

Note sur l'utilisation exclusive des diatomées dans le cadre d'études de bassin-versant

Diren Lorraine, cellule milieux aquatiques, novembre 2007

Auteurs :

Matte J.L.¹ Rimet F.², Heudre D.², & Mazuer P.³

1 : Technicien supérieur

2 : Hydroécologues, diatomistes

3 : Hydroécologue, responsable de la Cellule Eau et Milieux Aquatiques

Les méthodes de diagnostic de la qualité des eaux de rivières utilisant les diatomées ont, pour l'instant, été essentiellement utilisées dans le cadre des réseaux de suivi, en complément des autres analyses (physico-chimie, micropolluants, macroinvertébrés, poissons etc.).

Si l'exploitation de ces données a confirmé la pertinence de cet indicateur (bonne corrélation avec les autres modes de diagnostic), la plus-value apportée par les diatomées n'est pas toujours évidente.

Il en va différemment lorsque les diatomées sont utilisées seules : cette méthode légère et peu coûteuse peut permettre un diagnostic de bassin-versant rapide, fiable et avec une densité géographique importante de stations.

L'étude réalisée par la DIREN Lorraine en 2006 sur le bassin houiller lorrain en est un exemple. Sur la base de cette expérience, la présente note rappelle les principes et modes d'application de la méthode, la signification et la pertinence des données produites et compare celles-ci, y compris sur le plan financier, avec les autres méthodes disponibles.

Principe de la méthode

Les diatomées sont des algues brunes unicellulaires présentant une grande diversité d'espèces, notamment au sein des eaux superficielles. La composition spécifique d'une population de diatomées étant liée aux caractéristiques physico-chimiques de l'eau, la détermination d'une liste floristique de diatomées permet d'établir un diagnostic de la qualité de cette eau.

Sur ce principe ont été établis différentes méthodes de prélèvement et détermination permettant l'établissement de listes floristiques et le calcul d'indices. Les méthodes appliquées en France pour les eaux courantes superficielles sont essentiellement basées sur les diatomées fixées sur des supports.

La prise en compte des diatomées essentiellement fixées permet d'établir un diagnostic sur la qualité de l'eau ayant coulé sur les supports échantillonnés durant toute la période précédant le prélèvement (intégration de la variabilité sur plusieurs mois) et non pas sur la qualité de l'eau au seul instant du prélèvement.

L'indice normalisé en France est l'IBD. Cet indice n'étant pas toujours pertinent (Rimet et al. in DIREN Lorraine 2006b), la plupart des diatomistes utilisent l'indice IPS dont le calcul peut être réalisé à partir des mêmes prélèvements, à la seule condition que la détermination des diatomées ait été réalisée avec une précision supérieure.

Application de la méthode

Les prélèvements de diatomées sont réalisés de préférence (et dans la majorité des cas), par brossage (au moyen d'une brosse à dent), d'une surface de 100 cm² répartie sur au moins cinq pierres différentes. Lorsque ceci n'est pas possible il est possible de racler un support artificiel (pile de pont par exemple) à l'aide d'une binette¹, voire d'extraire les diatomées fixées sur des végétaux.

Dans tous les cas, les quelques ml de jus ainsi extrait sont placés dans un pilulier, fixés à l'aide de formol, d'alcool ou de lugol et conservés à l'abri de la lumière.

La durée du prélèvement n'excède généralement pas 15 mn par station (temps nécessaire à l'accès au cours d'eau, reconnaissance, choix des supports, brossage, mise en pilulier, étiquetage et remplissage de la fiche de terrain.).

Le prélèvement ne demande pas un niveau de compétence élevé de la part de l'opérateur (une bonne connaissance de la méthode et un minimum de connaissance concrète de l'écologie des cours d'eau sont toutefois indispensables).

La préparation de l'échantillon au laboratoire consiste en une destruction de la matière organique à l'eau oxygénée à chaud puis confection de lames pour microscope. Ces opérations sont naturellement réalisables en série pour un ensemble d'échantillons.

