

# VALORISATION DES EAUX USÉES PAR L'IRRIGATION EN FORÊT MÉDITERRANÉENNE

## L'EXPÉRIMENTATION DE COGOLIN (Var)

par Marcel CADILLON,\*  
André MALAVAL,\*\*  
Christian RIPERT,\*\*  
et Lidia TREMEA\*

### Perspectives d'avenir

Comme on peut s'en rendre compte dans l'article qui suit l'expérience de valorisation de eaux usées de Cogolin donne, après 5 ans de fonctionnement, des résultats dans l'ensemble très positifs : les systèmes de filtration et d'irrigation fonctionnent sans bouchage intempestif; les arbres non seulement ne dépérissent pas mais, pour certains feuillus notamment, montrent des croissances, encore jamais observées ailleurs; les sols s'améliorent et les proliférations bactériennes n'y présentent aucun caractère pathogène; de même les aérosols ne causent aucune contamination dans les zones en aspersion. C'est donc la panacée et toutes les communes du littoral (et les autres) vont se précipiter pour appliquer cette méthode extraordinaire !...

**Ce n'est malheureusement pas encore le cas ? Pourquoi ?**

D'abord parce que dans ces domaines (« pollution » et « forêts ») les gens sont prudents et c'est normal. Ce n'est pas après 4 ou 5 ans que l'on peut dresser un bilan définitif de ces résultats. L'expérience doit donc se poursuivre encore quelques années. Ensuite et surtout, parce que,

tant qu'elle ne valorise que des eaux déjà traitées, elle n'intéresse que faiblement les collectivités. Bien sûr, ces eaux, après traitement, continuent à polluer les rivières et les côtes de la région (éléments dissous, bactéries, etc...) mais la réglementation n'exige, pour le moment, rien de plus! pourquoi en rajouter ?

Aussi dès 1986 et à la suite des travaux sur « dispositif pilote » réalisés par la Division irrigation du CEMAGREF, il a été proposé de passer, au cours des prochaines années, à une valorisation directe des eaux brutes. Evidemment, il faut envisager un dispositif de filtration (dégrillage) plus efficace et un suivi plus poussé des aspects bactériologiques dans les eaux, les sols et les aérosols.

Mais quelle révolution si après avoir démontré la faisabilité de cette technique, on peut faire, aux collectivités préoccupées des pointes de débit estivales qui « débordent » leurs stations d'épuration, la proposition suivante : écreter ces pointes en les envoyant directement valoriser les forêts environnantes, économisant ainsi la construction d'une nouvelle station !

Le projet est prêt à la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt du Var. Il n'a pas pu être réalisé en 1986, faute de crédits, mais nous espérons bien qu'en 1987, avec l'aide des instances départementales, régionales et nationales, cette expérience, unique en France méridionale, pourra atteindre son but qui est une véritable valorisation des eaux usées dans les forêts méditerranéennes.

Guy BENOIT de COIGNAC

\* Société du canal de Provence et d'aménagement de la région provençale (S.C.P.),  
Le Tholonet.  
B.P. 100.  
13603 Aix-en-Provence cedex.

\*\* Centre national du machinisme agricole du génie rural, des eaux et des forêts (CEMAGREF),  
groupement d'Aix-en-Provence.  
B.P. 31. Le Tholonet.  
13612 Aix-en-Provence cedex.

# Introduction

L'installation expérimentale décrite dans cet article a été entreprise par la commune de Cogolin (1). Elle a pour objectif 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. Cette utilisation présente en période estivale un double avantage :

- éliminer une source de pollution pour le milieu naturel (cours d'eau ou milieu marin) à un moment où coïncident l'étiage des rivières, l'utilisation maximale des plages, et la pointe de volume des eaux usées résultant de la saison touristique;

- constituer une ressource en eau complémentaire pour le milieu forestier dont la protection contre les incendies serait grandement facilitée par la création de pare-feu arborés à couvert dense. Accessoirement la productivité de la forêt, actuellement très faible, pourrait être augmentée de façon notable.

