
LA VALORISATION SYLVICOLE DES EAUX USÉES ET DES BOUES D'ÉPURATION : LES EXPÉRIENCES NÉO-ZÉLANDAISE ET FRANÇAISE

J.-M. CARNUS - J.-C. CHOSSAT - D. LOUSTAU

La valorisation sylvicole des eaux usées et des boues d'épuration peut apparaître dans certaines situations comme une alternative aux solutions actuelles, pour à la fois améliorer la qualité des eaux et optimiser la dégradation et le recyclage des éléments organiques et minéraux. Le concept de traitement et d'assimilation des eaux usées et des boues d'épuration par les écosystèmes terrestres ("Land Treatment") plutôt que par les hydrosystèmes n'est certes pas nouveau. Ce fut en particulier la principale filière utilisée jusqu'à la fin du siècle dernier pour traiter et rejeter des effluents essentiellement par épandage sur terrains agricoles.

Avec les problèmes croissants d'eutrophisation et de saturation des capacités épuratoires de nombreux hydrosystèmes que nous connaissons actuellement, le traitement secondaire ou tertiaire et le rejet ultime des eaux usées au sein d'écosystèmes terrestres peuvent constituer, dans bien des cas, la seule option économiquement et écologiquement viable dans le long terme. Dans un certain nombre de pays tels que les États-Unis, l'Australie, ou la Nouvelle-Zélande, l'objectif officiel affiché dans les textes législatifs se réfère désormais à un rejet nul ("zero discharge") des eaux usées dans les eaux superficielles avec obligation d'envisager l'utilisation de terres agricoles ou forestières pour l'épandage des eaux usées.

Dans ce contexte, l'utilisation de plantations forestières peut offrir de nombreux avantages par rapport à des systèmes de valorisation purement agricole (Cole *et al.*, 1986) :

- le bois, principal produit, ne fait pas partie de la chaîne alimentaire ;
- les plantations forestières offrent des conditions favorables à la rétention des aérosols et des odeurs, et à la réduction des risques sanitaires ;
- les interventions sur plantations forestières sont relativement peu fréquentes et ne gênent pas les opérations d'épandage ;
- la maintenance des systèmes d'épandage en forêt est réduite ;
- les sols forestiers et les systèmes racinaires des arbres ne présentent généralement pas de caractéristiques défavorables à l'infiltration des effluents, ainsi qu'à l'adsorption et à l'assimilation des éléments nutritifs, contrairement à la plupart des sols agricoles ;
- les quantités d'eau évapotranspirées par une plantation forestière sont importantes ;

- l'utilisation des eaux usées et des boues d'épuration peut être couplée à des régimes forestiers intensifs (taillis à courte rotation) ;
- il est possible d'utiliser des terrains peu fertiles ou en déprise agricole.

L'objectif principal d'un système d'épuration par le complexe sol-plante-eau est de réduire par le biais de processus physico-chimiques et biologiques le niveau d'un certain nombre de paramètres de pollution des eaux tout en maintenant ou accroissant le niveau de productivité des sites d'épandage des eaux usées et des boues d'épuration. Ces systèmes ont été développés en premier lieu dans des situations de déficit hydrique des cultures, mais sont couramment étendus à travers le monde à des situations agro-climatiques extrêmement variées. Les principales méthodes d'épandage utilisées sont l'infiltration, l'irrigation et le ruissellement de surface, l'irrigation ou épandage à dose réduite étant la méthode offrant en général les meilleures performances en terme de dépollution.

ÉTAT DES CONNAISSANCES

Les résultats, accumulés depuis plus de vingt ans à partir des recherches principalement menées aux États-Unis (Cole *et al.*, 1986), démontrent que l'épandage raisonné des eaux usées et des boues d'épuration dans des plantations forestières est à la fois capable de fournir un traitement complémentaire et une assimilation des eaux et boues épandues, de préserver la qualité des eaux réceptrices et d'accroître la production forestière, dans la mesure où les doses appliquées sont soigneusement adaptées aux contextes naturels (sol, climat, conditions édaphiques) et aux caractéristiques des peuplements (espèce, âge, besoins nutritifs).

