

Valorisation forestière des eaux usées

Premiers retours de deux réalisations françaises

André Paulus, Consultant

ABSTRACT

Forest valuation of waste water First returns of two French realizations

Irrigating a wood plantation with treated sewage water offers a simple and economic solution to the old problem of reducing the impact on sensitive streams. The article describes the basic principles, list some real implementations and describes the application to short rotation forestry based on the first observations of two experimental implementations in South-West France.

La valorisation des eaux usées épurées par l'irrigation de plantations forestières à croissance rapide offre une solution simple et économique au problème de l'impact des rejets dans les cours d'eau sensibles, en particulier dans le contexte de l'épuration « extensive » exploitant les capacités épuratoires de la nature dans des mises en œuvre rustiques. L'article décrit les principes fonctionnels du « rejet zéro », recense ses principales applications et détaille les modalités, encore expérimentales, de l'épandage sur taillis à courte ou très courte rotation-TCR ou TTCR, à partir des premiers retours de deux plantations expérimentales suivies par FCBA (Centre Technique des secteurs industriels de la Forêt, de la Cellulose, du Bois et de l'Ameublement) à Nègrepelisse dans le Tarn-et-Garonne et Navailles-Angos dans les Pyrénées-Atlantiques.

Les communes rurales de France et d'Europe sont confrontées aux accroissements contradictoires des volumes d'eaux usées, des qualités exigées au rejet dans le milieu récepteur, des coûts de réalisation, des coûts d'exploitation. Ce casse-tête a une solution : la valorisation des eaux usées par irrigation de plantations forestières. Principe : la dissipation de tout ou partie des eaux usées annule ou réduit l'impact du rejet. Elle permet de simplifier le traitement à volume égal d'eaux brutes, de plafonner l'impact à volume croissant (sur une station existante), de diminuer l'impact à volume égal ou croissant (en cas d'élévation des exigences sur la Masse d'Eau aval).

Cette approche est actualisée en France par deux réalisations récentes dans le Sud-Ouest, suivies et encouragées par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne :

- à Nègrepelisse dans le Tarn-et-Garonne, la Communauté de Communes Terrasses et Vallée de l'Aveyron-CCTVA a mis en place en 2014, pour le compte du Syndicat mixte départemental des déchets-SMDD, un épandage de filtrats de Matières de Vidange-MV sur une plantation forestière de type Taillis à Courte Rotation-TCR de 5 ha ;
- à Navailles-Angos dans les Pyrénées-Atlantiques, le Syndicat intercommunal d'assainissement du Luy-de-Béarn-SIA a réalisé et mis en service en 2014 un épan-

dage de filtrats d'eaux usées domestiques-EU sur une plantation forestière de 4 ha, également de type TCR.

Les deux réalisations présentent des points communs :

- traitement amont par Filtre Planté de Roseaux-FPR,
- conceptions similaires du réseau d'arrosage,
- même maître d'œuvre,
- même constructeur du réseau d'arrosage : l'entreprise Mispouillé de Montauban,
- encadrement du volet forestier par FCBA - Centre Technique des secteurs industriels de la Forêt, de la Cellulose, du Bois et de l'Ameublement,
- suivis concertés des exploitations...



TCR de peuplier de 6 ans sur la parcelle FCBA de Saint-Usage en Côte-d'Or.

Tableau 1 : Données des deux réalisations expérimentales

	Nègrepelisse	Navailles-Angos
Essences	Peuplier, eucalyptus	Séquoia, eucalyptus, saules
Topographie	Régulière, pente douce	Plus accentuée, pente forte
Eau d'arrosage	Filtrats de matières de vidange	Filtrats d'eaux usées domestiques
Arrosage	Ajutages et micro-aspiration	Ajutages
Objectif	Rejet 0 hors hiver (8 mois)	Rejet 0 hiver comme été (12 mois)
Suivi FCBA	Sur biomasse et métaux lourds	Sur biomasse et métaux lourds

... et des différences qui élargissent le champ d'observation du procédé (cf. tableau 1).

Le suivi forestier a pour objectif de quantifier les gains de productivité (de l'ordre de 20 % probablement) et les évolutions des sols et du bois résultant de l'arrosage en eaux usées en cernant les influences res-

pectives du climat, de l'essence, de la dose d'arrosage, de la composition des eaux... L'objectif général de l'expérimentation est de constituer et de diffuser un savoir-faire dans une approche innovante et prometteuse de la gestion des eaux usées.

Les principes fonctionnels

La dissipation

L'effet attendu d'un épandage n'est pas un traitement mais une élimination d'eaux usées. Les eaux épandues ne sont pas recueillies en sortie de plantation, comme en traitement FPR par exemple, mais extraites de la filière épuratoire par évapotranspiration et infiltration. La fraction évapotranspirée est exportée sous forme de vapeur d'eau, non polluée par essence. La fraction infiltrée rejoint le réseau hydrographique après sa dépollution (gratuite) par le filtre naturel des sols traversés et est conservée dans le bilan hydrique du bassin. Dépollution partielle en réalité, certains polluants comme l'azote ou les métaux lourds n'étant pas retenus entièrement par les sols; les services instructeurs s'en soucient à juste titre et peuvent demander une étude spécifique, pédologique et hydrogéologique.

Le rejet zéro

Le « rejet zéro » est pratiqué parfois toute l'année (à Navailles par exemple) et le plus souvent de la fin du printemps au début de l'automne (à Nègrepelisse), période d'étiage donc de sensibilité accrue du ruisseau récepteur et, ça tombe bien, d'absorption maximale sur une plantation.