Cette expérimentation d'irrigation en forêt est installée depuis 1982 à Cogolin où deux hectares et demi de forêt sont irrigués par aspersion et par micro-irrigation avec des effluents sortant d'un traitement biologique secondaire. Elle devait permettre d'appréhender :

- la méthode d'irrigation la mieux adaptée : aspersion ou micro-irrigation,
- les effets sur la végétation : croissance des arbres et inflammabilité,
- l'épuration des eaux par le sol.

Les caractéristiques de cette parcelle (orientation au Nord, pente importante, faible épaisseur d'un sol de texture sablo-limoneuse reposant sur un horizon de micaschistes imperméables) imposaient de prendre certaines précautions pour éviter un ruissellement érosif et un écoulement d'eau incomplètement épurée à l'aval.

Nous présentons ici les résultats de trois ans de suivi concernant :

- les techniques d'irrigation,
- la réaction de la forêt,
- l'évolution physico-chimique et bactériologique des sols,
- l'évolution des eaux de percolation et de ruissellement,
- la qualité bactériologique des aérosols provoqués par l'irrigation par aspersion.

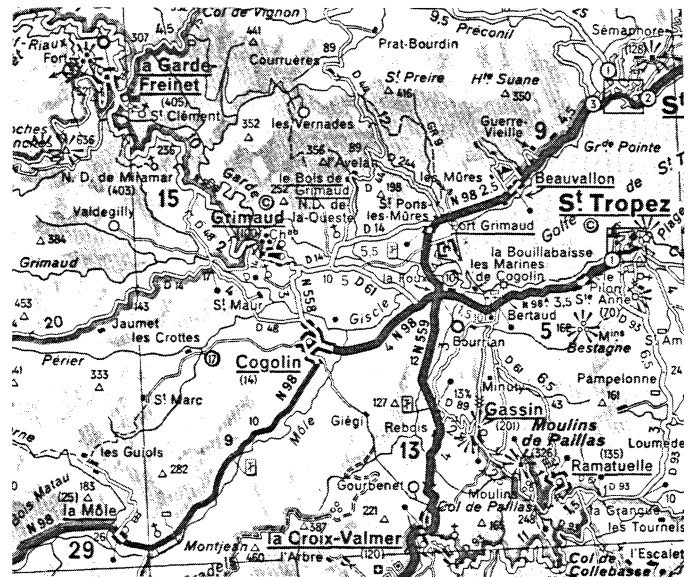


Figure 1. — Localisation de l'expérience.

## Description de l'installation

### Les équipements d'irrigation

Dans le cadre de cette expérimentation, les effluents sont prélevés à la sortie du décanteur secondaire de la station d'épuration de Cogolin. Celle-ci fonctionne sur le principe des boues activées en aération prolongée et traite les effluents de 7 000 habitants en hiver, et d'un nombre beaucoup plus considérable en été.

Ces effluents sont filtrés au moyen d'un filtre flottant auto-nettoyant placé en aspiration (vide de maille du tamis : 180  $\mu$ ) et d'un filtre de sécurité placé en aval du groupe de pompage (vide de maille du tamis : 120  $\mu$ ).

Un programmeur horaire permet d'irriguer indépendamment quatre zones différentes par l'intermédiaire de quatre vannes électriques.

