



# **Le phytomanagement, protection et dépollution des eaux et des sols : un état des connaissances et des pratiques en France**

François Charnet

## **► To cite this version:**

François Charnet. Le phytomanagement, protection et dépollution des eaux et des sols : un état des connaissances et des pratiques en France. *Revue forestière française*, 2009, 61 (5), pp.467-476. <10.4267/2042/31524>. <hal-03449763>

**HAL Id: hal-03449763**

**<https://hal.science/hal-03449763v1>**

Submitted on 25 Nov 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# **LE PHYTOMANAGEMENT, PROTECTION ET DÉPOLLUTION DES EAUX ET DES SOLS : UN ÉTAT DES CONNAISSANCES ET DES PRATIQUES EN FRANCE**

---

**FRANÇOIS CHARNET**

---

## **QU'EST-CE QUE LE PHYTOMANAGEMENT ?**

Phytomanagement : ce terme peu usité et encore non fixé par l'usage recouvre un ensemble de techniques de génie écologique utilisant les végétaux. On peut y distinguer deux sous-ensembles selon la nature des sites et le but recherché, en ayant à l'esprit que cette division du sujet, s'appliquant à des techniques encore récentes, comporte une part de convention comme l'atteste l'existence de recoupements.

Le premier regroupe la protection et la restauration des écosystèmes à l'égard des pollutions diffuses. Le second concerne des sites et sols pollués d'origine souvent industrielle, et recouvre le concept de phytoremédiation pris dans une acception étroite, sachant que certains auteurs l'utilisent aussi pour désigner le premier cas.

## **Rôle de la forêt dans la protection des eaux**

La forêt, en tant que mode cultural à faibles intrants et à faibles sorties du cycle biogéochimique, assure spontanément la préservation des eaux souterraines formées par infiltration efficace.

Seules les ouvertures du cycle (chablis, coupes rases ou définitives) peuvent augmenter pendant quelque temps (jusqu'à 3 à 5 ans dans le cas de chablis massifs) les transferts de nitrates après minéralisation de la matière organique.

Cette fonction peut être exploitée pour protéger la ressource en eau souterraine et assurer jusqu'à un certain point la sécurité des captages d'eau potable en appliquant de bonnes pratiques sylvicoles à l'intérieur du périmètre de protection rapproché.

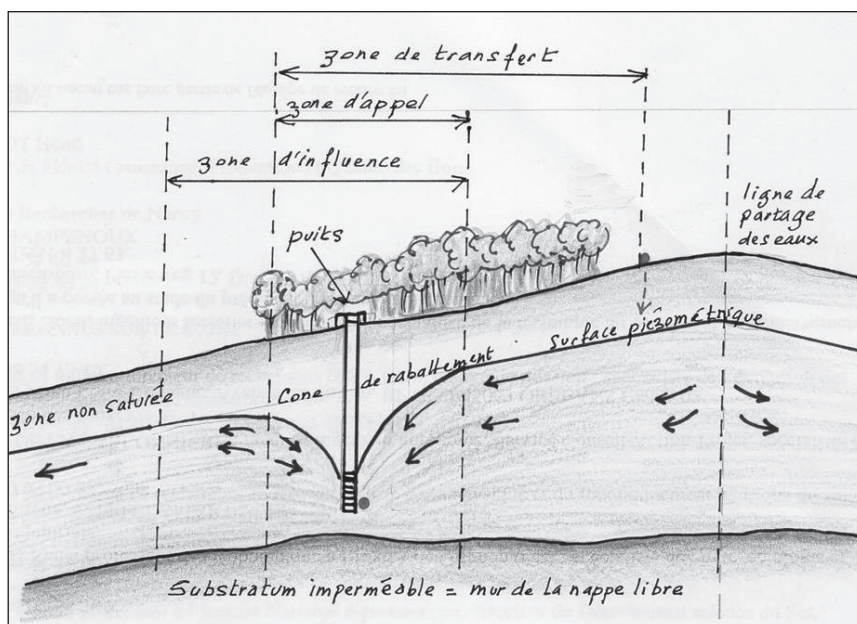
Cette fonction s'explique par les faibles fuites d'azote dans le cycle biogéochimique d'un écosystème forestier, tant que le cycle reste fermé, et tant que la mobilisation biologique des nitrates par les racines en profondeur, associée à la restriction des précipitations efficaces (par le jeu naturel de l'interception et d'une forte évapotranspiration réelle), limite les transferts vers la nappe libre. Toute ouverture du cycle activant la minéralisation et augmentant le drainage profond après des éclaircies fortes ou des coupes rases réduit ou annihile cet effet protecteur, qui est désigné parfois comme une variante de phytoremédiation sous l'appellation de "contrôle hydraulique".

