

Utilisation des eaux usées en forêt méditerranéenne

Bilan de l'essai de Cogolin (1982 – 1988)

par Christian RIPERT *

L'expérimentation de Cogolin avait pour objectif principal de tester, in situ, la possibilité et l'intérêt de l'utilisation en forêt méditerranéenne d'eaux usées domestiques, après un traitement plus ou moins poussé en station d'épuration.

Le projet s'insère au départ dans la perspective d'un assainissement général du golfe de St-Tropez, qui présente des signes de pollution directement liés aux rejets des stations d'épuration riveraines ; ces rejets augmentent considérablement pendant la saison estivale avec l'afflux des vacanciers.

L'espace forestier, grâce à l'activité de son écosystème et plus particulièrement de son sol pourrait absorber et épurer les effluents ¹ supplémentaires estivaux et peut-être les valoriser par un gain de croissance de la végétation forestière.

Ce processus ne doit cependant pas provoquer une pollution de l'environnement et ne pas nuire à la forêt qui, en zone méditerranéenne, est déjà fragile et soumise à bien des contraintes de gestion.

L'essai a débuté en 1982 ². Il avait pour objectif :

- de tester le fonctionnement et la fiabilité des installations,
- de mesurer la fonction épurative de l'écosystème forestier dont nous rappelons brièvement les principaux résultats obtenus par les analyses de la

Société du Canal de Provence,

- d'apprécier la réaction de la forêt, aspect qui sera plus longuement développé dans cet article, et qui porte sur :

- les gains de croissance enregistrés par la végétation forestière en fonction des doses d'effluents apportées et des techniques d'irrigation utilisées, asper-sion ou irrigation,

- l'impact plus général sur le milieu forestier avec comme contexte régional particulier, les incendies de forêts.

Après plusieurs années de fonctionnement, l'expérience de Cogolin permet de faire quelques recommandations pour la réalisation d'autres projets. Elles concernent notamment les caractéristiques du site à choisir et les contraintes particulières de maintenance et d'entretien qui doivent être prises en compte dès le départ.

Description de l'essai

Le site ³ :

- La parcelle expérimentale est distante d'environ 2.5 km de la station d'épuration et légèrement plus en hau-

teur. Elle est à cheval sur les versants opposés d'un Talweg orienté au nord (Cf. Fig 1). Elle présente quelques parties plates et des versants de pentes diverses localement fortes (35 %).

- Les sols d'épaisseur variable, rarement très profonds, de texture sablo-limoneuse, reposent sur des micaschistes imperméables.

- La formation végétale initiale est une suberaie claire (chêne liège) mélangée de chêne blanc, chêne vert, pin maritime. Le sous-bois dense, constitué de bruyère arborescente et de calycotome caractéristiques du

1 - Effluent : rejet liquide d'une station d'épuration après traitement des eaux usées en provenance d'un réseau d'égout urbain.

2 - L'essai a été entrepris avec la municipalité de Cogolin (maître d'ouvrage), la DDAF du Var (maître d'œuvre), la Société du Canal de Provence (S C P) (Analyses), le CEMAGREF division Irrigation (équipement d'irrigation) et CEMAGREF division Techniques Forestières Méditerranéennes (Impact forestier),

3 - Parcelle boisée d'une ancienne concession minière (plomb argentifère) de la société Penaroya.

| Janvier 1982 Zone A et I | Janvier 1983 Zone B.C.D. et II | regarnis 1983 et 84 toutes zones |
|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Chêne rouge d'Amérique | Robinier | Ailanthé |
| Erable sycomore | Micocoulier | Saules |
| Orme de Sibérie | Sophora | Pin pignon |
| Frêne à fleurs | Platane d'orient | Eucalyptus gunii |
| Merisier | Aulne de Corse | Eucalyptus macarthuri |
| | | Eucalyptus dalrympleana |
| | | Peuplier blanc |
| | | Cyprès vert |

Tab. I

* Groupement d'Aix-en-Provence du Cemagref Le Tholonet, BP31, 13612 Aix-en-Provence Cedex 1.
Tél.: 04.42.66.93.10.

maquis, a été broyé, les arbres en place petits et grands étant préservés.

Dans les trouées, des plantations complémentaires ont été réalisées avec des essences choisies pour leurs exigences hygrophiles (Cf. Tab. I).

Les équipements d'irrigation

A la station d'épuration

(Cf. Fig. 2)

Les effluents sont prélevés à la sortie du décanteur secondaire de la station d'épuration. Ils arrivent dans une bache de stockage et sont aspirés au moyen d'un filtre flottant autonettoyant placé en aspiration (vide de maille du tamis: 180 μ) et d'un filtre de sécurité placé en aval du groupe de pompage (vide de maille du tamis: 120 μ).

Un programmeur horaire permet d'irriguer indépendamment quatre zones différentes par l'intermédiaire de quatre vannes électriques (micro-irrigation).

La conduite de refoulement, en PVC, a une longueur de 2 700 m, et relie le poste de relèvement et la zone forestière.