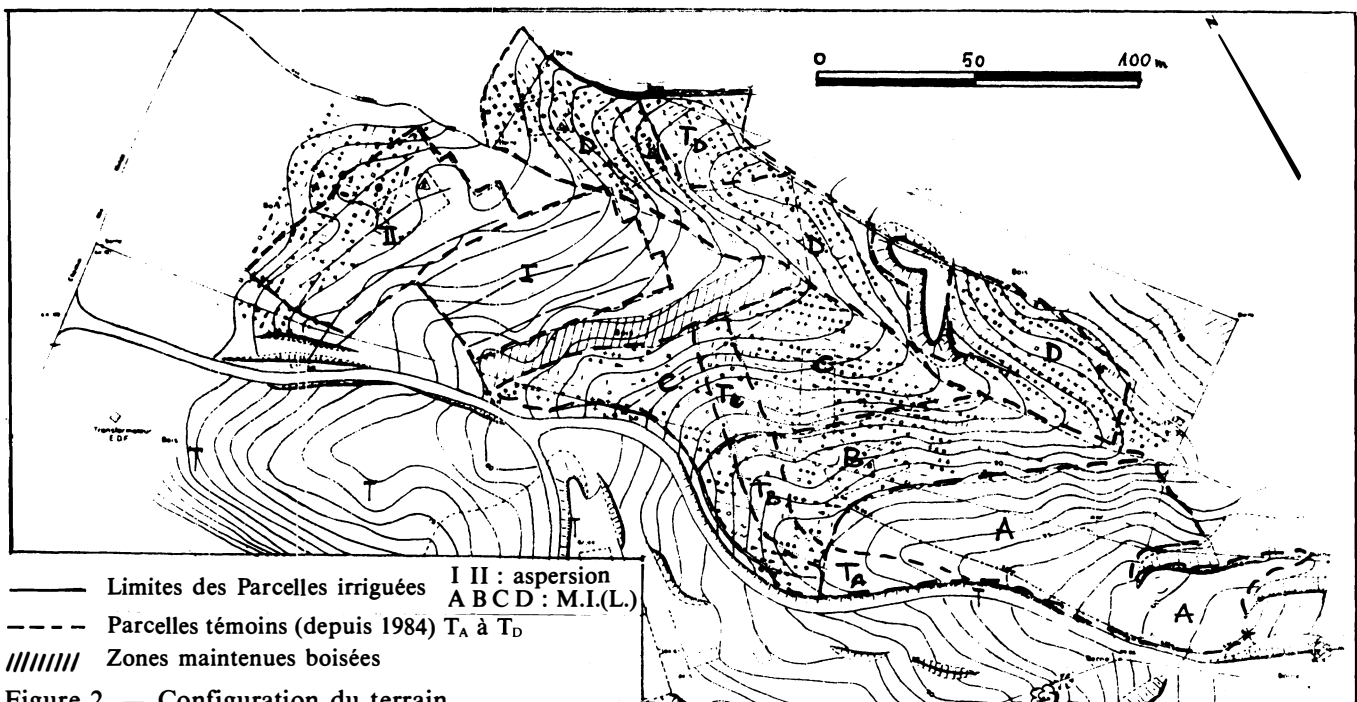


Figure 2. — Configuration du terrain.

La conduite d'amenée, en PVC, série 10 bars, a une longueur de 2 700 m. Une vidange a été montée au point bas du parcours.

La figure 1 donne le plan de l'installation. Deux secteurs notés I et II sont irrigués en aspersion. Sur chacun la distribution est effectuée de la manière suivante :

- 3 rampes fixes en alliage d'aluminium de 2 pouces portant chacune 4 asperseurs couvrant la totalité du secteur
- écartement entre asperseurs : 18 m
- écartement entre rampes : 12 m.

Les asperseurs, montés sur des allonges de 50 cm sont de marque Rain-Bird de type 30 WH à une seule buse débitant 1,15 m<sup>3</sup>/h sous 3,5 bars. L'ouverture ou la fermeture de chaque poste est manuelle grâce à une vanne à boule posée en dérivation sur la conduite d'amenée. La pression est réglée par une vanne à passage direct en bronze placée juste après la vanne à boule de sectionnement et est contrôlée sur un asperseur situé en milieu de rampe.

La surface totale irriguée en micro-irrigation est de 1,66 ha et répartie en 4 zones appelées A, B, C, D.

Pour chacune de ces quatre zones, la distribution est assurée par des ajutages calibrés en laiton, de 1,2 à 2,1 mm de diamètre, type « conteneur » fabriqués par la Compagnie Nationale d'Aménagement du Bas-Rhône-Languedoc et prolongés par un tube conducteur de diamètre 4x6 mm en polyéthylène jusqu'au plant à arroser.