Sur les règles ou bonnes pratiques sylvicoles à prescrire dans les périmètres forestiers rapprochés des captages d'alimentation en eau potable (AEP), les références sont peu nombreuses et

récentes ; elles sont élaborées de façon disparate avec une part d'empirisme. Des démarches de rapprochement entre hydrogéologues agréés et forestiers sont en cours pour y remédier. Le plus important est de limiter les perturbations du sol (travaux de desserte, d'exploitation) et les coupes rases sur de grandes surfaces, en instaurant par exemple des coupes en bandes. En région de montagne, la monoculture des résineux peut aussi avoir des impacts néfastes sur la stabilité des berges de rivière, renforcer l'acidification des eaux avec un risque de toxicité aluminique.

Les exemples nord-américains des *Best Management Practices in Forestry* et de la *Forestry Commission* au Royaume-Uni montrent que, malgré l'absence de références scientifiques sur certains points, il est possible d'élaborer un système cohérent de conseils basé sur l'expérience et le bon sens.

**FIGURE 1** UNE SYLVICULTURE RAISONNÉE RENFORCE LA FONCTION DE PROTECTION DES PÉRIMÈTRES DE CAPTAGE EN EAU POTABLE



### Rôle de la forêt linéaire dans la lutte contre les pollutions diffuses d'origine agricole

La forêt linéaire dans les paysages de bocage, à quoi on peut joindre les bois de petite surface des régions de gâtine, assure une fonction différente, du fait de son exposition renforcée aux pollutions diffuses d'origine agricole. Si le cloisonnement de l'espace, accru dans les systèmes bocagers avec talus, limite les effets de l'érosion dans les secteurs de pente, restreignant la pollution des rivières par les matières en suspension et les molécules phytosanitaires, la fonction épuratrice à l'égard des nitrates dépend plus des conditions hydrogéologiques locales (profondeur de la nappe libre) et de la configuration de la trame bocagère. Les études menées par l'IDF dans des bassins versants et des sites expérimentaux de Bretagne et de Vendée (Charnet, 2007) montrent que cette efficacité, dépendante de la position dans le bassin versant — notamment la distance au talweg —, est déjà limitée par la durée d'accès des racines à la nappe, et qu'en bout de chaîne elle ne peut dépasser les taux d'immobilisation annuelle en azote par les arbres, associés au cycle biogéochimique, qui plafonnent à quelques dizaines de kg par ha et par an.

De fait, l'effet de la végétation arborée s'apparente plus à celui d'une culture intercalaire (effet CIPAN, pour cultures intercalaires pièges à nitrates), en évitant les transferts massifs vers la nappe aux saisons charnières, qu'à celui d'un système d'épuration proprement dit, qui est plus sûrement assuré par des phénomènes édaphiques comme la dénitrification. Le gestionnaire peut toutefois augmenter ces prélèvements en intensifiant la production (rotations rapprochées), par exemple en intégrant ces récoltes dans un plan de production de biomasse ligneuse (plaquettes, compostage, etc.), pouvant satisfaire ainsi une partie des besoins énergétiques d'une exploitation.

Des exemples de protection rapprochée de la ressource par haies ou bandes boisées sont d'ores et déjà disponibles, en Vendée (recréation de haies de ceinture autour des retenues collinaires, réserves de l'AEP), en Bretagne [plantation de chênes en bas de versant, dans le réseau de 13 bassins versants drainés au nord de Rennes, assurant 15 % de l'AEP de l'agglomération (Helle *et al.*, 2008)].