La détermination et le comptage des diatomées sont réalisés au microscope par observation du squelette externe siliceux des diatomées (seul élément subsistant après la destruction de la matière organique réalisée ci-avant). 400 diatomées sont identifiées par échantillon. Cette phase demande une bonne connaissance des formes et caractéristiques des différentes espèces de diatomées. Cette compétence faisant appel à un important travail de mémorisation demande **environ deux années de formation sous tutorat et le maintien d'une pratique régulière. La compétence et l'expérience sont donc fondamentales pour cette phase de la prestation.**

La détermination d'une lame demande en moyenne une journée à un diatomiste débutant et peu descendre à une demi-journée, voire un peu moins, pour un diatomiste confirmé.

Signification et pertinence du diagnostic

La composition d'un cortège de diatomées est fonction :

- de la charge en matières organiques du cours d'eau (ou saprobie) ;
- de la trophie du milieu (présence des nutriments azote et phosphore principalement) ;
- de la minéralisation de l'eau et, en particulier, de la salinité ;
- de certains micropolluants. La présence de certains de ceux-ci peut également se traduire par des déformations de certaines diatomées (formes tératologiques).

¹ Binette : filet muni d'une lame, fixé sur une perche

- d'autres paramètres environnementaux tels que : la vitesse du courant, l'ombrage, la nature géologique, la présence d'évènements soudains (crues, pollutions aiguës) ...etc...

Comme déjà indiqué ci-dessus, les diatomées prises en considération étant fixées sur les pierres, structures fixes ou végétaux, elles fournissent une indication sur la qualité « moyenne » de l'eau sur la période précédant le prélèvement (de l'ordre de plusieurs mois) Les diatomées benthiques, prélevées et déterminées selon les méthodes indiquées ci-dessus, ne sont, par contre, pas indicatrices de la qualité du milieu physique des cours d'eau.

Un indice seul ne peut naturellement prendre en compte qu'une seule altération ou combinaison de celles-ci. C'est pour cette raison qu'il est indispensable de conserver la liste floristique qui constitue la donnée de base de toute exploitation et d'étudier celle-ci au travers de plusieurs indices : indice de saprobie (pollution organique), indice de trophie, indice multialtérations comme l'IBD ou l'IPS.

L'exploitation des données du Réseau National de Bassin Rhin-Meuse (Rimet et al. in DIREN Lorraine, 2006a) a déjà permis de vérifier la bonne pertinence des indices de saprobie et de trophie, de l'indice IPS et, sous certaines réserves déjà évoquées ci-dessus, celle de l'indice IBD. Elle a également permis de mieux évaluer la prise en compte des différentes altérations par ces deux derniers indices.

Mise en œuvre pratique des diatomées dans le cadre de l'étude du bassin houiller lorrain

L'objectif de cette étude (DIREN Lorraine 2007) était d'obtenir un diagnostic de qualité des eaux l'ensemble du chevelu hydrographique du bassin houiller.

En effet, celui-ci était déjà suivi de longue date par trois stations du Réseau National de Bassin (RNB), auxquelles avaient été adjointes, en 2000, huit stations du Réseau des Bassins Miniers (RBM) dont quatre seulement faisaient l'objet d'un suivi physico-chimique. Ce suivi déjà très dense par rapport à la moyenne nationale, laissait toutefois sans la moindre donnée, un certain nombre de petits cours d'eau dont la situation en zones urbanisées ou à l'aval de celles-ci laissait craindre une situation dégradée.

Le coût annuel des deux réseaux (RNB et RBM) ne permettait pas d'en augmenter davantage la densité.