Sur le terrain (Cf. Fig. 1)

- Deux zones I et II de 0,26 ha chacune sont irriguées par aspersion. La distribution est effectuée par trois rampes fixes portant chacune quatre asperseurs.

- Quatre secteurs A, B, C, et D sont irrigués en micro-irrigation (surface totale : 1,66 ha). La distribution de l'eau est assurée par un réseau de tuyaux en polyéthylène équipés d'ajustages calibrés en laiton de 1,2 à 2,1 mm de diamètre et prolongés par un tube conducteur jusqu'au plant à arroser.

L'eau d'irrigation

Les doses ont été calculées par rapport à une estimation de l'Evapo-Transpiration-Potentielle (ETP) ⁴ de Pennman, donnée, chaque décade, par la station météorologique de Fréjus.

4 - Un ETP correspond à une lame de 5 ou 6 mm d'eau au mois de juillet

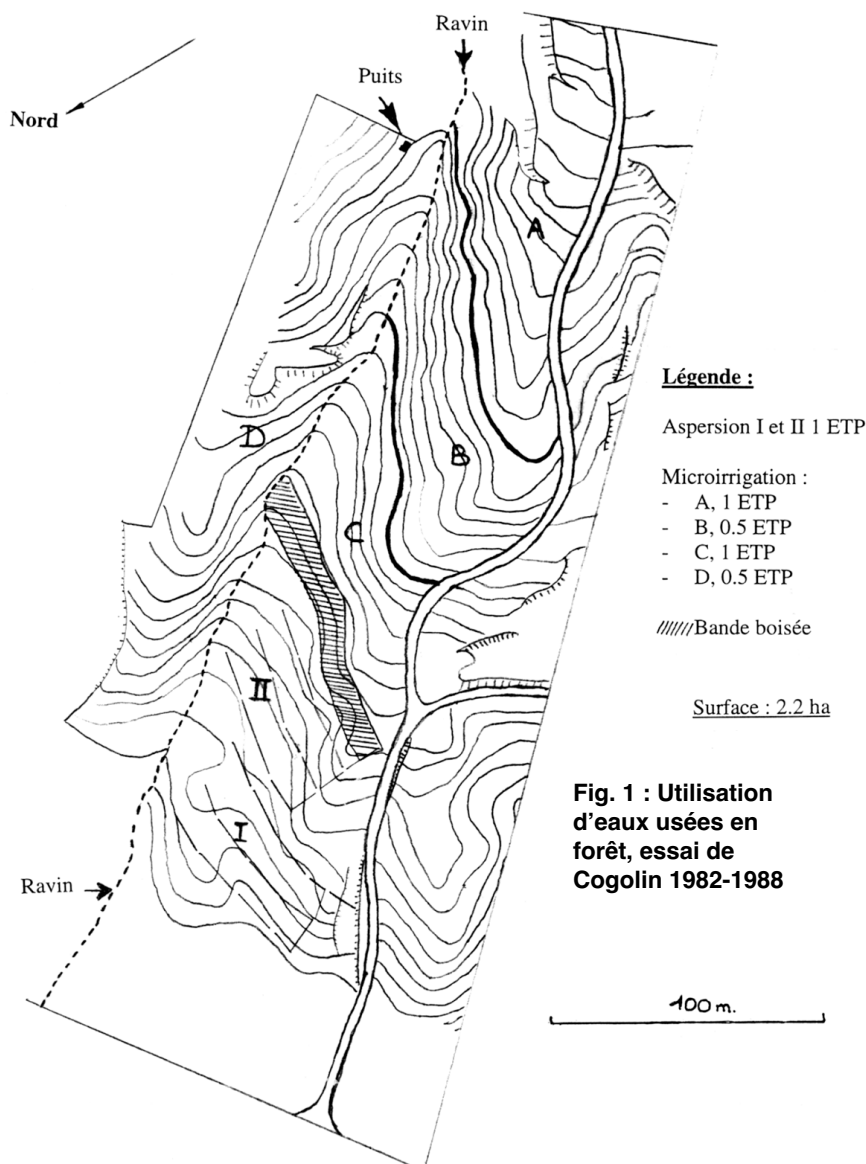


Fig. 1 : Utilisation d'eaux usées en forêt, essai de Cogolin 1982-1988

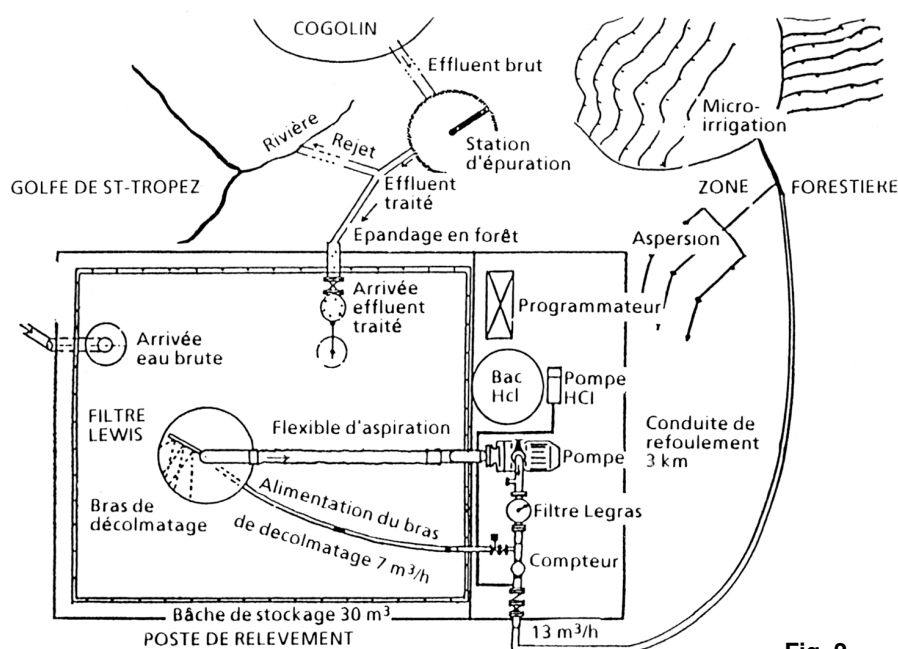


Fig. 2

| Zone | modalité d'arrosage | surface (ha) | nombre de distributeurs | dose E.T.P.*1 /ha | dose mm/j (moy) | dose m³/j (moy) | débit moyen par distributeur | surface arrosée par distributeur | dose ponctuelle*2 | |
|-------|---------------------|--------------|-------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------|--------------|
| | | | | | | | | | apportée en mm | en nb E.T.P. |
| 1 | aspersion | 0.26 | 12 asperseurs | 1 | 4.6 | 12 | 1,15 m³/h | 216 m² | 4.6 | 1 |
| 2 | aspersion | 0.26 | 12 asperseurs | 1 | 4.6 | 12 | 1,15 m³/h | 216 m² | 4.6 | 1 |
| A | micro-irrigation | 0.29 | 224 ajutages | 1 | 4.6 | 13 | 58 litres/h | 3 m² | 19.33 | 4.2 |
| B | micro-irrigation | 0.33 | 263 ajutages | 0.5 | 2.3 | 8 | 47 litres/h | 3 m² | 15.66 | 3.4 |
| C | micro-irrigation | 0.34 | 186 ajutages | 1 | 4.6 | 16 | 69 litres/h | 3 m² | 23 | 5 |
| D | micro-irrigation | 0.70 | 384 ajutages | 0.5 | 2.3 | 16 | 35 litres/h | 3 m² | 11.66 | 2.5 |
| Total | | 2.18 | | | | 77 | | | | |