Ces ajutages sont répartis tous les quatre mètres sur des rampes. Les rampes sont fixées environ tous les 5 m sur les porte-rampes en polyéthylène. Pour passer du porte-rampes à la rampe, l'effluent est canalisé par un tuyau brise-charge dont la longueur règle la pression en tête de rampe. L'ouverture ou la fermeture de chaque poste, en fonctionnement normal, est automatique grâce à une vanne électrique commandée par le programmeur. La pression au début du porte-rampes de chaque zone est réglée par une vanne à passage direct. Cette pression détermine le débit de chaque ajutage de la zone, ce débit variant de 35 l/h pour la zone D à 58 l/h pour la zone A. Des cuvettes disposées en amont des jeunes plants permettent à l'eau de s'accumuler et de s'infiltrer entre 2 apports.

## L'eau d'irrigation

Etant donné la méconnaissance des besoins en eau de la forêt méditerranéenne, les doses ont été calculées par rapport à une estimation de l'ETP (2) de PENNMAN, calculée chaque décade à la station météorologique de Fréjus.

Les différentes doses apportées sont résumées dans le tableau I ci-dessous en fonction des saisons d'irrigation.

Tableau I. — Doses d'irrigation

Parcelle	1983	1984	1985
Aspersion I	1 ETP	1 ETP	1 ETP
II	1 ETP	1 ETP	1 ETP
Micro-irrigation			
A	1 ETP	1 ETP	1 ETP
B	0,5 ETP	1 ETP	0,5 ETP
C	2 ETP	2 ETP	1 ETP
D	1 ETP	0,5 ETP	0,5 ETP

La qualité de l'effluent peut être caractérisée de la façon suivante :

— un pH proche de la neutralité mais à tendance légèrement basique,

— une minéralisation assez faible pour un effluent (elle se situe aux environs de 700 µs/cm à 20°C (surtout Na, Cl et SO<sub>4</sub>),

— une charge en matières en suspension relativement faible, en moyenne de 20 mg/l (après passage au travers des deux filtres placés à la station),

— la DCO (demande chimique en oxygène) présente des valeurs classiques pour un tel type d'effluent avec une teneur moyenne de 46 mg/l (entre 5 et 86 mg/l),



Photo 1. 1982. Zone irriguée par aspersion après débroussaillage. Photo Jacques GAUDIN



Photo 2. Zone irriguée en localisé. Photo J.G.

— les différentes formes de l'azote minéral montrent que l'azote ammoniacal prédomine (30 mg/l en NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) mais la présence d'azote nitrique (6,5 mg/l en NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et d'azote nitreux (1,2 mg/l en NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) n'est pas négligeable,

— sur le plan bactériologique, les énumérations effectuées présentent des valeurs tout à fait classiques. Elles peuvent se résumer ainsi :

10<sup>6</sup> à 10<sup>7</sup> Coliformes totaux dans 100 ml

10<sup>5</sup> Coliformes fécaux dans 100 ml

10<sup>4</sup> à 10<sup>5</sup> Streptocoques fécaux dans 100 ml.

En conclusion, l'effluent secondaire utilisé constitue une eau d'irrigation de qualité convenable ne devant pas entraîner de problèmes majeurs pour les espèces végétales arrosées.

## Les plantations

Les parcelles expérimentales ont été entièrement débroussaillées; la broussaille, essentiellement constituée de bruyère arborescente et de calycotome, a été broyée et étalée sur le sol. Ces opérations se sont déroulées en deux phases; l'une en janvier-février 1982 et l'autre en janvier-février 1983.

Les plantations ont été exécutées en deux étapes :

— la première année (zones A et I) les essences plantées sont les suivantes :

(1) Grâce à la participation du Ministère de l'Agriculture (Service de l'Hydraulique), de l'Agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse, du Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur, de la D.A.T.A.R. (Mission « Méditerranée »).

(2) E.T.P. : évaporation potentielle = consommation maximale d'une pelouse alimentée en eau à refus.

● Chêne rouge d'Amérique — <i>Quercus borealis</i>	60
● Erable sycomore — <i>Acer pseudoplatanus</i>	60
● Orme de Sibérie — <i>Zelkova crenata</i>	50
● Frêne à fleurs — <i>Fraxinus ornus</i>	60
● Merisier — <i>Cerasus avium</i>	50
● Eucalyptus — <i>E. gunnii</i>	50
● Eucalyptus — <i>E. macarthurii</i>	50
● Eucalyptus — <i>E. dalrympleana</i>	50
<b>TOTAL :</b>	<b>430</b>

## Total

— La deuxième année (sur les autres parcelles), les plants ont été répartis en séquences répétitives de 61 individus.