De nombreux projets sont opérationnels aux États-Unis, représentant un peu plus de 5 000 ha de plantations forestières où sont épandues des boues ou des effluents ayant reçu au moins un traitement primaire ; en Australie, environ 1 000 ha de plantations forestières sont aujourd'hui irriguées avec des effluents urbains ou industriels (Myers, 1992) et, en Nouvelle-Zélande, dix projets sont opérationnels représentant près de 600 ha (Carnus *et al.*, 1994).

L'utilisation du pouvoir épurateur des plantations forestières pour le traitement des eaux usées et des boues d'épuration en France reste très limitée (Rodier et Brissaud, 1989) et du domaine de la prospective, et les quelques projets conduits ces dernières années l'ont été à titre expérimental. Les essais menés ont essentiellement concerné l'épandage d'effluents domestiques ou de boues en forêt méditerranéenne et en peupleraies, l'étude des effets de l'épandage de boues sur la croissance de certaines espèces et, plus récemment, l'épandage d'effluents industriels dans des plantations de pins maritimes.

L'EXPÉRIENCE NÉO-ZÉLANDAISE

Du fait de sa situation géographique, la Nouvelle-Zélande offre des similarités avec la France permettant de transposer, dans une certaine mesure, les enseignements tirés des expériences et projets en cours dans le domaine de l'utilisation des eaux usées et des boues d'épuration en plantations forestières. Les recherches ont été engagées en Nouvelle-Zélande depuis plus de dix ans par l'Institut de Recherche forestière néo-zélandais (NZFRI). Elles sont basées sur la mise en place d'essais pilotes expérimentaux avec différents types d'effluents et d'essences forestières, et sur le suivi et l'évaluation des performances de projets grandeur nature à partir de réseaux de mesures hydrologiques et de placettes d'observations. Le tableau I (p. 465) présente un récapitulatif des systèmes d'épandage d'effluents sous couvert forestier en Nouvelle-Zélande ; l'ensemble des systèmes sont permanents (irrigation toute l'année) et utilisent des techniques d'irrigation localisée ou par aspersion.

Tableau I Plantations forestières néo-zélandaises irriguées avec des effluents

Localisation	Type d'effluent	Type d'épandage	Dose (mm/semaine)	Surface (ha)	Espèce
Alabany	O	D/B	5-20	2	Indigène
Kakariki	O	I (M)/P	5	6	Eucalyptus
Karioi	E	I (P)	30-60	3	Pin radiata
Levin	O	D/L	90	150	Pin radiata pâturage
Opito Bay	O	D/F	25	1	Eucalyptus
Oringi	O/E	I (A)/L	40-50	100	Eucalyptus
Rotorua (Whakarewarewa)	O/E	D/B	80	300	Pin radiata, et divers
Taupo	O	I (MDF)	2-30	30	Pin radiata, pâturage
Waitangi	O	D/L	25	1,2	Pin radiata
Waitarere	O/E	D/L	50	4	Pin radiata
Whangamata	O/E	D/L	30-50	25	Pin radiata
Whiritoa	O/E	D/L	50	6	Eucalyptus

E = expérimentation
D = effluent domestique
F = fosse septique
P = prétraitement

O = opérationnel
L = lagune
B = boues activées
I = industriel

(A) = abattoir
(M) = mégisserie
(P) = papeterie
(MDF) = panneau de fibre de moyenne densité

Pour ce qui concerne les eaux usées, les volumes d'effluent apportés sont déterminés, en l'absence d'un déficit hydrique notable, par les capacités d'infiltration des sites et par le niveau d'assimilation et d'adsorption des éléments nutritifs contenus dans les effluents épandus. Les effluents reçoivent au préalable au moins un traitement primaire et dans la plupart des cas un traitement secondaire. L'épandage se pratique toute l'année en dehors des périodes de gel. Les surfaces concernées varient entre 1 et 300 ha. Les apports sont en général hebdomadaires et varient entre 5 et 50 mm par semaine ; les techniques d'irrigation sont l'aspersion et le goutte à goutte. Les principales essences utilisées sont le Pin radiata et diverses variétés d'Eucalyptus. La performance globale en terme de dépollution est élevée (supérieure à 90 % d'abattement sur l'azote et le phosphore) et l'effet sur la productivité est significatif sur certains sites et pour certaines espèces (accroissement de productivité supérieur à 50 %).