Il n'est praticable économiquement que sur des volumes d'eaux usées limités, jusqu'à 5000 Eh pour fixer les idées. Au-delà, les superficies plantées deviennent prohibitives dans l'état actuel de la connaissance (5000 Eh x

$0,2 \text{ m}^3/\text{Eh.j}$: $100 \text{ m}^3/\text{ha.j}$ = 10 ha en ordre de grandeur).

Le « rejet zéro » absolu, c'est-à-dire l'absorption totale des eaux usées d'une collectivité ou d'un bassin d'assainissement, du 1^{er} janvier au 31 décembre, est plutôt rare (voir l'encadré sur le projet de Navailles-Angos dans les Pyrénées-Atlantiques) car il requiert des superficies de plantation importantes (4 ha pour 1500 Eh à Navailles).

L'absorption est généralement partielle et variable avec la saison. Partielle quand elle porte sur une partie seulement des volumes journaliers d'eaux usées, avec l'obligation d'épurer les eaux non absorbées à un niveau de qualité compatible avec le classement du milieu récepteur. Variable car le bilan hydrique de la planta-



Rejets d'un an de TCR de peuplier en troisième rotation sur la parcelle FCBA d'Echigey en Côte-d'Or.



Rejets de trois ans de TCR de peuplier en deuxième rotation sur la parcelle FCBA de Saint-Usage en Côte-d'Or.

L'épandage de Nègrepelisse dans le Tarn-et-Garonne

La Communauté de Communes Terrasses et Vallée de l'Aveyron-CCTVA a mis en place en 2014 une unité de traitement de matières de vidanges (les boues de fosses septiques) par filtres plantés de roseaux dont les filtrats (très chargés en azote et en phosphore) sont absorbés sur une plantation de 4 ha d'eucalyptus et de peupliers, dans le cadre d'un programme expérimental financé par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne-AEAG et suivi par l'IRSTEA pour la partie arrosage, par FCBA pour la partie forestière. Les arbres sont arrosés depuis l'été 2014, deux ans après plantation.

Coût de réalisation constaté (marchés d'entreprises): 170 000 €HT comprenant:

- La plantation et son entretien pendant deux ans : 50 000
- Le réseau d'arrosage : 100 000
- Ingénierie de réalisation : 20 000.

La plantation est en place depuis le printemps 2012 et arrosée depuis l'été 2014.

L'encadrement FCBA est organisé en trois missions successives:

- définition des modalités expérimentales
- encadrement des travaux préparatoires et de la mise en place des modalités expérimentales
- suivi du dispositif (entretien, expérimentation...).

L'objet de l'expérimentation est d'évaluer l'impact de l'arrosage en eaux usées sur trois thèmes principaux: le sol, la végétation d'accompagnement, le peuplement forestier.



Plantation TCR de Nègrepelisse - Asperseur au pied d'un peuplier.

Sur le thème du sol, l'étude s'appuie sur:

- une description précise du profil pédologique avant la mise en place de l'expérimentation
- une analyse granulométrique de deux horizons (horizon de surface et horizon lessivé vers 0,5 m de profondeur) sur échantillons moyens issus d'un mélange de 10 prélèvements
- une analyse chimique à 0 et 3 ans des deux horizons retenus (6 placettes x 2 horizons x 2 années = 24 échantillons au total).

Sur la végétation d'accompagnement, l'objectif est de suivre les impacts de l'épandage sur l'évolution de la composition floristique

Sur le peuplement forestier, l'objectif est de quantifier la réaction de deux essences (peupliers et

eucalyptus) à trois niveaux d'apports d'eaux usées. Les mesures et observations effectuées sur une première période de trois ans après la première mise en arrosage de la parcelle, portent sur l'évolution de la croissance en hauteur et circonférence des arbres ainsi que sur la quantité de biomasse produite dont la composition minérale sera également analysée.

Quant au suivi sylvicole, son objet est d'assurer la réussite des boisements pendant les premières années en encadrant les travaux d'entretien (regarnis, façons culturales, protections éventuelles) sur la base d'un cahier des charges établi par FCBA et de conseiller le maître d'ouvrage sur les techniques d'exploitation de la biomasse (méthodes, matériels et conditions de récolte).



Plantation TCR de Nègrepelisse - Aspersions sur une ligne de peupliers.

tion comporte au moins deux termes qui varient au cours de l'année: la pluviométrie et l'évapotranspiration.

Les effets

L'effet principal est la réduction ou l'annulation des apports polluants au cours d'eau, mais l'épandage a des effets secondaires bénéfiques sur la production de biomasse et donc le stockage du carbone. La production de biomasse est accélérée par les apports d'eau, d'azote, de phosphore dans une proportion encore inconnue. Le stockage de carbone est proportionnel grosso modo à la production de biomasse (10 à 15 Tonnes de Matière Sèche-TMS/ha,an) et indépendant de l'essence choisie.

Les mécanismes de la dissipation

La dissipation des eaux fait appel à différents mécanismes dont les principaux sont l'infiltration dans le sol et l'évapotranspiration de végétaux, avec leurs avantages et leurs inconvénients respectifs. Notons d'emblée le caractère variable des deux mécanismes sur un site donné.

L'infiltration varie avec le niveau phréatique, la saturation des sols, leur colmatage progressif par les particules charriées par les eaux usées... Elle peut être quantifiée

par une approche hydrogéologique à partir d'essais d'infiltration, d'études pédologiques et géotechniques...

L'évapotranspiration varie avec l'essence végétale, la température de l'air, l'ensoleillement, la pression atmosphérique... donc avec la saison. Elle peut être estimée à partir des relevés ETP d'une station météorologique représentative (Météo France généralement) et des coefficients culturaux des essences choisies, quand ils sont connus.

Les mises en œuvre

Ces mécanismes sont mobilisés au travers de différents modes d'épandage des eaux, qu'on peut classer en trois familles principales: la circulation gravitaire dans un réseau de fossés ou un bassin plus ou moins végétalisés, l'épandage sur bambouseraie, l'épandage sur plantation arbustive. Nous les présenterons rapidement avant d'explorer la troisième, objet de l'article.

