

B

Rôle, formes et transferts d'éléments intervenant dans la qualité des eaux

MATIERE ORGANIQUE

- Fiche B-8 Origines et formes de la matière organique
- Fiche B-9 La matière organique dans les eaux : méthodes d'analyse
- Fiche B-10 La matière organique dans les eaux : réglementation, constats en Bretagne
- Fiche B-11 Les processus de transfert de la matière organique dissoute du sol vers le milieu aquatique

AZOTE

Voir Fiches B-1 à B-3

PHOSPHORE

Voir Fiches B-4 à B-7

Voir également les autres fiches disponibles sur les thèmes suivants :

A

Processus hydrologiques dans les bassins versants

C

Temps de réponse des bassins versants

D

Les mécanismes de perturbation littorale liés aux apports terrestres de nutriments

E

Indicateurs pour la représentation des données de suivi et leur méthode de calcul

F

Clés de lecture ou d'interprétation des chroniques de suivi de la qualité des eaux

G

Protocoles de suivi de la qualité de l'eau dans les bassins versants

H

Impacts de la gestion de l'interculture sur la qualité de l'eau

I

Le phosphore dans le sol

J

Rôle des éléments du paysage dans le bassin versant

Glossaire

ORIGINES ET FORMES DE LA MATIERE ORGANIQUE DE L'EAU

DEFINITION

 **La matière organique** (MO) est l'ensemble des molécules contenant du carbone (C), issues des organismes vivants ou les constituant. A l'opposé se trouve la matière minérale ou matière inerte.

La matière organique regroupe :

- les métabolites produits par les êtres vivants
- les cellules vivantes ou mortes, animales ou végétales et toutes les molécules résultant de la décomposition de ces cellules.
- les molécules de synthèse dont font partie les produits phytosanitaires.

CE QU'IL FAUT RETENIR

- La matière organique présente dans les rivières bretonnes provient de deux origines : une **origine allochtone** (sol, litières, rejets urbains) et une **origine autochtone** (issue d'une production interne à la rivière).
- La matière organique allochtone parvient à la rivière d'une part sous **forme particulaire** (MOP) à l'occasion des phénomènes de ruissellement ou par chute directe (cas des feuilles). D'autre part, elle peut être acheminée à la rivière sous **forme dissoute** (MOD) lors des processus de lessivage.
- La matière organique autochtone correspond aux plantes aquatiques, au phytoplancton, aux bactéries, aux mousses, etc., et à leur dégradation dans le milieu aquatique. On la retrouve à la fois sous forme particulaire et dissoute dans la rivière.
- La matière organique autochtone se forme à partir des transferts de nutriments (azote, phosphore) en provenance du bassin versant. Sa production est donc une conséquence directe des activités humaines sur les bassins versants.
- La contribution de la matière organique autochtone peut être non négligeable surtout lors des blooms planctoniques du printemps et de l'été. Cependant, à l'échelle annuelle, la contribution autochtone des rivières est largement minoritaire par rapport à la contribution allochtone. Elle varie d'une rivière à l'autre, mais reste presque toujours inférieure à 10% du flux annuel total de matière organique transportée.

La matière organique (MO) présente dans les eaux de surface (rivières, lacs, étangs, ...) peut avoir deux origines :

- **la matière organique allochtone**, issue de la végétation, des sols et des roches mères des bassins versants. Les matières organiques provenant de la végétation (litières) sont plus ou moins indépendantes des apports minéraux, tandis que celles issues des sols et des roches mères sont liées à la matrice minérale des particules en suspension. Les transferts au réseau hydrographique se font par des vecteurs hydrologiques (ruissellement, écoulements hypodermiques et de nappe), éoliens ou par chute directe. Ce compartiment comprend également les apports de **matière organique anthropique**, par exemple ceux provenant des **déjections animales (fumier, lisier)**, des **résidus urbains et/ou industriels** (eaux usées, boues de stations d'épuration, hydrocarbures).
- **la matière organique autochtone** : vivante ou détritique, elle est constituée en majeure partie de **phytoplancton, de zooplancton et de bactéries**, mais aussi de **macrophytes et d'autres algues benthiques**. La matière organique autochtone est issue d'une **production interne** aux masses d'eau et se forme principalement par voie photosynthétique. Elle est très abondante dans les étendues d'eau stagnantes (lacs, étangs) riches en sels nutritifs et de ce fait soumise au processus d'eutrophisation.

Ces deux types de matière organique peuvent se trouver dans les masses d'eau soit sous forme particulaire, soit sous forme dissoute dépendant de la taille des molécules d'origine ou de l'état de décomposition de leurs précurseurs végétaux ou animaux.

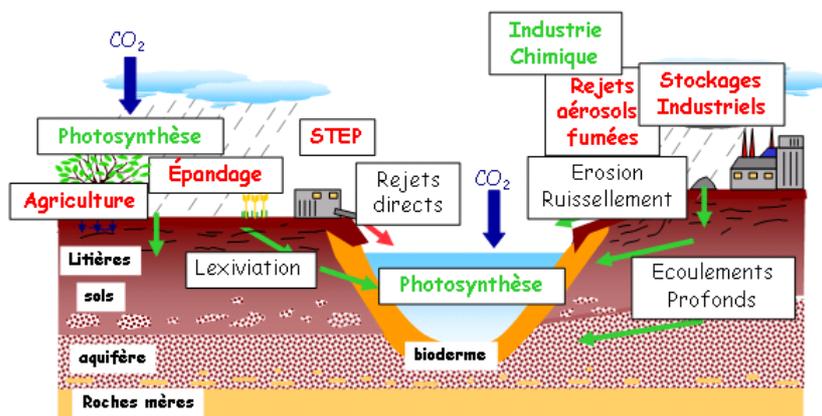


Figure 1 : Multiplicité des sources de matière organique

● LA MATIÈRE ORGANIQUE ALLOCHTONE

La source majeure de matière organique allochtone du réseau hydrographique est le réservoir constitué par la biosphère terrestre. Ce réservoir inclut la biomasse vivante, la biomasse détritique peu ou pas dégradée (litière) ainsi que la matière organique des sols composée principalement de substances humiques phénoliques résultant de la décomposition de la litière. Ces substances humiques forment souvent des complexes avec les minéraux argileux des sols.

● Les sols

La matière organique est l'un des principaux composants des sols. On la reconnaît facilement à sa couleur très sombre, voire noire, et à son odeur. Elle est, en général, très présente dans la partie supérieure du sol où elle joue un rôle clef dans les relations entre le sol et les plantes, dans la structure du sol et dans sa richesse.

On distingue quatre groupes de matières organiques dans les sols :

- **La matière organique vivante**, végétale et animale, qui englobe la totalité de la biomasse en activité. La biomasse végétale et microbienne est supérieure à la biomasse animale. Elle est essentiellement représentée par les champignons, puis les bactéries et les actinomycètes. Le rôle de cette microflore de décomposition est de se nourrir des matières organiques mortes (nécromasse), ce qui conduit à les minéraliser.
- **Les débris d'origine végétale** (résidus végétaux, exsudats) **et d'origine animale** (déjections et cadavres) qui sont regroupés sous le terme de **matière organique fraîche**. La nature de cette MO fraîche est directement liée aux activités de surface et en premier lieu au couvert végétal (forêt, prairie, cultures). Elle est donc en majorité composée de MO végétale (cellulose, lignines, pectines, alguines, etc.)
- **Des composés organiques intermédiaires** sont les matières organiques en cours d'évolution entre la MO fraîche et les composés organiques stabilisés : les matières humiques (humus).
- **Les composés organiques stabilisés** : phase aboutie de la décomposition de la matière organique (acides fulviques, acides humiques, humine).