La réalisation d'une étude de bassin versant selon les méthodes utilisées jusqu'au début des années 90 (une à deux campagnes de physico-chimie, une campagne macroinvertébrés et une de diagnose piscicole) s'avérait également trop lourde à mettre en œuvre. Par ailleurs, l'exploitation statistique des données de physico-chimie du RNB a montré (Maupoix et al in SRAE Lorraine.1991), que **les données obtenues sur une seule campagne physico-chimie, quel que soit le mois de l'année où celle-ci est réalisée, donnent statistiquement un diagnostic meilleur d'une classe de qualité par rapport à un suivi mensuel classiquement exploitée selon le quantile 90%** (méthode utilisée pour comparaison aux objectifs de qualité ou pour le calcul des classes SEQ-Eau).

Un suivi géographiquement dense par une méthode biologique seule s'avérait donc plus pertinent. Pour suivre des dégradations de qualité d'eau, la méthode diatomées s'avère beaucoup plus légère à mettre en œuvre que celle par les macroinvertébrés et, à fortiori que des pêches électriques et a donc été retenue.

Afin d'alléger l'étude, il n'a pas été réalisé de reconnaissance de terrain, celle-ci ne s'avérant pas indispensable pour les prélèvements de diatomées.

L'étude des cours d'eau du bassin houiller lorrain a donc consisté en :

- un prépositionnement des stations potentielles sur Système d'Information Géographique (fond cartographique au 1/25 000ème, photos aériennes à une résolution de 5m, couche du chevelu hydrographique). A noter qu'un simple travail sur cartes papier au 1/25000ème aurait pu être réalisé. L'usage des photos aériennes permet de disposer de données plus récentes (moins de cinq ans) et parfois plus précises.
- une campagne de prélèvement avec vérification au moment du prélèvement de la pertinence des stations repérées sur carte et recherche de site de remplacement pour certaines d'entre elles.
- le traitement des échantillons et la détermination au laboratoire
- saisie et traitement des données
- rédaction du rapport

Le repérage uniquement cartographique n'a pas permis de détecter les cours d'eau à sec ou busés (situation pas toujours signalée sur carte). S'il n'y a, naturellement, pas pu y avoir de prélèvement lorsque de tels cas ont été rencontrés, ces situations particulières, très importantes du point de vue de la qualité du milieu ont naturellement été relevées et mentionnées dans le rapport. Dans certains cas, le cours d'eau a été observé plus en amont ou plus en aval afin de rechercher un éventuel site alternatif. A l'inverse, un cours d'eau n'a pu être prélevé pour débit artificiel excessif.

Certaines stations peuvent également se révéler non accessibles pour cause de propriété privée. Ces cas demeurent toutefois exceptionnels et ne justifient pas, avec cette méthodologie, la réalisation d'une reconnaissance préalable des stations.

Comparaison des différentes méthodes de diagnostic des cours d'eau

Signification de la méthode

| | Diatomées | Macroinvertébrés | Physico-chimie |
|--|---|-----------------------------|--|
| Prise en compte des perturbations antérieures au prélèvement (cas général) | Oui (un à deux mois) | Oui (quelques mois à un an) | Non : instantané |
| Taux de matières organiques | Oui (1) | Oui (1) | Oui, chiffré par composé (2) |
| Nutriments (azote et phosphore) | Oui (1) | Oui (1) | Oui, chiffré par composé (2) |
| Minéralisation | Oui (1) | Oui (1) | Oui, chiffré par composé (2) |
| Toxicité | Indication possible en cas de présence de formes tératologiques | Oui (1) | Oui, chiffré par composé (2). Ce qui impose d'analyser de très |

| | | | |
|-------------|-----|---|---|
| | | | nombreux composés d'où des coûts élevés. Le recours à des tests de toxicité est également possible mais sort du cadre strict de la physico-chimie |
| Morphologie | Non | Oui, mais inopérant sur des stations trop polluées où la qualité de l'eau ne permet pas une diversité d'espèces | Non |

(1) *les indices couramment utilisés donnent généralement une qualité moyenne intégrant plus ou moins les diverses altérations listées ici sur les différentes lignes du tableau. Pour pouvoir affiner le diagnostic et faire la part de chaque altération, est nécessaire de recourir à certains indices particuliers ou étude de listes. Mais il n'est pas toujours possible de distinguer avec certitude, la part de chacune des altérations possibles.*

