

Les fonctions associées aux zones humides

Des fonctions assurant la protection de la ressource en eau (eau potable et équilibre écologique des cours d'eau)

A- hydrologiques : qui permettent la régulation des ressources en eau (étalement des crues l'hiver, soutien d'étiage l'été)

- stockage latéral de l'eau des versants,
- stockage longitudinal de l'eau du cours d'eau
- transfert des flux de surface (ruissellement, exfiltration) et des flux de nappe (nappe du versant et nappe profonde)

B- d'épuration de polluants

- épuration des nitrates par dénitrification (transfert à travers le sol de la zone humide vers la rivière)
- épuration des nitrates par absorption par les végétaux (transfert à travers le sol de la zone humide vers la rivière)
- rétention et dégradation des produits phytosanitaires et des métaux lourds dans le sol (sédimentation en surface principalement)

C- de protection (lorsque les pratiques sont adaptées)

- protection de la berge
- de dilution des polluants par effet de bilan
- zone possible de sédimentation des eaux de ruissellement et de dépôt de polluants (transfert de surface de la zone humide vers la rivière)

Des fonctions environnementales autres que qualité de l'eau

- réserves de biodiversité (faune, flore)

Des fonctions assurant une production économique

- production de bois d'œuvre (zone humide plantée)
- production de litière (valeur fourragère médiocre)
- zone de pâturage extensif

Des fonctions contribuant à l'amélioration du cadre de vie

- diversité biologique (intérêt patrimonial, espèces rares, faune et flore)
- hétérogénéité du paysage
- réserve de gibier de chasse
- production de roseaux
- frayères à poissons (ex. brochet)

Remarques générales :

- Contrairement aux bordures de champ qui sont des structures linéaires de faible superficie par rapport aux parcelles environnantes, les zones humides occupent tout ou partie des parcelles agricoles et représentent donc des surfaces et des longueurs de contact avec le versant importantes.
- La difficulté d'attribuer des fonctions à une zone humide réside dans la prise en compte de l'hétérogénéité de l'engorgement en eau. Les différentes fonctions et processus décrits plus loin ne pourront donc - dans la plupart des cas - s'appliquer qu'à une sous-partie de la zone humide.
- Dans les zones humides non cultivées, la gamme de végétation présente offre déjà des indices intéressants pour discriminer telle ou telle fonction.

A- Fonctions hydrologiques : stockage latéral et longitudinal de l'eau et transfert

1- Principe (Figure 5)

- Les zones humides (de bas fond) sont caractérisées par la présence d'une nappe à faible profondeur, peu fluctuante et observée de façon saisonnière généralement de décembre à mars pour une année climatique moyenne.
- Elles sont situées dans des zones plates et basses topographiquement et récoltent les flux d'eau qui convergent vers elles dont les quantités varient selon :
 - la taille du bassin versant d'alimentation,
 - le cumul de pluies à une date donnée.
- Ces milieux sont des zones de stockage notamment en période de recharge de la nappe (début de saison pluvieuse) mais leur capacité de stockage est faible du fait de la présence d'horizons peu perméables à faible profondeur. Elles assurent donc aussi une fonction de transfert dans le versant soit à l'échelle de la crue pour les écoulements rapides tels que ruissellement, exfiltration ou écoulement superficiel de la nappe de versant, soit à une échelle intra-annuelle, pour les écoulements plus lents comme ceux de la nappe profonde.

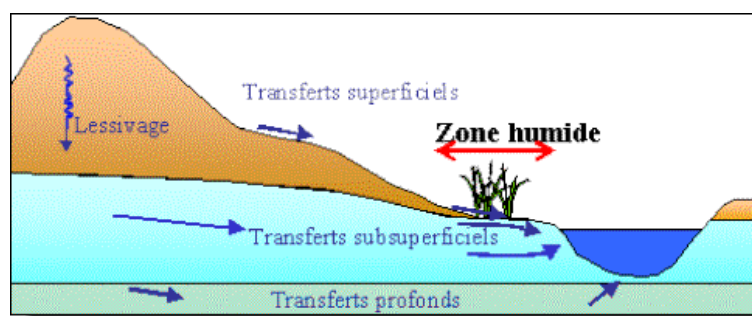


Figure 5 : Les différents réservoirs d'alimentation des zones humides.

- Selon la contribution relative de ces différents écoulements, la zone humide contrôle plus ou moins les flux d'eau et de polluants qui y transite. Il faut noter que la période de recharge de nappe correspond aussi au risque maximum de lessivage de nitrate. En crue, les volumes transitant dans la zone humide dépendront de la

porosité du sol et de sa conductivité hydraulique. Hors crue ce sont les temps de résidence de l'eau dans la zone humide qui permettront la régulation des flux polluants.

• Selon l'ordre de Strahler du bassin versant, l'interaction cours d'eau-zone humide (lorsqu'ils sont connectés) est différente. Au delà de l'ordre 3, c'est l'écoulement dans la rivière qui va en grande partie contrôler le fonctionnement de la zone humide (figure 6). Les petits cours d'eau (ordre 1 à 3) influencent peu la zone humide.