Chaque séquence comprend :

- 6 Ailantes — *Ailantus glandulosa*
- 10 Aulnes de Corse — *Alnus cordata*
- 6 Chênes-lièges — *Quercus suber*
- 6 Micocouliers — *Celtis australis*
- 6 Pins pignons — *Pinus pinea*
- 5 Platanes d'Orient (Iran) — *Platanus orientalis*
- 6 Robiniers — *Robinia pseudoacacia*
- 10 Saules — *Salix alba*
- 6 Sophoras — *Sophora japonica*

soit pour l'ensemble des séquences : 1.176 plants au total.

Cinq autres essences ont été replantées et ont servi à regarnir les deux petites surfaces de la tranche 1982 pour lesquelles il manquait 35 % à 40 % des plants (plantation trop tardive). Ces espèces sont :

- *Eucalyptus gunnii*
- *Eucalyptus macarthurii*
- *Eucalyptus dalrympleana*
- Peuplier blanc d'Italie (Lucque) — *P. alba*
- Platane d'Orient, de Crête et Samos — *P. orientalis*

165 plants ont été ainsi mis en place.

En 1983-1984, un autre regarnis a introduit 130 plants de cyprès verts (*C. sempervirens*).

Il y a eu en définitive environ 1 600 plants installés dont 16 espèces ou provenances feuillues et 2 espèces résineuses.

Par ailleurs, les arbres en place, petits et grands, semis et jeunes plants ont été préservés lors du débroussaillage. Le peuplement initial comportait des chênes-lièges, des chênes blancs, des chênes verts et des pins maritimes (gravement atteints par la cochenille pour la plupart).

## Les résultats

### Fonctionnement de l'installation

La fiabilité d'une 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 susceptible de provoquer des obstructions d'ordre physique ou biologique, ainsi que des sels dissous pouvant entraîner des obstructions d'ordre chimique.

Avec les ajutages utilisés à Cogolin, dont les diamètres de l'orifice s'étagent entre 1,2 et 2,1 mm par dixième de millimètre, on peut craindre 2 types de bouchage :

- une obstruction physique, consécutive à un arrêt prolongé de l'installation, au cours duquel les matières fines en suspension dans l'eau (que l'équipement de filtration a laissé passer) qui se sont déposées dans les canalisations, s'agglomèrent en se desséchant. A la remise en eau de l'installation, ces agglomérats, que le gel de l'hiver ou la



Photo 3. Novembre 1986. Témoin débroussaillé non arrosé. Pin maritime à gauche, chêne blanc à droite, chêne liège au fond avec, au premier plan, un jeune pied de chêne-liège.

Photo J.G.

dessiccation aura fragmentés, sont entraînés par le courant et vont colmater les ajutages qui, au contraire des goutteurs à cheminement long, ont une entrée unique très sensible à une obstruction brutale par une particule de grosse dimension.

- une obstruction biologique due essentiellement à des développements d'algues ou de gels bactériens dans les rampes qui, entraînés par le courant, viennent obstruer plus ou moins complètement l'orifice des ajutages.

Ces 2 types de bouchage peuvent être évités en procédant lors de l'arrêt des arrosages avant hivernage à une purge efficace de l'ensemble de l'installation (rampes, porte-rampes et canalisation d'amenée) précédée, pour la rendre plus efficace, d'une chloration massive (plus de 100 ppm pendant 3 à 4 heures). C'est ce mode de maintenance qui a été mis en œuvre à Cogolin et qui s'est révélé efficace durant ces 3 années d'expérimentation où seulement quelques bouchages accidentels ont été constatés.

Les 2 filtres à tamis, placés l'un, auto-nettoyant, sur l'aspiration et l'autre en sécurité, sur le refoulement de la pompe de mise en pression ont fonctionné sans faille (l'essentiel de la filtration étant assuré d'ailleurs par le premier), quelle que soit la qualité de l'effluent rejeté par la station d'épuration.

