

Pollution diffuse en tête de bassin versant : quelle méthodologie mettre en place pour un meilleur diagnostic des zones de contribution

■ M. RABIET¹, A. ROUWANE¹, I. BOURVEN¹, M. GRYBOS¹, C. BOYARD², G. GUIBAUD¹

Mots-clés : bassin versant, flux, pollution diffuse, zone contributrice, zone humide

Keywords: contributive area, diffuse pollution, fluxes, watershed, wetland

Introduction

En 2000 avec la directive cadre sur l'eau (DCE [EC, 2000]), l'Union européenne a défini le cadre de la politique communautaire de l'eau en fixant notamment l'objectif de l'atteinte du bon état chimique et écologique des eaux continentales et littorales. Pour cela, l'évaluation des pressions sur le milieu aquatique et de leurs impacts reste un véritable enjeu technique et scientifique, notamment dans le contexte des pollutions diffuses à l'échelle de bassin versant. En région Nouvelle-Aquitaine sur les départements de Corrèze (19), de Creuse, du nord-Dordogne (24) et de la Haute-Vienne (87) (France), l'activité agricole domine avec notamment l'élevage extensif de bovins et ovins. La surface dédiée à l'activité agricole (surface agricole utilisée, SAU) représente en moyenne 50 % du territoire. Les pollutions en matière organique, phosphore et azote engendrées par l'agriculture sont typiquement des pollutions diffuses dont il est difficile par définition d'identifier les zones sources. Ces pollutions peuvent être renforcées par un assainissement des eaux domestiques peu performant en zone rurale. Le contexte géologique (socle cristallin) et le climat océanique humide de ce secteur, situé sur la frange ouest du Massif central, ont favorisé le développement de zones humides d'une grande diversité (tourbière, mégaphorbiais, prairie humide, etc.) sur tout le territoire, faisant ainsi de ses

milieux remarquables un élément majeur du paysage. Les zones humides de ce secteur occupent près de 5 % du territoire, voire nettement plus dans certains secteurs (jusqu'à 14 % sur l'ouest du plateau de Millevaches) [CHABROL, 2006]. Ainsi, la grande majorité des cours d'eau de la partie septentrionale de la région Nouvelle-Aquitaine, et plus globalement du centre-ouest, y prennent leur source et leur qualité est donc fortement liée au fonctionnement de ces milieux. Depuis quelques années, les zones humides sont au cœur de l'actualité en raison de leur disparition progressive due à leurs utilisations pour l'urbanisme ou l'agriculture. À l'heure actuelle, l'ensemble de la communauté scientifique s'accorde à reconnaître les différentes fonctionnalités de ces milieux d'un point de vue écologique, hydrologique ou encore physico-chimique [FUSTEC et FROCHOT, 1996]. Dans un contexte de zones humides contribuant à l'enrichissement des milieux en matière organique, il devient difficile d'identifier la part anthropique liée à l'agriculture ou aux rejets domestiques de la part naturelle liée aux zones humides. Or, dans un contexte réglementaire fort visant à limiter l'impact anthropique sur les cours d'eau, d'autant plus quand ces derniers sont situés en tête de bassin versant, il est fondamental d'identifier les zones sources, c'est-à-dire les zones vers lesquelles les actions de protection de la ressource devront être redirigées en priorité. L'objectif de cette étude est de développer une méthodologie permettant d'évaluer de manière plus précise l'origine de la dégradation de la qualité des eaux de surface sur des têtes de bassin versant. Il s'agit en effet de relier une perturbation à

¹ Université de Limoges – Groupement de recherche eau sol environnement (EA 4330) – Faculté des sciences et techniques – 123, avenue Albert-Thomas – 87060 Limoges cedex. Courriel : marion.rabiet@unilim.fr

² Chambre d'agriculture de la Haute-Vienne (87) – Safran – 2, avenue Georges-Guigouin – Panazol – 87017 Limoges cedex. Courriel : celine.boyard@haute-vienne.chambagri.fr

une zone source/contributrice. L'approche présentée s'intéresse à la détermination des flux spécifiques sur une zone donnée à l'échelle du bassin versant permettant un meilleur diagnostic de l'origine des perturbations identifiées.

Cette étude s'inscrit dans un programme ambitieux sur la frange ouest du Massif central située en région Nouvelle-Aquitaine (départements de Corrèze (19), de Creuse, du nord-Dordogne (24) et de la Haute-Vienne (87)) sur la période 2009-2011, porté par la chambre d'agriculture de la Haute-Vienne : *Guide des milieux humides agricoles, perspectives et recherche de gestion durable*. Les objectifs principaux de ce programme étaient d'acquérir des références locales sur la caractérisation des milieux humides agricoles (MHA), et d'établir un guide de bonnes pratiques agricoles dans un objectif de gestion durable de ces milieux [BOYARD *et al.*, 2013]. Dans ce cadre-là, 12 bassins versants représentatifs du secteur étudié et localisés en tête des grands bassins versants Vienne et Dordogne ont été sélectionnés, répartis en six grands secteurs géographiques aux caractéristiques homogènes (relief, pente, géologie, climat) et cohérentes au niveau pédologique et agronomique (figure 1).