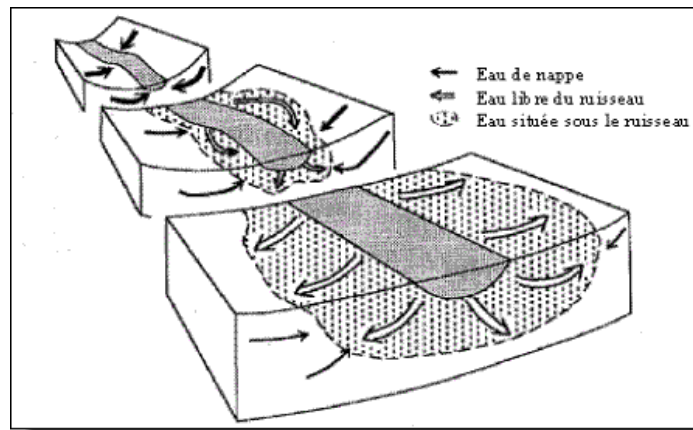


Figure 6 : Représentation schématique de la zone d'interaction entre le cours d'eau et la zone humide selon l'ordre du bassin versant. Extrait de Hill (1997).

2- Résultats

Remarque préalable :

- Le fonctionnement hydrologique des zones humides en Bretagne a été analysé soit en étudiant différentes zones humides de bas fonds, soit en modélisant sur l'ensemble d'un bassin versant l'extension de la zone saturée en surface au cours de l'année, selon une pluviométrie moyennée.
- Deux aspects ont été particulièrement abordés : 1- la compréhension des mécanismes hydrologiques au sein de la zone humide qui permet d'évaluer ses potentialités de dénitrification, 2- la problématique de la délimitation de ces milieux.
- Seules les zones humides en bordure des cours d'eau (ripariennes) ont été étudiées.
- Ceci ne signifie pas que les résultats qui seront présentés ici ne sont pas applicables aux deux autres types de zones humides que nous avons identifiés (de résurgence et de source) mais avec certaines précautions.

• Etudes de cas locales : zones humides à proximité des cours d'eau

Caractériser l'origine des flux d'eau entrant dans les zones humides, leurs volumes et leurs variations au cours des saisons a permis de mettre en évidence :

- **la participation de quatre réservoirs principaux à l'alimentation de la zone humide**, comme l'illustre schématiquement la figure 7.

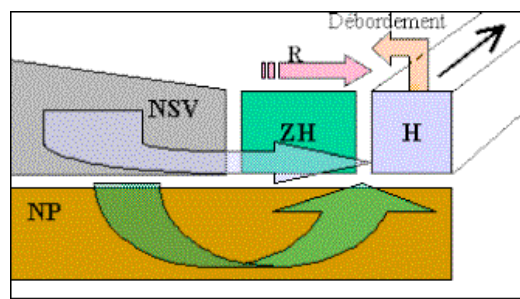


Figure 7 : Schématisation des 4 réservoirs alimentant la zone humide en bordure de cours d'eau (ZH) : ruissellement (eau de pluie) (R), nappe superficielle de versant (NSV), nappe profonde (NP), réseau hydrographique (H). Extrait de Durand et al., 2000.

Remarque : Les autres types de zones humides ne sont pas alimentés par le réseau hydrographique. Cette figure illustre donc l'évolution de la zone saturée au cours du temps pour les zones humides de bas fonds les plus étudiées.

- l'influence locale d'aménagements anciens

Des études précises sur une zone humide dont le cours d'eau attenante a été déplacé et recalibré montrent aussi que l'ancien lit d'un ruisseau recalibré joue le rôle de récupérateur des flux hydriques (sorte de drain). Ce bras mort reste en effet le point topographique le plus bas vers lequel convergent les flux. Ceci montre l'importance des aménagements passés dans la zone humide qui influencent encore son fonctionnement présent.

- **les volumes d'eau qui transitent par la zone humide varient au cours de l'année et dépendent du niveau d'hygrométrie général du bassin versant.**

Une étude réalisée sur Pleine Fougères (figure 8) montre que :

- La contribution de la nappe profonde est relativement stable au cours du temps et représente environ 37 % du flux total annuel.
- Une partie de l'eau provenant de la nappe superficielle de versant ne passe pas par le sol de la zone humide (déjà inondée) au printemps. Dans cette étude, cela représenterait de 0 à 44 % du flux selon la saison.
- La zone humide alimente la rivière surtout à l'automne, au moment de la recharge de la nappe profonde, sa contribution au flux total pouvant alors atteindre 85 %.

Au final, on peut donc grossièrement différencier deux périodes :

- **la période des hautes eaux** (mois d'octobre-novembre à juin) période pendant laquelle la rivière est essentiellement alimentée par la nappe de versant (0-4 m), et un peu par la nappe profonde.
- **la saison sèche** (juillet à septembre) : la rivière est alors alimentée par la nappe profonde essentiellement (> 4 m), et très peu par la nappe de versant.