Les boues et rejets de tamis sont recyclés dans la station d'épuration.

## Réactions de la forêt

Les réactions de la forêt ont été appréciées à plusieurs niveaux en fonction des modes et des doses d'apport d'eau :

- Forêt autochtone : croissance, production
- Forêt introduite : reprise, croissance
- Inflammabilité et combustibilité.

### Forêt autochtone

Cette forêt est composée de chêne-liège, chêne blanc et chêne vert, de pin maritime et de quelques rares fruitiers. Elle comprend aussi une formation arbustive souvent puissante à base de bruyère arborescente et de calycothome épineux, caractéristique du maquis méditerranéen.

En ce qui concerne la croissance en hauteur et en diamètre des arbres existants, aucune mesure systématique n'a pu être faite pour diverses raisons. Néanmoins quelques observations qualitatives se sont avérées révélatrices de la meilleure croissance de ces peuplements :

- massive production de glands, de très belle taille, sur tous les chênes et par la suite apparition d'une grande quantité de semis naturels (rares sur les témoins);

- pendant toute la saison d'irrigation, 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 zones à densité suffisante et d'éliminer la broussaille;

- dans les zones peu arborées par contre la réaction des formations arbustives a été spectaculaire; elles ont pratiquement retrouvé en 3 ans leur hauteur et leur densité initiales. Alors que dans le témoin la réponse est lente et la formation encore très clairsemée;

- à la suite du débroussaillage initial, obtention en 2 ou 3 ans de rejets de chênes, liège et blanc, de très belle venue (2 à 3 m);

- l'éclatement, plus important, du liège mâle que l'on a pu observer sur les branches de gros arbres ou sur le tronc des jeunes rejets (Ø 10 à 30 cm) laisse supposer un accroissement plus important du bois et du liège.

### Réaction des espèces introduites

La physiologie des plantes dans les zones naturelles en région méditerranéenne est caractérisée par une intense activité cellulaire au printemps dès que la température devient clémente, ceci assez tôt en saison, en même temps que se produisent des précipitations importantes (avril-mai).

L'essentiel de la croissance se produit donc à cette époque et ceci jusqu'à épuisement des réserves en eau du sol. Dès que le stress hydrique apparaît la croissance s'arrête définitivement jusqu'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.

Ces derniers suivent l'allure classique des courbes de croissance en région méditerranéenne comme décrit précédemment.

En micro-irrigation (localisée), par contre, 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 assez nettement toutefois après les orages du mois d'août. Tout se passe comme si la dose d'eau apportée (pourtant égale à 1 ETP, comme en micro-irrigation) ne constituait qu'une dose d'entretien permettant aux arbres de se maintenir en croissance ralentie en attendant les premières pluies d'automne qui leur permettront de repartir.

## Comparaison en fonction des modes d'apport

La figure 3 montre en outre que la micro-irrigation est le mode d'apport le plus adéquat et le plus performant.

L'aspersion dont l'installation est plus simple et moins coûteuse ne correspond pas du tout aux objectifs visés. La dose apportée est répartie sur toute la surface et profite beaucoup plus à la végétation adventice et notamment aux herbacées qu'aux arbres, jeunes ou adultes.

En micro-irrigation (localisée), par contre, 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 peuvent en bénéficier également car nombre d'espèces du maquis ont un enracinement profond mais il y a moins d'herbacées.

En micro-irrigation 3 doses d'arrosage ont été testées : 0,5, 1 et 2 ETP (cf. Tableau 1).

Deux zones dites « témoins » sans irrigation ont été implantées en 1984. Ces zones témoins n'existaient pas la première année où tout était irrigué. Ceci pour assurer la reprise des plants dont la plupart appartiennent à des essences hygrophiles dont il fallait aider l'implantation.