1. Méthodologie développée

1.1. Choix et description des bassins versants représentatifs du Limousin

Douze bassins versants (BV) ont été sélectionnés afin de représenter l'ensemble du secteur d'étude situé sur

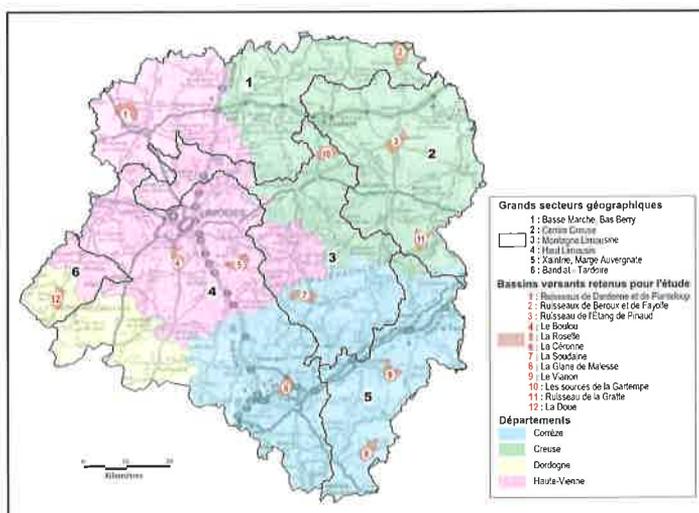


Figure 1. Localisation des 12 bassins versants étudiés sur la frange Massif central de la région Nouvelle-Aquitaine

la frange ouest du Massif central en région Nouvelle-Aquitaine (départements de Corrèze (19), de Creuse, du nord-Dordogne (24) et de la Haute-Vienne (87)). D'un point de vue géologique, ce secteur repose sur un socle cristallin, essentiellement constitué de granites et de gneiss. Ce territoire est influencé par un climat océanique dégradé par des influences continentales avec des perturbations atmosphériques en provenance de l'ouest. Ces 12 bassins versants sont situés en tête des grands bassins versants (Vienne, Dordogne) et sont donc fortement impliqués dans l'acquisition de la composition chimique des eaux de surface [LHÉRITIER, 2012]. Les critères de sélection reposent sur la densité de zones humides, l'indice de drainage des bassins versants par les cours d'eau et la densité de la SAU. À cela ont été associés des critères géographiques, topographiques, géologiques et climatologiques. Hormis le BV 08 (rang de Strahler³³ de 4), les rangs de Strahler des cours d'eau n'excèdent pas 3. La taille des bassins versants retenus est comprise entre 26 et 33 km², ce qui permet un suivi plus fin de la qualité des eaux. Sur ces territoires, les végétations humides relevées selon la méthode développée par le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) et la Fédération des conservatoires botaniques nationaux (CBN) [MNHN et FCBN, 2005] représentent entre 1,5 % et 8,6 % de la surface (tableau 1). On retrouve principalement des prairies mésohygrophiles, prairies inondables, mégaphorbiaies, prés paratourbeux et prairies humides hautes peu entretenues. Ces 12 bassins sont essentiellement occupés par l'activité agricole avec en particulier 45 % en moyenne de SAU par bassin. L'activité agricole principale est l'élevage bovin ou ovin pratiqué de manière extensive. Les caractéristiques générales de chaque bassin versant (surface, géologie, végétations humides) sont présentées dans le tableau 1.

1.2. Mise en place de la campagne de mesures

Les points de mesures physico-chimiques et débitométriques ont été sélectionnés de façon à être bien

³³ Méthode de classement des biefs de cours d'eau en fonction de leur place dans le réseau hydrographique et du nombre d'affluents qui les alimentent ; rangs 1 à 3 : petits cours d'eau en tête de bassin ; rang > 3 : cours d'eau plus larges et fleuves.

Bassin versant	Cours d'eau principaux	Département	Surface (km ²)	Géologie dominante*	% végétations humides**	Végétations humides principales
1	Dardenne et Planteloup	87	32,0	Gneiss	3,9	Prairie mésohygrophile Prairie inondable
2	Beroux et Fayolle	23	32,3	Gneiss	3,3	Prairie paturée mésohygrophile Mégaphorbiais Prairie humide haute peu entretenue
3	Gane	23	32,9	Graniodiorites et monzogranites	3,9	Prairie paturée mésohygrophile Prairie inondable
4	Boulou	87	25,7	Gneiss + Graniodiorites et monzogranites	2,1	Prairie inondable Prairie paturée mésohygrophile Mégaphorbiais
5	Roselle	87	25,9	Gneiss	4,8	Prairie inondable Prairie mésohygrophile
6	Céronne	19	28,5	Gneiss	1,7	Prairie inondable Mégaphorbiais Prés paratourbeux
7	Soudaine amont	19	31,8	Granites	4,2	Prés paratourbeux Prairie mésohygrophile
8	Vianon	19	31,3	Granites	3,9	Prairie mésohygrophile Prés paratourbeux
9	Glane de Malesse	19	30,9	Gneiss	1,7	Prés paratourbeux Prairie mésohygrophile
10	Sources de la Gartempe	23	29,4	Graniodiorites et monzogranites	8,6	Prairie inondable Prairie mésohygrophile
11	Gratte	23	27,6	Graniodiorites et monzogranites	8,6	Prairie paturée mésohygrophile Prés paratourbeux Prairie inondable
12	Doue	24	28,0	Granites	1,5	Prairie humide paturée Prairie humide haute peu entretenue

*La géologie dominante a été déterminée à partir des cartes géologiques du BRGM 1/50 000 ; **les végétations humides dominantes sur chaque bassin versant ont été déterminées par le CBN du Massif central.