L'épandage en fossé ou bassin retient l'attention des ingénieurs sanitaires depuis le début du siècle, sous différentes appellations: Zone de Rejet Végétalisée-ZRV, ouvrage de dissipation, ouvrage rejet zéro, etc. Cette attention suscite des programmes de recherche, des fiches techniques, des cahiers de recommandations... notam-

ment sous l'égide du groupe de travail sur l'Evaluation des Procédés Nouveaux d'Assainissement des petites et moyennes Collectivités-EPNAC qui regroupe les SATESE et l'IRSTEA (voir l'encadré).

L'épandage sur bambouseraie est proposé par une entreprise qui s'en est assuré le quasi-monopole au travers d'un brevet européen: Phytorem. Très demandé en dissipation d'eaux usées industrielles, en particulier agro-alimentaires, favorisé par un coefficient cultural défiant toute concurrence (l'évapotranspiration du bambou est dix fois plus importante que celle de tout autre végétal courant, à surface égale) et la continuité de l'activité végétative (douze mois sur douze), il est freiné en assainissement urbain par une image plus ou moins justifiée de végétal exotique intrusif et une difficulté d'exploitation tout à fait avérée. Une bambouseraie est un écosystème complexe dont la gestion est gourmande en main-d'œuvre et dont les produits, à savoir les chaumes de sept ans, n'ont pas de débouché évident.

L'épandage sur plantation forestière enfin, objet de notre étude, est pratiqué en France depuis quelques années seulement (depuis les années 2000 si on exclut quelques essais sans lendemain d'épandage de boues et d'effluents EU sur pinède), à un



© FCBA

Récolte de peuplier TCR/TTTCR sur la parcelle FCBA de Saint-Usage en Côte-d'Or.

stade encore expérimental et principalement sur des plantations exploitées en Taillis à Courte Rotation-TCR ou Taillis à Très Courte Rotation-TTCR c'est-à-dire sur des plantations denses (1 200 plants/ha en TCR, 5 à 10 000 plants/ha en TTCR, pour fixer les idées) récoltées à intervalles courts (7 à 12 ans en TCR, 2 à 3 ans en TTCR) d'essences repartant de souche.

Nous décrirons brièvement les caractères originaux des plantations TCR ou TTCR, puis ceux des essences qui peuvent avoir un intérêt en épandage d'eaux usées: le saule, le peuplier, l'eucalyptus, le séquoia.

Le dimensionnement de la plantation est un exercice complexe en raison de la multiplicité et des interférences des facteurs. Il résulte de bilans hydriques mensuels (12 bilans sur l'année) prenant en compte:

- La pluviométrie mensuelle d'occurrence décennale ou supérieure,
- La capacité d'infiltration (constante dans l'année sauf variations de la nappe),
- L'évapotranspiration mensuelle,
- Les apports d'eaux usées.

Le calcul intègre les variations journalières, mensuelles, interannuelles de ces différents paramètres, sur le pas de temps mensuel imposé par la présentation des fiches climatiques (et la réalité du fonctionnement hydrique). Il est mené d'abord pour un régime de croisière correspondant au stade de maturité de la plantation. La

vérification sur les années de croissance peut conduire à limiter les apports pendant ces années en cohérence avec la mise en charge progressive de la station d'épuration.

La limitation de l'évapotranspiration en phase de croissance est compensée partiellement par celle des végétaux de l'inter-rang, spontanés ou plantés.

La conception de la plantation et de son arrosage résulte d'une réflexion croisant tous les paramètres techniques et économiques, appuyée sur une caractérisation du site intégrant le climat, la topographie, la pédologie, la géologie et l'hydrogéologie, notamment.

Les aménagements généraux comprennent les voies de circulation vers et à l'intérieur de la plantation, les ouvrages éventuels de franchissement des fossés ou ruisseaux, la clôture périphérique. La clôture a une double fonction: interdiction d'accès aux *Homo sapiens* comme toute installation d'épuration, et aux animaux. Pour les premiers, la réglementation sanitaire impose une clôture grillagée de deux mètres de haut. Pour les seconds, il faut s'interroger sur l'opportunité de doubler le grillage par des fils électrifiés contre le sanglier, de le prolonger de 0,50 m sous le niveau du sol contre les ragondins. À voir au cas par cas en fonction de la faune locale et de ses comportements.

L'épandage forestier

La plantation TCR ou TTCR

L'exploitation d'essences forestières en TCR ou TTCR n'est pas une nouveauté. Développée en France sous François 1er avec les taillis de chênes et de charmes, elle fut reprise dans les années 1980 par l'AFOCEL (devenu en 2007 FCBA Institut Technologique) avec l'utilisation d'essences exotiques à croissance rapide (*Cryptomeria*, *Eucalyptus*, *Miscanthus*, *Séquoias*...) dans une perspective de production de biomasse. Le concept fut appliqué ensuite dans de nombreux pays dont les grandes étendues planes ont suscité une foresterie industrielle et est favorisé depuis quelques années par l'augmentation du coût des énergies fossiles, la vogue des bioénergies, le développement enfin de machines adaptées pour l'installation et la récolte de ce type de plantation. La récolte est plus ou moins mécanisée selon la superficie, le relief, les conditions d'accès du site. Les produits sont valorisés principalement en panneaux de particules, en pâte à papier, en bioénergie et conditionnés en conséquence. Les études FCBA ont permis de sélectionner et de développer des essences et des clones rustiques, résistant aux parasites, à croissance rapide (de l'ordre d'un mètre par an en hauteur), adaptés aux conditions climatiques des régions françaises, sans risque sanitaire, repartant de souche après la récolte.