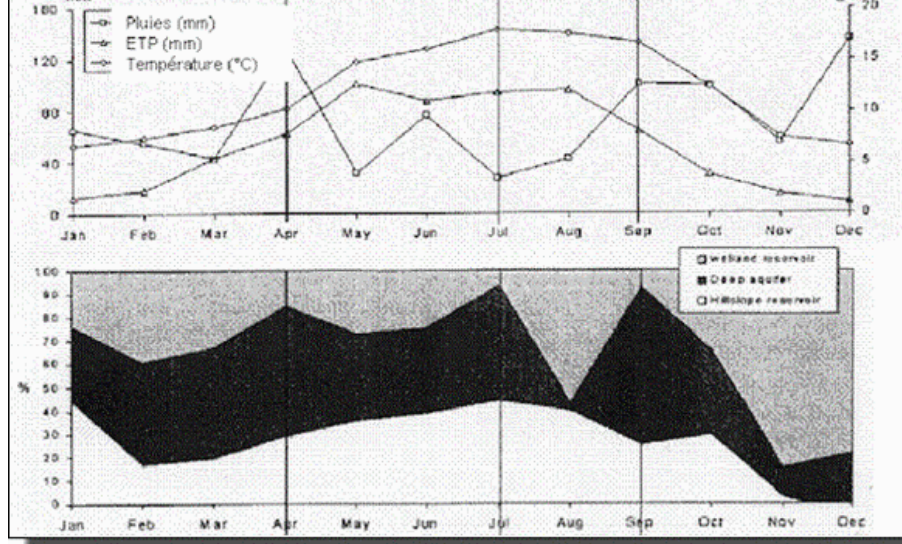


Figure 8 : a- Contribution respective des trois réservoirs alimentant la rivière à proximité d'une zone humide (Pleine Fougères, 35). Les flux sont exprimés en proportion du débit de la rivière et ont été calculés sur une base mensuelle. Deep aquifer : nappe profonde ; wetland reservoir : zone humide ; hillslope reservoir : nappe superficielle du versant. b- Evolution pour la même période des précipitations, évapotranspiration et température. Extrait de Clément, 2001.

La délimitation précise de ces deux périodes dépend chaque année de la date de reprise des pluies. Plus celle-ci est tôt dans l'année (début de l'automne), plus la contribution de la nappe superficielle sera précoce. A l'opposé, si la reprise des pluies est tardive, la contribution de la nappe profonde sera étalée sur une plus grande période.

• **Modélisation du fonctionnement hydrologique des zones humides**

La modélisation permet de localiser les zones humides et leur extension dans le temps par une approche automatique. La méthode utilisée actuellement est basée sur un indice topographique qui est calculé à partir de la topographie du bassin versant et la pluviométrie ce qui permet de localiser une partie des surfaces en zone humide (figure 9).

C'est une méthode encore à améliorer mais qui devrait permettre prochainement de localiser plus facilement les zones humides sur de grands territoires. En l'état actuel de son développement, elle demande cependant la maîtrise des outils de modélisation.

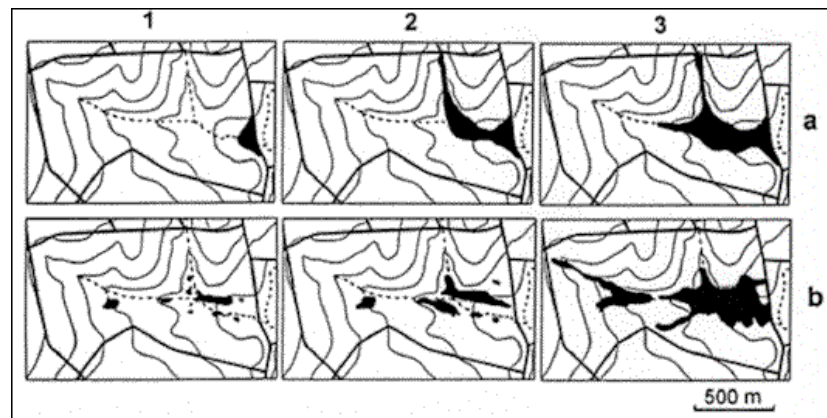


Figure 9 : Localisation des zones saturées de bas fond (type a, figure 45) à trois dates (1 2 3) et pour trois états hydriques différents sur le bassin de Kervidy Naizin. a- par simulation via un modèle hydrologique basé sur la topographie, b- par des observations de terrain

3- Récapitulatif des processus hydrologiques associés aux zones humides

Tableau 3 : Les processus élémentaires hydrologiques associés à la zone humide.

Processus élémentaire	Origine du processus	Période d'observation
Stockage latéral d'eau venant du versant	Continuité hydrologique avec le versant	début de période des pluies
Transfert d'eau vers l'aval ou le ruisseau	Capacité de stockage de la zone humide dépassée	- hors pluie lorsque cumul des pluies a été suffisant, - pendant la pluie
Stockage longitudinal :	Eau des crues	Période de crue (hiver)

B- Fonction d'épuration des polluants

1- Epuration des nitrates par dénitrification hétérotrophe (transfert à travers le sol de la zone humide vers la rivière)

a- Principe

L'eau qui alimente la zone humide provient des versants et de la nappe profonde, deux réservoirs qui sont chargés en nitrate du fait de la relative faible profondeur de la nappe en Bretagne (massif ancien sur socle) et de l'intensification de l'agriculture en Bretagne. Les zones humides sont des espaces où l'eau réside un certain temps à faible profondeur ce qui permet la mise en place de conditions physico-chimiques particulières favorables à la dénitrification.