Tableau I. Caractéristiques générales des 12 bassins versants

répartis sur l'ensemble du territoire. Ils sont en majorité situés sur le cours d'eau principal de la source à l'exutoire. Les principaux affluents contribuant de façon significative aux débits ont également été échantillonnés. Selon les bassins versants, le nombre de points de prélèvement varie entre quatre et neuf. L'ensemble des campagnes de prélèvements (une à deux par bassin versant) a été réalisé sur la période juin-octobre 2010, période favorable à une évaluation correcte de la qualité des eaux. Au cours de cette

campagne de terrain, il a été effectué des mesures de débit par exploration des champs de vitesse⁴ avec un courantomètre Marsh-Mc Birney, Flo-Mate model 2000, des mesures physico-chimiques [température (°C) ; pH ; conductivité électrique CE (µS/cm) ; oxygène dissous (mg/L et % de saturation)] et des

⁴ Méthode très largement utilisée pour la détermination des débits : consiste en la mesure de vitesse en différents points de la section du cours d'eau, le long de verticales (délimitant des sous-sections) réparties sur la largeur du cours d'eau. Le débit s'exprime ainsi : $Q = \sum AV$ avec A pour l'aire de chaque sous-section et V pour la vitesse moyenne associée à chaque sous-section.

prélèvements ponctuels d'échantillons d'eau en vue d'analyses en laboratoire. Sur les échantillons d'eau filtrée sur filtre en acétate de cellulose de porosité 0,45 µm, les dosages réalisés sont les suivants : anions (NO_3^- , Cl^- et SO_4^{2-}) et cations majeurs (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ et K^+) par chromatographie ionique Dionex DX-120 ; carbone organique dissous (COD) par analyseur carbone (Dhormann, phœnix 8000) ; carbone organique biodégradable par la DBO_5 , [AFNOR, 1998] ; paramètres azotés (NH_4^+ , NO_2^-) par réactifs et spectromètre de terrain Hach ; paramètre phosphoré (PO_4^{3-}) par réactifs et spectromètre de terrain Hach. Sur les échantillons d'eau non filtrée, les dosages suivants sont réalisés : azote total (NGL) et phosphore total (Ptot) par kit Dr Lange et spectromètre de terrain Hach ; alcalinité [AFNOR, 1996].

1.3. Traitement des données

1.3.1. Faciès physico-chimique et qualité globale des eaux

Le faciès physico-chimique des eaux a été déterminé à l'aide du diagramme de Piper, réalisé sous le logiciel Diagramme. L'évaluation de la qualité globale des eaux a été réalisée à partir de l'ancien référentiel intitulé « Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau Version 2 » (SEQ-Eau V2, [MEDD et AGENCES DE L'EAU, 2003]). Les données sont comparées aux valeurs correspondant aux altérations suivantes : matières organiques et oxydables, matières azotées hors nitrates, nitrates et matières phosphorées. Ce choix se justifie vis-à-vis du paramètre nitrates pour lequel le système de référence actuel, le Système d'évaluation de l'état des eaux (SEEE, [MEDD, 2009]) est beaucoup moins sévère.

1.3.2. Détermination des zones contributives à l'échelle des bassins versants – calcul des flux spécifiques de nitrates et COD

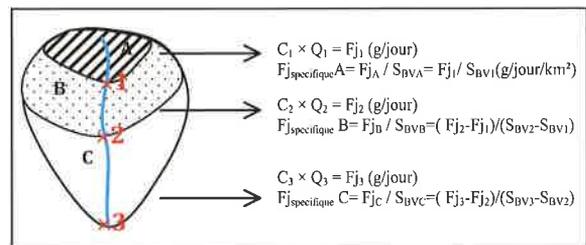
La détermination des flux spécifiques par domaine permet d'identifier les zones contributives en carbone organique dissous et nitrates à l'échelle du bassin versant pour une campagne donnée. La méthode permettant de calculer les flux spécifiques par zone est illustrée pour un bassin versant donné sur la figure 2. Chaque bassin versant étudié a été découpé en sous-bassins en fonction des différents points de prélèvements. Pour

chaque sous-bassin, les flux journaliers (F_j) de nitrates et COD ont été déterminés à partir de la concentration (C) et du débit (Q) mesurés en chaque point selon l'équation (1). On les notera F_{j1} , F_{j2} .

$$F_{jn} \text{ (g/jour)} = C_n \text{ (g/L)} \times Q \text{ (L/s)} \times 3\,600 \times 24$$

[Équation 1]

Le découpage du bassin versant en sous-bassins permet d'obtenir des zones (zone A, B... ; figure 2). Le flux journalier spécifique de chaque zone (A, B...) est calculé en faisant le ratio entre le flux journalier correspondant à chaque zone (noté $F_{j\text{spécifique } A...}$) et la surface de la zone (notée S_{BVA}) (figure 2).



Où C_n : concentration au point n (g/L), Q_n : débit au point n (L/jour), $F_{j\text{spécifique}}$ = flux journalier spécifique correspond exclusivement au domaine donné (g/jour/km²), F_{jn} = flux journalier au point n (g/jour), S_{BVA} = surface du bassin versant drainé au point n (km²).

Figure 2. Représentation schématique de la méthode de calcul des flux spécifiques par zone

2. Résultats obtenus

2.1. Composition globale et faciès physico-chimique

On constate une importante hétérogénéité du faciès chimique pour les cations des eaux des 12 bassins (figure 3a). En effet, les eaux des 12 bassins s'alignent sur une droite de mélange entre deux pôles, un pôle plutôt marqué calcium et magnésium (Ca+Mg) et un pôle sodium et potassium (Na+K).

Le pôle sodique potassique correspond aux bassins versants 7, 8 et 12 pour lesquels la roche dominante est de nature granitique ou orthogneissique (c'est-à-dire gneiss issu du métamorphisme d'une roche magmatique), autrement dit des roches riches en feldspaths potassiques (tableau I). En revanche, le pôle calcique magnésien identifié pour les bassins 4, 5 et 6 traduit l'influence de roches dominantes de type basiques à ultrabasiques riches en silicates ferromagné-