### La ripisylve, biofiltre de protection des eaux libres et des nappes alluviales

Tout ce qui a été dit plus haut reste valable pour les ripisylves (voir détails dans Piégay *et al.*, 2003), qui constituent sans conteste le cas le mieux documenté dans la littérature. La remarquable efficacité épuratoire de ces milieux humides tient moins à la forte évapotranspiration réelle des végétaux et à leur taux de prélèvement en éléments minéraux — élevé mais restant somme toute dans la norme commune — qu'au fort pouvoir fixateur des sols correspondants, lié à leur teneur en argiles, en matière organique, et enfin à leur activité microbienne. Celle-ci se traduit notamment par une intense dénitrification, qui peut faire disparaître jusqu'à 500 kg/ha/an de nitrates, et par une dégradation accélérée des molécules phytosanitaires. Le grand nombre de références sur ces sujets nous dispense d'insister.

### Un écosystème efficace, mais pas miraculeux

On retiendra en substance que l'efficacité des couverts arborés dans la protection de la ressource en eau, comparée à celle des systèmes agraires, tient à la bonne fermeture de leur cycle biogéochimique, laissant passer peu de fuites vers les hydrosystèmes, à un pouvoir fixateur accru laissant le temps aux phénomènes de dégradation bactérienne de produire leurs effets, enfin à un effet de cloisonnement hydraulique des zones humides de talweg à l'égard des écoulements de versant, vecteurs de pollutions diffuses, qui passe par une interception des écoulements de surface ou un rabattement de la nappe libre (Mérot et Caubel dans Charnet, 2004). Il reste que ces bénéfices sont de niveau variable car soumis à de nombreuses conditions. Il serait donc illusoire d'attendre systématiquement des mesures de boisement un effet miraculeux, qui dispenserait de continuer les travaux sur les bonnes pratiques agronomiques.

## LA PHYTOREMÉDIATION

### Qu'est-ce que la phytoremédiation ?

Ce terme lui aussi de création récente (aux États-Unis en 1991) englobe un certain nombre de techniques utilisant les plantes pour lutter contre la pollution de sols et des eaux. Du reste, les techniques les plus communes mettent en jeu des bactéries spécialisées, et celles basées sur les végétaux supérieurs font plus communément appel aujourd'hui aux espèces herbacées — souvent de petite taille comme les tabourets (petites Brassicacées du genre *Thlaspi*) — qu'aux espèces ligneuses. Il existe donc dans ce domaine une marge de progrès — de sélection et d'amélioration génétiques — pour élargir la gamme des arbres utilisables.

Les types de situations et de polluants concernés (tableau I, p. 471) sont très variés. On trouve dans la littérature des références sur les solvants organiques, les explosifs, les hydrocarbures, les produits phytosanitaires, et surtout les métaux lourds. Ceux-ci, appelés aussi éléments traces métalliques (ETM), sont les plus documentés. En revanche, la valorisation des déchets, comme les épandages de produits résiduels, ne relève pas en général de cette thématique, contrairement à une opinion courante.

Globalement, il faut dire que ces techniques prometteuses sont arrivées à un stade de développement et d'opérationnalité inégal, et sont pour la plupart encore au stade de la recherche. Aux États-Unis et au Canada, certaines sont opérationnelles et sont à la base d'une filière et d'un marché évalué récemment à 200 millions de dollars.

Au niveau européen, ce n'est pas encore le cas. Un réseau de chercheurs a été créé en 1998. Une structure pionnière et fédérative comme le pôle de compétence sites et sédiments pollués (et son pendant le Centre national de recherches sur les sites et sédiments pollués), créée à Lille en 1990, a été hélas récemment démantelée. Des laboratoires de l'INRA et de l'université travaillent sur ces sujets.