La matière organique des sols peut se retrouver dans les cours d'eau sous forme particulière (COP = carbone organique particulaire) à l'occasion des phénomènes d'érosion et de ruissellement ou sous forme dissoute (COD = carbone organique dissout) lors des processus de lessivage (*voir fiche B-11*).

● Les litières et la végétation rivulaire

Les **litières** constituent l'horizon supérieur (horizon 0) des sols. La composition des litières dépend de la végétation et de l'occupation des sols alentours. Les litières sont constituées de feuilles, de brindilles, de fruits, de morceaux d'écorces et de graines. L'apport dominant au cours d'eau de matière organique issue des litières est généralement celui des feuilles.

Les apports à la rivière se font par **chute directe** et par **apports latéraux** sous l'action du vent ou lors d'épisodes de ruissellement. Ces chutes directes et les apports latéraux de litières constituent un **apport essentiel de COP** dans les rivières (Veyssy, 1998). Le stock se constitue à partir d'octobre et atteint un maximum de décembre à février. Une fois dans le milieu aquatique, les litières y subissent une décomposition en quelques heures ou quelques jours, temps pendant lequel les feuilles perdent une certaine fraction de leur poids sous forme de COD.

D'autre part, le lessivage sur la végétation vivante et des litières constitue un facteur très important d'**apports de COD** aux rivières. Ainsi dans les ripisylves, l'apport de COD aux sols et donc aux rivières se produit en grande partie par l'intermédiaire des pluies lessivant le feuillage et les tiges.

● Les rejets urbains

Les rejets urbains présentent deux formes majeures :

- (1) les rejets pluviaux caractérisés par un drainage des zones urbaines,
- (2) les rejets de stations d'épuration et d'industries.

Dans les deux cas, de fortes charges organiques parviennent à la rivière. Ces rejets s'accompagnent d'une forte population bactérienne spécifique qui assure une élimination progressive de la matière organique en aval. C'est **le COD qui est surtout éliminé** tandis que le **COP sédimente en grande partie**.

La charge en matière organique des eaux pluviales atteint, en flux et en concentration, celle des eaux traitées des stations d'épuration. Les eaux de pluie urbaines incorporent dans un premier temps des gaz et des aérosols atmosphériques. Au contact des surfaces urbaines, ces eaux s'enrichissent en matières en suspension riches en polluants organiques, minéraux et sels solubles. Les principales sources sont les lubrifiants, l'essence et les pots d'échappement, l'usure des véhicules et des chaussées, les déjections d'animaux, les produits divers répandus sur la chaussée et le relargage des gouttières et toitures. Véhiculant aussi des micro-polluants organiques dont l'impact sur la faune et la flore peut être dramatique : cas des HAP (hydrocarbure aromatiques polycycliques) et des PCB (Polychlorobenzène) par exemple, particulièrement néfastes et rémanents.

LA MATIERE ORGANIQUE AUTOCHTONE

Les principales sources de carbone autochtone sont le phytoplancton, les bactéries en suspension (libres ou attachées), les plantes aquatiques (macrophytes), les mousses, les excréments d'invertébrés et de la microflore associée aux détritiques et les biofilms benthiques.

La contribution de la matière organique autochtone peut être non négligeable surtout lors des blooms planctoniques du printemps et de l'été. Cependant, à l'échelle annuelle, la contribution autochtone des rivières est largement minoritaire par rapport à la contribution allochtone. Elle varie d'une rivière à l'autre, mais reste presque toujours inférieure à 10% du flux annuel total de matière organique transportée (Veyssy, 1998).

On notera que la matière organique autochtone se forme à partir des transferts de nutriments (azote, phosphore) en provenance des sols des bassins versants. Sa production est une conséquence directe des activités humaines sur les bassins versants.

CONCLUSION

De nombreuses études suggèrent que dans les rivières prédominent les apports de matière organique **allochtone** (Degens, 1982, 1991 ; Spitzzy, et Leenheer, 1991 ; Kempe et Depetris, 1992 ; Ludwig et al., 1996a ; Gruau G., 2004), notamment en **période hivernale** lorsque les flux d'eau et de matière organique sont les plus importants (Gruau, 2004).

Cependant, d'autres auteurs (Jigorel A., comm. pers.) considèrent qu'en Bretagne, la matière organique autochtone peut être une source importante de la matière organique véhiculée par les cours d'eau. Cette matière organique autochtone, qui va contribuer à l'augmentation de la sédimentation dans le réseau hydrographique, est liée à l'enrichissement en nutriments des eaux superficielles depuis ces dernières décennies. En effet, cet enrichissement favorise une prolifération de la biomasse végétale aquatique.

Dans les retenues bretonnes, l'essentielle de la matière organique est **d'origine autochtone**, notamment **en été** lorsque le développement d'algues engendré par les apports de nitrate et de phosphore en provenance du bassin versant sont maximum.

Dans les eaux de surface de Bretagne, les matières organiques peuvent être sous forme **dissoute** ou **particulaire** :

- Les premières proviennent principalement du lessivage des sols des bassins versants. Cette matière organique allochtone en provenance des sols est filtrée par la matrice minérale pendant le transport et est donc essentiellement de nature dissoute. On prend donc en compte plus particulièrement celle-ci lorsque l'on mesure le COD.
- Les secondes proviennent essentiellement des algues issues notamment de l'eutrophisation (origine autochtone). On prend donc en compte plus particulièrement cette matière organique autochtone lorsque l'on mesure le COP (Gruau G., comm. pers.).

REFERENCES

Birgand, F., Novince, E., Gruau, G., Bioteau, T., 2004. Facteurs expliquant la présence de matières organiques dans les eaux superficielles en Bretagne. Rapport du Cemagref. Groupe d'Etude sur la Pollution des eaux par les Matières Organiques. 78 p.

Gruau, G., Birgand, F., Jardé, E., Novince, E., 2004. Pollution des captages d'eau brutes de Bretagne par les Matières Organiques. Rapport de synthèse du groupe d'Etude sur la Pollution des eaux par les Matières Organiques. 108 p.

ITAB, 1995. Guide des matières organiques. Fertilité des sols – ressources – Gestion – Fiches techniques.

Veyssy E., 1998. Transfert de carbone organique, d'azote et de phosphore des bassins versants aux estuaires de la Gironde et de l'Adour. Thèse de l'université de Bordeaux 1, 281p.