Les conditions à remplir pour qu'elle se produise sont (selon leur ordre d'importance):

- la richesse en nitrate du milieu,
- la présence de matière organique facilement dégradable,
- l'absence d'oxygène (elle est acquise après une saturation en eau peu renouvelée d'environ 5 jours),
- le développement de microorganismes spécifiques à la dénitrification,
- une température > 4°C,
- un pH plutôt acide.

Ces conditions dépendent de facteurs liés au milieu et de la saison mais aussi des conditions micro-locales ce qui rend leur quantification difficile (forte variabilité dans l'espace). La figure 10 illustre les gammes où les paramètres du milieu sont favorables.

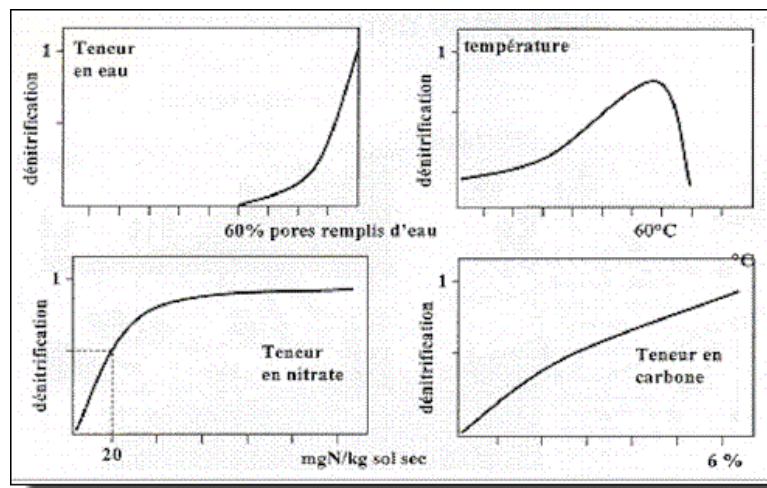


Figure 10 : Conditions favorables à la dénitrification

b- Résultats

Remarques préalables :

- Les dynamiques d'épuration en nitrate dans les zones humides ont été étudiées sur plusieurs sites bretons présentant des fonctionnements hydrologiques hétérogènes, et avec des méthodes et des objectifs différents ce qui :
 - rend parfois difficile les comparaisons,
 - permet cependant de mettre en évidence quelques grands principes pour délimiter les zones potentiellement dénitrifiantes, sachant que la variabilité intra et inter zones humides reste importante et qu'aujourd'hui seules des études poussées permettent de réellement quantifier les flux qui peuvent être épurés.
- Il est également établi qu'il existe des zones humides où la fonction de dénitrification ne peut pas se produire car ce sont des milieux pauvres en nitrate (ou milieux oligotrophes) tels que les prés maigres, les landes. Leur conservation est alors plutôt à relier à leur forte valeur patrimoniale.
- Enfin, il existe un autre type de dénitrification (dit autotrophe, à opposer à la dénitrification hétérotrophe présentée ici) qui se produit dans certaines roches mères fissurées où la pyrite, composante minérale de la roche, permet le processus de dénitrification dans la nappe profonde. Cette nappe lorsqu'elle alimente la zone humide peut alors être très pauvre en nitrate et assurer une dilution de la pollution azotée. Si ces mécanismes existent, ils ne sont pas aujourd'hui quantifiés.

Sur les zones humides où la dénitrification peut a priori se produire, les résultats acquis mettent en évidence :

- **une très forte hétérogénéité spatiale** de la dénitrification (figure 11).

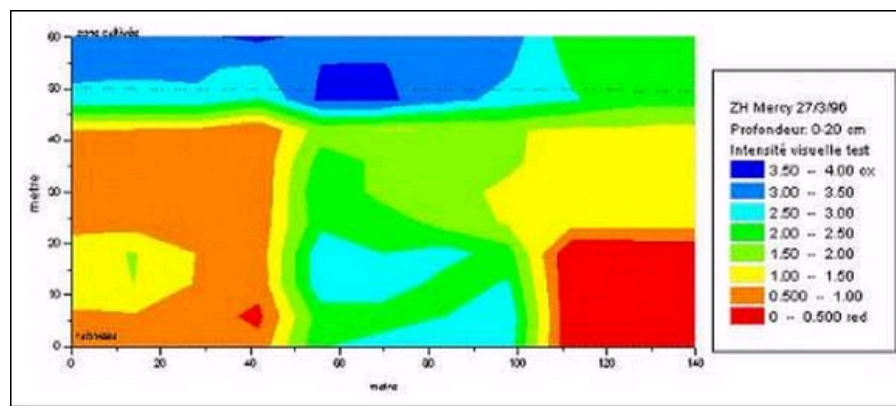


Figure 11 : Cartographie de l'état rédox (que l'on peut assimiler à l'absence d'oxygène) de l'horizon 0-20 cm du sol de la zone humide du Mercy (Bidols, 1999)

Cette hétérogénéité est le résultat de vitesses d'écoulement différentes au sein d'une zone humide qui entraîne des conditions d'oxygénation (ou de potentiel d'oxydoréduction) du sol variées, propices ou non à la dénitrification. L'abattement de la teneur en nitrate peut ainsi varier de 5 à 100 % en fonction de la période de mesure et peut être faible sur l'ensemble de la zone humide (figure 12).