Pour ce qui concerne les boues d'épuration, les projets sont en phase d'essais-développement depuis 1992 et environ 600 ha de plantations forestières (Pin radiata sur sols sableux) seront utilisés à partir de 1996 pour l'épandage de boues d'épuration solides ("biosolids") et liquides. Les doses d'apport annuel varient entre 2,5 et 5 t de boues sèches/ha/an, avec une application tous les trois ans. Le principal effet mesuré au bout de deux ans résulte de l'apport d'azote et de l'accroissement en conséquence de la productivité des peuplements.

Compte tenu de l'importance du secteur primaire en Nouvelle-Zélande, des programmes de recherches sont également consacrés à l'utilisation de plantations forestières pour le traitement complémentaire et le rejet de certains effluents et boues d'épuration d'industries de transformation des produits agricoles et forestiers. En particulier, depuis 1993, une plantation de 100 ha d'Eucalyptus est irriguée au goutte à goutte avec des effluents d'abattoir prétraités et des essais d'épandage sont menés avec des effluents et des boues de papeteries dans des plantations de Pin radiata.

Résultats

Les résultats les plus détaillés proviennent des recherches menées sur le site d'épandage de Whakarewarewa à Rotorua. Depuis octobre 1991, les eaux usées urbaines de Rotorua sont épanchées par aspersion après traitement par boues activées sur des plantations forestières couvrant environ 300 ha (espèce principale : *Pinus radiata*). L'objectif principal du système est la réduction des apports en nutriments (azote et phosphore) dans les eaux superficielles et la préservation à long terme de la qualité des eaux du lac de Rotorua, exutoire naturel de la ville. Un volume journalier de 27 000 m³ (75 000 équihab) est épanché à raison de doses maximales hebdomadaire de 80 mm et horaire de 5 mm. La pluviométrie annuelle du site est de 1 533 mm et l'évapotranspiration potentielle de 828 mm. L'effluent de la station d'épuration est pompé dans des bassins tampons (temps de séjour de 1,5 jour) avant d'être mis en pression dans un réseau d'irrigation par aspersion composé de 16 parcelles de 17 ha. Deux parcelles sont irriguées chaque jour (durée d'arrosage variant de 10 à 16 h/jour), deux parcelles étant en réserve lors des opérations sylvicoles.

La composition de l'effluent épanché et les apports annuels moyens sur le site sont détaillés dans le tableau II (ci-dessous).

Tableau II **Composition et apports d'effluent domestique sur le site de Rotorua (période octobre 1991-février 1994)**

Paramètre	Concentration moyenne (mg/L)	Apport moyen (kg/ha/an)
Demande biologique en oxygène (DBO)	6,03	160
Matières en suspension (MES)	5,48	147
Phosphore total	3,85	103
Phosphore dissous	3,50	94
Azote total	11,40	304
Azote Kjeldahl	5,11	139
Azote ammoniacal	3,30	92
Azote nitreux et nitrique	6,46	169
Chlorure	44,39	1 135

Le site est composé de sols récents d'origine volcanique à dominante sableuse avec présence de pentes supérieures à 10 % et de zones humides (50 ha) dans les dépressions. Les plantations sont utilisées pour la production forestière (âges variant de 5 à 25 ans) et le site est utilisé également pour des activités récréatives. Chaque parcelle d'irrigation est entourée d'une zone tampon boisée de 30 m de largeur pour minimiser d'éventuels risques sanitaires associés aux aérosols.

Après trois années de fonctionnement et de suivi permanent, la performance du système en terme de réduction des apports est de 97 % pour l'azote et 100 % pour le phosphore ; les principaux processus de dépollution concernés étant :

- l'assimilation par la végétation,
- l'adsorption par les sols,
- les phénomènes de dénitrification en zones humides.