L'épandage de Navailles-Angos dans les Pyrénées-Atlantiques

Le Syndicat Intercommunal d'Assainissement-SIA du Luy-de-Béarn, au nord de Pau, a mis en place au printemps 2013, sur un terrain de 5 ha en forte pente, une plantation de séquoias et d'eucalyptus destinée à recevoir et absorber totalement, 365 jours par an, les effluents d'une station d'épuration d'une capacité nominale de 800 Eh au départ, 1500 Eh à terme. Le risque de ruissellement jusqu'au ruisseau



Plantation TCR de Navailles - Vue d'ensemble à un an.

en bas de pente est maîtrisé par un système de cunettes et de bourrelets établis le long des lignes d'arbres et par une saulaie non irriguée implantée en bordure du ruisseau sur dix mètres de profondeur.

Coût de réalisation constaté (marchés d'entreprises) : 210 000 €HT comprenant :

- La plantation et son entretien pendant deux ans : 50 000
 - Le réseau d'arrosage : 140 000
 - Ingénierie de réalisation : 20 000
- La plantation est en place depuis le printemps 2013 et arrosée depuis

l'été 2014. L'encadrement FCBA est similaire à celui de Nègrepelisse et assuré par la même équipe.

La filière s'appuie en France sur l'expérience accumulée par FCBA sur une centaine de plantations expérimentales en TCR (et quelques-unes en TTCR) ainsi que les suivis d'expérimentation concernant la valorisation en forêt de divers effluents ou sous-produits. L'utilisation des TCR et TTCR est encore peu répandue en France (5 000 ha environ dont 3 000 ha d'eucalyptus pour l'industrie papetière) mais les incitations aux bioénergies et la multiplication des chaufferies collectives lui ouvrent un bel avenir. L'utilisation en valorisation d'eaux usées est pratiquée couramment dans certains pays (en Israël par exemple, sans retour d'expérience), en France et dans les pays scandinaves au stade encore expérimental.

L'épandage

Les eaux traitées sont réparties sur la plantation, soit gravitairement par un réseau de fossés, soit sous pression par un dispositif de canalisations en partie enterrées et en partie superficielles qui alimente des ajutages. Le goutte-à-goutte est exclu vu le risque d'obstruction par les Matières En Suspension- MES contenues dans les eaux usées, même traitées. L'aspersion classique est exclue vu le risque sanitaire de diffusion des germes pathogènes contenus par les eaux usées sous l'effet du vent, sous forme d'aérosols. Le choix entre les différents systèmes (et déjà les différents principes) d'application des eaux usées est compliqué par la multiplicité des paramètres à prendre en compte : le relief, le climat, la nature des sols, l'essence plantée, le mode d'exploitation, le budget...

La distribution gravitaire est la plus simple, la moins efficace, pas nécessai-

rement la moins chère si on cumule les coûts de réalisation et d'exploitation. La plus simple parce qu'elle ne requiert pas d'équipement électromécanique (donc pas d'électricité, c'est parfois déterminant) ni de qualification en entretien : la détérioration d'un fossé est résolue en quelques coups de bêche, par exemple. La moins efficace parce que la surface arrosée (les fonds de fossé) est faible. Pas toujours la moins chère car le bon fonctionnement du système impose un entretien, en particulier un débroussaillage régulier, toujours délicat en présence des fossés. Elle est pratiquée néanmoins, par exemple sur des saulaies pentues (pente moyenne > 5 %) et peu étendues (< 1 ha). La conception doit être soignée et prendre en compte les contraintes d'exploitation (circulations, franchissement des fossés...).

La distribution sous pression est la plus efficace en termes de surface arrosée donc de dissipation si on admet que l'évapotranspiration et l'infiltration sont proportionnelles à cette surface. Elle est assurée par un dispositif comprenant une centrale de filtration et de mise en charge, un réseau de canalisations et des appareils de distribution, dans des dispositions diverses. La centrale comprend généralement une pompe horizontale, une batterie de filtres à disques (ou un filtre à sable sur les installations importantes) et un programmeur, choisis dans les catalogues courants de l'arrosage agricole. Sur les installations importantes (au-delà de 10 ha), on peut envisager deux pompes fonctionnant en permutation-secours et un filtre à sable si on accepte une complexité technique et des coûts d'installation plus élevés. Le réseau est constitué, au départ de

la centrale, de canalisations primaires et secondaires enterrées alimentant des canalisations tertiaires ou terminales déposées sur le sol le long des lignes d'arbres. La distribution est assurée, selon les particularités du projet et dans l'ordre croissant de surface arrosée, par des ajutages sertis directement sur les canalisations terminales et disposés à raison d'un point par arbre le plus souvent, des micro-jets (rayon d'arrosage de l'ordre de 1 mètre) ou des asperseurs (rayon jusqu'à 5 ou 6 mètres).

La centrale, constituant le plus complexe du système, doit rester simple sur les petites plantations, inférieures à 10 ha. La pompe assure la pression nominale sur l'organe de distribution (de l'ordre de 1 bar) en tenant compte des pertes de charge au passage à travers le filtre et le réseau de canalisations. Le filtre évite le colmatage du réseau et surtout des appareils terminaux. Enfin, le programmeur assure, comme en arrosage de jardin, la rotation entre les différents secteurs de la plantation et l'uniformité de répartition.