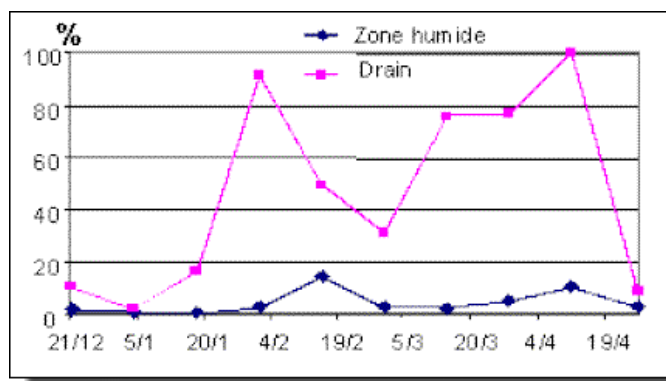


Figure 12 : Abatement en nitrates en fonction du temps par rapport à l'entrée de la zone humide sur l'ensemble de la zone humide et en un pont (Drain). Zone humide de la Rousselière (Merot, communication personnelle).

- une localisation de l'abattement des flux dans les premiers mètres de la zone humide, ce qui montre le rôle prépondérant de l'interface versant - zone humide. Ainsi, la teneur en nitrate peut passer de 60 mg/l à l'entrée de la zone humide à 6 mg/l en quelques mètres (figure 13).

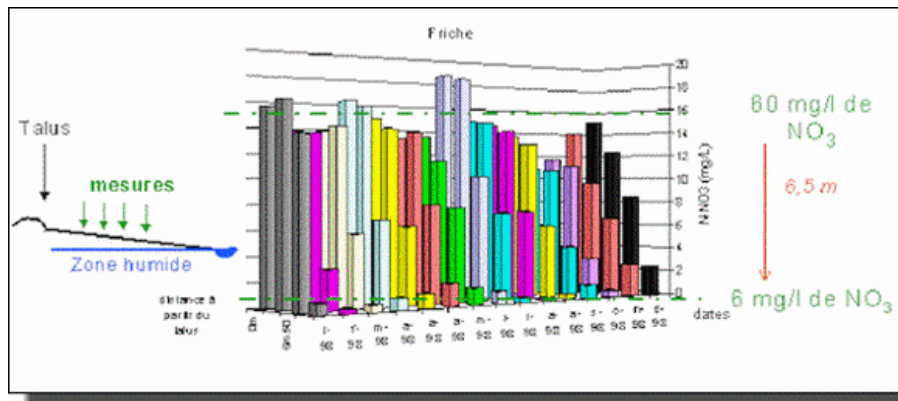


Figure 13 : Décroissance des teneurs en nitrates de la périphérie vers le centre de la zone humide (et en surface)(Pleine Fougères, Clément, 2000).

- une diminution de la capacité de dénitrification avec la profondeur, à relier à la teneur en matière organique du sol.

En surface, la richesse du sol en matière organique (2 à 12 % selon les sites) permet le développement des bactéries et une dénitrification estimée deux fois plus importante qu'en profondeur quelque soit le couvert végétal présent (prairie, friche, forêt). En profondeur, les horizons sont pauvres en matière organique, la dénitrification est faible ou localisée dans des spots de dénitrification liés à des conditions micro-locales très favorables (Clément, 2001).

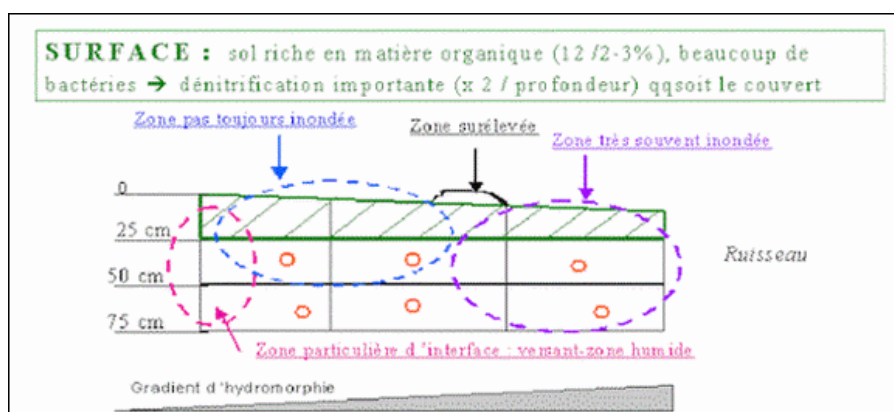
- une zonation de la zone humide en termes d'efficacité de dénitrification (figure 14)

- la zone particulière d'interface entre le versant et la zone humide : elle est riche en nitrates et matière organique (beaucoup d'intrants), la saturation est fréquente ce qui permet aux bactéries spécifiques de se développer. On l'a vu, c'est la zone active où se produit la majorité de l'épuration.