Effets sur les plantations forestières

L'épandage d'effluents ou de boues modifie l'environnement immédiat et les conditions de croissance des arbres, et peut affecter la qualité des bois et l'utilisation finale des plantations concernées. Dans

le cadre du projet de Rotorua, un essai pilote, mené préalablement au projet définitif (1989 à 1991), a permis d'évaluer les effets sur la croissance des pins irrigués (pas d'effets sensibles sur les hauteurs, mais différence de + 24 % en diamètre par rapport aux témoins non irrigués sur pins de 7 ans) et de suivre l'évolution des concentrations foliaires indiquant une augmentation des concentrations en N, P, K et une diminution des concentrations en Ca, Mg et Mn (Dyck *et al.*, 1990). Des placettes de suivi de croissance, de qualité des sols et de nappe sont également intégrées dans un programme de recherche à long terme depuis 1991.

Les résultats obtenus sur Whangamata (cf tableau I, p. 465) indiquent par ailleurs que l'augmentation de productivité due à l'apport d'eau et de nutriments contenus dans les effluents épandus s'accompagne d'une baisse de la densité du bois de l'ordre de 10 % (Young et Barton, 1993) sur *Pinus radiata* après 5 ans d'irrigation. Les programmes actuels de recherche permettront d'évaluer les effets à plus long terme (> 10 ans).

L'EXPÉRIENCE FRANÇAISE

Les expériences françaises d'épandage d'effluents en forêt concernent des surfaces restreintes ; elles sont résumées dans le tableau III (ci-dessous). L'expérience de Cogolin, démarrée en 1982, a notamment montré que l'épuration à travers un sol forestier est suffisante pour préserver la qualité du milieu naturel récepteur et que l'impact est bénéfique au niveau des gains de croissance mesurés sur les plantations et la forêt autochtone (Ripert, 1990). L'épandage réalisé à Oppède à partir d'effluents domestiques bruts a également montré qu'il est possible d'obtenir un niveau d'épuration élevé (Cadillon *et al.*, 1989). Pour ce qui concerne les boues résiduelles, les effets de doses élevées ont été testés sur la croissance de certaines espèces (Le Tacon *et al.*, 1988) et sur la réponse aux apports en métaux lourds contenus dans les boues (Bonneau *et al.*, 1996).

Tableau III **Plantations forestières françaises irriguées avec des effluents**

Localisation	Type de projet	Type d'effluent	Dose d'épandage (mm/semaine)	Surface (ha)	Espèces
Cogolin (83)	E/O	D/B	20-40 ⁽¹⁾	2,2	Méditerranéennes et diverses
Mimizan (40)	E	I (P)	35	6	Pin maritime
Oppède (84)	O	D (P)	50	1	Peuplier
Tartas-Begaar (40) . .	E	I (P)	50 ⁽¹⁾ /100	42	Pin maritime

(1) Irrigation en période de déficit hydrique.

E = expérimentation
D = effluent domestique
P = papeterie

O = opérationnel
I = industriel

Épandages d'effluents papetiers sur plantations de pins maritimes

Il n'existe pas à notre connaissance de résultats d'expérimentation d'épandage d'eaux usées concernant le Pin maritime. Cette essence a été étudiée sous différents aspects de son comportement éco-physiologique dans le cadre des Landes de Gascogne (Guyon et Kremer, 1982 ; Loustau *et al.*, 1990 ; Loustau *et al.*, 1995). Ces auteurs ont montré sa forte sensibilité au stress hydrique et à la salinité, deux facteurs qui réduisent fortement sa conductance stomatique, son potentiel hydrique total et son potentiel osmotique, ainsi que sa croissance en hauteur et en diamètre.

Les expérimentations réalisées en 1992 et 1993 à partir d'effluents de papeterie s'inscrivent dans une démarche générale des industriels concernés visant à améliorer les conditions de rejet dans le milieu naturel, notamment en période d'étiage, tout en faisant bénéficier les plantations de pins des apports d'eau supplémentaires. L'objectif opérationnel de ces essais est de déterminer des doses optimales d'apport, permettant de traiter la pollution organique résiduelle sans générer d'effets négatifs sur la croissance des peuplements.