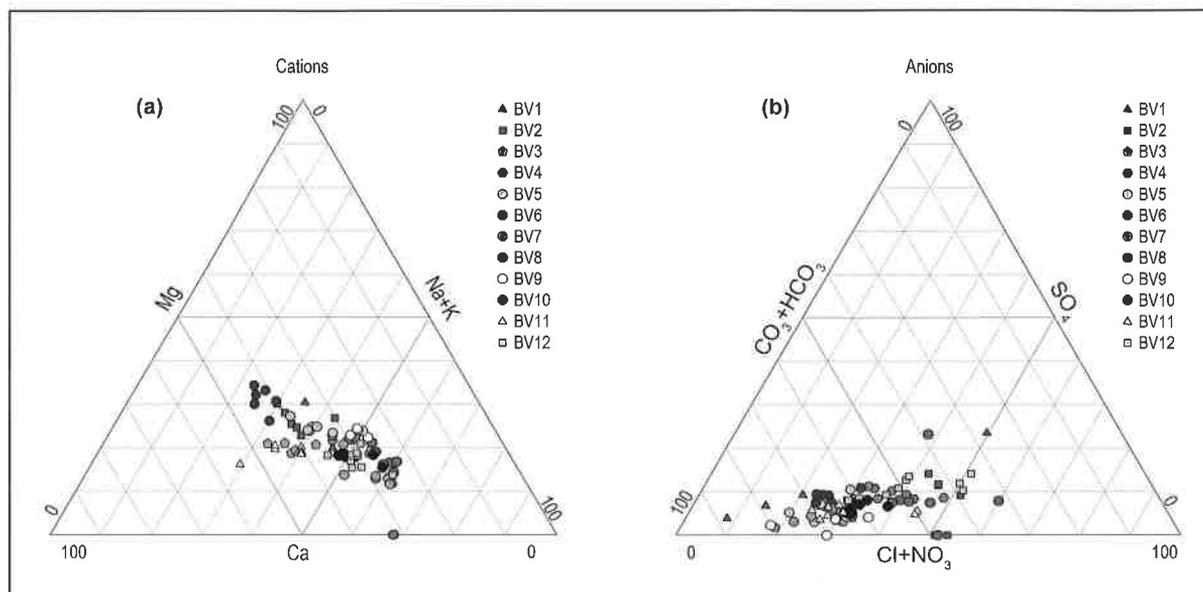


Figure 3. Représentation simplifiée des cations (a) et anions (b) majeurs dans le diagramme de Piper. Il permet la représentation des anions et cations dans deux triangles spécifiques, dont les côtés témoignent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs par rapport au total des ions

siens et en feldspaths alcalins. La figure 3b présente le faciès chimique « anions » des eaux des 12 bassins. De même que pour les cations, on constate un étalement des points sur une ligne opposant deux pôles, un pôle bicarbonaté-sulfaté ($\text{CO}_3+\text{HCO}_3 - \text{SO}_4$) et un pôle bicarbonaté chlorure-nitrate ($\text{CO}_3+\text{HCO}_3 - \text{Cl}+\text{NO}_3$). Une grande majorité des bassins suivis s'oriente plutôt vers le pôle bicarbonaté-sulfaté, s'expliquant bien par le type de lithologie présente sur les 12 bassins. Le faciès sulfaté peut être relié à la pyrite (sulfure de fer : FeS_2), minéral abondant dans les contextes géologiques métamorphiques (intrusion granitique). Quelques bassins (1, 8 et 12) sont pour partie dans le domaine des eaux bicarbonatées chlorure-nitrate indiquant plutôt une pression anthropique. Sur l'ensemble des 12 bassins versants, les eaux présentent des conductivités électriques variant de 45 à 232 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de $116 \pm 37 \mu\text{S}/\text{cm}$. Le pH est compris entre 6,5 et 8,3 pour une moyenne de $7,4 \pm 1,4$. Nous avons reporté sur la figure 4 les valeurs de pH et de conductivité électrique pour les 12 bassins versants de référence, avec le domaine correspondant aux roches « plutoniques et métamorphiques » définies par MEYBECK [1986]. D'après les travaux de MEYBECK [1986], tous les bassins versants étudiés à l'exception de trois bassins

(BV 7, 8 et 9) présentent des valeurs supérieures aux valeurs de références trouvées en contexte plutoniques et métamorphiques (figure 4). Cela reflète un marquage des eaux autrement que par la seule composante lithologie (par exemple influence atmosphérique, des sols ou encore anthropique).

Bassin versant	Classe SEQ-Eau v2	Paramètre(s) déclassant(s)
1	Bonne à moyenne	NO_3^-
2	Bonne à moyenne	NO_3^-
3	Bonne à très mauvaise	COD, O_2 , DBO_5 , NH_4^+
4	Bonne à moyenne	NO_3^-
5	Bonne à médiocre	NO_3^-
6	Bonne à moyenne	NO_3^-
7	Médiocre à très mauvaise	COD
8	Bonne	
9	Bonne	
10	Bonne à médiocre	COD
11	Bonne à moyenne	NO_3^-
12	Moyenne à médiocre	COD, DBO_5 , NH_4^+ , NO_3^-

COD : carbone organique dissous, DBO_5 : demande biochimique en oxygène à 5 jours ;
Tableau II. Détermination de la classe de qualité SEQ-Eau v2 et des paramètres déclassant de la qualité des eaux sur les 12 bassins versants

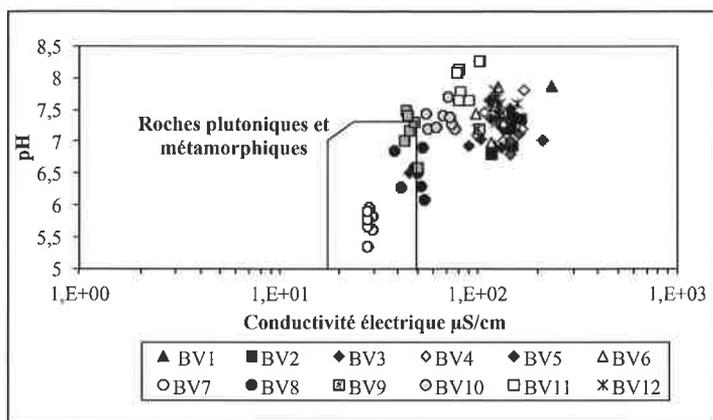


Figure 4. Relation pH versus conductivité électrique avec le domaine des roches plutoniques et métamorphiques défini par MEYBECK [1986].