Le réseau de distribution est constitué, classiquement, de canalisations en PVC ou PEHD dimensionnées pour assurer une pression uniforme aux points de distribution et une vitesse de parcours garantissant l'auto-curage ($v > 1$ m/sec). La plantation est divisée en secteurs alimentés chacun par une canalisation primaire et subdivisés en planches ou parcelles alimentées chacune par une canalisation secondaire. Enfin, les canalisations tertiaires sortent en surface aux points de piquage (enterrés) sur les canalisations secondaires et serpentent sur le sol au pied des arbres. Cette architecture présente l'avantage de ne pas gêner la circulation sur la plantation, en particulier lors des entretiens et des coupes, puisqu'à l'exception des canalisations tertiaires, posées le long des lignes, donc hors circulation, les canalisations sont enterrées (de préférence sous les voies de circulation pour faciliter une réparation éventuelle). Chaque canalisation terminale est équipée d'une vanne en tête pour isolement éventuel (pour réparation par exemple) et d'un bouchon d'extrémité pour permettre sa purge et son nettoyage. Les vannes primaires sont automatiques, commandées par le programmeur, ras-

Tableau 2 : Teneurs en Éléments Traces Métalliques-ETM selon la réglementation

	Eaux d'arrosage				Arrêté de 1998		
	EU brutes µg/l	EU traitées µg/l	EU Boues mg/ kg MS	EU apports kg/ha	Teneur maxi mg/ kg MS	Flux maxi kg/ha	Sols mg/ kg MS
Cd	0.20	0.06	1.1	0.002	20	0.3	2
Hg	0.40	0.02	2.0	0.0008	10	0.15	1
Ni	10.3	5.0	22.4	0.182	200	3.0	50
Pb	6.5	1.5	57.0	0.055	800	15.0	100
Zn	137	53	595	1.934	3000	45.0	300
Cu	54	8	327	0.292	1000	15.0	100
Cr	10.9	1.8	62.2	0.066	1000	15.0	150

EU brutes : teneurs des eaux usées brutes, concentrations moyennes journalières mesurées en entrée de six stations d'épuration à boues activées en aération prolongée. Source: IRSTEA, restitution de l'étude Ampères 2014. En µg/l

EU traitées : teneurs des eaux usées traitées, concentrations moyennes journalières en sortie de six stations d'épuration à boues activées en aération prolongée. Source: IRSTEA, restitution de l'étude Ampères 2014. En µg/l

EU boues : teneurs moyennes dans les boues de six stations d'épuration à boues activées en aération prolongée. Source: IRSTEA, restitution de l'étude Ampères 2014. En mg/kg MS

EU apports : apports pour une application de 1 mm/jour sur 10 ans (3650 jours). En kg/ha

Teneur maxi arrêté 1998 : teneurs limites autorisées dans les « boues » épandues selon l'arrêté de 1998, Annexe 1, Tableau 1a. En mg/kg MS.

Flux maxi arrêté 1998 : apports limites autorisés en dix ans d'épandage selon l'arrêté de 1998, Annexe 1, Tableau 1a. En kg/ha

Sols arrêté 1998 : teneurs limites autorisées dans les sols sur le site d'épandage selon l'arrêté de 1998, Annexe 1, Tableau 2. En mg/kg MS

semblées si possible à l'amont du système, près de la centrale d'arrosage; les autres vannes sont généralement manuelles, par souci de simplicité. Les prises de pression en tête de canalisation permettent, pour un coût marginal, de tester la canalisation en charge et de localiser une obturation.

La simplicité de conception n'élimine pas complètement le risque d'obstruction lié à la composition des eaux d'arrosage et en particulier:

- à la dimension des particules constituant les MES, qui doit être largement inférieure à celle des orifices de sortie ;
- à la teneur en MES par rapport au risque d'agglomération sur l'orifice ;
- à la teneur en matières organiques susceptibles de former de la biomasse et de la déposer sur les ajutages et les parois des canalisations.

Ce point constitue aujourd'hui la principale inconnue du système et le point focal de la recherche.

Coût de réalisation

Les retours de Navailles et de Nègrepelisse situent le coût des travaux autour de 200 000 €HT hors foncier pour une plantation de 4 ha utiles (50 000 €HT par hectare planté) arrosée par ajutages et/ou micro-asperseurs. Répartition indicative :

- Clôture, voirie : 25 000 ou 12.5 % du total ;
- Plantation y compris fourniture des plans : 25 000 ou 12.5 % ;
- Bassin tampon en amont de la plantation : 50 000 ou 25.0 % ;
- Réseau d'arrosage y compris centrale de filtration : 50 000 ou 25.0 % ;
- Ingénierie, suivi expérimental : 50 000 ou 25.0 %.

Les retours d'expérience de ces deux plantations permettront certainement d'optimiser les conceptions et de stabiliser le coût de réalisation, hors foncier et suivi,

autour de 50 000 €HT/ha pour une plantation de 10 ha environ répondant mieux aux contraintes d'exploitation forestière. Dans le cas d'un épandage d'eaux usées, ces coûts sont assumés entièrement par la collectivité gestionnaire du système d'assainissement et couverts en partie par les subventions habituelles de l'assainissement collectif.

Coût d'exploitation

Les coûts d'exploitation de la plantation proprement dite sont compensés grosso modo par les revenus de la vente du bois au moment de la récolte. Le coût d'entretien du réseau d'arrosage est estimé à 1 000 €HT/ha.an; il émerge au budget de la collectivité et est couvert par les redevances des abonnés au réseau d'assainissement.

Économie du projet

Dans l'économie globale du projet, les coûts de la plantation seront comparés aux économies sur le traitement. À Navailles, la dissipation permet de simplifier le traitement (suppression du second étage FPR) et de supprimer totalement l'impact sur le ruisseau (rejet 0). Idem à Nègrepelisse moyennant un écrêtement du rejet en période hivernale (4 mois sur 12).