(2) *ce chiffrage est susceptible d'être utilisé par exemple pour déterminer un flux de pollution admissible, mais la précision des valeurs dépend de la qualité de l'échantillonnage (fréquence de prélèvement, heures et jours d'échantillonnage, conditions hydrologiques etc...) Pour une estimation des flux, devrait être mise en place une échelle limnigraphique tarée au moyen de 6 jaugeages annuels minimum afin de pouvoir déterminer les débits instantanés au moment du prélèvement. Ceci entraîne une augmentation notable du coût.*

Choix du site de prélèvement

| | Diatomées | Macroinvertébrés | Physico-chimie |
|---------------------------------|---|---|--|
| Contraintes de représentativité | Faibles : éviter juste les zones trop atypiques et favoriser les zones courantes. Possibilité de limiter le prélèvement à une rive en cas de flux non homogène sur la largeur d'un cours d'eau. | Fortes : Les méthodes basées sur les macroinvertébrés intégrant l'impact de la morphologie du cours d'eau, il importe généralement que celle-ci soit représentative du tronçon de cours d'eau dont on cherche à évaluer la qualité. La qualité de l'eau doit être homogène sur toute la station (longueur et largeur) | Faibles : liées à l'hétérogénéité éventuelle du flux. Possibilité de limiter le prélèvement à une rive en cas de flux non homogène sur la largeur d'un cours d'eau. Compte tenu du caractère très ponctuel du diagnostic, on évitera « l'aval proche » de rejets |
| Contraintes d'accès | Faibles : Accès à pied au cours d'eau en portant un matériel très léger. Le prélèvement peut être effectué dans l'eau ou à partir de la rive. | Fortes : Accès au cours d'eau avec un matériel notable (donc pas de longue marche à pied). Le cours d'eau doit être : - soit prospectable à pied sur la plus grande partie du site - soit accessible en bateau (présence d'un accès pour mise l'eau) | Fortes : Dans le cas d'un suivi mensuel, le site de prélèvement doit être accessible quelsoit les conditions météorologiques (neige par exemple) et le prélèvement réalisable quelsoit les conditions hydrologiques (crues). Il n'y a toutefois pas obligation d'accéder au lit du cours d'eau. La présence d'un pont est le plus souvent nécessaire |

| | | | |
|------------|--|--|--|
| Conclusion | <p>Contraintes faibles rendant facultatif la réalisation d'une reconnaissance préalable.</p> <p><i>Le prélèvement diatomées étant relativement rapide (de l'ordre de 15mn), contrairement au prélèvement de macroinvertébrés (de l'ordre d'une heure pour un IBGN), il est donc parfois plus rapide de réaliser un prélèvement de diatomées « au cas où » sur un site dont il n'est pas certain qu'il soit retenu au final plutôt que de faire plusieurs aller et retour sur le terrain.</i></p> | Reconnaissance préalable indispensable | <p>Reconnaissance préalable indispensable dans le cas d'un réseau.</p> <p><i>Note : s'il est souhaité une exploitation en terme de flux, il est nécessaire de disposer de mesures de débit, ce qui entraîne des contraintes supplémentaires, soit que l'on souhaite bénéficier des données de stations hydrologiques existantes, soit que l'on souhaite implanter une échelle limnimétrique.</i></p> |
|------------|--|--|--|

Contraintes de conditions de prélèvement

| | Diatomées | Macroinvertébrés | Physico-chimie |
|-------------------------------------|---|--|--|
| Hydrologie précédant le prélèvement | Elle doit garantir que les substrats prélevés n'ont pas été exondés durant le mois précédant le prélèvement, et que ceux-ci n'ont pas été charriés par une montée du débit. | Eviter de prélever après une crue ayant pu induire une modification de l'implantation de la faune, notamment par dérive ou remaniement des fonds | Néant, les 12 prélèvements annuels devant garantir la diversité des conditions hydrologiques |
| Hydrologie lors du prélèvement | Idem ci-dessus | Les conditions hydrologiques ne doivent pas gêner l'accès aux divers faciès de la station (profondeur, vitesse, turbidité). Certaines stations ne sont donc prélevables que lors de vrais étiages. | Idem ci-dessus |