Site web :

<http://www.bretagne-environnement.org/article1036076744>

LA MATIERE ORGANIQUE DANS LES EAUX : METHODES D'ANALYSE

CE QU'IL FAUT RETENIR

- Deux paramètres sont mesurés pour estimer les teneurs en matière organique de l'eau :
 - L'analyse du carbone organique présent dans l'eau
 - L'analyse de l'oxygène, lié à l'oxydation de la matière organique
- Le carbone organique total (COT) mesure la quantité totale de carbone dans le substrat. On peut le subdiviser en carbone organique dissous (COD), particulaire (COP), carbone organique dissous biodégradable (CODB) ou réfractaire (CODR). Ces différentes fractions donnent une idée de la teneur en matière organique de l'eau.
- Dans l'eau, les matières organiques et oxydables rassemblent l'ensemble des substances susceptibles de consommer l'oxygène de l'eau. Par conséquent, on peut quantifier leur teneur dans les eaux au travers de paramètres équivalant à une consommation réelle ou potentielle d'oxygène.
- L'oxydabilité au permanganate de potassium est la méthode d'analyse réglementaire pour les eaux brutes destinées à la consommation. Cette méthode est censée permettre de mesurer l'ensemble de la fraction organique (dissoute et particulaire) présente dans l'eau. En pratique, il s'avère que cette méthode dose essentiellement le compartiment dissous.
- La mesure du COT est l'autre méthode d'analyse réglementaire pour les eaux et brutes et les eaux traitées.

LES DIFFERENTES METHODES D'ANALYSE DE LA MATIERE ORGANIQUE DANS L'EAU

- **L'estimation de la matière organique de l'eau par la mesure du carbone**



- **Carbone organique total (COT) et dissous (COD)**

La mesure du carbone organique total (COT) est une des deux méthodes réglementaires d'analyses de la matière organique de l'eau potable (norme AFNOR NF EN 1484, juillet 1997). Le COT mesuré correspond à la teneur en carbone des matières organiques dissoutes et non dissoutes présentes dans l'eau. Il ne donne pas d'indication sur la nature de la substance organique.

La teneur en COT est utilisée pour estimer la quantité totale de matières organiques présentes en solution et en suspension dans une eau. Pour une eau de surface, le COT en général est composé de 90% de carbone organique dissous (COD) et de 10% de carbone organique particulaire.

Le carbone organique dissous (COD) représente la matière organique en solution. Il est mesuré après enlèvement par filtration des matières organiques en suspension (filtration sur des membranes de 0,45 µm ou de 0,22 µm selon les protocoles).

- **Carbone organique dissous biodégradable (CODB)**

C'est la partie du COD dégradée par des bactéries. Il est estimé à partir de la décroissance du COD après une longue période d'incubation (28 jours) en présence d'une suspension de bactéries (AFNOR T 90-318) ou d'une biomasse fixée (AFNOR T 90-319).

Pour les eaux de surface, la valeur du CODB est en général au maximum de 30% du COD. Le terme Carbone Organique Dissous Réfractaire (CODR) est réservé au carbone organique dissous bio-réfractaire dans les conditions du test : $CODR = COD - CODB$.

- **L'estimation de la matière organique de l'eau par la mesure de la consommation d'oxygène**

Dans l'eau, les matières organiques et les matières minérales oxydables sont des substances consommatrices de l'oxygène de l'eau. Par conséquent, on peut quantifier leur teneur dans les eaux au travers de paramètres équivalents à une consommation réelle ou potentielle d'oxygène.

- **L'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO₄) en milieu acide**

L'oxydabilité au permanganate de potassium est la méthode d'analyse réglementaire pour les eaux brutes destinées à la consommation (code de la santé publique, articles L 1321-1 à L 1321-66, livre 3, titre 2). Elle a pour but d'approcher la teneur en matières organiques présente dans l'eau brute en évaluant la quantité d'oxygène utilisée par la réduction du permanganate de potassium par les matières organiques. Cette analyse consiste en une oxydation chimique à chaud (100°C) en milieu acide pendant 10 min. En théorie, elle permet de mesurer autant la fraction dissoute que la fraction particulaire de la matière organique. En pratique toutefois, il s'avère que cette méthode dose principalement le compartiment dissous (méthode trop "douce" pour oxyder les matières organiques particulaires). En outre, sa limite est que d'autres substances réductrices peuvent interférer dans la mesure.

La valeur limite pour les eaux potables est de 5 mg O₂/l avec un niveau guide de 2 mg O₂/l. Pour les eaux brutes, la valeur limite est de 10 mg O₂/l.

- **L'absorbance UV à 254 nm**

Rappel sur la méthode et les limites de détection

Cette méthode de mesure est très pratique, mais certains éléments minéraux représentent une source d'interférences. En outre, les résultats peuvent dépendre de la nature de la matière organique analysée. Une densité optique de 1 pour des cuves de 1 cm équivaut à une valeur approximative de 30 à 45 mg O₂/l de l'oxydabilité au KMnO₄ en milieu acide. Il n'y a aucune référence quant à l'absorbance UV dans le décret n°2001-1220.

Il existe une corrélation entre le COD et l'absorbance UV. $Absorbance\ UV\ (254\ nm) / COD \approx 0,03\ \text{à}\ 0,04$ pour des eaux de rivière.

- **Demande biochimique en oxygène (DBO_n)**

La DBO_n (norme AFNOR EN 1899-1 et 1899-2, mars 1998) exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de micro-organismes, dans des conditions données. Les conditions communément utilisées sont 5 jours (on ne peut donc avoir qu'une dégradation partielle) à 20°C, à l'abri de la lumière et de l'air. On parle alors de la DBO₅.

Cette mesure est très utilisée pour le suivi des rejets des stations d'épuration, car elle donne une approximation de la charge en matières organiques biodégradables.

Elle est exprimée en mg de O₂ consommé par litre.

Echelles de valeur de DBO₅ :

- eau naturelle vive : < 1 mg O₂/l
- rivière légèrement polluée : entre 1 et 3 mg O₂/l
- effluent urbain : entre 100 et 400 mg O₂/l
- rejet de STEP : entre 20 et 40 mg O₂/l.

Cette norme européenne est applicable à tous les types d'eau dont la demande biochimique en oxygène est supérieur ou égale à la limite de détermination de 3 mg/l d'oxygène, et ne dépasse pas 6000 mg/l d'oxygène.

- **Demande chimique en oxygène (DCO)**

La DCO (norme AFNOR NF T 90-101, octobre 1988) exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant puissant, le bichromate de potassium. Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables présentes dans l'échantillon (certains hydrocarbures ne sont, par exemple, pas oxydés dans ces conditions). L'objectif de la DCO est donc différent de celui de la DBO car il est surtout adapté aux eaux industrielles. Le résultat s'exprime en mg d'O₂/l.

CONCLUSION

La méthode d'analyse d'eau réglementaire par oxydabilité au permanganate de potassium est censée permettre de mesurer l'ensemble de la fraction organique (dissoute et particulaire) présente dans l'eau. Or, comme dit précédemment, cette méthode est trop "douce" pour oxyder la fraction particulaire. Ainsi, les mesures d'oxydabilité dans les eaux brutes dosent des MO essentiellement dissoutes. Une étude réalisée par le CNRS et portant sur des analyses d'eau du Léguer (22) montre d'ailleurs qu'il existe un rapport constant entre oxydabilité et COD que l'on se situe en période de crue (période où l'on attend une fraction particulaire importante) ou inter-crue (prépondérance de la fraction dissoute) de l'ordre de : oxydabilité = 0.7 x COD. Or, il est clair qu'une corrélation linéaire entre oxydabilité et COD ne serait pas maintenue en période de crue si les mesures d'oxydabilité incluaient un compartiment particulaire.

Le niveau de contamination des eaux bretonnes tel qu'établi par les mesures d'oxydabilité est donc un niveau minimum. Le niveau réel est plus élevé, d'une grandeur correspondant au compartiment particulaire, compartiment dont la taille demeure à l'heure actuelle globalement inconnue en Bretagne.