- la zone pas toujours inondée (elle englobe la première mais est moins favorable), elle n'est pas toujours inondée mais toujours humide (par remontée capillaire), ce qui favorise la minéralisation de la matière organique. Il s'y produit une alternance de conditions aérobies- non aérobies qui favorise la production de bactéries. La production d'ammonium et de nitrate est importante mais les réactions de dénitrification peuvent être incomplètes ce qui peut favoriser la production de gaz à effet de serre. Le facteur limitant est l'aérobie à certains moments (inondations pas assez fréquentes)

- la zone très souvent inondée (la plus basse topographiquement) : la matière organique s'y transforme en ammonium (NH_4^+), souvent en faibles quantités, mais pas en nitrate. Le facteur limitant est le manque de nitrate s'il n'y a pas d'apport du versant.

- la zone pas souvent inondée (surélevée): la décomposition de la matière organique est rapide mais se produit en faibles quantités. Elle est peu utilisée pour la dénitrification car la saturation en eau (et l'anaérobie) n'est pas durable.



PROFONDEUR : peu de matière organique, pas d'impact des saisons +
dénitrification faible + spots de dénitrification liés aux conditions micro-
locales

Figure 14 : Schéma récapitulatif des zonations verticale et transversale que l'on peut identifier dans une zone humide par rapport à la fonction de dénitrification. Adapté de Regimbeau, 1999 et Clément, 2001).

- un test de caractérisation des conditions redox d'un sol pour connaître les potentialités dénitrifiantes d'une zone.

Le cycle de l'azote et notamment la dénitrification étant fortement influencé par les conditions d'oxydoréduction du sol, un test simple a été mis au point pour délimiter les zones potentiellement dénitrifiantes (Bidois, 1999).

Ce test applicable sur un échantillon de sol est un indicateur coloré qui permet de révéler les zones oxydées où sont présents des nitrates et des zones très réduites sans nitrates. Sa calibration définitive devrait bientôt être achevée (étude prévue en 2004-2005).

B- Fonction d'épuration des polluants

2- Epuration des nitrates par absorption par les végétaux

a- Principe

Les végétaux pendant leur période de croissance prélèvent de l'azote sous forme de nitrate et d'ammonium dans les premiers horizons et le stockent dans les feuilles, tiges et racines. Une partie est restituée via les débris végétaux, la chute des feuilles ou les exsudats racinaires, une autre partie est conservée via le phénomène de translocation qui permet de faire migrer l'azote assimilé vers les racines ce qui permettra la reprise de croissance au printemps suivant (figure 15).

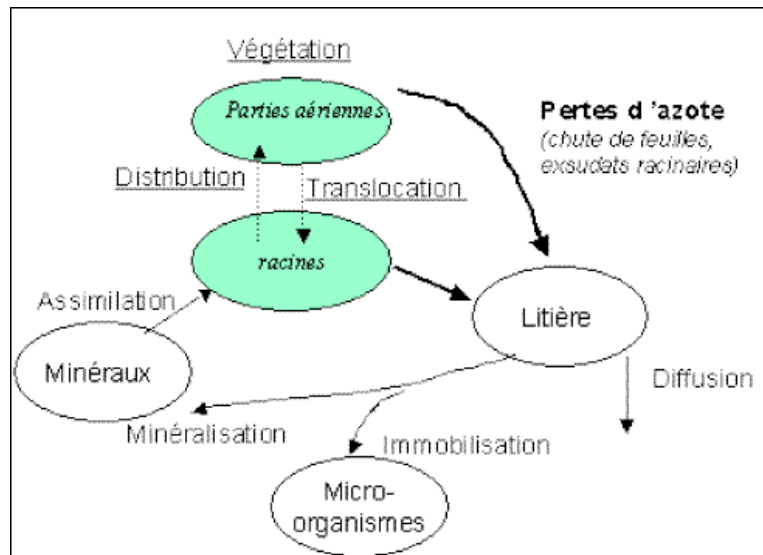


Figure 15 : Principaux processus de transformation de l'azote entre le couvert végétal de la zone humide et le sol. La décomposition est la combinaison de la diffusion, l'immobilisation par les micro-organismes et la minéralisation.

Le stockage d'azote est donc temporaire sauf si la végétation est exportée (par fauche, coupe de bois etc ...). Quelques chiffres permettent de quantifier les différents compartiments de stockage.

b- Résultats

Remarques préalables :

L'objectif ici n'est pas d'entrer dans le détail des mécanismes de physiologie végétale mais plutôt d'apporter des clés de compréhension de l'impact du type de végétation et de son mode d'entretien sur la rétention de l'azote et donc la pollution azotée.

L'estimation de la production de biomasse par différents types de couverts permet d'estimer les prélèvements par la végétation. Ces résultats sont issus de l'étude d'une zone humide à Pleine Fougères (figure 16) qui présente trois types de végétation : une friche, une prairie et une forêt d'arbres en croissance.