2.2. Concentration et flux COD et nitrates à l'exutoire de chaque bassin versant

Lors du suivi, la concentration en nitrates mesurée à l'exutoire de chaque bassin versant était comprise entre 0,2 et 20,5 mg/L (figure 5). Deux bassins versants (BV 1 et 2) présentent des concentrations en nitrates supérieures à 10 mg/L indiquant une dégradation de la qualité des eaux vis-à-vis de ce paramètre. L'évaluation de la qualité globale des eaux vis-à-vis du système d'évaluation SEQ-Eau v2 (2003) sur l'ensemble des bassins indique que la plupart des eaux prélevées à l'exutoire des bassins versants (1, 2, 4, 5, 6, 11 et 12) présentent une qualité des eaux superficielles classée « moyenne » liée au seul paramètre nitrate (tableau II).

Ce domaine de référence a été obtenu à partir d'eaux de rivière drainant des bassins monolithologiques non soumis à l'impact anthropique.

Les concentrations en COD sont comprises entre 2,6 et 13,1 mgC/L. Trois bassins versants (BV 3, 7 et 10) sont caractérisés par une dégradation de la qualité des eaux superficielles en classe médiocre, voire très mauvaise (SEQ-Eau v2), essentiellement liée au paramètre carbone organique dissous (COD). Les autres marqueurs des activités anthropiques tels que la DBO₅, les nitrates, l'ion ammonium ou encore les phosphates ne sont pas présents, indiquant que les fortes concentrations en COD sont plutôt d'origine naturelle. On peut notamment les relier à la contribution des zones humides de types tourbières ou prés paratourbeux largement présents sur ces bassins versants (tableau I). En effet, sur le bassin versant 7, 60 % des zones humides répertoriées sont des prés paratourbeux, de type de zone humide, contribuant largement à l'enrichissement des eaux superficielles en matière organique dissoute.

Les flux calculés à l'exutoire de chaque bassin permettent de quantifier les quantités de matière exportées à l'exutoire, reflétant ainsi la contribution du bassin à l'apport de matière vers l'aval. On constate ainsi que les flux de nitrates varient dans une large gamme, comprise entre 0,1 kg/jour (BV3) et 4 500 kg/jour (BV1). À l'exception du bassin versant 1, les bassins versants caractérisés par une dégradation de la qualité de leurs eaux sur le paramètre nitrate (BV 1, 2, 4, 5, 6, 11 et 12) ne sont pas ceux contribuant le plus à l'apport d'azote à l'aval. En effet, le débit des cours d'eau est une composante importante à prendre en compte si l'on veut identifier l'impact des têtes de bassin sur la qualité des eaux à l'aval. Ce résultat reflète clairement les limites de la seule prise en compte des concentrations.

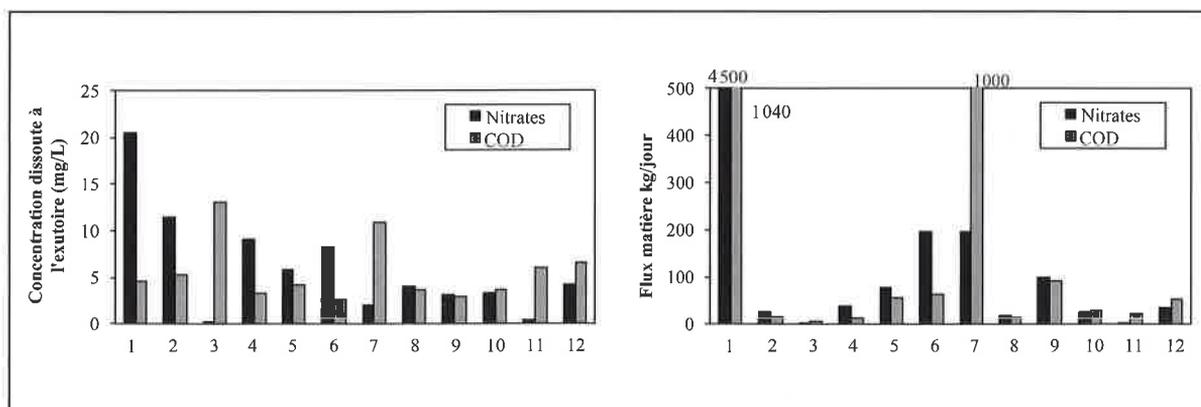


Figure 5. Concentration (mg/L) et flux journalier (kg/jour) de nitrates et carbone organique dissous à l'exutoire des 12 bassins versants suivis

2.3. Flux spécifique et détermination des zones contributives

La détermination des zones contributrices en nitrates et COD est présentée sur les bassins versant 5, 7 et 11. Le bassin versant 5 présente des flux spécifiques compris entre 0,5 et 9,3 kg/jour/km² de nitrates et 0,1 et 12,3 kg/jour/km² de COD (figure 6). On constate ainsi une forte variabilité spatiale des flux d'azote et de carbone sur l'ensemble du territoire avec la mise en avant de zones plus particulièrement contributrices. On voit ainsi très clairement que les zones contribuant majoritairement au flux d'azote sont des surfaces qui ne représentent qu'une faible proportion de la surface totale du bassin versant. Ainsi, 49 % du flux total en nitrates mesuré à l'exutoire du bassin est issu de seulement 17 % de la surface du bassin. Il est donc vain de vouloir comparer les flux ou teneur en azote à l'exutoire des bassins avec les pratiques agricoles moyennées à l'échelle de l'ensemble du territoire. Il faudrait au contraire connaître précisément les pratiques agricoles dans la zone ainsi prédéterminée afin d'en déduire des leviers d'actions pour en limiter les effets sur