 **REFERENCES**

Gruau G., Birgand F., Novince E., Jardé E., 2004b. Pollution des captages d'eau brute de Bretagne par les matières organiques. Rapport de synthèse. Tableau de bord de la pollution. Causes possibles. Recommandations. Rapport Drass et région Bretagne, 108 p.

Sites web :

http://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEau/Physico_chimie_PresGen.pdf

<http://www.laease.com/dbo5.html>

<http://www.bretagne-environnement.org/site/matiere-organique/>

<http://www.geosciences.univ-rennes1.fr/ch/gruau/MO/GEPMO.htm>

LA MATIERE ORGANIQUE DANS LES EAUX : REGLEMENTATION, CONSTATS EN BRETAGNE

CE QU'IL FAUT RETENIR

- Le code de la santé publique français fixe la limite réglementaire maximale en matière organique pour les eaux brutes superficielles destinée à la potabilisation à **10 mg O₂/l en oxydabilité au permanganate à chaud en milieu acide**. Cette valeur réglementaire doit être respectée au moins 95% du temps pour que l'eau soit conforme.
- De fortes teneurs en matière organique dans les eaux de surface engendrent de multiples nuisances tant environnementales (réduction du volume utile des retenues, asphyxie des milieux aquatiques), qu'économiques (augmentation des coûts de traitement de l'eau potable) ou pour la santé publique (la matière organique peut par combinaison avec le chlore former des composés cancérigènes : trihalométhanes, par ex.).
- En Bretagne, environ la moitié des prises d'eau superficielles destinées à la potabilisation sont concernées par des dépassements récurrents de la limite réglementaire.
- Des incertitudes pèsent sur l'évaluation exacte de la pollution par les matières organiques des eaux de surface bretonnes du fait d'un nombre très réduit d'analyses disponibles sur base informatique.

REGLEMENTATION RELATIVE AUX MATIERES ORGANIQUES DANS LES EAUX DE SURFACE

Contrairement aux nitrates pour lesquels l'Union Européenne n'émet "que" des directives, la matière organique est frappée d'une réglementation française stricte qui interdit les prélèvements d'eau dans les captages en cas de dépassement de la limite réglementaire, sauf à obtenir une autorisation exceptionnelle.

En France, le code de la santé publique, section relative aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exception des eaux minérales – articles L 1321-1 à L 1321-66 (Livre 3, titre 2), réglemente la qualité des eaux brutes destinées à la consommation humaine. Ainsi, pour les eaux brutes superficielles, la teneur maximale en matières organiques évaluée par le paramètre « oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO₄) à chaud en milieu acide » est fixée à **10 mg O₂/l**. Cette valeur réglementaire doit être respectée au moins 95% du temps.

Les contrôles réglementaires sont réalisés par les Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS).

LES NUISANCES ENGENDREES PAR LA POLLUTION EN MATIERE ORGANIQUE DES EAUX DE SURFACE

Si la matière organique est un indicateur de richesse des sols, elle peut devenir un élément de pollution des eaux brutes destinées à la potabilisation lorsqu'elle s'y trouve en trop grandes quantités. La matière organique présente dans l'eau destinée à la potabilisation pose un réel problème de santé publique. Les raisons sont les suivantes :

Dans la ressource :

- Diminution du volume utile des retenues de captage par dépôts de sédiments biogènes organiques (des diminutions allant jusqu'à 50% ont été enregistrées en Bretagne au cours des trente dernières années) ;
- Modification de la dégradation de micropolluants. Les matières organiques peuvent absorber d'autres molécules organiques comme les pesticides et allonger leur durée de vie dans l'environnement. Elles peuvent également former des complexes solubles ou insolubles avec certains métaux toxiques ;
- Les matières organiques peuvent être associés à la présence d'espèces planctoniques dont certaines produisent des toxines.

Traitement rendu plus difficile et coûteux :

- La présence de fortes teneurs en matières organiques demande l'installation de dispositifs de traitement plus complexes et donc plus coûteux en structures et en réactifs, sans compter les quantités de boues générées.

Lors de la distribution :

- Dans les eaux distribuées, les matières organiques favorisent la formation de sous produits chlorés (SPC) à la toxicité reconnue (Trihalométhanes) ;
- Enfin, les matières organiques servent de nutriments ou de support aux micro-organismes présents dans les réseaux de distribution.

Pour la consommation :

- Elles sont souvent à l'origine de coloration et/ou de mauvais goûts rebutant pour le consommateur.

Il convient toutefois de relativiser ces risques et ne pas faire une phobie sur la qualité de l'eau du robinet. En effet, la réglementation est à la fois stricte sur les eaux brutes mais l'est aussi sur l'eau potable. Pour cette dernière, la concentration en matières organiques ne doit pas dépasser les **5 mg O₂/l** d'oxydabilité ou **2 mg/l** de carbone organique total (COT) et les concentrations ne doivent pas subir de variations anormales. Toutefois, les techniques de traitement classiques de l'eau potable sont efficaces : coagulation, floculation, aération et filtration sur sable qui permettent d'éliminer les 90% de la matière organique particulaire ainsi que le mauvais goût et les odeurs. L'affinage élimine ensuite les 10% restant de matière organique dissoute.

LA POLLUTION PAR LES MATIERES ORGANIQUES EN BRETAGNE

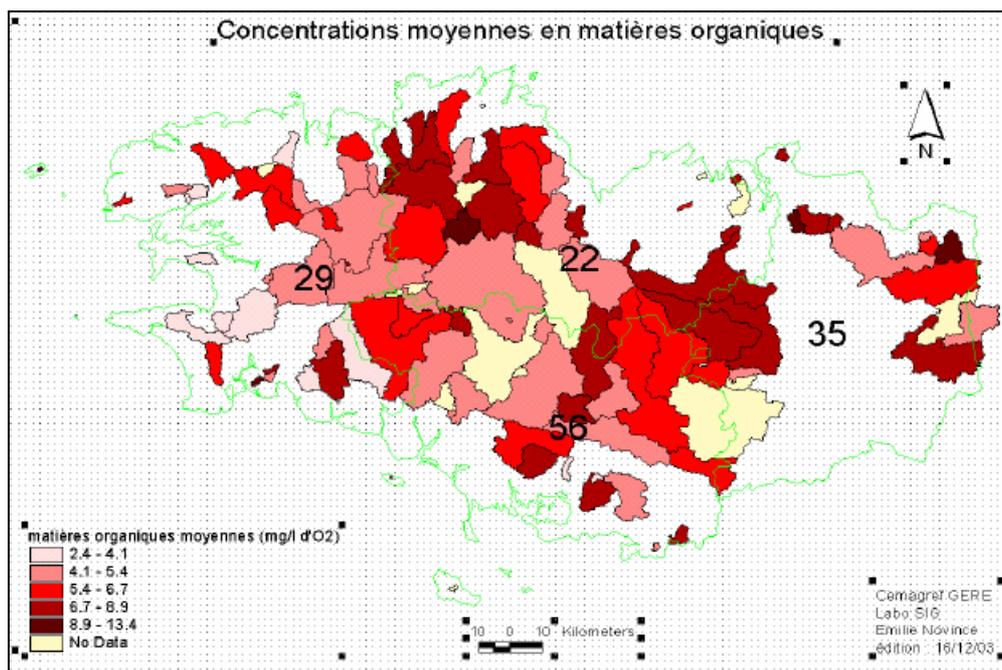
Constat

29 bassins versants Bretagne Eaux Pure (BEP) sur 45 étaient concernés en 2004 par des dépassements de la concentration réglementaire en matière organique de leurs eaux superficielles. Selon la DRASS, sur l'ensemble de la Bretagne, 59 prises d'eau superficielles

sur 106 étaient concernées par une non conformité observée au moins une année entre 1998 et 2002 inclus, pour le paramètre oxydabilité (Carte 1) (T. Panaget, DRASS, comm. pers.).