*1 : La dose 2 ETP prévu au début de l'expérimentation a été supprimée en raison des percolations qu'elle provoquait

*2 : Rapporté à la surface réellement irriguée.

Tab. II

La répartition des doses suivant les zones se présente de la manière décrite dans le tableau II.

Qualité de l'effluent : MES (matière en suspension) 20 mg/l après filtration (assez faible) - pH proche de la neutralité (plutôt basique) - minéralisation assez faible : 700 µs/cm à 20°C - DCO (demande chimique en oxygène) : entre 5 et 86 mg/l, moyenne 46 mg/l - azote ammoniacal prédominant (30 mg/l en NH₄⁺) - présence d'azote nitrique (6,5 mg/l en NO₃) et azote nitreux (1,2 mg/l en NO₂) non négligeable - concentration bactériologique classiques : 10⁶ à 10⁷ coliformes totaux dans 100 ml, 10⁵ coliformes fécaux dans 100 ml, 10⁴ à 10⁵ streptocoques fécaux dans 100 ml.

L'effluent utilisé constitue une eau d'irrigation ne devant pas entraîner de problèmes majeurs pour les espèces végétales arrosées.

Fonctionnement de l'équipement hydraulique et d'irrigation

Les campagnes d'irrigation débutent en mai à partir du moment où les précipitations ne couvrent plus l'E.T.P. et elles se terminent en septembre - octobre avec l'arrivée des pluies d'au-

tomne. Le fonctionnement dure 5 à 6 mois, il est donc discontinu et comporte une période d'hivernage qui induit certaines contraintes en plus de la maintenance normale.

- A la station (poste de relèvement)

Pendant la saison d'irrigation, l'ensemble de l'équipement hydraulique doit faire l'objet d'un entretien régulier et de nettoyages fréquents. Pour l'hivernage, il faut vidanger les conduites, vannes et filtres avant les premières gelées.

- Sur le terrain

La fiabilité de l'installation d'irrigation *par aspersion* en couverture intégrale n'est plus à démontrer, même en eau usée : le bouchage des buses d'asperseur de 4 mm de diamètre n'est pas à craindre avec une eau filtrée à 120 microns et les tubes d'alliage aluminium résistent bien à la corrosion par les sels dissous dans l'eau.