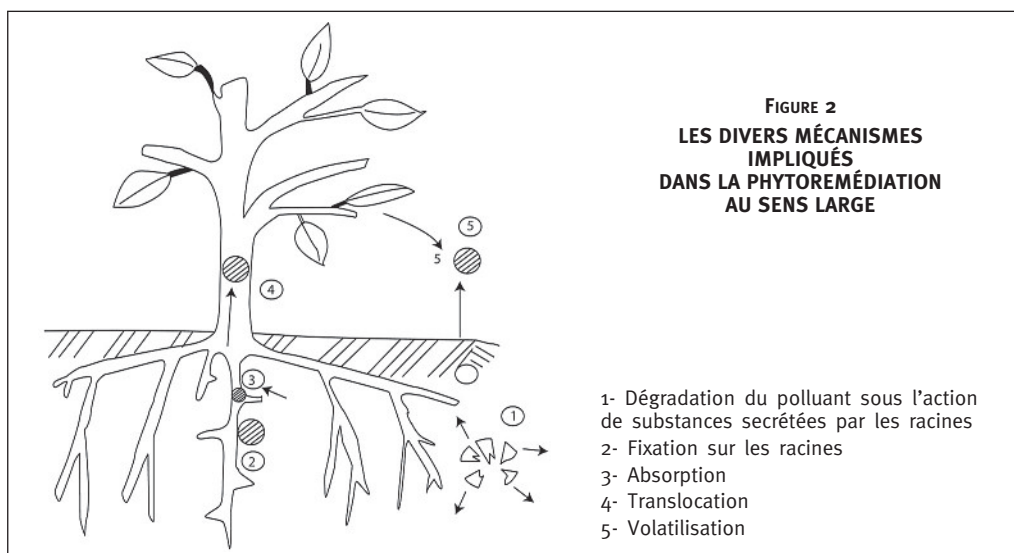
Dans ce tableau mitigé, les ligneux tiennent encore une place modeste, mais quelques prestataires du traitement de l'eau commencent à s'y intéresser, et l'installation de systèmes de taillis à très courtes rotations (TTCR) avec irrigation intégrée figurent au catalogue de sociétés comme Bionis Environnement ou de l'association bretonne AILE, qui figurent parmi les pionniers de l'usage environnemental des cultures ligno-cellulosiques en France.

### **Les variantes de la phytoremédiation (au sens large)**

Le concept de phytoremédiation gagne pour plus de clarté à être divisé en un certain nombre de variantes. Ici, deux grandes familles de techniques s'imposent au classificateur : celles relevant de la phytoextraction — qui ont pour résultat la disparition d'une partie au moins des substances polluantes —, et celles qui relèvent de la phytostabilisation, qui visent un objectif plus modeste en empêchant le transfert du polluant aux couches profondes ou aux nappes. Les spécialistes ont poussé plus loin cette division en un certain nombre de sous-variantes, où sont impliqués des mécanismes variés (figure 2, p. 471) :

- Phytoextraction : concentration dans les parties aériennes, puis exportation (espèces hyper-accumulatrices, surtout herbacées).
- *Phytomining* : variante du précédent, avec revente du métal.
- Phytodégradation : transformation du polluant au niveau racinaire, sous une forme peu ou pas polluante (concerne les pesticides, les produits chimiques).
- Phytofiltration : immobilisation biologique par absorption des nitrates, du phosphore, etc. : rhizofiltration (plantes aquatiques dont les organes souterrains accumulateurs sont récoltés).
- Phytovolatilisation : (cas du mercure, de l'arsenic, du sélénium) fixation sous forme de composés organo-minéraux volatiles, par des plantes comme l'Astragale, la Moutarde indienne, puis libération dans l'atmosphère.

En phytoextraction, les espèces herbacées les plus étudiées sont des Brassicacées (Tabouret, Arabette...). Parmi les espèces ligneuses, les Salicacées comme les Saules et les Peupliers représentent l'essentiel des références, mais il en existe quelques autres moins souvent citées, telles que le Robinier ou l'Aulne. Ces espèces ligneuses sont le plus souvent traitées en taillis à courte ou très courte rotation.