Il ressort de la lecture de la Carte 1 :

- une forte variabilité spatiale des niveaux moyens de concentration : de 2,4 à 13,4 mg O₂/l
- une qualité de l'eau, au plan régional, relativement dégradée du point de vue des matières organiques : sur l'année 2002-03, plus de 30 prises d'eau sur 106 frôlent ou dépassent en valeur moyenne la limite réglementaire d'oxydabilité (10 mg O₂/l).



Carte 1 : Pollution en MO des eaux des rivières bretonnes telle qu'établie à partir des moyennes des concentrations en MO (oxydabilité) mesurées au droit des prises d'eau dites « au fil de l'eau » de Bretagne pour la période 2002-2003 (Birgand et al., 2004)

● La difficulté d'évaluer la pollution par les matières organiques en Bretagne

Des incertitudes pèsent sur la carte exacte de répartition de la pollution des eaux de surface bretonnes par les matières organiques. En effet, seules les DDASS effectuent des contrôles réguliers de ce paramètre et ces derniers sont relativement peu fréquents : en moyenne 6 mesures par an entre 1995 et 2002 et 15 mesures par an depuis 2002. D'après Gruau et al. (2004b), il faudrait une mesure par jour pour calculer des concentrations moyennes fiables (erreur ≤ 5%) (voir fiche E-7).

D'autre part, ces données DDASS ne sont disponibles informatiquement que depuis 1995. Avant cette date, les données n'ont pas été forcément archivées sachant que les DDASS n'avaient pas le souci d'utiliser ces données dans un but de recherche scientifique (alors que c'est le cas aujourd'hui). Ainsi, le nombre réduit de données actuellement disponibles rend difficile l'évaluation de la pollution et ne permet pas de déterminer la période à laquelle les teneurs en matière organique ont commencé à croître et quand cette matière organique est devenue une source de pollution.

En conclusion, le manque de données rend complexe l'étude des sources, des mécanismes de transferts et les origines de l'augmentation de la matière organique dans les eaux de surface de Bretagne.

Trajectoire d'évolution

Deux trajectoires d'évolution des teneurs en matières organiques dans les eaux superficielles bretonnes ont été observées par Gruau et al. et Birgand et al. (2004) en se basant sur les quelques séries long terme et haute fréquence fournies par les producteurs d'eau potable (Figure 1).

- (1) Certaines rivières présentent des concentrations en matières organiques à la hausse dans le temps. Il s'agit de rivières présentant aujourd'hui de forts niveaux de pollution (qui dépassent la limite réglementaire). Il semble que dans ces rivières, la dégradation soit encore un phénomène en cours actuellement. Cette trajectoire d'évolution est la plus représentée au sein des séries disponibles.
- (2) D'autres rivières (minoritaires au sein des séries) semblent au contraire présenter une amélioration de la qualité des eaux du point de vue des concentrations en matières organiques (c'est le cas de l'Elorn dans le Finistère).

Le petit nombre de séries disponibles et la brièveté de certaines d'entre elles ne permet pas de globaliser ces informations à l'échelle de la Bretagne ni de déterminer la part des rivières subissant une dégradation de la qualité de leurs eaux du point de vue des matières organiques et la part de celles bénéficiant au contraire d'une amélioration.

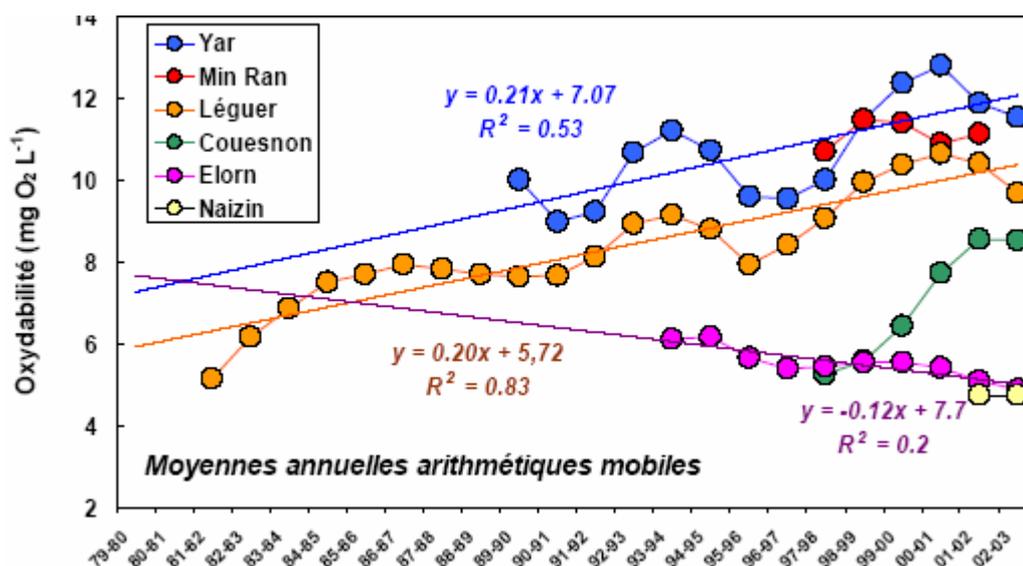


Figure 1 : Evolution long terme des concentrations annuelles en MO établie à partir de données haute fréquence (1 donnée tous les 3 jours) (Gruau et al., 2004b)

REFERENCES

Birgand F. ; Novince E. ; Gruau G. ; Bioteau T., 2004. Facteurs expliquant la présence de matières organiques dans les eaux superficielles en Bretagne. Rapport du Cemagref. Groupe d'Etude sur la Pollution des eaux par les Matières Organiques. 78 p.

Gruau G. ; Birgand F. ; Jardé E. ; Novince E., 2004b. Pollution des captages d'eau brutes de Bretagne par les Matières Organiques. Rapport de synthèse du groupe d'Etude sur la Pollution des eaux par les Matières Organiques. 108 p.

LES PROCESSUS DE TRANSFERT DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DISSOUE DU SOL VERS LE MILIEU AQUATIQUE

AVERTISSEMENT

Les inquiétudes et les interrogations relatives aux pollutions des eaux de surface par les matières organiques sont relativement récentes en Bretagne. Une étude, menée conjointement par le CNRS et le Cemagref de Rennes et impulsée par la Région Bretagne et la DRASS, a permis d'en savoir plus sur ce point mais [les interrogations restent cependant importantes](#) sur les causes des pollutions et les mesures à prendre pour y remédier. Les informations présentes dans cette fiche sont, en majeure partie, extraites de cette étude (Gruau et al., Birgand et al., 2004).