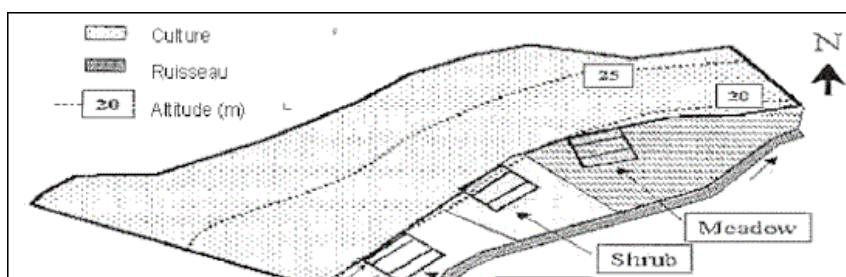




Figure 16 : Le site de Pleine Fougères (35). Z I, II, III délimitent la zonation amont- aval du site. Extrait de Clément, 2001.

Pour les trois types de zones, les différents processus intervenant dans la rétention de l'azote ont été quantifiés pour la strate herbacée, les arbres et les arbustes (Tableau 4) puis la production de la strate herbacée a été évaluée (figure 17).

Tableau 4 : Taux moyens annuels des différents processus jouant un rôle dans la rétention de l'azote sur les 3 sites d'étude.

Production primaire annuelle (kg/m ²)	Friche	Forêt	Prairie
Moyenne	1.94	0.5	0.6
Zone III	3.7	0.7	0.6
Zone II	0.7	0.45	0.6
Zone I	1.4	0.44	0.64
Assimilation d'azote annuelle	Friche	Forêt	Prairie
Moyenne (g N/ m ²) et (max)	25.2 (48)	9.0 (9.0)	9.5 (9.5)
% de N restitué au sol (litière) (g/m ²)	82 (20.4)	66 (6.3)	41 (3.9)
% de N conservé par la plante	18	33	59
Translocation annuelle	Friche	Forêt	Prairie
Moyenne (g N/ m ²)	4.6	3.0	5.8
Immobilisation	Friche	Forêt	Prairie
Moyenne (g N/ m ²)	9.6	0.6	0.8
Diffusion	Friche	Forêt	Prairie
Moyenne (g N/ m ²)	6.23	0.26	0.08
Minéralisation	Friche	Forêt	Prairie
Moyenne (g N/ m ²)	6.15	0.65	1.37

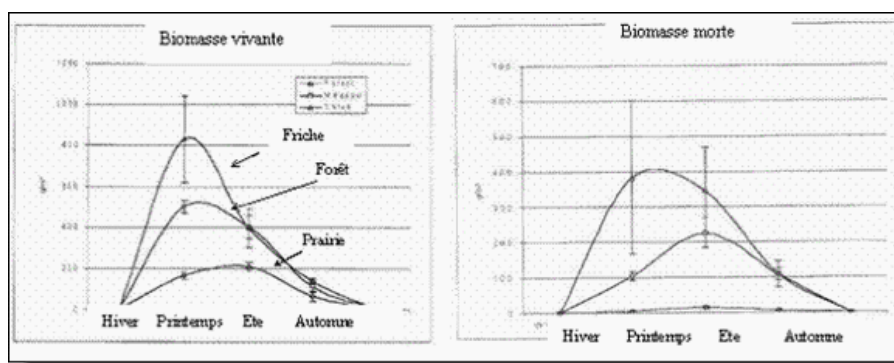


Figure 17 : Evolution de la biomasse vivante (a) et morte (b) de la strate herbacée sur les trois sites d'étude au cours de l'année. Moyenne des trois zones de chaque site et erreur standard.

Les résultats montrent que :

- la friche se démarque des autres milieux car sa strate herbacée présente la plus forte biomasse tant vivante que morte et sa production primaire est la plus importante, notamment à l'interface avec le versant où la production est plus importante encore, vraisemblablement liée à la richesse en nitrate de cette zone.

- La présence d'un couvert végétal quel qu'il soit permet de stocker l'azote assimilé au printemps pendant plusieurs mois. Les quantités absorbées sont importantes pour la friche qui est un milieu très productif (252 kg N/ha/an en moyenne) et équivalentes pour la forêt en croissance (dans le cas étudié ici) et la prairie (97 et 91 respectivement).

- Les quantités d'azote restituées au sol (débris végétaux, chute de feuilles) sont différentes pour les 3 couverts, la friche restituant les plus fortes quantités, puis la forêt puis la prairie. Entre 75 à 90 % de la biomasse annuelle produite retourne ainsi au sol sous forme de litière, soit 41 à 82 % de l'azote assimilé. La translocation plus importante dans la prairie comparée aux deux autres couverts influence cette restitution au sol.

- La vitesse de libération de l'azote contenu dans la litière dépend ensuite du processus de décomposition, plus ou moins rapide selon les couverts : une petite partie est très vite minéralisée et diffusée dans le milieu, une autre stockée par les micro-organismes et une autre minéralisée. Cela représente globalement 100 à 150 jours de stockage supplémentaire avant qu'une partie ne devienne mobilisable -car soluble- par l'eau. En résumé, l'azote prélevé est plus rapidement remis en circulation dans la friche et la prairie et reste plus longtemps dans la forêt. Environ 17 % de l'azote de la prairie est libéré la 1ère année, 14 % pour la friche et 5 % pour la forêt.