Par contre en *micro-irrigation*, même avec une filtration préalable de l'eau, il y a risque de bouchage des ajutages, les eaux usées contenant des matières en suspension de nature minérale et organique susceptibles de provoquer des obstructions d'ordre physique ou biologique, ainsi que des sels dissous pouvant entraîner des obstructions d'ordre chimique.

La fréquence de ces bouchages peut être déjà réduite en procédant, lors de l'arrêt des arrosages avant hivernage, à une purge efficace de l'ensemble de l'installation précédée d'une chloration

massive (plus de 100 ppm pendant 3 à 4 heures d'irrigation).

Cette pratique s'est révélée assez efficace mais elle n'exclut pas, loin s'en faut, une inspection systématique du réseau d'irrigation et de tous les ajutages en début de campagne, suivi de quelques contrôles complémentaires en cours de saison.

Les risques sanitaires et l'évolution du milieu récepteur

Qualité des eaux de percolation et de ruissellement

En fonction des principaux épisodes pluvieux, différents types d'eau ont été prélevés à proximité immédiate du terrain d'expérimentation et analysés :

- pour les eaux de percolation (puits et galeries de mine), les analyses avant irrigation et en cours d'irrigation ne montrent pas de différence,

- les eaux de ruissellement (thalweg drainant tout le dispositif) présentent une qualité très variable dans le temps.

Des différences d'une unité de pH peuvent être rencontrées ; les conductivités mesurées varient d'un facteur 2 à 3. Les teneurs en nitrate passent de

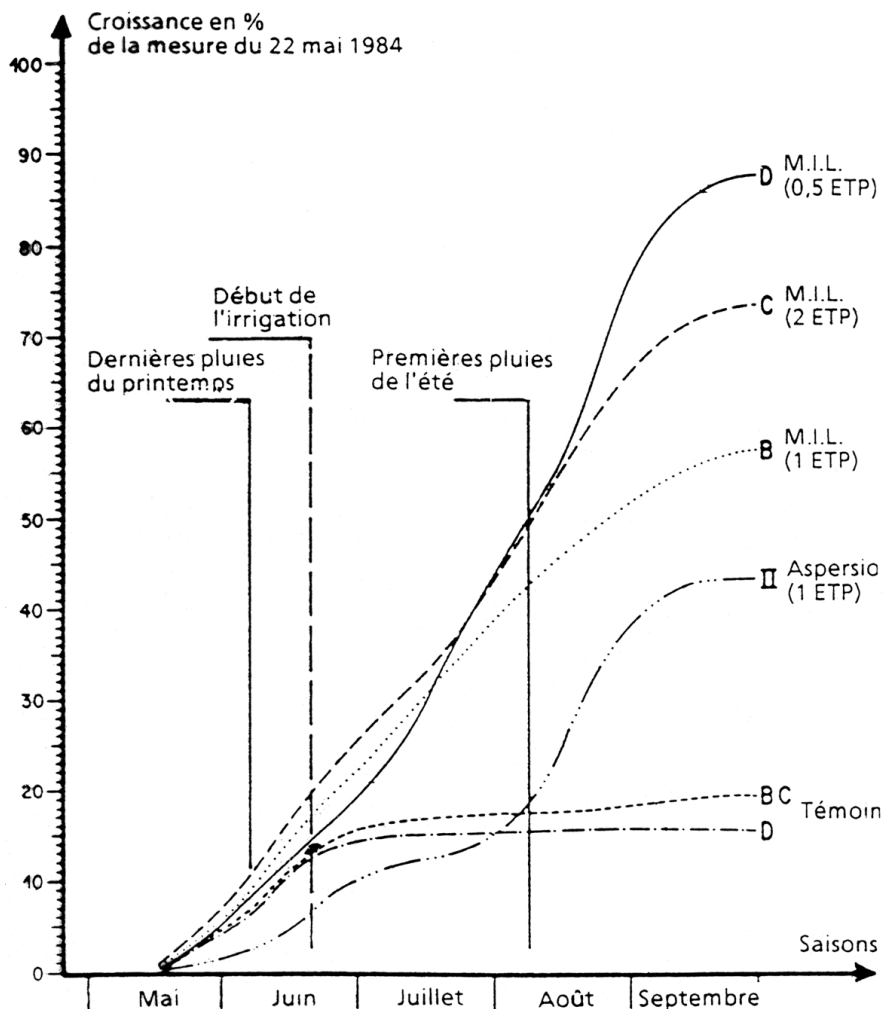


Fig. 3 : Evolution de la croissance des arbres au cours de la saison d'expérimentation 1984 (toutes essences confondues)

1 mg/l, et souvent moins, à plus de 100 mg/l et les germes indicateurs de contamination fécale voient leur numération varier des limites de la détection analytique à 104/100 ml.

Les variations les plus importantes, proches pour certains paramètres d'un effluent peu épuré, sont obtenues en été après les premiers orages souvent très violents (supérieur à 100 mm) et polluent notablement les eaux de ruissellement. Leur impact est cependant fortement diminué par l'augmentation simultanée du débit des rivières.