Dans les cours d'eau bretons, les apports de matière organique dissoute proviennent principalement des sols des bassins versants, notamment en période hivernale lorsque les flux d'eau et de matière organique sont les plus importants. Par conséquent, [dans la présente fiche, on aborde exclusivement les processus de transfert de matière organique dissoute \(MOD\) du sol vers le milieu aquatique](#). Ce choix est aussi justifié par le fait que les matières organiques dissoutes sont plus difficiles à éliminer que les matières organiques particulaires lors du traitement pour l'eau potable et donc les plus problématiques.

CE QU'IL FAUT RETENIR

- Les variations des concentrations en MOD des rivières sont très corrélées à la pluviométrie. Ainsi, les pollutions des rivières bretonnes par la MOD sont maximales pendant les épisodes de crue (principalement celles d'automne et d'hiver).
- Dans les sols, la matière organique se concentre dans les premiers centimètres.
- La dynamique du transfert des matières organiques dissoutes (MOD) provenant des sols dans les bassins versants est très connectée à la dynamique du transfert de l'eau.
- La MOD présente dans les rivières provient en majorité [de la mobilisation du carbone organique dissous \(COD\) des horizons organiques du sol lors des remontées de nappes en période hivernale ou en période de crue](#).
- Toute la surface du bassin versant ne contribue pas aux transferts de matière organique. La [MOD des rivières provient principalement des zones hydromorphes de bas fonds](#).
- Un bassin versant à [topographie "plate"](#) engendra a priori des rivières à plus forte concentration en MOD qu'un bassin versant à topographie redressée.
- Les pratiques agricoles peuvent accélérer les transferts de MOD des sols vers les rivières mais leur rôle sur l'augmentation de la pollution des rivières par les MOD n'est pas clairement établi à ce jour.

● LES FACTEURS NATURELS CONTROLANT LE TRANSFERT DE LA MOD DES SOLS VERS LES RIVIERES

Trois facteurs principaux contrôlent les transferts de MOD du sol vers le réseau hydrographique : la topographie, la perméabilité des sols et la pluviométrie. De la combinaison de ces facteurs résultent une variabilité temporelle de la pollution des rivières par les MOD et une localisation spatiale non quelconque des sources dans les paysages.

● Le moteur topographique

Dans les sols, la matière organique se concentre dans les premiers centimètres.

Un bassin versant caractérisé par des fonds de vallées plats et larges (Figure 1) aura tendance à exporter plus de matière organique dissoute (MOD) vers son exutoire. En effet, dans ce type de topographie, la fraction de nappe interagissant directement avec les horizons organiques superficiels du sol est importante. Il en ressort donc une eau de rivière plus fortement chargée en MOD.

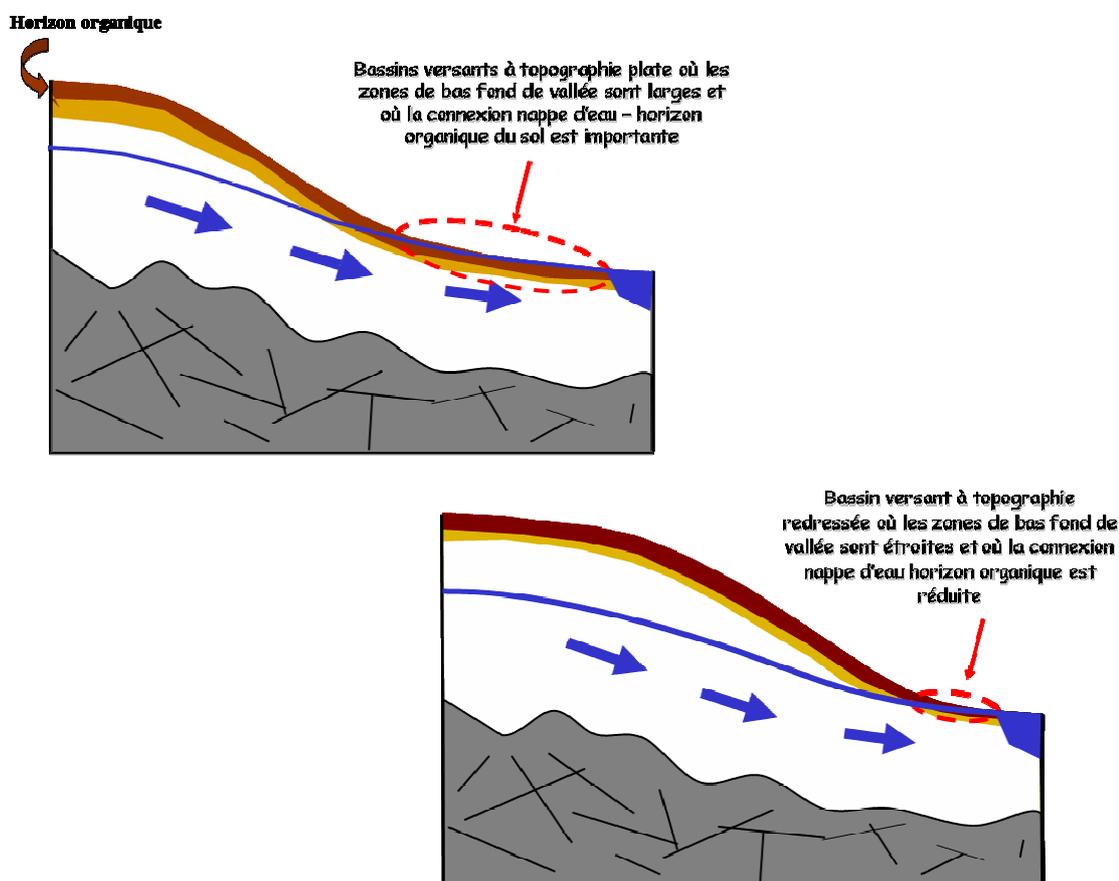


Figure 1 : Influence de la topographie du bassin versant sur la charge en MOD des eaux écoulées.

D'après les résultats de Birgand et al. (2004), le facteur "topographie" est le facteur "naturel" qui a le plus d'impact sur les transferts de MOD des sols vers les cours d'eau. L'analyse statistique réalisée sur la base des données issues de 118 bassins versants bretons montre que le paramètre topographie est la variable la plus significative expliquant 25% de la variance totale observée. De même, une étude (Gruau et al., 2004a) de détail effectuée aux exutoires de sous-bassins versants du Léguer (22) a montré une corrélation linéaire inverse entre la concentration moyenne en MOD à l'exutoire et la pente moyenne par sous BV (Figure 2). Il est déduit de ces travaux que le milieu physique breton a, du fait des variations de pente

qui le caractérisent, la capacité de faire varier, indépendamment de toute autre cause, les teneurs en MOD de ses rivières d'un facteur 2 au moins.

