

- Département du Cher - Mme Vidalie - T° 02 38 77 33 43
6, place de la pyrotechnie - CS80 003 - 18023 Bourges Cedex
- Département d'Eure-et-Loir - M. Pasquier - T° 02 38 77 33 68 ou 33 78
15, place de la République - CS 70 016 - 28008 Chartres Cedex
- Département de l'Indre - M. Souet - T° 02 38 77 34 05 ou 33 92
Cité administrative - boulevard George Sand - CS 30587- 36019 Châteauroux Cedex

• Où et quand déposer votre dossier de candidature ?

Les dossiers de candidatures sont à déposer en **double exemplaire** dans les délégations départementales de l'ARS Centre-Val de Loire, à partir du 15 février 2016 et au plus tard le 4 mars 2016 délai de rigueur, cachet de la poste faisant foi. Un dossier de candidature doit être déposé **dans chaque département où le candidat sollicite son agrément**.

- Département d'Indre-et-Loire - Mme Goléo - T° 02 38 77 34 25 ou 34 51
Cité administrative Champ Girault - 38, rue Edouard Vaillant - CS 94 214 - 37042 Tours Cedex
- Département de Loir-et-Cher - M. Chauvreau - T° 02 38 77 34 79 ou 34 85
41, rue d'Auvergne - CS 1820 - 41018 Blois Cedex
- Département du Loiret - M. Michel - T° 02 38 77 31 43
Cité Coligny - 131, rue du faubourg Bannier - BP 74409 - 45044 Orléans Cedex 1