Une zone tampon non irriguée et le choix de terrains moins pentus entre l'axe du thalweg et les parcelles irriguées, permettent de limiter les entraînements directs.

Evolution physico-chimique des sols

L'irrigation apporte une amélioration très sensible des caractéristiques physico-chimiques de ces sols acides. Dans le contexte climatique méditerranéen, cette évolution devrait tendre à un équilibre entre le sol et l'effluent ; le sol présenterait un pH neutre, son complexe absorbant serait saturé.

Problèmes bactériologiques

L'étude de l'évolution bactériologique des sols a donné les résultats suivants :

- aucun germe pathogène n'a pu être mis en évidence, même en période

d'irrigation intense. Cela témoigne de la faible survie de ces bactéries hors de leur habitat fécal d'origine (tout au moins dans nos conditions),

- les concentrations bactériennes (non pathogènes) subissent une augmentation significative en période d'irrigation.

Cette charge bactérienne est à son maximum en été (température élevée et irrigation). En hiver, elle est à son minimum, quelquefois à la limite de la détection analytique. Aucun phénomène d'accumulation de la charge polluante, d'une saison d'irrigation à l'autre, ne se produit.

Effet du traitement sur la forêt

Sur les espèces introduites

En région méditerranéenne, l'essentiel de la croissance des végétaux se produit au printemps et ceci jusqu'à épuisement des réserves en eau du sol. Dès que le stress hydrique apparaît, la croissance s'arrête jusqu'aux pluies d'automne ou au printemps suivant.

L'intérêt fondamental de l'irrigation en période sèche est présenté sur la figure 3 qui montre l'évolution de la croissance des plants forestiers irrigués durant l'année 1984 par rapport à des sujets témoins.

En micro-irrigation, la vitesse de croissance reste sensiblement constante tout au long de la saison d'irrigation, les arbres ne semblent souffrir d'aucun stress hydrique, quelle que soit la dose d'eau apportée.

En aspersion (zone II) la croissance est fortement ralentie pendant la saison chaude. Elle redémarre toutefois après les orages du mois d'août.

L'aspersion, dont l'installation est plus simple et moins coûteuse, ne procure pas une augmentation des croissances significatives, du moins avec la dose de 1 ETP. Celle-ci est répartie sur toute la surface et profite beaucoup plus à la végétation adventice et notamment aux herbacées qu'aux arbres, jeunes ou adultes

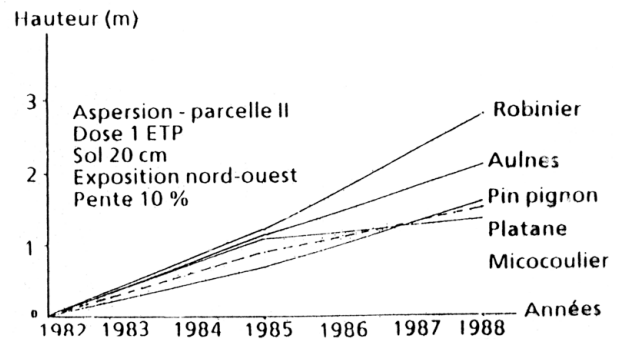
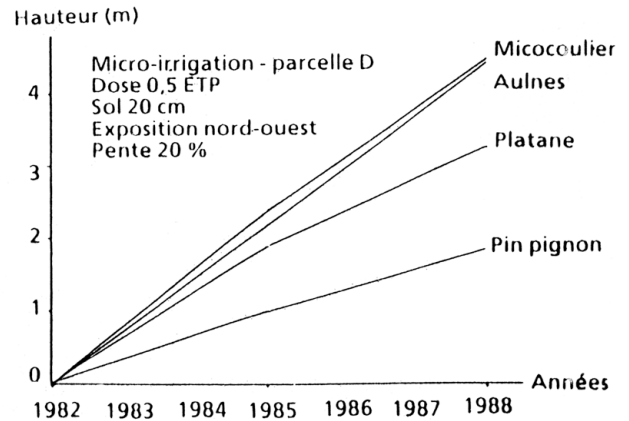
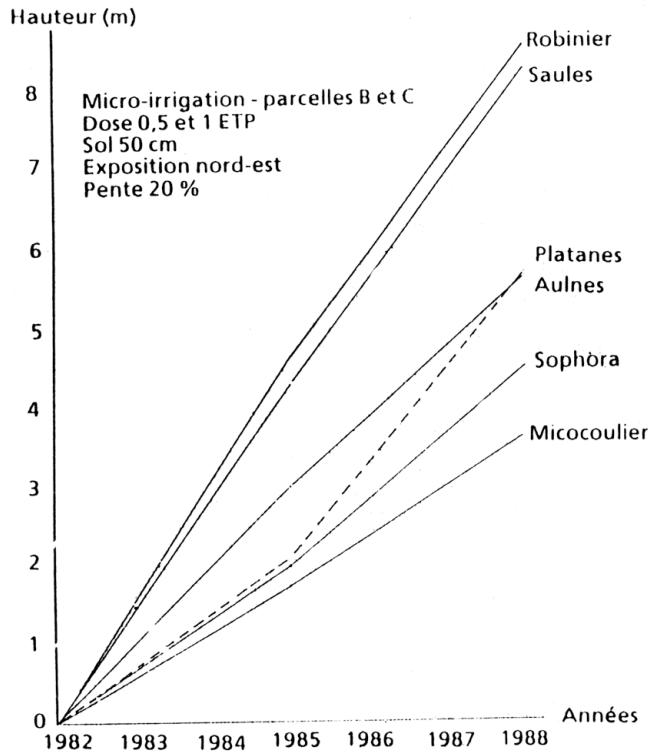