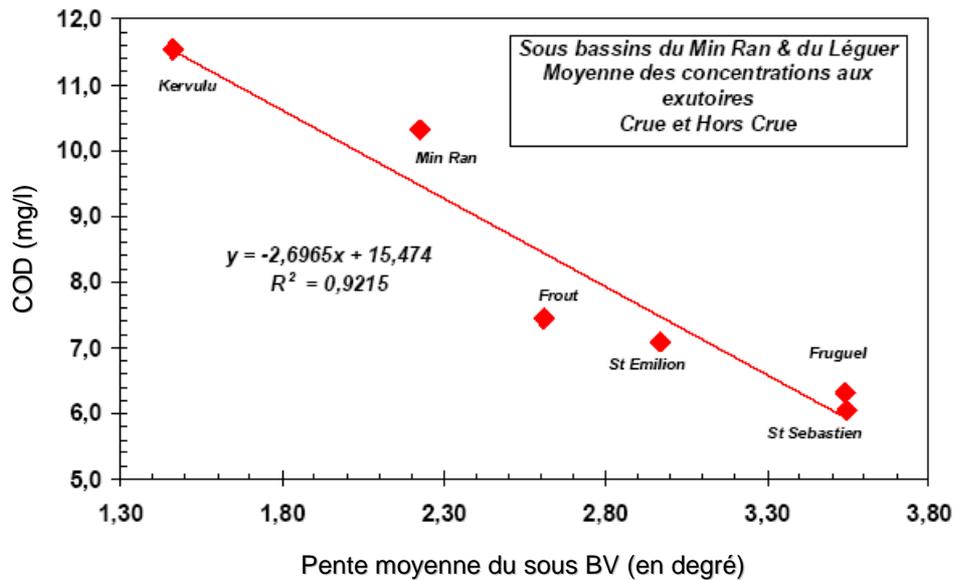


Figure 2 : Corrélation linéaire négative entre la teneur en COD à l'exutoire et la pente sur les sous BV du Léguer (22), (Gruau et al., 2004a)

● La perméabilité des sols



Photo 1 : Horizon minéral peu perméable sous l'horizon organique du sol dans un bassin versant breton (Gruau et al., 2004b)

La perméabilité des sols est un autre facteur contrôlant les teneurs en MOD des rivières. Un horizon minéral peu perméable situé sous l'horizon organique de surface (Photo 1), comme rencontré dans beaucoup de sols bretons en zones humides, aura pour conséquence de "forcer" les circulations d'eau dans les horizons organiques du sol contribuant ainsi à enrichir les rivières en MOD.

● La pluviométrie

La pluviométrie est un facteur influant de façon importante les teneurs en MOD des rivières bretonnes. La distribution et l'intensité des précipitations, en contrôlant l'écart entre le toit des nappes et l'horizon organique des sols, entraînent une mobilisation plus ou moins intense de la matière organique du sol que l'on peut retrouver alors dans le cours d'eau. Ainsi, les transferts de MOD vers les rivières seront importants en hiver et lors des crues. Ils seront à l'inverse réduits lors des périodes d'étiage.

➔ Région de topographie relativement plate à substrat peu perméable (schiste et granite) et au climat humide, la Bretagne est une région naturellement à risque du point de vue du transfert de MOD du sol vers le milieu aquatique.

● Conséquence 1 : une forte variabilité temporelle de la teneur en MOD des rivières de Bretagne

Cette première conséquence est directement la conséquence du contrôle exercé par la pluviométrie sur le lessivage des MOD du sol. Du fait de ce contrôle, des variations des teneurs en MOD des rivières s'observent en fonction des épisodes de crue ou des périodes hors crue (Figure 3), sachant que :

- En période de crue et principalement en automne et en hiver, les concentrations en MOD dans les cours d'eau augmentent fortement par rapport aux périodes hors crue. Les variations engendrées sont de très fortes amplitudes, les amplitudes mesurées dans les rivières de Bretagne pouvant aller de 7 à 18, suivant les épisodes de crue et les rivières.
- L'intensité de crue n'a pas tellement d'impact sur les concentrations en MOD des rivières. Même une crue de faible intensité peut engendrer de fortes teneurs en MOD dans les cours d'eau.

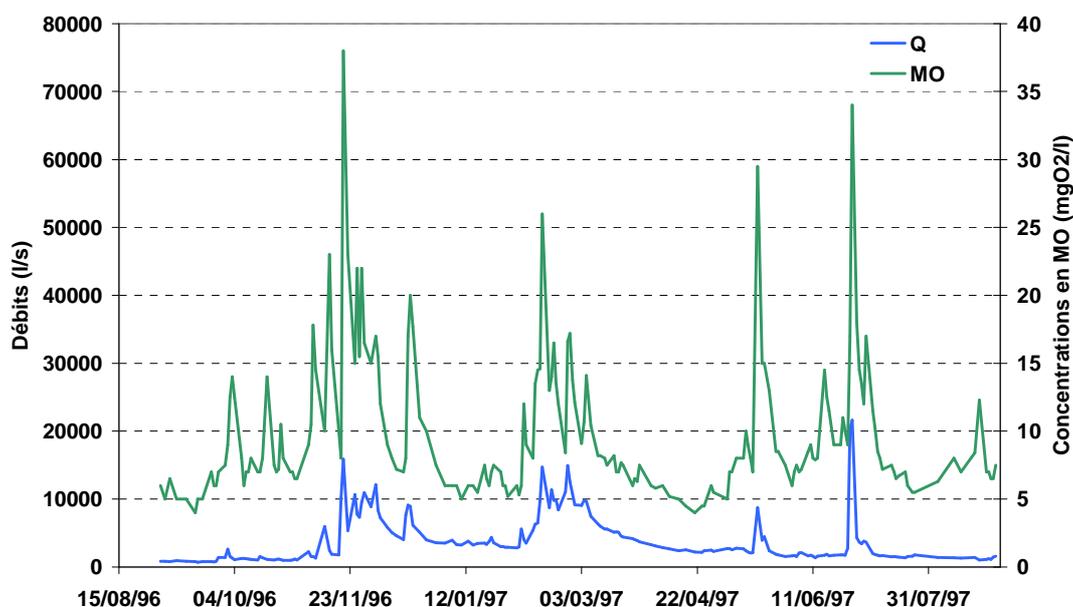


Figure 3 : Evolution des débits et des concentrations en matières organiques (Léguer, station de Kériel, 22), (Birgand et al., 2004)

● Conséquence 2 : une localisation spatiale non quelconque des zones sources de MOD dans les bassins versants

Cette deuxième conséquence découle directement du contrôle exercé par la topographie sur la capacité de la nappe à interagir avec les horizons organiques du sol. Ainsi, les zones plates de fond de vallée situées de part et d'autre des rivières contribuent très fortement à la pollution des rivières par les MOD. Ces zones peuvent avoir des formes variées et ne représentent souvent qu'une petite partie du bassin versant (Figure 4). Cette situation est très différente de celle du nitrate, lequel étant très soluble, diffuse dans les nappes. Dans ce cas la totalité de la surface du bassin versant est source de pollution. Ce n'est pas le cas pour les

MOD (Gruau, comm. Pers.), la teneur en MOD dans les nappes étant très faible. Les MOD se réadsorbent sur la matrice du sol ou sont dégradées lors de leur transfert vertical.