Comparatif à Navailles en coût global de réalisation y compris foncier, ingénierie, aménagements généraux, hors frais spécifiques du suivi expérimental :

coût de l'épandage : 210 000 €HT économie sur le traitement (le second étage FPR) : 1 500 Eh x 180 €/Eh = 270 000 €HT

... et en coût global d'exploitation (à confirmer dans les prochaines années) :

coût de l'épandage : 1 000 €HT/ha.an x 5 ha = 5 000 €/an

économie sur le traitement (le second étage FPR) : 1 500 Eh x 4 €/Eh = 6 000 €/an.

La réglementation

L'épandage d'eaux usées est régi en France par deux arrêtés :

- L'arrêté du 8 janvier 1998 applicable aux épandages sur les sols agricoles de boues résultant du traitement d'eaux usées domestiques ;
- L'arrêté du 2 août 2010 (complété par l'arrêté du 25 juin 2014) relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts.

Le premier fixe les teneurs limites de certains polluants, en particulier métaux lourds et PCB, dans les eaux d'épandage et dans les sols ainsi que les doses maximales applicables sur une période de dix ans. Conçu et formalisé pour les boues d'épuration, il est appliqué plus généralement à l'épandage agricole ou forestier de tout produit de l'activité humaine, et en particulier à l'épandage d'eaux usées domestiques ou industrielles. La comparaison des doses maximales des éléments traces métalliques (annexe 1 de l'arrêté) et des teneurs mesurées habituellement en sortie des stations d'épuration (source: Dossier Élimination de micropolluants en station d'épuration domestique, TSM 3-2015) montrent que les maxima ne sont pas atteints pour des applications de 10 mm par jour, valeur supérieure à la capacité d'absorption du complexe sol-plante. La présence de métaux lourds et de PCB dans les eaux usées domestiques n'est donc pas un facteur limitant de l'épandage.

Le second fixe les prescriptions sanitaires et techniques applicables à l'utilisation d'eaux usées traitées pour l'arrosage ou l'irrigation, à des fins agronomiques ou agricoles, de cultures, d'espaces verts ou de forêts dans une optique d'une part de protection de la santé publique, de la santé animale et de l'environnement, d'autre part

de sécurité sanitaire des productions agricoles. Il régit notamment le choix des appareils de distribution de l'eau usée.

Les essences

Nous décrivons succinctement les quatre principales essences utilisées en épandage d'eaux usées ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients.

Le saule

L'épandage sur saulaie TTCR est pratiqué à grande échelle dans les pays scandinaves et surtout en Suède depuis les années 1980, dans le nord-ouest de la France (particulièrement en Bretagne, un peu moins en Normandie) depuis les années 2000. IL s'appuie en Scandinavie sur une puissante filière forestière et ses outils bien rodés d'exploitation industrielle de la forêt. Le projet Wilwater (<http://www.aile.asso.fr/valorisation-de-la-biomasse/wilwater/life-environment-wilwater-programme>), financé par l'Union européenne, a validé la rentabilité économique, établi les bases de dimensionnement et suscité en Bretagne plusieurs applications appuyées sur la disponibilité, au travers d'une Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole-CUMA, de machines de plantation, d'entretien et surtout de récolte. Le saule est parfois planté en association avec d'autres essences, l'aulne par exemple, dans un souci de biodiversité. Il est favorisé par le climat, par l'engagement de la région, par la concentration géographique des plantations (le transport du matériel devient prohibitif au-delà de 200 km dans les conditions actuelles).

L'épandage sur saule est pratiqué surtout sur des effluents industriels caractérisés par des volumes faibles et des charges polluantes élevées (comme l'épandage sur bambou mais avec un ratio d'absorption plus faible donc des surfaces plantées plus importantes à volume égal). L'application sur des volumes importants de l'assainissement domestique (au moins 0,1 m³ par habitant et par jour sans compter les eaux de pluie et de nappe collectées par les réseaux) est moins convaincante car la part des eaux usées qui ne peut pas être absorbée par la plantation, notamment l'hiver, doit être traitée avant rejet dans le cours d'eau. L'installation cumule donc, en investissement et en exploitation, les coûts

de la plantation et de son arrosage et les coûts de la station d'épuration.

La faisabilité économique est fonction de plusieurs paramètres: coûts fonciers (achat du terrain de la saulaie, beaucoup plus étendu que celui de la station d'épuration), sensibilité du cours d'eau récepteur, coût et disponibilité du matériel de plantation et de récolte, filières de valorisation de la biomasse... L'approche reste rentable à petite échelle (jusqu'à 1000 Eh) dans un scénario assez commun où l'absorption totale ou partielle des eaux usées en sortie de station d'épuration en période d'étiage du cours d'eau récepteur permet de réduire l'importance donc les coûts de l'épuration.

Le peuplier

Les futaies de peuplier font partie du paysage de toutes les régions de France et leur pouvoir absorbant voire « drainant » est bien connu. L'exploitation en TCR ou TTCR est encore anecdotique faute de filière appropriée, une situation qui pourrait évoluer rapidement sous l'effet du basculement vers les énergies renouvelables. L'espèce remplit toutes les conditions d'une application en épandage d'eaux usées: rusticité, croissance rapide, demande en eau importante, rejet de souche...

Tout praticien connaît plusieurs applications plus ou moins « sauvages », c'est-à-dire non déclarées, en épandage de boues liquides de station d'épurations intensives, de boues activées par exemple. Citons une application en épandage de filtrats de traitement de matières de vidange sur 2 ha à Nègrepelisse dans le Tarn-et-Garonne (voir l'encadré).