Fig. 4 : Mesures 1988

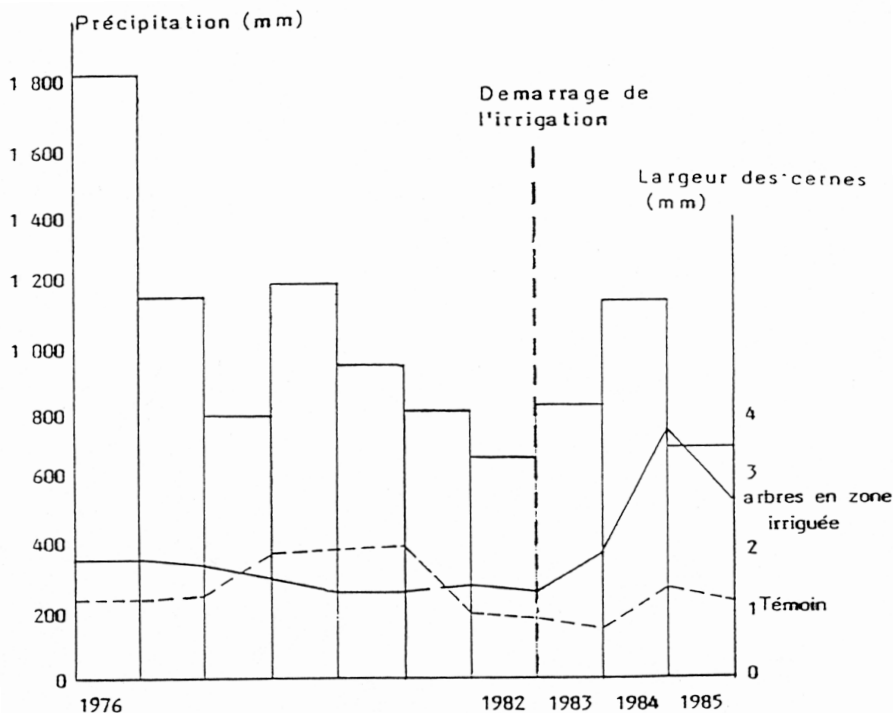


Fig. 5 : Mesure sur les 10 derniers cernes des chênes liège et chênes blancs naturels

Avec la micro-irrigation en revanche, la dose calculée à l'unité de surface est en fait apportée sur environ 15 % de celle-ci, au pied des arbres. Elle est donc ponctuellement beaucoup plus importante et peut alors pénétrer en profondeur et bénéficier aux arbres. Les arbustes en bénéficient également, car nombre d'espèces du maquis ont un enracinement profond, mais il y a moins d'herbacées.

L'observation de la croissance par espèce dans les différentes parcelles entre 1982 et 1988 (Cf. Fig. 4) montre :

- l'importance et la régularité de la croissance depuis le début de l'expérimentation,
- l'avantage de la micro-irrigation sur l'aspersion,
- que les facteurs écologiques stationnels et notamment la profondeur du sol sont plus déterminants que la dose d'effluent pour les parcelles en micro-irrigation.

Dans la zone témoin, les quelques survivants ne poussent plus ou rejettent sans cesse du pied ; les mesures ne sont plus faisables en 1988.



Photo 1 : Détail du dispositif de distribution de l'eau au pied des plantes

Photo Cemagref / Fomedi



Photo 2 : Saules après 4 ans d'arrosage

Photo Cemagref / Fomedi

Effet du traitement sur la forêt autochtone

Une trentaine de chênes liège et chênes blancs, choisis en pleine croissance, dans les zones en micro-irrigation et les témoins, ont été abattus. Des rondelles ont été prélevées et l'examen des dix derniers cernes de chacune d'elles montrent (Cf. Fig. 5) :

- qu'avant 1983, la croissance des arbres irrigués et celle des témoins ne se distingue pas et suivent l'évolution des précipitations annuelles,

- à partir de 1983, dès que l'irrigation démarre, les deux courbes divergent nettement. La courbe témoin conserve une tendance identique aux années précédentes, alors que celle des arbres irrigués s'élève nettement.

Des observations plus qualitatives sont révélatrices d'une augmentation

de l'activité végétative du peuplement naturel :

- production massive de glands, de très belle taille,

- formation sur les chênes adultes de tout âge, de pousses nouvelles sur tout le pourtour du houppier. Ce qui a eu pour conséquence de fermer rapidement le couvert dans les bouquets à densité suffisante, et de commencer à restreindre la broussaille.