Hygiène et sécurité

| | Diatomées | Macroinvertébrés | Physico-chimie |
|--|--|---|--|
| Contact avec le milieu (contrainte pour les milieux fortement pollués) | Limité (durée de prélèvement faible, manipulation limitée des supports, mais brossage susceptible de disperser bactéries, virus etc... | Important : manipulation longue, nécessitant de parcourir le cours d'eau et d'en manipuler les différents substrats | Très limité |
| Risque de noyade | Risque de chute dans l'eau en cas de prélèvement à la binette depuis la berge. Risque un peu plus important lors d'une prospection à | Risque plus important que pour les diatomées, du fait du nombre plus important de prélèvements à réaliser, de la nécessité de | Risque très limité en cas de prélèvement d'un pont, risque un peu plus important en cas de prélèvement depuis la berge |

| | | | |
|---|--|--|--|
| | pieds. Celle-ci est toutefois relativement courte et n'impose pas l'accès à l'ensemble de la station | prospector une plus grande partie de la station. Risque présent également en cas de prélèvement nécessitant un bateau | ou dans l'eau |
| Manipulation des échantillons au laboratoire | Contact faible et limité dans le temps (préparation des lames). La détermination se fait sur des lames inertes qui ne posent plus ce type de problème | Contact important durant la phase de tri. Certains dispositifs actuels (type « Mantis ») permettent de réduire la proximité du visage avec l'échantillon lors du tri | Contact relativement faible |
| Contact avec les produits chimiques durant le transport | Faible, surtout si les échantillons sont conservés à l'alcool. Un peu plus problématique si conservation au formol (contact via le flacon de formol puis via les échantillons) | Nul si les échantillons sont congelés. Problématique en cas de conservation au formol | Moyen (fonction des conservateurs utilisés et des analyses à réaliser éventuellement sur le terrain) |
| Contact avec les produits chimiques au laboratoire | Faible, toutes les opérations nécessitant un tel usage pouvant être réalisées sous hotte | Nul si les échantillons sont congelés. Problématique en cas de conservation au formol, les dispositifs efficace de captage des émanation n'étant pas facilement compatible avec les opérations de tri et détermination | Moyen : travail sous hotte possible en principe pour les opérations à risque. |

Développement durable

| | Diatomées | Macroinvertébrés | Physico-chimie |
|---|--|---|---|
| Perturbation du milieu | Négligeable : piétinement et retournement de quelques pierres | Destructif pour la faune au droit de l'échantillonneur mais impact négligeable compte tenu des surfaces prospectées. Susceptible de détruire quelques individus d'espèces protégées Impact particulier lors de la prospection en bateau à moteur (bruit, batillage sur les berges, agitation du milieu, hydrocarbures) | Nulle dans le cas d'un prélèvement depuis un pont, négligeable lors d'un prélèvement dans le cours d'eau |
| Utilisation de produits chimiques et rejets | Faible | Non négligeable dans le cas d'utilisation du formol. Peut-être réduite dans le cas d'utilisation de la congélation | Non négligeable : utilisation de produits divers dont Mercure par exemple |
| Dépense énergétique | Déplacement sur le site (voiture) Eclairage, hotte et plaque chauffante | Déplacement sur le site (voiture) Maintient des échantillons en congélateur dans le cas de l'utilisation de ce mode | Forte en cas de prélèvements mensuels de par les déplacements générés (voir le tableau des coûts) augmenté du |

| | | | |
|--|--|---|---|
| | | de conservation Si formol : système d'aspiration des vapeurs, éclairage. | fonctionnement du laboratoire (éclairage, hottes, étuves, fours, appareils d'analyse et leurs systèmes informatiques etc...) |
| | | | |