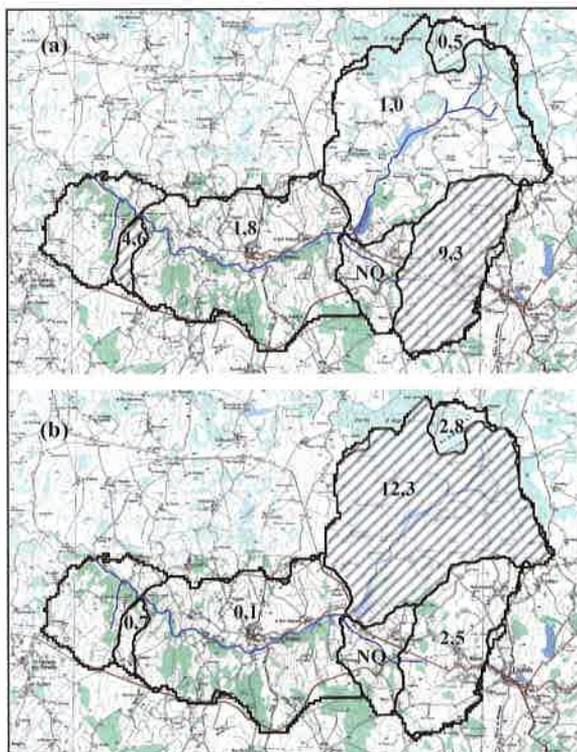


Figure 6. Flux spécifique (kg/jour/km²) en nitrates (a) et carbone organique dissous (b) pour chaque zone du bassin versant La Roselle (BV5) avec identification des zones contributrices (zones hachurées). NQ pour non quantifié

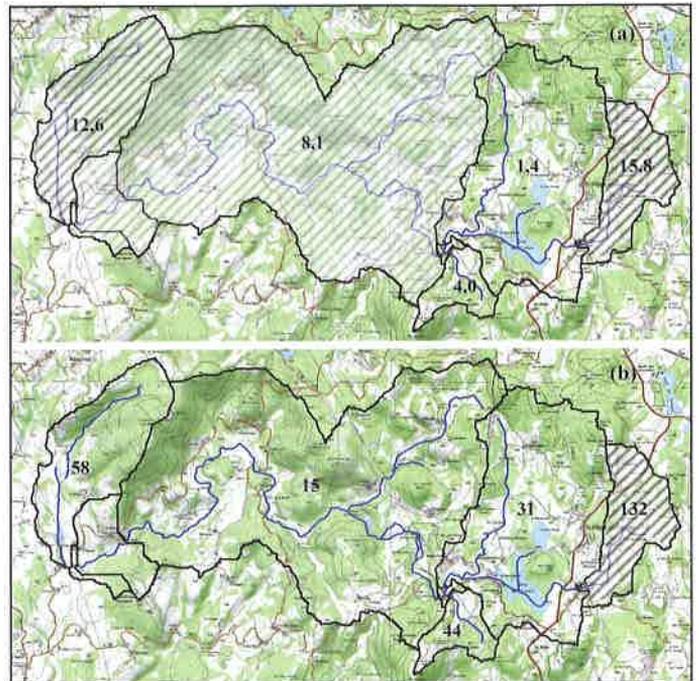


Figure 7. Flux spécifique (kg/jour/km²) en nitrates (a) et carbone organique dissous (b) pour chaque zone du bassin versant Soudaine amont (BV7) avec identification des zones contributrices (zones hachurées)

la qualité des eaux. Les flux en matière organique les plus importants sont observés en amont du bassin essentiellement, en lien avec la localisation des zones humides de type prés paratourbeux.

Le bassin versant 7 présente des flux spécifiques compris entre 1,4 et 15,3 kgNO₃⁻/jour/km² et 15 et 132 kgCOD/jour/km² (figure 7). Étant donné que les concentrations en nitrates relevées sur le cours d'eau étaient faibles et ne reflétaient en rien une pression anthropique, les flux calculés ne sont liés qu'aux forts débits observés sur ce bassin et sont donc répartis sur l'ensemble du bassin. De même, concernant le COD, l'ensemble du territoire participe à l'apport de matière organique dans les eaux avec cependant une zone amont plus contributrice (26 % du flux lié à 6 % de la surface).

Le bassin versant 11 (figure 8) est caractérisé par des flux spécifiques compris entre 0,1 et 4,9 kg/jour/km² pour les nitrates et COD (figure 8). Par comparaison avec les BV 5 et 7, il contribue beaucoup moins à l'apport de matière à l'aval. Néanmoins, on constate une zone source de nitrates localisée en amont (avec 3,3 et 4,9 kg/jour/km²) exportant 7,0 kg/jour de nitrates. Cet azote n'est pas totalement retrouvé à l'exutoire du bassin (1,4 kg/jour), phénomène que l'on peut

relier aux mécanismes naturels d'autoépuration. L'identification des zones contributrices en nitrates et COD pour l'ensemble des bassins versants suivis est présentée dans le *tableau III*. De manière générale, on constate que les perturbations observées ne sont pas souvent le fait de l'ensemble du bassin versant mais de zones plus ou moins étendues.

En effet, parmi les 12 bassins suivis, huit bassins versants présentent des zones sources restreintes (surface représentant entre 2 et 60 % de la surface totale) contribuant de manière plus ou moins significative au flux de nitrates à l'exutoire (*tableau III*). De même, pour l'exportation de matière organique, certains bassins versants sont caractérisés par la présence de zones sources en COD (par exemple, sur le BV10, 94 % du flux de carbone organique est issu de seulement 11 % du territoire étudié). Les actions à mettre en œuvre pourraient ainsi être mieux ciblées pour une meilleure efficacité sur la qualité des eaux en aval.