Les deux sites se trouvent dans le massif sableux landais. La couche sableuse (sol et roche-mère sableuse) est d'épaisseur variable (entre un et plusieurs mètres). Sur Tartas, les types de sols représentés sont des podzols à alios et des sols hydromorphes à très hydromorphes des Landes de Gascogne. Une grande partie de cette zone appartient à la lande sèche et à la lande mésophile. Sur Mimizan, les essais ont été réalisés en massif dunaire. Le site d'essais de Tartas-Begaar couvre une superficie de 42 ha comprenant différents peuplements équiennes de Pin maritime (8 à 47 ans). Le site de Mimizan couvre une superficie de 5 ha comprenant deux peuplements âgés de 7 et 33 ans.

La composition et les doses moyennes d'apport concernant l'effluent de Tartas sont résumées dans le tableau IV (ci-dessous). L'effluent sortie usine reçoit un traitement secondaire et est prélevé en sortie de lagune d'aération pour l'irrigation. L'effluent de Mimizan reçoit un traitement primaire et présente une grande variabilité (DBO de 400 à 1 600 mg/L ; DCO de 1 500 à 2 500 mg/L ; Na de 250 à 1 000 mg/L) rendant délicate l'appréciation des doses réellement épandues.

Tableau IV **Composition et apports d'effluent papetier sur le site de Tartas-Begaar**

Paramètre	Concentration (mg/L)	Apport ⁽¹⁾ équivalent (kg/ha/an)
pH	7	
Demande biologique en oxygène (DBO)	230	484
Demande chimique en oxygène (DCO)	1 800	3 800
Matières en suspension (MES)	350	737
Phosphore total (TP)	21	44
Azote total (TN)	56	117
Sodium (Na)	450	947
Chlorure (Cl)	50	105

(1) Sur la base de la campagne d'irrigation 1993.

Sur les deux opérations, l'irrigation a été réalisée par pompage des effluents traités et acheminement sur les sites d'essais par un réseau de canalisations primaires et secondaires. La distribution sur les parcelles est réalisée par des rampes tertiaires en polyéthylène posées tous les 8 mètres entre les lignes de pins et équipées d'ajutages de 2 mm de diamètre placés tous les 6 m. Les doses journalières ont été de 7 mm et 14 mm sur Tartas et 4 à 5 mm sur Mimizan, apportées à raison de 1 à 2 h/jour. Les essais ont eu lieu pendant la période estivale de juillet à septembre pour Tartas (8 semaines en 1992 et 12 semaines en 1993), et sur une période plus prolongée pour Mimizan (8 mois d'avril à novembre 1993).

Les protocoles expérimentaux mis en œuvre par divers organismes de recherche [CEMAGREF, INRA, Bureau de Recherche géologique et minière (BRGM)] et les industriels concernés ont principalement compris :

— le suivi de la qualité des effluents épandus (paramètres principaux indiqués dans le tableau IV, ci-dessus) ;

- le suivi des paramètres climatiques [pluviométrie (P), évapotranspiration potentielle (ETP)] ;
- des descriptions et analyses physico-chimiques des sols (granulométrie, conductivité, pH, capacité d'échange cationique, nutriments) ;
- des suivis de nappe (relevés piézométriques et mesure de qualité) ;
- un suivi écophysiological des peuplements de pins concernés (mesures de croissance sur placette échantillon, mesures de potentiel hydrique et de conductance stomatique, analyses foliaires, relevé de la végétation spontanée et suivi de la flore mycologique).

Parallèlement, l'INRA a mis en œuvre sur la station de Pierroton des expérimentations en milieu contrôlé afin de tester la toxicité éventuelle des effluents concernés sur des jeunes plants de Pins maritimes (1 an en début d'expérimentation). Pendant deux saisons végétatives (1992 et 1993), les plants élevés en pot sur un substrat quasi inerte ont été arrosés quotidiennement au goutte à goutte avec une solution nutritive additionnée ou non d'effluents ; des tests d'anoxie ⁽¹⁾ ont également été réalisés sur de très jeunes plants.

