

Les pollutions de l'eau dans les bassins versants agricoles : natures, sources et mécanismes de transfert

J. Molénat, J.M. Dorioz, C. Gascuel et G. Gruau

I. Généralités: qualité de l'eau, multiplicité des polluants et des comportements

La qualité de l'eau est généralement évaluée par deux aspects :

- la **qualité physico-chimique**,
- la **qualité écologique**.

Ceci pour prendre en compte trois exigences majeures des sociétés humaines : 1) disposer d'eau en quantité suffisante pour l'alimentation, les usages domestiques, industriels et agricoles, 2) faire en sorte que cette eau soit sans danger pour ces différents usages, 3) préserver les milieux aquatiques incluant la faune et la flore qui y vivent.

Des textes réglementaires fixent les teneurs maximales à respecter pour les eaux brutes. Des valeurs guides sont aussi proposées pour respecter la faune et la flore présentes dans les écosystèmes aquatiques et maintenir le bon état fonctionnel des rivières. En Bretagne, l'accent est mis sur les polluants d'origine agricole qui sont certainement les sources de pollution parmi les plus importantes dans cette région (Observatoire de l'eau, 2004). Le tableau 1 donne quelques valeurs seuils indiquées dans la réglementation.

Tableau 1 : Limites de qualité des eaux brutes destinées à la fabrication d'eau potable (Arrêté du 11 janvier 2007) et objectifs de qualité donnés par la DCE (DCE n° 2005-12 du 28/07/05 décret relatifs aux objectifs qualité des masses d'eau superficielles). Les concentrations doivent être inférieures ou égales aux valeurs citées ou comprises dans les limites indiquées.

Paramètre	Valeur limite impérative	Valeur guide pour les eaux douces superficielles
Nitrates	50 mg/l	25 mg/l
Nitrites	0,1 mg/l	0,05 mg/l
Ammonium	0,5 mg/l	
Produits phytosanitaires	0,1 µg/l par substance 0,5 µg/l pour le total des substances mesurées	
Phosphore	5 mg/l de P ₂ O ₅	0,4 mg/l de P ₂ O ₅
Cuivre	1 mg/l de Cu	0,02 mg/l de Cu
Zinc	5 mg/l de Zn	0,5 mg/l de Zn

Les substances susceptibles de polluer les eaux des bassins versants agricoles se regroupent en deux catégories : 1) les substances utilisées en agriculture pour amender le sol (engrais, déjections sources de nitrates mais aussi de métaux lourds, de phosphore, de bactéries, ...) ou pour protéger les cultures (produits phytosanitaires et adjuvants associés) ; 2) les substances naturellement présentes dans les sols, et susceptibles de se solubiliser et d'être transférées dans les eaux (matières organiques). Les substances en question ne sont pas des polluants au départ, mais c'est leur surabondance dans les eaux qui en fait des polluants.

Les substances utilisées en agriculture et pouvant devenir des polluants de l'eau sont multiples. Ces substances atteignent d'abord le sol où leur comportement vis à vis du milieu va déterminer leur dispersion vers d'autres compartiments (air, eau). Leur proportion à polluer fortement et durablement les eaux dépend de leurs caractéristiques physico-chimiques, et notamment de leur mobilité¹ dans les compartiments sol et eau, de leur persistance si elles se dégradent, de leur temps de transfert si elles migrent vers les nappes. Ces caractéristiques, combinées avec celles du milieu, permettent la constitution d'un stock dans le sol ou la nappe. L'eau comme les polluants peuvent être caractérisés par un temps de résidence moyen (figure 1).

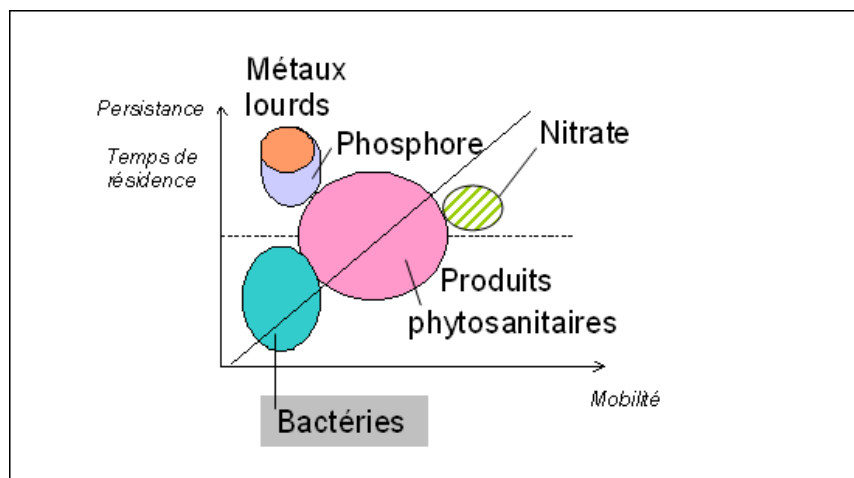


Figure 1 : En fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques, les polluants rencontrés en Bretagne sont différents en terme de mobilité, de persistance ou de temps de résidence (aire unie : dans le sol, aire hachurée : dans la nappe).