Le développement de la broussaille

La formation arbustive qui avait été coupée au départ a réagi, elle aussi, à l'apport d'effluent.

La micro-irrigation a favorisé une repousse spectaculaire et vigoureuse de la strate arbustive ligneuse. Le maquis a rapidement retrouvé sa hau-

teur et sa densité initiale et certaines espèces telles que la ronce, la salsepareille et la fougère ont pris un grand développement.

En l'aspersion, la végétation adventice s'est complètement transformée et recomposée au profit d'une strate herbacée variée et importante.

Problèmes liés à l'explosion de la végétation adventice

Le problème fondamental concerne le risque d'incendie. Nous sommes en région méditerranéenne, dans la frange littorale qualifiée de zone rouge pour

ce fléau. Or, on pensait, au départ de l'expérience, que l'intérêt de l'arrosage pour la forêt permettrait la fermeture rapide du couvert, ce qui aurait eu pour effet de réduire l'embroussaillage, et donc la sensibilité au feu.

Les faits nous ont montré que ce scénario n'est pas aussi simple, ni aussi rapide.

Sous les grands bouquets de vieux arbres à houppiers jointifs, on constate localement une diminution de la végétation, mais plus souvent s'est développée une végétation de substitution, aimant l'eau et l'ombre. Il s'agit de la fougère aigle qui produit moins de biomasse mais peut brûler facilement quand, en plein été, ses frondes meurent et sèchent sur pied.

Les essences nouvelles introduites dans les trouées, elles, poussent plus vite en effet, mais n'assurent pas au bout de 5 ans un couvert dense, fermé et régulier. La végétation adventice y est très abondante et constitue une formation à risque.

Le débroussaillage est donc un corollaire obligatoire de l'irrigation en zone forestière méditerranéenne tant pour la prévention des incendies que pour la maintenance du réseau d'irrigation.

Le débroussaillage mécanique, épisodique, est exclu sur cet essai en raison :

- de la topographie inadaptée,
- du peuplement naturel hétérogène,
- de l'implantation du réseau d'irrigation installé à même le sol.
- Reste l'utilisation de phytocides. Cette solution a reçu un début d'application en juin 1988. L'opération s'est révélée assez facile et rapide, et l'efficacité des produits a été complète. Pour autant, cette solution n'élimine pas définitivement le problème du débroussaillage. L'opération doit être répétée afin de maintenir la parcelle bien propre jusqu'à l'obtention d'un couvert forestier suffisant.

Mais l'enseignement est clair : l'embroussaillage doit être contrôlé dès le départ, et les projets doivent être conçus de façon à faciliter les entretiens et le contrôle du réseau.

Perspectives et recommandations

Sur le plan technologique, la micro-irrigation est certes bien adaptée aux terrains accidentés, l'implantation du réseau est cependant à revoir et les matériels à améliorer.

Mais c'est le choix d'un site mieux adapté qui est le plus fondamental.

Des parcelles planes, régulières, peu pentues (< 15%), éventuellement plus proche de la station permettraient de concevoir des installations beaucoup plus rationnelles qui faciliteraient la gestion de l'ensemble du système.

Des sols plus profonds, de texture et de perméabilité adéquate, permettraient d'augmenter et de moduler les doses d'effluents suivant la demande. Plusieurs avantages à cela :

- diminution des problèmes de dépendance directe des arbres vis-à-vis de l'irrigation comme on a pu l'observer dans cet essai sur les sols superficiels en cas de panne,
- de diminuer les risques d'entraînement au moment des fortes pluies (la délimitation de zones tampons reste toutefois nécessaire),
- d'accroître encore la production ligneuse.

Au niveau de la conception de ce type de projet

Le recyclage d'eau usée en forêt ne doit pas être considéré comme un exutoire pour les rejets de la station au même titre qu'une rivière. Ce recyclage constitue le traitement tertiaire du processus d'épuration. Il doit être totalement intégré au fonctionnement et à la gestion de la station pour être efficace.

A Cogolin la charge de travail supplémentaire imputable à cette phase représente moins de 10 % pour le gérant de la station pendant 6 mois de l'année.

A cette charge s'ajoute le débroussaillage des parcelles qui est épisodique et peut se réaliser en basse saison.

A Cogolin, cet entretien négligé au

départ est devenu difficile et coûteux (environ 25 000 F TTC/ha).

Ce prix peut être déjà réduit avec des interventions annuelles. Il peut l'être encore plus dans un rapport de 1 à 5 s'il est pris en compte dans la conception d'un projet plus rationnel avec utilisation de phytocides et/ou de moyens mécaniques.

Conclusion

Sur le plan technique, cette étude nous a montré que le fonctionnement et la fiabilité des installations hydrauliques et d'irrigation sont bons. Les aléas de fonctionnement ont néanmoins révélé l'importance des problèmes de maintenance, qui doivent être pris en compte avec ceux de la station d'épuration.