Les principaux résultats obtenus, dont la publication est en cours, ont confirmé :

- la faisabilité technique par rapport aux méthodes d'irrigation préconisées ;
- les performances en terme de réduction des principaux paramètres de pollution (DBO, DCO et MES) ;
- l'intérêt potentiel d'une valorisation des eaux usées pour l'irrigation des parcelles forestières.

En particulier, les résultats des mesures de croissance en 1993, où le déficit estival $ETP - P$ a été de 116 mm (valeur proche du déficit moyen), ont montré un accroissement significatif en circonférence variant entre + 16 et + 55 % selon les âges et les situations topographiques et édaphiques. Les données obtenues durant cette période d'expérimentation ne mettent pas en évidence d'évolution rapide et indésirable des milieux récepteurs concernés (sols et nappes).

Les études en conditions contrôlées ont montré un effet dépressif net des effluents de papeterie sur la croissance de jeunes plants, principalement dû à l'accumulation du sodium dans les tissus végétatifs. Cet effet ne se retrouve pas en forêt sur des peuplements plus âgés du fait d'apports discontinus et de conditions naturelles de lessivage et de dilution. Les résultats obtenus ici ne permettent cependant pas encore de préjuger des effets à long terme sur la garniture ionique des sols ainsi que sur les risques d'accumulation éventuelle d'ions toxiques et d'effets de seuils sur les peuplements. La poursuite de ces essais est nécessaire pour pouvoir affiner et définir avec confiance la capacité d'accueil du milieu et les doses optimales d'irrigation en effectuant notamment un suivi rigoureux de la nutrition des arbres et des caractéristiques des sols. Un certain nombre de mesures visant à compenser le lessivage éventuel des nutriments hors du milieu et à maximiser la capacité de séquestration des peuplements forestiers sont à l'étude.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les expériences néo-zélandaise et française en matière de valorisation forestière des eaux usées et des boues résiduelles d'épuration demandent à être poursuivies, voire développées afin d'analyser et d'évaluer à moyen et long terme les risques pour l'environnement. Les résultats obtenus jusqu'à présent prouvent que, dans certains contextes, cette méthode peut présenter des avantages par rapport à des solutions plus classiques de traitement tertiaire ou de rejets dans les milieux aquatiques. Les effets qui ont pu être mesurés en matière d'augmentation de la productivité des planta-

(1) Privation plus ou moins complète d'oxygène.

tions forestières recevant des eaux usées et des boues d'épuration peuvent être d'autant plus spectaculaires que le niveau de fertilité naturelle des sites forestiers est en général faible ou que le déficit hydrique est particulièrement marqué dans certains contextes régionaux.

À la lumière de l'ensemble des diverses expériences, certains critères apparaissent essentiels lors de la conception de tels systèmes afin de maximiser l'assimilation des eaux usées et des boues d'épuration par les plantations forestières et de réduire les surfaces nécessaires et les coûts correspondants. Ces critères sont de plusieurs natures, et ils nécessitent une évaluation rigoureuse dans le cadre de chaque projet :

- pédologiques : présence de sols suffisamment drainants, correctement aérés ;
- hydrogéologiques : renouvellement et fluctuations saisonnières des nappes superficielles concernées ;
- climatiques : durée et intensité du déficit hydrique et importance des périodes de gel ;
- forestiers : sélection d'espèces adaptées, éventuellement à croissance rapide, et possibilité d'écoulement des produits issus de la récolte.

Les protocoles de suivi de ces projets sont également cruciaux afin d'évaluer correctement dans le long terme l'impact de l'épandage sur les sites, les plantations et les eaux réceptrices, et d'assurer la pérennité des opérations.

Les principales pistes de recherche pour l'avenir concernent l'optimisation de la conception et de la gestion de ces systèmes et le développement de régimes forestiers maximisant l'assimilation des éléments nutritifs en excès. Sur un plan plus fondamental, des recherches sont également nécessaires pour affiner notre compréhension du cycle des éléments nutritifs au sein des plantations forestières, ainsi que les outils de modélisation existants permettant d'évaluer avec confiance la productivité des peuplements et les résultats économiques.