Le tableau I montre les avantages comparés des couverts herbacés et ligneux. Ces dernières compensent partiellement des performances en phytoextraction inférieures par une plus forte production et surtout une valorisation économique de la biomasse. De l'avis des spécialistes, les ligneux sont adaptés aux sites à niveaux moyens de pollution, où il n'y a pas de contrainte forte (sanitaire, sociale) sur le délai de traitement. Dans la lutte pour la reconquête de la qualité de l'eau, les bords de parcelles et haies figurent en bonne place comme des compléments des mesures agro-environnementales, parmi les « éléments fixes du paysage » (voir l'essai *Une troisième voie en grande culture*, de l'agronome Ph. Viaux). La végétalisation de centres d'enfouissement techniques s'apparente plus, en revanche, à la phytostabilisation (*hydraulic control*).

TABLEAU I

**Avantages comparés des couverts herbacés et ligneux**

Type de couvert/Fonctions	Couverts herbacés	Couverts ligneux
Extraction des éléments traces métalliques .....	Forte à très forte (quelques dizaines de kg/ha)	Moyenne à faible (quelques grammes à quelques décagrammes/ha)
Profondeur de mobilisation.....	0-30 (50) cm	50-100 (150) cm
Production de biomasse (en tonnes de matière sèche/ha/an) .....	Faible à moyenne (2-8 tonnes)	Forte à très forte (10-20 tonnes)
Rusticité.....	Moyenne à forte	Faible
Valorisation économique.....	Limitée ( <i>phytomining</i> )	Multiple (dont biomasse)

### Un cas original de phytomanagement : l'épandage des produits résiduels

Il faut faire une place à part à ces pratiques, qui recouvrent du reste des problématiques distinctes. Dans un rôle plus proche des définitions usuelles de la phytoremediation, l'utilisation de biofiltres ligneux est efficace pour le traitement tertiaire des effluents industriels (dans les installations classées pour l'environnement où les eaux usées n'ont en général aucun intérêt nutritionnel).



Il s'agit donc, au mieux, d'irrigation. On les voit aussi de plus en plus utilisés dans les traitements des eaux usées domestiques provenant de l'assainissement collectif, dans les petites communes où le lagunage peut être une solution moins coûteuse qu'une station d'épuration. Taillis de saules ou peupleraies sont alors installées en aval des filtres plantés de roseaux, assurant le traitement tertiaire. Le dimensionnement en surface de ces dispositifs en fonction du nombre d'équivalents-habitants est encore empirique.



Les taillis à très courtes rotations de saules ont un rôle à jouer comme zones tampons ou filtres épureurs (ici comparés à des bandes enherbées). Photo François CHARNET / IDF

Pour les boues de stations d'épuration, le rattachement à la phytoremédiation est plus spécieux. Ces produits ont un statut juridique à part : ce sont des déchets au sens de la loi de 1976, mais les éléments nutritifs qu'elles contiennent (N, P, Ca, K) malgré un déséquilibre fréquent dans la composition peuvent présenter un intérêt pour la croissance, et on voit ici ou là certains de ces produits, après compostage avec des déchets verts ou certains traitements, obtenir l'agrément de matière fertilisante. En agriculture, il existe une filière très organisée d'épandage des boues, encadrée par des textes législatifs limitant les teneurs en éléments indésirables (potentiellement écotoxiques, tels les ETM ou "métaux lourds"), et les flux apportés au sol. Il n'existait rien de tel pour les cultures ligneuses, où cette pratique — en fait marginale — est soumise à autorisation exceptionnelle (comité départemental d'hygiène), sur la base d'un dossier comprenant un protocole d'épandage et un protocole de suivi (impact sur l'environnement).

Dans ce dossier, trois aspects sont à prendre en compte :

- le gain pour la production forestière, pouvant faire de l'épandage une alternative à la fertilisation minérale classique,
- les impacts environnementaux (eau et sol) : essentiellement transferts d'azote, accumulation de phosphore, à un moindre degré éléments traces métalliques, pathogènes,
- l'acceptabilité sociale, qui limite le nombre des forêts "cibles". À ce sujet, l'ONF a déclaré dès le début des années 1990 cette pratique indésirable en forêt publique, ce qui en forêt communale a pu provoquer parfois certaines tensions entre maire et gestionnaire.

En forêt privée, il n'y a pas de position officielle affichée par les organismes représentatifs, et les avis les plus tranchés et contradictoires coexistent, révélant plus souvent des positions de principe que des avis techniquement motivés, tant il est vrai qu'il s'agit d'une question socialement sensible.