L'eucalyptus

L'eucalyptus est connu, outre ses effets thérapeutiques en traitement de l'asthme et des maladies respiratoires, pour ses propriétés absorbantes, révélées par l'exemple fameux de la plaine de la Mitidja en Algérie, asséchée par les eucalyptus importés par les colons français. C'est une essence extraordinaire à bien des égards, notamment pour sa taille (record de hauteur pour un eucalyptus australien), sa longévité (plusieurs milliers d'années pour un eucalyptus australien de 114,3 mètres, découvert en 1990), la densité de son bois (supérieure à celle du chêne). Elle remplit toutes les conditions d'une application

en épandage d'eaux usées avec l'avantage du débouché puisque le bois est recherché non seulement en chaufferie (pour son pouvoir calorifique) mais également en papeterie (en raison de la qualité de ses fibres).

En France, les E. gundal, les plus utilisés en TCR, sont des hybrides naturels entre deux espèces dites « montagnardes »: dans leur aire d'origine, E. gunnii et E. dalrympleana sont acclimatées aux zones montagneuses des Alpes australiennes et aux régions froides de Tasmanie. Ces hybrides ont été sélectionnés sur des parcelles expérimentales françaises au début des années 1980, puis multipliés par bouturage horticole. Les clones E. gundal les plus performants allient d'excellentes capacités de croissance à une bonne tolérance au gel et sont bien adaptés aux conditions climatiques du Sud-Ouest de la France. Néanmoins dans les zones les plus froides où les températures minimales peuvent descendre en dessous de -12 °C, on préférera utiliser des clones d'E. gunnii moins productifs mais plus résistants au froid. Les performances de croissance de ces hybrides restent inégalées à ce jour dans les conditions françaises; l'accroissement moyen sur une rotation atteint 20 à 25 m³/ha.an, hors arrosage EU (moins de 10 m³/ha.an en chêne ou en hêtre, par comparaison).

Le séquoia sempervirens

L'appellation « séquoia » recouvre non seulement deux espèces mais encore deux genres botaniques distincts, considérés erronément comme exotiques. Les séquoias et les espèces apparentées étaient en fait très répandus en Europe, Asie et Amérique du Nord avant leur recul sous l'effet des grandes glaciations. Ils se sont conservés sur le territoire de l'actuelle Californie et ont été réintroduits en Europe au 19^{ème} siècle après une absence de 1,5 millions d'années-Mans... sur 100 Mans de présence continue. Les premières plantations forestières remontent aux années 1950 et à la recherche d'essences résistant au feu. En France, FCBA conduit depuis les années 1980 un programme de sélection de clones à partir des plus beaux spécimens européens et de graines sélectionnées sur l'aire dite naturelle, en Californie. La productivité du S. sempervirens, mieux adapté aux conditions climatiques françaises que

le *S. giganteum*, atteint 40 m³/ha.an. L'espèce détient quelques records prestigieux, notamment en taille (plus de trente sujets de plus de 110 mètres en Californie, 115 m pour Hyperion, plus de 50 mètres pour les bébés français moins de deux siècles après leur plantation). La longévité se compte en milliers d'années (plus de 3000 ans pour un sujet californien). La vigueur, la longueur de fibre, l'aptitude à rejeter de souche et à développer de nouvelles branches sur le tronc après une blessure (par bris ou incendie) ouvrent de belles perspectives à cette espèce, surtout en production de biomasse. La connaissance est moins développée que sur le peuplier ou l'eucalyptus, les programmes de développement étant plus récents, mais les premiers résultats sont positifs.

En épandage d'eaux usées, citons le boisement expérimental de Navailles, planté au printemps 2013.

Les perspectives

L'épandage d'eaux ou de boues d'épuration sur plantation forestière est pratiqué en Scandinavie depuis un demi-siècle, en France depuis une vingtaine d'années, surtout en effluents industriels, avec des premiers résultats encourageants. Il est au croisement de deux préoccupations croissantes: la réduction des apports polluants aux cours d'eau et le développement des énergies et matières premières renouvelables. Un exemple: à Nègrepelisse, les apports d'eaux usées augmentent la production du bois utilisé en chaufferie collective.

La simplicité apparente (amener des eaux au pied d'un arbre, quoi de plus simple?) cache une complexité de conception et de réalisation liée à la multiplicité à la fois des paramètres à prendre en compte et des options possibles. Citons parmi les paramètres le climat local (température, régime des vents, pluviométrie...), la topographie et la géologie du site, la nature des sols, la proximité d'habitations ou d'activités... Citons parmi les décisions à prendre: la ou les essences végétales, le clone de l'essence choisie, la densité de plantation, le mode et les doses d'arrosage, le matériel

d'arrosage, le traitement des interlignes... Ces choix relèvent nécessairement d'une équipe pluridisciplinaire groupant pédologues, forestiers, irrigateurs, épurateurs, économistes. Une problématique aussi complexe ne peut être maîtrisée que par des spécialistes.

L'intérêt économique de la filière reste à préciser sur un échantillon suffisant de réalisations de différentes tailles, en additionnant les bénéfices du boisement (opération patrimoniale classique) et du traitement des eaux (simplification et fiabilisation des filières épuratoires). Dans les cas de Navailles et Nègrepelisse, à prix à peu près égal en réalisation comme en exploitation, l'épandage offre l'avantage d'un impact nul, donc moindre, sur le milieu récepteur. L'intérêt technique est acquis sur une gamme étendue d'effluents industriels et pour les stations d'épuration urbaine de taille limitée (jusqu'à 5000 Eh en traitement d'eaux usées domestiques) rejetant dans un cours d'eau cumulant un faible débit et une sensibilité élevée aux apports polluants. Le cas d'école est celui d'une commune rurale drainée par un cours d'eau sensible à l'eutrophisation; une station d'épuration extensive, par filtre planté par exemple, couplée à un épandage sur plantation en période

de faible étiage offre dans ce cas une alternative intéressante à la solution habituelle d'une station d'épuration intensive, par boues activées par exemple; le couple FPR + épandage sera plus économique en réalisation comme en exploitation et l'exploitation en régie, par les ouvriers communaux, évitera les inconvénients de l'affermage à un prestataire extérieur.