Coûts comparés

Sur la base d'une étude de 30 stations :

| | Diatomées | Macroinvertébrés (IBGN) | Physico-chimie (sur la base de 12 prélèvements mensuels, paramètres classiques) |
|--|----------------------------|----------------------------|--|
| Prépositionnement des stations (<i>en jours-agents</i>) | 2 | 2 | 2 |
| Reconnaissance (<i>idem</i>) | 0 | 4 | 2 |
| Prélèvement (<i>idem</i>) | 6 | 15 | 24 |
| Traitement de l'échantillon, saisie, validation (<i>idem</i>) | 10 | 30 | 24 |
| Total des lignes ci-dessus | 18 jours-agents | 51 jours-agents | 52 jours-agents |
| Frais de déplacement : <i>pour simplifier, nbre de jours terrain quelquesoit le nombre d'agents</i> | 6j | 9j | 26j |
| Consommables | Faibles | Faibles | Forts |
| Amortissement matériel | Faible | Faible | Fort à très fort selon les paramètres analysés : très fort pour les micropolluants |
| Coût estimé d'après des marchés publics récents (<i>sans prépositionnement et reconnaissance</i>) | 350 x 30 = 10 500 euros | 800 x 30 = 24 000 euros | 2500 x 30 = 75 000 euros |

Le temps d'interprétation des données et de rédaction du rapport n'est pas compté car il est fortement dépendant de l'importance des recherches et prise en compte de données annexes (sur le bassin-versant, les rejets ponctuels ou diffus, urbains industriels ou agricole, leur positionnement et leur degrés de traitement, l'hydrologie etc...)

Note sur le coût de l'analyse de micropolluants

Nous n'entrerons pas ici dans le détail des coût de ces analyses car très dépendantes du nombre et de la nature des substances recherchées, ainsi que du support pris en compte : eau (les moins onéreuses mais résultats très souvent inférieurs aux seuils de détection), matières en suspension (le plus significatif mais d'un coût de prélèvement important car nécessite une centrifugation sur le bord du cours d'eau), sédiments (prélèvement plus facile mais interprétation plus délicate : âge du sédiment, taux de matière organique etc.)

Conclusion

Les méthodes de diagnostic des cours d'eau au moyen des diatomées trouvent leur plein intérêt dans le cadre d'études de bassin versant à densité élevées de stations. Elles peuvent en effet **être utilisées seules** et fournir, à un coût très largement inférieur à celui des autres modes d'investigation, un diagnostic tout à fait fiable de la **qualité des eaux**.

Présentant un certain nombre d'avantages annexes (facilité de choix des stations, développement durable, conditions sanitaires...), elles ne prennent cependant pas en compte les altérations de la morphologie des cours d'eau.

Bibliographie

Direction Régionale de l'Environnement de Lorraine, 2007.- "**Qualité de l'eau des rivières du bassin houiller en 2006, évaluée au moyen des diatomées**" - F. Rimet, D. Heudre, J.L. Matte & P. Mazuer – Metz, DIREN Lorraine, 2007 - 56 p. .

Direction Régionale de l'Environnement de Lorraine, 2006a.- "**Etat des rivières en Lorraine évalué au moyen des indices diatomiques – Synthèse 2000-2005**" - F. Rimet, J.L. Matte & P.Mazuer - Metz, DIREN Lorraine, 2006 – 66 p.

Direction Régionale de l'Environnement de Lorraine, 2006b -"**Analyse de l'application de deux indices diatomées sur les cours d'eau lorrains : I.B.D. et I.P.S.**" - F. Rimet, J.L. Matte & P. Mazuer - Metz, DIREN Lorraine, 2006 - 21p.

Service Régional de l'aménagement des eaux de Lorraine, 1991 - "**Réflexions méthodologiques sur l'exploitation des données physico-chimique du réseau national de bassin pour la région Lorraine**" - J.L. Maupoix, P. Lambert et J.L. Matte.- Metz, Service Régional de l'aménagement des eaux de Lorraine, Octobre 1991 – 29 p. + annexes.