Les substances naturellement présentes dans les sols et susceptibles de devenir des polluants, parce que susceptibles d'être déplacées en grande quantité vers les eaux sont principalement les matières organiques. La mise en solution des matières organiques du sol et leur transport vers les eaux est la résultante d'un ensemble de processus de désorption-adsorption, solubilisation, dégradation, transport ..., déterminés par les conditions du milieu (température, humidité, pH, activité biologique) et les caractéristiques physiques du sol (perméabilité). Les stocks de matières organiques du sol susceptibles d'être déplacés sont principalement situés dans les zones de fonds de vallée, là où la nappe peut atteindre les horizons organiques du sol.

La résilience des cours d'eau, c'est-à-dire leur capacité à retrouver un état non pollué peut être très grande.

Elle dépend de l'importance des polluants accumulés dans les sols et les nappes, des dynamiques quelles peuvent subir par exportation, par les cultures par exemple, ou par transfert ou biotransformation vers l'eau ou l'atmosphère.

Suivant les polluants, il y a **deux stocks à considérer** :

- le **stock du sol** est constitué par des polluants persistants, c'est à dire les polluants peu solubles et de durée de vie longue. Cette durée de vie est la résultante d'un ensemble de processus de rétention, déterminés par les conditions du milieu (température, humidité, pH, activité biologique). Le polluant persistant s'accumule dans le sol en grande quantité : un stock au sens strict du terme est alors constitué. C'est le cas des **métaux lourds** et du **phosphore** qui sont peu transformés et sont principalement stockés dans le sol.
- le **stock de la nappe** est constitué par les polluants solubles et persistants qui migrent en profondeur avec les eaux de pluie. Ces polluants sont ensuite évacués vers la rivière par vidange de la nappe. C'est donc une quantité qui se déplace et transite. Si un polluant est présent longtemps et de manière mesurable dans la nappe, c'est que les vitesses en jeu sont très faibles. Du fait de ce renouvellement de l'eau très lent, la quantité de polluant présent à un moment donné dans la nappe est assimilée par abus de langage à un stock.

Au final, on distingue les substances susceptibles de polluer les eaux des bassins versants agricoles suivant leur forme, leur comportement et leur temps de résidence.

Les produits phytosanitaires sont plus ou moins mobiles selon les caractéristiques des molécules. Leur persistance est variable comprise le plus souvent entre quelques jours et plusieurs mois. Il n'y a généralement pas constitution d'un stock. Les métabolites issus de la dégradation des molécules mères peuvent avoir une persistance beaucoup plus grande. Ils sont aussi par nature des polluants.

Les nitrates sont très mobiles du fait de leur forme chimique (anions). S'ils ne sont pas consommés par la végétation ou réorganisés dans la matière organique du sol, les nitrates peuvent migrer dans les nappes où ils peuvent devenir persistants (plusieurs années voir dizaines d'années). Une partie du stock peut disparaître par dénitrification dans les zones humides ou les nappes. Associés au phosphore, ils entraînent l'eutrophisation des eaux douces et sont à l'origine de la prolifération d'algues vertes sur le littoral.

La matière organique dissoute devient un enjeu pour la potabilité de l'eau dans certains bassins versants. Les matières organiques d'origine animale apportées au sol en tant que fertilisant sont pour la plus grande part rapidement minéralisées (c'est-à-dire transformées en CO₂) et ne sont donc pas impliquées dans la pollution. Les matières organiques d'origine végétale, présentes naturellement dans le sol, sont vraisemblablement à l'origine de la pollution. Ces matières organiques sont peu mobiles en règle générale, étant fixées sur la phase minérale du sol. Cependant, elles peuvent devenir mobiles lors des épisodes pluvieux, notamment dans les zones humides de fonds de vallée où se trouvent les principaux stocks.

Le phosphore est peu mobile et persistant. Tout apport excédentaire par rapport aux cultures reste dans le sol, où se constitue des stocks. Il est facilement fixé sur les particules de sol et déplacé par l'eau préférentiellement sous forme particulaire. Il détermine l'eutrophisation des eaux douces et participe à l'eutrophisation des eaux littorales, au développement de booms de cyanobactéries et d'algues dans certains estuaires et sur le littoral.

Les métaux lourds ou éléments traces métalliques (ETM) tels que le cuivre (Cu) ou le zinc (Zn), présents dans les effluents d'élevage, sont comme le phosphore, peu mobiles et très persistants : ils s'accumulent dans les sols avec des risques écotoxicologiques pour les organismes du sol et les plantes cultivées. Ils sont aussi très abondants dans le ruissellement urbain.

Les sources de pollution dans les bassins versants agricoles sont forcément diffuses. Le contrôle de telles pollutions est difficile du fait de l'impossibilité d'édicter des mesures réglementaires limitant les importations et/ou les excédents en tout lieu du bassin versant, de limiter des fuites qui sont parfois très faibles au regard des quantités appliquées.

Dans tous les cas, ces nutriments, devenus polluants de part leur quantité élevée, sont des éléments associés à l'eau même si les mécanismes régissant leurs transferts et leurs stocks dans l'environnement sont très différents. Les sections suivantes vont décrire, polluant par polluant, les formes, sources et stocks de ces différentes substances ainsi que la forme prépondérante sous laquelle elles circulent dans un bassin versant.

¹ Dans les sols, la mobilité d'une substance est mesurée par le K_d , souvent exprimé en valeur relative / MO par le K_{oc} , qui représente le coefficient de distribution de cette substance entre l'eau et le sol rapporté à la teneur en matière organique du sol considéré.