Un colloque à Paris, les 16 et 17 octobre 2007, a dressé un bilan de l'expertise française sur 15 ans d'expérimentation (INRA, AFOCEL, CEMAGREF, IDF, ONF), fédérée dans le réseau ERESFOR, dont les résultats regroupés dans une base de données devraient servir à l'établissement de textes de loi spécifiques pour encadrer l'épandage en parcelles boisées.

Pour conclure sur ce point, on peut dire en substance que l'épandage des boues en forêt, indépendamment de son statut juridique incertain, doit être vu comme la valorisation d'un déchet, cherchant à limiter les impacts sur l'écosystème, plus que comme un cas de phytoremédiation au sens strict. Il est clair aussi dans l'esprit des animateurs du groupe de travail national (le Comité national boues et forêts) qu'il est plus réservé à des objectifs de production (ligniculture) sur des sols justifiant une correction de fertilité, qu'à des espaces forestiers boisés de longue date, ayant une fonction patrimoniale, ce qui est peut-être de nature à rassurer ceux qui craignent de voir leurs forêts devenir une "poubelle" pour des déchets urbains.

## PRINCIPALES CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Au terme de ce tour d'horizon contrasté et ne prétendant pas à l'exhaustivité, tant les limites du sujet sont encore mouvantes, quelques enseignements sont de nature à retenir notre attention :

- Dans la politique de reconquête de protection des eaux libres, les espaces boisés tiennent une place encore marginale, en particulier dans les schémas de gestion et d'aménagement des eaux. Dans la protection des périmètres de captages AEP, l'élaboration de règles sylvicoles adaptées est encore balbutiante, mais on note un développement récent de cette problématique dans les agences de l'eau (voir le dossier « La forêt et l'eau » du n° 22 des *Rendez-vous techniques* de l'ONF).

- Le problème de la rémunération des propriétaires-sylviculteurs pour ce service rendu à la collectivité est un point sensible et controversé, aux arbitrages incertains, que nous n'avons pas abordé. Sur cette question complexe, des études sont en cours (Fiquepron, 2008).

- Dans l'utilisation de la forêt linéaire dans les régions de bocage pour la lutte contre les pollutions diffuses, il subsiste des obstacles socio-économiques et culturels à la mise en œuvre de bonnes pratiques, car le bocage est encore perçu comme une entrave à l'exploitation, ce qui explique la poursuite de sa régression, malgré les programmes de replantation mis en œuvre depuis une vingtaine d'années.

- Dans le cas des ripisylves et des zones humides, en revanche, on a affaire à des outils privilégiés des mesures d'aménagement. Le caractère multifonctionnel de ces espaces leur vaut la faveur des naturalistes, et l'absence d'enjeux économiques (espaces en général non cultivables et non constructibles, faibles surfaces) les rend à ces fonctions environnementales, depuis que les méthodes d'aménagements hydrauliques des années 1960, telles que le drainage des zones marécageuses et le recalibrage des chenaux d'écoulement, ont été abandonnées.

- Les cultures lignocellulosiques dédiées à la production de biomasse (dont les TTCR) ont l'atout de la double fonction — productive et environnementale —, qui explique leur développement récent. Des programmes de recherche tels que TSAR (techniques sylvicoles et agricoles remédiantes) et Sylvabiom, débutant en 2009, devraient faire progresser la connaissance de ces modèles cultureux.



— Pour ce qui concerne la phytoremédiation, l'usage des espèces ligneuses n'a pas atteint le stade de la routine. En dehors de quelques cas comme le traitement d'effluents industriels à faible charge polluante, il reste encore en voie d'évaluation et de recherche. Les résultats disponibles laissent entrevoir une adaptation aux sites faiblement pollués et à faible contrainte sanitaire, à la phytostabilisation de sites d'enfouissement, et plus généralement aux chantiers ayant des objectifs paysagers.