Conclusion

L'étude de la qualité des eaux sur 12 bassins versants de tête de bassin représentatifs de la frange ouest du Massif central en région Nouvelle-Aquitaine (grand bassin versant de la Vienne et de la Dordogne) a mis en évidence une dégradation de la qualité des eaux vis-à-vis des nitrates et/ou de la matière organique dissoute. Ces perturbations observées peuvent être soit d'origine anthropique (pollution diffuse d'origine agricole et/ou domestique), soit liées à l'abondance de zones humides sur ces territoires pouvant ainsi contribuer à l'enrichissement des milieux en matière organique. Afin d'identifier plus précisément l'origine des pressions exercées, une méthodologie a été développée afin d'identifier les zones contributrices par le calcul des flux spécifiques. La mise en application de cette méthode a permis d'identifier la présence éventuelle de zones plus fortement contributrices aux flux de matières exportés à l'exutoire. Ainsi, sur la plupart

Bassin versant (BV)	Nitrates (NO₃)	Carbone organique dissous (COD)
BV1	1 zone contributrice identifiée : 90 % du flux sur 34 % de la surface	Pas de zone contributrice identifiée
BV2	Pas de zone contributrice identifiée	Pas de zone contributrice identifiée
BV3	Pas de zone contributrice identifiée	Pas de zone contributrice identifiée
BV4	3 zones contributrices identifiées : 81 % du flux sur 35 % de la surface	Pas de zone contributrice identifiée
BV5	2 zones contributrices identifiées : 49 % du flux sur 17 % de la surface	1 zone contributrice identifiée : >100 % du flux sur 34 % surface
BV6	Toutes les zones sont contributrices avec une zone en particulier : 5 % du flux sur 1 % de la surface	Pas de zone contributrice identifiée
BV7	Toutes les zones sont contributrices avec 2 zones en particulier : 23 % du flux sur 17 % de la surface	Toutes les zones sont contributrices avec une zone en particulier : 26 % du flux sur 6 % de la surface
BV8	2 zones contributrices identifiées : 20 % du flux sur 4 % de la surface	1 zone contributrice identifiée : 21 % du flux sur 2 % de la surface
BV9	2 zones contributrices identifiées : 48 % du flux sur 60 % de la surface	Pas de zone contributrice identifiée
BV10	1 zone contributrice identifiée : 48 % du flux sur 14 % de la surface	2 zones contributrices identifiées : 94 % du flux sur 11 % de la surface
BV11	2 zones contributrices identifiées : > 100 % du flux sur 7 % de la surface	1 zone contributrice identifiée : 52 % du flux sur 16 % de la surface
BV12	1 zone contributrice identifiée : 8 % du flux sur 2 % de la surface	1 zone contributrice identifiée : 80 % du flux sur 32 % de la surface

Tableau III. Identification des zones contributrices en nitrates et carbone organique dissous sur les 12 bassins versants

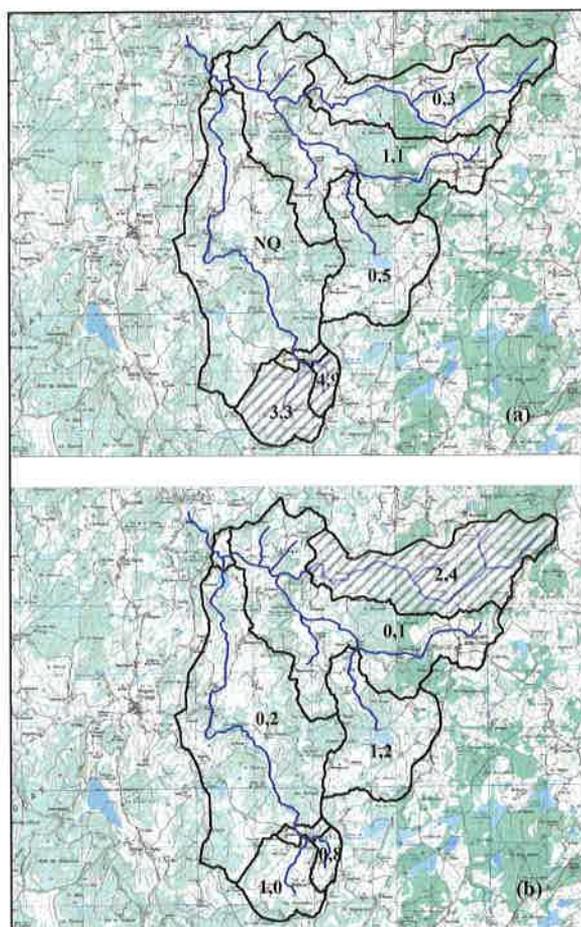


Figure 8. Flux spécifique (kg/jour/km²) en nitrates (a) et carbone organique dissous (b) pour chaque zone du bassin versant Le ruisseau de la Gratte (BV11) avec identification des zones contributrices (zones hachurées)

des bassins versants étudiés, les perturbations observées sont essentiellement liées à des zones sources de taille restreinte. Dans le cadre de la DCE qui vise à améliorer l'état biologique et chimique des eaux, cette nouvelle approche permettra de mettre en place des actions plus ciblées afin de réduire les perturbations d'origine anthropique et discriminer celles d'origine naturelle (zones humides). En conclusion, pour un meilleur ciblage des zones à enjeux, l'évaluation de la qualité des masses d'eau devra passer par la mesure des débits conjointement aux concentrations afin d'évaluer les flux spécifiques et d'en déduire les zones prioritaires pour la mise en place d'actions correctives à l'échelle d'un territoire donné.