3- Rétention et dégradation des métaux lourds et des produits phytosanitaires dans le sol (transfert à travers le sol de la zone humide vers la rivière)

Remarques préalables :

- Le devenir des métaux lourds dans les zones humides a été peu étudié en Bretagne si ce n'est via l'étude du devenir du cuivre et du zinc le long d'un transect culture- zone humide.
- Quant aux produits phytosanitaires, l'analyse en laboratoire des transformations de certains produits phytosanitaires a été réalisée dans des sols des zones humides.

a- Principe pour les métaux lourds

Le cuivre et le zinc sont des compléments alimentaires donné au bétail qui sont très peu retenus au niveau de l'animal (80-95 % rejetés dans les déjections) et qui finalement se retrouvent dans les sols et s'accumulent.

b- Résultats

• Etude du devenir du cuivre et du zinc le long d'un transect culture-zone humide.

Cette étude réalisée a permis de mettre en évidence une succession de processus. Lors de la période de reprise des pluies (qui se traduit par des transferts d'eau superficiel), les deux métaux lourds étudiés migrent du versant labouré vers la zone humide où ils sont temporairement piégés. Puis lorsque la surface saturée en eau diminue, les horizons du sol s'oxygènent ce qui fait précipiter les métaux lourds sous forme d'oxydes en interaction avec le cycle du fer. Les teneurs en métaux sont alors deux fois plus fortes dans la zone humide par rapport à celle cultivée.

En revanche, lors de la période de hautes eaux suivantes, le processus de réduction peut conduire à une libération des métaux qui peuvent repasser en solution et migrer de nouveau notamment vers la rivière (figure 18).

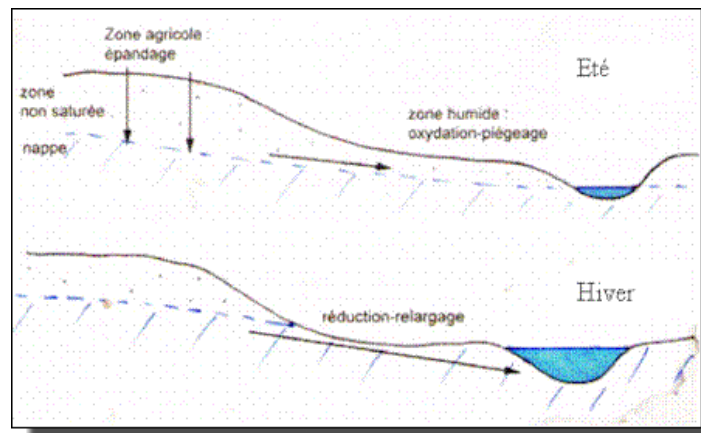


Figure 18 : Devenir des métaux lourds sur un versant en fonction de l'alternance oxydation réduction des sols.

Si les mécanismes sont connus, ils sont en revanche complexes. Il est cependant certain que les zones humides jouent un rôle de piège saisonnier pour les métaux lourds mais ce rôle peut être donc temporaire ou permanent selon les caractéristiques de la zone étudiée.

• Etude du devenir des produits phytosanitaires dans la zone humide

Le suivi a été réalisé en laboratoire par marquage radioactif. Du fait de la diversité des molécules de produits phytosanitaires utilisée en agriculture (rétention et persistance variable) et du peu d'études réalisées, ces résultats sont encore partiels (sol calcaire).

4- Récapitulatif sur les processus de transformation et d'épuration de polluants associés aux zones humides

L'efficacité des zones humides pour améliorer la qualité de l'eau dépend du chemin pris par l'eau, des flux qui transitent dans la zone et d'une combinaison de facteurs locaux ce qui rend souvent difficile la quantification de ces processus.

Tableau 5: Les processus élémentaires associés à l'azote et aux produits phytosanitaires dans la zone humide.

Processus élémentaire	Origine du processus	Période d'observation
AZOTE :		
Stockage de matière organique	Apports du versant,	Eté- automne
recyclage (décomposition de la matière organique)		Pic d'activité printemps - été- automne
dénitrification	Production de biomasse par les végétaux	Saturation en eau durable du sol
absorption par les végétaux		Printemps- été- automne
dilution	Apport d'eau de nappe profonde dénitrifiée	Eté
dilution par effet de bilan	Zone non fertilisée	Toute l'année
PRODUITS PHYTO SANITAIRES :		
Apports dans la zone humide	Ruissellement (apports du versant) et sédimentation	Saturation des sols, pluies de forte intensité
	Transfert du versant	Reprise des pluies à l'automne
rétention	Propriétés intrinsèques de la molécule (Koc)	Durée de contact suffisante (selon produits)
dégradation		Printemps - été
MÉTAUX LOURDS :		
Précipitation sous forme d'oxydes (piégeage)	Oxygénation des horizons de sol (baisse de la nappe)	Printemps - été
Remise en solution	Réduction (anaérobie)	Saturation en eau (automne - hiver)