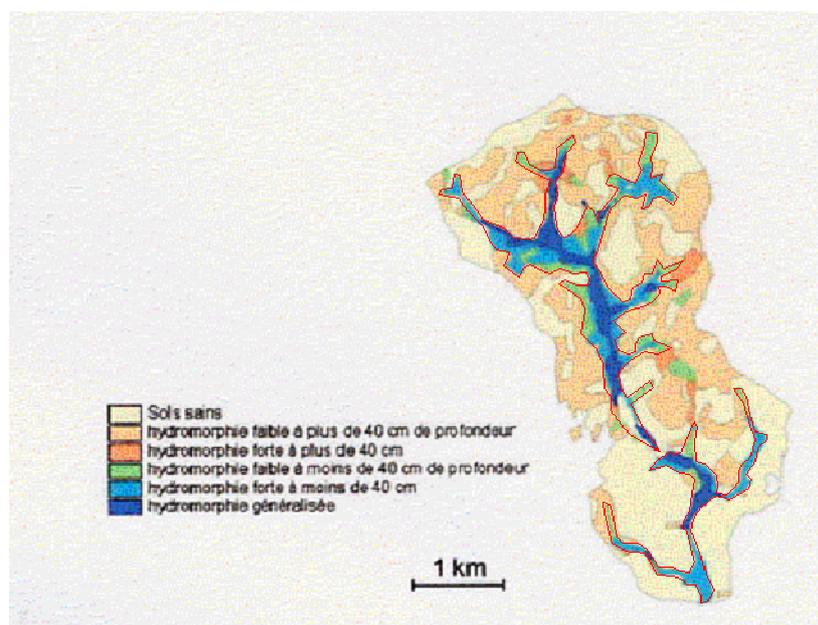


Figure 4 : cartographie des zones humides de fond de vallée (en bleu et vert) dans le cas du bassin versant du Naizin (Morbihan). Ces zones qui ne représentent que 15% de la surface totale du bassin versant sont les zones sources des MOD trouvées dans la rivière à l'exutoire du bassin (Gruau et al., 2004b)

● LES FACTEURS DE CONTROLE ANTHROPIQUES

Les concentrations de MOD semblent plus élevées dans les sols forestiers que dans les sols agricoles (Chantigny, 2003). Cependant, plusieurs facteurs affectent les transferts de MOD dans les sols agricoles :

- **Le chaulage**, en augmentant le pH des sols, entraîne une augmentation des teneurs en MOD de la solution du sol et, par voie de conséquence, peut accroître leurs transferts des sols vers les eaux (Anderson et al., 2000).
- **Les amendements organiques** augmentent les MOD (Gregorich et al., 1998) :
 - dans les jours qui suivent l'apport (Chantigny et al., 2002, Jaffrézic et al., 2005) du fait de la fraction organique soluble des amendements,
 - sur le long terme : les essais de longue durée montrent que l'augmentation du carbone organique dans les sols contribue à augmenter les MOD (Zsolnay and Görlitz, 1994).
- **Le retournement régulier des prairies** peut augmenter la teneur en MOD des parcelles concernées et par ce biais, entraîner une augmentation de la teneur en MOD des rivières (Haynes, 2000).
- Le travail du sol influence également fortement les MOD, cependant très peu de travaux traitent de la question. Les techniques culturales simplifiées en favorisant le stockage du carbone organique en surface semblent augmenter les MOD (Chantigny, 2003).

- **L'implantation de cultures** conduisant à un fort retour de matière organique au sol augmentent le stock de matière organique au niveau du sol et peut conduire à des fuites de MOD vers les cours d'eau.
 - **Les arasements de haies et talus** éliminent les barrières naturelles filtrantes de MOD et peuvent donc augmenter les connexions directes entre la rivière et les zones sources de MOD dans les bassins versants.
 - **Le drainage des zones humides** peut favoriser les circulations d'eau dans les horizons les plus organiques des sols.
- ➔ Cependant, le rôle des pratiques agricoles sur l'accroissement de la pollution des rivières par les MOD à l'échelle du bassin versant n'est pas à ce jour quantifié.

REFERENCES

Anderson S., Nilson S.J., Seatre P., 2000. Leaching of dissolved organic carbon (DOC) and dissolved organic nitrogen (DON) in mor humus as affected by temperature and pH. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 1-10.

Birgand F., Novince E., Gruau G., Bioteau T., 2004. Facteurs expliquant la présence de matières organiques dans les eaux superficielles en Bretagne : analyse des données existantes. Rapport Drass et région Bretagne. 78 p.

Chantigny M., 2003. Dissolved and water-extractable organic matter in soils: a review on the influence of land use and management practices. *Geoderma*, 113, 357-380.

Gregorich E.G, Rochette P., McGuire S., Liang BC., Lessard R., 1998. Soluble organic carbon and carbon dioxides fluxes in maize fields receiving spring-applied manure. *J. env. Quality.*, 27, 209-214.

Gruau G., Jardé E., Birgand F., Novince E., 2004a. Pollution des eaux continentales de Bretagne par les matières organiques: flux, concentrations moyennes et dynamique des transferts dans les bassins versants réflexions sur les indicateurs, caractérisation moléculaire des sources. 110 p.

Gruau G., Birgand F., Novince E., Jardé E., 2004b. Pollution des captages d'eau brute de Bretagne par les matières organiques. Rapport de synthèse. Tableau de bord de la pollution. Causes possibles. Recommandations. Rapport Drass et région Bretagne, 108 p.

Haynes R.J., 2000. Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soils in New Zealand. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 211-219.

ITAB, 1995. Guide des matières organiques. Fertilité des sols - ressources - Gestion - Fiches techniques.

Jaffrézic A., Cornu S., Racapé A. et Morvan T., 2005. Trace elements speciation in farming organic wastes and risk of mobility in soils. Proceedings of International Workshop on green pork production, may 2005 Paris.

Zsolnay A. and Görlitz H., 1994. Water extractable organic matter in arable soils: effects of drought and long term fertilisation. *Soil Biology and Biochemistry*, 26, 1257-1261.

Site web :

<http://www.bretagne-environnement.org/article1036076744>

<http://www.bretagne-environnement.org/site/matiere-organique/>

<http://www.geosciences.univ-rennes1.fr/ch/gruau/MO/GEPMO.htm>



GLOSSAIRE (FICHES B : MATIERE ORGANIQUE)

L

LITIERE

Les litières constituent l'horizon supérieur (horizon 0) des sols. La composition des litières dépend de la végétation et de l'occupation des sols alentours. Les litières sont constituées de feuilles, de brindilles, de fruits, de morceaux d'écorces et de graines.

M

MATIERE ORGANIQUE

La matière organique est l'ensemble des molécules contenant du carbone, issues des organismes vivants ou les constituant. A l'opposé se trouve la matière minérale ou inerte.

La matière organique regroupe :

- les métabolites produits par les êtres vivants
- les cellules vivantes ou mortes, animales ou végétales et toutes les molécules résultant de la décomposition de ces cellules.
- les molécules de synthèses dont font partie les produits phytosanitaires.

MATIERE ORGANIQUE ALLOCHTONE

Est issue de la végétation, des sols et des roches mères des bassins versants. Les transferts vers le réseau hydrographique se font par des vecteurs hydrologiques (ruissellement, écoulements hypodermiques et de nappe), éoliens ou par chute directe. Ce compartiment comprend également les apports de matière organique anthropique, par exemple ceux provenant des déjections animales (fumier, lisier), des résidus urbains et/ou industriels (eaux usées, boues de stations d'épuration, hydrocarbures).

MATIERE ORGANIQUE AUTOCHTONE

Est issue d'une **production interne** aux masses d'eau et se forme principalement par voie photosynthétique. Vivante ou détritique, elle est constituée en majeure partie de phytoplancton, de zooplancton et de bactéries, mais aussi de macrophytes et d'autres algues benthiques. Elle est très abondante dans les étendues d'eau stagnante (lacs, étangs) riches en sels nutritifs et de ce fait soumise au processus d'eutrophisation.