\*  
\* \*

Certaines perspectives s'imposent à l'issue de cet état des lieux. Dans le domaine de la recherche, le faible nombre de références sur les espèces ligneuses doit motiver de nouvelles investigations, afin de mettre à la disposition des gestionnaires une liste élargie d'essences pour les boisements, et pour une gamme plus étendue de situations pédoclimatiques. Des bilans de chantiers existants et des simulations doivent aussi mieux cerner le coût du service environnemental en tenant compte des valorisations commerciales possibles (production de biomasse ; de bois matériau pour les futaies à courte rotation).

François CHARNET  
INSTITUT POUR LE DÉVELOPPEMENT FORESTIER  
Antenne d'Orléans  
13, avenue des Droits-de-l'Homme  
F-45921 ORLÉANS CEDEX 9  
(francois.charnet@cnpf.fr)

## BIBLIOGRAPHIE

### Épuration des eaux et boues

- AILE. — Forum européen : taillis de saules à très courtes rotations (TTCR). Lycée de Cesson-Sévigné, 17 mars 1997. Association d'Initiatives locales pour l'Énergie et l'Environnement. — ADEME, CUMA Ouest, 1997 (Dossier documentaire).
- BAILLY (A.), GAUTRY (J.-Y.), CARNUS (J.-M.), BENBRAHIM (M.). — État de l'art sur l'épandage des boues de stations d'épuration urbaine et de boues de papeteries. — Marché AFOCEL - ADEME n° 99 75060, INRA, 2004. — 72 p.
- BENBRAHIM (M.), DENAIX (L.), CARNUS (J.-M.), TIMBAL (J.), CHOSSAT (J.-C.), SCHEIFLER (R.), GOMOT DE VAUFLEURY (A.), BADOT (P.-M.), TRICOT (A.), LOLIVE (J.), TERCE (M.). — Effets environnementaux des épandages de boues de stations d'épuration en plantation de Pin maritime. — *Les Dossiers de l'Environnement de l'INRA*, n° 25, 2003, pp. 95-105.
- COMMISSION EUROPÉENNE. — Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500 – 5 000 eq-hab). Guide. — Luxembourg : Office des publications des Communautés européennes, 2001. — 41 p.
- CARNUS (J.-M.), CHARNET (F.). — Des boues en forêt ? — *Forêt-Entreprise*, n° 150, 2003, pp. 55-60.
- CARNUS (J.-M.), CHOSSAT (J.-C.), LOUSTAU (D.). — La Valorisation sylvicole des eaux usées et des boues d'épuration : les expériences néozélandaise et française. — *Revue forestière française*, vol. XLVII, n° 5, 1996, pp. 463-470.
- CARNUS (J.-M.) RANGER (J.), CHAUSSOD (R.), TERCE (M.), BAILLY (A.), CHOSSAT (J.-C.), CHARNET (F.), PILARD-LANDEAU (B.), FEIX (I.), BONZOM (J.-M.). — Épandages expérimentaux de boues sur parcelles boisées. Recommandations pour la conception de dispositifs expérimentaux. — INRA Bordeaux, 2002. — 53 p.

- CHARNET (F.) (coord.). — Dossier "Forêt et qualité de l'eau (6 articles)". — *Forêt-Entreprise*, n° 159, octobre 2004, pp. 19-46.
- CHARNET (F.). — La Phytoremédiation, ou la bonne santé des sols par les plantes. — *Forêt-Entreprise*, n° 188, septembre 2009, pp. 60-64.
- CHOSSAT (J.-C.). — Utilisation des boues de station d'épuration sous forêt de pins en Aquitaine. — *Forêt méditerranéenne*, t. XXI, n° 3, 2000, pp. 391-394.
- DIMITRIOU (I.), ARONSSON (P.). — Des saules pour l'énergie et la phytoremédiation en Suède. — *Unasylva*, vol. 556, n° 221, 2005, pp. 47-50.
- Épandage de produits résiduels sur parcelles boisées ; synthèse des expérimentations et recommandations techniques. — Colloque ERESFOR, Centre Jean Monnet, Paris, 16-17 octobre 2007.
- FIQUEPRON (J.). — Les méthodes d'évaluation économique des services rendus par la forêt pour la production d'eau potable. Dans : dossier "La forêt et l'eau". — *Rendez-Vous techniques de l'ONF*, n° 22, 2008, pp. 34-38.
- HELLE (D.), DE MARIN DE CARRANRAIS (J.), PEREIRA (V.), FIQUEPRON (J.). — Deux exemples de gestion forestière pour l'eau potable : Rennes (35) et Masevaux (68). Dans : dossier "La forêt et l'eau". — *Rendez-Vous techniques de l'ONF*, n° 22, 2008, pp. 39-43.
- NIJSKENS (P.). — Étude de l'impact environnemental du TCCR notamment comme filtre biologique dans le cadre du projet européen Wilwater. — Louvain-la-Neuve (Belgique) : Université catholique, 2006. — 42 p.
- PIÉGAY (H.), PAUTOU (G.), RUFFINONI (C.), (coord.). — Les forêts riveraines des cours d'eau : écologie, fonctions, gestion. — Paris : Institut pour le développement forestier, 2003. — 464 p.
- VIAUX (Ph.). — Une troisième voie en grande culture. — Éditions France Agricole, 2000. — 212 p. (Collection "Comprendre").