L'utilisation d'eau usée en forêt est un problème d'épuration et d'environnement.

Cette expérience a montré qu'un écosystème forestier suffisamment évolué, constitue un site tout à fait adapté pour réaliser un traitement tertiaire.

Les eaux de percolation n'entraînent pas de pollution de la nappe phréatique. Seules, les eaux de ruissellement après de fortes pluies posent un problème, relatif toutefois. Le sol forestier absorbe et dégrade la charge bactérienne sans accumulation d'une année sur l'autre.

Concernant la réaction de la forêt, les gains de croissance enregistrés par les plantations et par la forêt autochtone montrent que l'impact est bénéfique et qu'une production forestière valable n'est pas utopique.

Néanmoins, c'est des forestiers que proviennent les restrictions les plus importantes. Les contraintes d'entretien sont lourdes et problématiques dans les conditions topographiques, trop accidentées, que nous offrent le plus souvent les espaces forestiers de la région méditerranéenne.

Il faut trouver des sites mieux adaptés :

- Il peuvent se trouver en forêt mais il faut, alors, concevoir un aménagement et une gestion adaptée aux contraintes d'une infrastructure

d'épandage. On bénéficie en outre des avantages que représente un sol forestier dans la fonction épuratoire.

- Il peuvent provenir, aussi, de la déprise agricole, dont les surfaces abandonnées présentent certainement toutes les qualités topographiques requises pour des infrastructures d'épandages. Ce choix permettrait en outre de donner à ces espaces une nouvelle utilité, en les conciliant avec des plantations à forte croissance fixatrices de CO₂ telles que le prévoit le

plan de réduction des gaz à effet de serre.

L'expérience de Cogolin a fonctionné pendant 7 ans. Elle a permis d'aborder certains aspects mais elle aurait dû se poursuivre encore quelques années afin :

- de récolter des observations sur le long terme toujours nécessaires en matières forestières et d'environnement,

- de demeurer un exemple et une vitrine pour d'autres réalisations.

Il manquait, pour cela une volonté politique et administrative qui n'a pas compris l'intérêt scientifique, ni pressenti l'évolution écologique de notre société et les demandes qui en résulteraient en matière d'aménagement et de gestion du territoire.

Elle s'est arrêtée aux contraintes immédiates que représentait cet essai et aux pressions des gestionnaires de station d'épuration.

Epandages d'eaux usées en plantations forestières en Nouvelle-Zélande : comparaison des performances de différentes espèces forestières

par Jean-Michel CARNUS*,

d'après un article de ID. NICHOLAS, J.M. CARNUS & G.R. OLIVER **

Introduction

En Nouvelle-Zélande, les systèmes d'épuration par épandages d'effluents municipaux ou industriels se sont mis en place, pour la plupart depuis 15 ans, dans les plantations de *Pinus radiata* (CARNUS et al. 1994), l'espèce forestière commerciale dominante. Bien que, dans le cadre de ces programmes en Nouvelle-Zélande, les feuillus n'aient pas été autant étudiés que *Pinus radiata*, certaines espèces de feuillus (en particulier les eucalyptus) suscitent un intérêt du fait de leur taux élevé de croissance initiale et des caractéristiques de leur bois (fibres courtes, densité élevée). Ces facteurs contribuent d'une part, à la capacité

des feuillus à produire dans leur jeunesse davantage de biomasse que les conifères et, d'autre part, à leur aptitude lorsqu'ils sont gérés en rotations courtes à produire du bois à des fins énergétiques ou de pâte à papier. Combinés à une exploitation en taillis, ce sont de précieux atouts dans un système d'épuration par le sol où une croissance rapide en bas âge témoigne généralement d'un fort besoin en eau et en éléments nutritifs. Pendant la dernière décennie en Nouvelle-Zélande, plusieurs essais et projets d'épandages en plantations forestières ont vu le jour : des eucalyptus ont remplacé les pins du fait de leur aptitude à supporter les apports d'effluents et à produire du bois à des fins énergétiques. Cet article passe en revue ces essais et compare la performance des différentes espèces sous un régime d'irrigation intégrant des effluents.

Les essais en Nouvelle-Zélande se sont appuyés sur des plans expérimen-

taux différents en fonction des priorités de la recherche (Cf. Tab. I) : évaluation des espèces quant à leur survie et leur première croissance, volume produit, consommation potentielle d'éléments nutritifs ; des études plus exhaustives, aussi, visant à évaluer les effets environnementaux au niveau des sites ou des bassins versants. Quelques 13 espèces forestières ont fait l'objet d'évaluations aux sites de recherche figurant dans cet article (Cf. Tab. II).

Description des essais et des résultats

Whakarewarewa - Rotorua

Partie intégrante du système de géo-épuration à Rotorua décrit par Tomer

* INRA Bordeaux Cestas
Unité de recherche forestière
BP 45 - 33611 Gazinet cedex

** New Zealand Forest Research
Institute, Rotorua