Cet exemple met en lumière une nouvelle fois les avantages « immatériels » des filières d'épuration extensives: simplicité de réalisation et d'exploitation, autonomie du maître d'ouvrage, inscription dans le paysage, respect de l'environnement, participation aux objectifs écologiques nationaux... De ce point de vue, l'épandage sur plantation élargit de manière significative la panoplie des outils « extensifs » à disposition des concepteurs et des maîtres d'ouvrage. Il améliore la rentabilité et étend les champs d'application à la fois de la foresterie et de l'épuration extensive. Enfin, le citoyen de la commune rurale que nous prenons en exemple s'identifiera plus facilement à un bois de séquoias qu'à une centrifugeuse ou un clarificateur raclé. Sans compter l'intérêt patrimonial de l'exploitation en forêt d'une parcelle impropre à l'agriculture. ■

Références bibliographiques

Sur la conduite TCR, TCCR

- Bonduelle et al., Culture de biomasse ligneuse TCR, Afocel 1982
- Berthelot Alain, et al., Produire de la biomasse avec des taillis de peupliers, FCBA 2007
- Fraysse Jean-Yves et Paulus André, Le taillis à courte rotation au croisement du traitement des eaux et de la sylviculture, La Forêt privée 342, mars 2015
- Gautry Jean-Yves, et al., Phytoremédiation et phytoépuration: de nouvelles perspectives pour les taillis à courtes rotations, Bulletin FCBA 2012
- Mola-Yudogo Blas et al., A conceptual framework for the introduction of energy crops, Elsevier 2014
- Paulus André, Le filtre planté de roseaux ou le versant vert de l'épuration des eaux usées, Le Rouergue 2010
- Rérat Bernard, Le marché du granulé bois peut-il s'enflammer ? La Forêt privée n° 339. 09.2014

Sur le saule

- Leplus Aurélie, Les TCCR de saule, résultats

d'expérimentation dans l'Ouest de la France, AILE 2010

- Tordjmann Nathalie, Le saule, Actes Sud 2013

Sur le peuplier

- FCBA Enerbio, Fiche peuplier 2010
- Tordjmann Nathalie, Le peuplier, Actes Sud 1996

Sur l'eucalyptus

- FCBA Enerbio, Fiche eucalyptus 2010
- Hignard Lionel, L'Eucalyptus, Actes Sud 1998

Sur le séquoia

- FCBA Enerbio, Fiche séquoia 2010
- Gourdin Henri, Les séquoias, Actes Sud 2008
- Gourdin Henri et Fauconnier Thierry, Les séquoias, champions de la biomasse, La Forêt privée 344, 07.2015
- Harvengt Luc et al., Le Sequoia sempervirens: un géant de la biomasse, Bulletin FCBA 2013 Penet Camille, Bilan et perspectives du *S. sempervirens* dans le Sud-Est de la France, 1999



Le saviez-vous?

En moyenne 1 français passe

2h00 /jour

sur les réseaux sociaux



93% des décisions d'achat
sont influencées par
les médias sociaux

Et votre entreprise?

FranceEnvironnement vous propose la création
de votre entreprise sur les réseaux sociaux :



www.franceenvironnement.com



Éliminez vos eaux usées

Grâce à l'arrosage
de plantation
arbustive avec des
eaux usées traitées
permettant leur
dissipation totale et
un rejet 0 dans les
cours d'eau!



de la conception à la réalisation

Tél. : 05 63 20 00 30 • Fax : 05 63 03 78 31
contact@mispouille-hydraulique.fr
<http://mispouille-hydraulique.fr>

Le Filtre planté de roseaux

Le versant vert de l'épuration des eaux usées

André Paulus



Genre : écologie
Format : 19 x 24 cm
Reliure : Broché avec rabats
Pagination : 208 pages
Prix : 29,50 €
ISBN / EAN 13 : 978 2 8126 0219

La qualité de l'eau est un enjeu vital pour notre avenir sanitaire et environnemental. Elle va dépendre en grande partie des techniques d'assainissement des eaux usées mises en place avant que celles-ci soient rejetées dans les ruisseaux, les rivières, les étangs, les bords de mer... Le filtre planté, solution naturelle pour assainir, développé en France depuis 1987, propose pour cela des solutions efficaces, économique et belles à voir, aux collectivités, aux bureaux d'études et aux particuliers. Ce livre regroupe informations cruciales et conseils précieux. Les filtres plantés de roseaux ont été initiés en France par les recherches du Cemagref à Lyon. Ils se sont imposés en moins de vingt ans comme des outils de dépollution remarquables, répondant non seulement aux défis techniques et économiques posés aux communes et aux particuliers, mais encore aux aspirations écologiques des résidents.

Ce livre apporte des conseils précieux, éclairés et pragmatiques aux bureaux d'étude, aux élus et aux particuliers dans la mise en œuvre de ce procédé simple, économique, performant, respectueux de la nature et des paysages, dans ses principales applications : l'assainissement collectif, l'assainissement individuel, le traitement des boues d'épuration.

André Paulus est ingénieur civil des constructions, spécialisé dans les problématiques d'eau potable et d'assainissement. Il compte trente ans de pratique dans ce domaine en France et à l'étranger. Il s'est intéressé au filtre planté de roseaux dès son apparition en France et a construit successivement, comme maître d'œuvre, la première station FPR des Pyrénées orientales, la première de l'Hérault, une des toutes premières du Tarn-et-Garonne et la plus grande de France à Nègrepelisse. Il publie régulièrement des articles dans les magazines techniques nationaux.

Editions du Rouergue : 47 rue du Docteur Fanton - B.P. 90038 - 13633 Arles Cedex
courriel : info@lerouergue.com