J.-M. CARNUS
NEW ZEALAND FOREST RESEARCH INSTITUTE
Private Bag 3020
ROTORUA (NOUVELLE-ZÉLANDE)

J.-C. CHOSSAT
Groupement de Bordeaux
CEMAGREF
50, avenue de Verdun
BP 3
F-33611 GAZINET CEDEX

D. LOUSTAU
Laboratoire d'Écophysiologie et Nutrition
INRA
Domaine de l'Hermitage
BP 45
F-33611 GAZINET CEDEX

BIBLIOGRAPHIE

- BONNEAU (M.), GARBAYE (J.), LE TACON (F.), BOUCHARD (D.), PITSCH (M.), GELHAYE (D.). — Teneurs foliaires en métaux lourds de Peuplier, Frêne, et Robinier en présence de boues d'épuration : valeurs comme bioindicateurs de pollution. *In* : Proceedings of the Third International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Paris, May 15-19, 1995. — 1996.
- CARNUS (J.-M.), PANDEY (S.P.), FENTON (J.A.). — Sustainable Forest Land Treatment Systems. *In* : Proceedings of Sustainable Land Management Conference, April 1994, Lincoln University, New Zealand. — 1994.
- CADILLON (M.), TREMEA (L.). — Aspects techniques de la valorisation agronomique des eaux usées. *In* : Actes du séminaire international sur la Réutilisation des Eaux usées, CEFIGRE, 18-22 septembre 1989, Sophia Antipolis. — 1989.
- COLE (D.W.), HENRY (C.L.), NUTTER (W.L.). — The Forest Alternative for Treatment and Utilization of Municipal and Industrial Wastes. — University of Washington Press, 1986. — 582 p.
- DYCK (W.J.), SQUIRE (P.J.), SCHIPPER (L.A.), BARTON (P.G.), LOWE (A.T.), OLIVER (G.R.). — Nitrogen removal in a sewage irrigation trial. *In* : Forest Soils and Modern Forest Management. Proceedings of the 1st International Symposium on Forest Soils, Harbin, China, July 22-27, 1990. — 1990.
- GUYON (J.-P.), KREMER (A.). — Stabilité phénotypique de la croissance en hauteur et cinétique journalière de la pression de sève et de la transpiration chez le Pin maritime. — *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 12, 1982, pp. 936-946.
- LE TACON (F.), BOUCHARD (D.), GARBAYE (J.). — Augmentation de la croissance initiale du Frêne (*Fraxinus excelsior* L.) par l'épandage de boues de station d'épuration urbaine et plantation intercalaire d'Auline blanc (*Alnus incana* L. Moench). — *Revue forestière française*, vol. XL, n° 2, 1988, pp. 117-125.
- LOUSTAU (D.), GRANIER (A.), EL HADJ MOUSSA (F.). — Évolution saisonnière du flux de sève dans un peuplement de Pin maritime. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 47, 1990, pp. 599-618.
- LOUSTAU (D.), CREPEAU (S.), GUYE (M.), SARTORE (M.), SAUR (E.). — Growth and water relations of three geographically separate origins of maritime pine under saline conditions. — *Tree Physiology*, vol. 15, 1995, pp. 569-577.
- MYERS (B.J.). — Effluent loading rates for irrigated plantations. — *Australian Forestry*, vol. 55, 1992, pp. 39-47.
- RIPERT (C.). — Utilisation des eaux usées en forêt méditerranéenne : bilan de l'essai de Cogolin. — *Annales du CEMAGREF*, Département Forêt, 1990, pp. 66-79.
- RODIER (C.), BRISSAUD (F.). — Réutilisation des eaux usées par l'irrigation : méthodologie et réalisations en France. — Montpellier : Université des Sciences et Techniques du Languedoc ; Ministère de la Solidarité, de la Santé et de la Protection sociale - Direction générale de la Santé, 1989.
- YOUNG (G.D.), BARTON (P.G.). — Effect of effluent irrigation on wood density of radiata pine grown in Tairua forest. — New Zealand Forest Research Institute, 1993 (Project Record n° 3725).