## Phytoremédiation

- BERT (V.), DERAM (A.). — Guide des Phytotechnologies (classeur). — Lille : Environnement et Développement alternatif (EDA), 1999. — 154 p.
- DUBOURGUIER (C.-H.) *et al.* — Le Phytomanagement ; éléments de synthèse. — Lille : Pôle de Compétence Sites et Sédiments Pollués, 2001. — 49 p. (Collection "Les cahiers techniques").
- INTERSTATE TECHNOLOGY REGULATORY COOPERATION (ITRC). — Phytoremediation decision tree. Decision tree document. — Interstate Technology Regulatory Cooperation Work Group Phytoremediation Work Team. ITRC (USA), 1999. — 25 p. + appendix.
- TERRY (N.), BANUELOS (G.), editors. — Phytoremediation of contaminated soil and water. — London, New York, Washington : Lewis Publishers, 2000. — 389 p.

---

## LE PHYTOMANAGEMENT, PROTECTION ET DÉPOLLUTION DES EAUX ET DES SOLS : UN ÉTAT DES CONNAISSANCES ET DES PRATIQUES EN FRANCE [Résumé]

Le phytomanagement englobe les techniques de génie végétal dédiées à la protection et la dépollution des eaux et des sols. La fonction de protection est assurée par la gestion forestière des bassins d'alimentation des masses d'eaux, du point de vue sanitaire par le boisement de périmètres de captage, assorti de règles de bonnes pratiques sylvicoles. La ripisylve est un puissant filtre végétal où le sol joue un rôle important de fixation et de dissipation de polluants. Le rôle de la forêt linéaire est plus nuancé et dépend de la situation dans le bassin versant, de l'orientation et de la morphologie des structures boisées.

La phytoremédiation, par tradition associée aux sites anthropiques — notamment industriels —, recouvre un ensemble de techniques de restauration de sols et de sites pollués, basées sur la fixation, la dégradation ou la concentration (préliminaire à l'exportation) de substances toxiques. Contrairement à la situation des États-Unis et du Canada, la plupart de ces techniques relèvent en Europe encore majoritairement de la recherche et ne sont pas encore opérationnelles.

**PHYTOMANAGEMENT, PROTECTION AND DEPOLLUTION OF WATER AND SOILS – AN APPRAISAL OF KNOWLEDGE AND PRACTICES IN FRANCE (Abstract)**

Phytomanagement covers the engineering techniques using plants aimed at protecting and depolluting water and soils. The protection function of the collection areas, as far as sanitary status is concerned, is fulfilled by the afforestation of the catchment zones along with good silvicultural practices. Riverine vegetation acts as a powerful plant filter where the soil plays an important role in binding and dissipating pollutants. The role played by linear forests is less conclusive and depends on the location within the watershed, and the orientation and morphology of forest structures.

Phytoremediation, which is conventionally associated with sites influenced by human activity, in particular industrial activity, covers a set of techniques for remediating polluted soils and sites that rely on binding, degradation or concentration (prior to export) of toxic substances. In contrast to the United States and Canada, most of these techniques in Europe are the subject matter of research and are not so far operational.

---