Remerciements

Ce travail a été en partie financé par le programme Casdar « Milieux humides agricoles ». Nous remercions F. Bru et M. Echeikh Mohamed Fadel pour leur assistance technique ainsi que D. Guillemineau et T. Innocent pour leur contribution à l'interprétation des données. Nous remercions également L. Chabrol du Conservatoire botanique national du Massif central pour son expertise sur les milieux humides ainsi que C. Neel pour avoir initié ce projet.

Bibliographie

AFNOR (1996) : NF EN ISO 9963-1 (janvier 1996) : *Qualité de l'eau - Détermination de l'alcalinité - Partie 1 : détermination de l'alcalinité totale et composite.*

AFNOR (1998) : NF EN 1899-1 (mai 1998) : *Qualité de l'eau - Détermination de la demande biochimique en oxygène après n jours (DBOn) - Partie 1 : méthode par dilution et ensemencement avec apport d'allylthio-urée.*

BOYARD C., LEYCURAS V., RABIET M., CHABROL L., MADY M., COURBE C., TOUTANT C. (2013) : « Les milieux humides agricoles, perspectives et recherche de gestion durable ». *Innovations Agronomiques* ; 30 : 237-51.

CHABROL L. (2006) : *Inventaire et cartographie des zones humides du Limousin (bilan des prospections 2002-2005)*. CBN Massif central et DIREN Limousin, 46 p.

EC (European Commission) (2000) : « Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy ». *Official Journal of the European Union* L327, 1-72.

FUSTEC E., FROCHOT B. (eds) (1996) : *Les fonctions et valeurs des zones humides*, Laboratoire de Géologie appliquée, Paris VI, Lab. écologie-Dijon, Agence de l'eau Seine-Normandie, 134 p.

LHÉRITIER N. (2012) : *Les têtes de bassin : de la cartographie aux échelles mondiale et française à la caractérisation des ruisseaux limousins* [thèse]. Université de Limoges, 476 p.

MEDD et AGENCES DE L'EAU (2003) : *Grilles d'évaluation version 2. Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ-Eau)*.

MEDD (2009) : *Guide technique relatif aux règles d'évaluation de l'état écologique et de l'état chimique des eaux douces de surface*, 74 p.

MEYBECK M. (1986) : « Composition chimique des ruisseaux non pollués de France ». *Sci. Géol. Bull.* ; 150 : 63-83.

MNHN et FCBN (2005) : *Cartographie des habitats naturels et des espèces végétales appliquée aux sites terrestres du réseau Natura 2000. Guide méthodologique*. MEDD. 66 p.

Résumé

M. RABIET, A. ROUWANE, I. BOURVEN, M. GRYBOS, C. BOYARD, G. GUIBAUD

Pollution diffuse en tête de bassin versant : quelle méthodologie mettre en place pour un meilleur diagnostic des zones de contribution

La directive cadre sur l'eau (DCE) vise le bon état chimique et écologique pour l'ensemble des masses d'eaux à l'horizon 2015 avec dérogation possible à 2021 et 2027. Dans cet objectif, l'évaluation et la localisation des pressions anthropiques dégradant la qualité du milieu aquatique restent un enjeu majeur. C'est notamment le cas lorsqu'on s'intéresse aux têtes de bassins, milieux particulièrement sensibles aux activités humaines et en particulier aux pollutions diffuses d'origine agricole ou domestique. Pour cela, une méthodologie a été développée afin d'identifier avec précision les zones de perturbations de la qualité des eaux et contribuant ainsi majoritairement à l'exportation de matière vers l'exutoire du bassin. Cette approche a été appliquée sur 12 bassins versants de tête de bassin des départements 19, 23, 24, et 87 en Nouvelle-Aquitaine (France) et soumis à l'activité agricole, en particulier

l'élevage extensif. Ces 12 bassins versants sont également caractérisés par une abondance de zones humides, à partir desquelles la majorité des cours d'eau de la région prennent leur source. L'objectif de ce travail était de déterminer les zones contributrices en prenant comme exemple les nitrates et la matière organique dissoute par le calcul des flux spécifiques. Le suivi de la qualité des eaux a permis de mettre en évidence que, sur la plupart des bassins versants étudiés, les perturbations observées sont essentiellement liées à des zones sources de taille restreinte. Ce travail a également permis de discriminer les perturbations d'origine naturelle (contribution des zones humides) de celles d'origine anthropique. Cette nouvelle approche permettra l'élaboration d'actions plus ciblées à mettre en place en priorité afin de réduire les perturbations d'origine anthropique.

M. RABIET, A. ROUWANE, I. BOURVEN, M. GRYBOS, C. BOYARD, G. GUIBAUD

Diffuse pollution in head of watershed: a methodology developed for a better evaluation of contributing area

The water framework directive (WFD) sets the objective of good status for water bodies by the end of 2015 with possible derogation for 2021 and 2027. To this purpose, the evaluation and localization of anthropogenic activities that can have adverse effects on aquatic systems remain a major challenge that requires a new approach. The example of head catchment areas is somewhat interesting due to their particular sensitivity to human activities and mainly to diffuse agricultural and domestic pollution. For this matter, a methodology has been developed to accurately identify areas likely to contribute to material export at the catchment outlet. This new approach has been applied to 12 headwater catchments in the Nouvelle Aquitaine region (France) where lands are exposed to widespread agricultural activities and mainly

cattle breeding. There are also many wetlands that spread over the 12 monitored catchments and can play an important role in watercourses supply. In this context, the main aim of this work was to define areas that can significantly contribute to the degradation of water quality (for example considering nitrates and dissolved organic matter levels) using calculation of specific fluxes. Results of water quality monitoring showed that the decrease of water quality is mainly related to restricted area sources in most monitored catchments. This work also allowed distinguishing between natural (wetlands contribution) and anthropogenic pressure. This new approach will enable the development of more targeted priorities that need to be established in order to reduce anthropogenic activities.