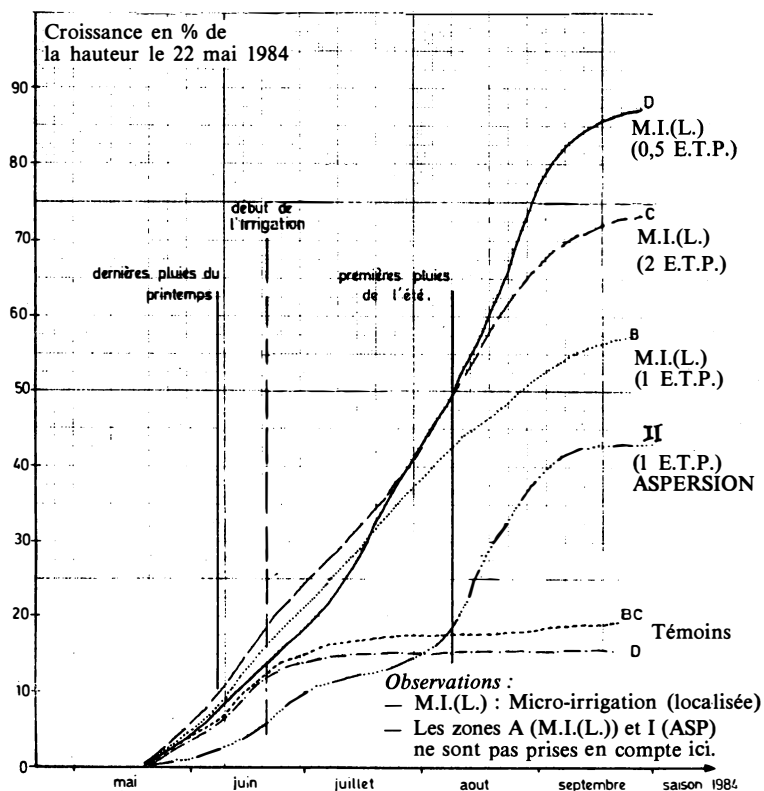


Figure 3. — Evolution de la croissance des arbres au cours de la saison d'expérimentation (toutes essences confondues).



La 1<sup>re</sup> année on ne peut donc juger que de l'effet doses et le diagramme (fig. 4) montre qu'il n'y a pas de corrélation entre les gains de croissance et l'importance des différentes doses.

La 2<sup>e</sup> année, ce résultat se confirme et montre également que c'est l'apport d'eaux usées seul qui est déterminant : dans les zones témoins en effet toutes les espèces montrent un accroissement nul ou en baisse par rapport à celui de l'année précédente où elles étaient arrosées, alors que dans les zones irriguées toutes les espèces poursuivent leur croissance et l'augmentent même par rapport à l'année précédente.

La 3<sup>e</sup> année, la dose 2 ETP qui ne semblait pas apporter d'amélioration de croissance mais, par contre, occasionnait une percolation et parfois un ruissellement important, a été supprimée. Le témoin présente une croissance quasi-nulle pour plusieurs essences (platane, saule, sophora, micocoulier).

Le comportement par espèce est surtout lié aux besoins spécifiques de chacune d'elles. L'analyse de leur réaction permet de les classer en 3 groupes assez homogènes :

- 1<sup>er</sup> groupe : très forte réaction : robinier, saule.
- 2<sup>e</sup> groupe : forte réaction : aulne de Corse, platane, micocoulier, ailante.
- 3<sup>e</sup> groupe : réaction modérée : chêne-liège, pin pignon, sophora, cyprès + toutes les essences de la 1<sup>re</sup> tranche.

On observe que les essences qui ont la plus forte réaction sont, dans l'ensemble, des essences très hygrophiles, ayant une croissance rapide et une longévité faible. Au contraire les essences peu hygrophiles, à croissance lente et grande longévité réagissent moins spectaculairement, quoique très notablement cependant.

L'intérêt d'avoir multiplié le nombre d'espèces permet de dresser un catalogue susceptible de répondre, dans le cadre d'autres réalisations, à des objectifs variés (production, protection, paysage).

## Evolution de l'inflammabilité et de la combustibilité

Des tests d'inflammabilité effectués sur les espèces composant la strate arbustive (maquis) ont été réalisés selon une méthode mise au point par l'I.N.R.A. Celle-ci est basée sur le temps que met un échantillon de végétal à s'enflammer au contact d'une source de chaleur. Ce délai est fonction de l'espèce, de son état physiologique et notamment de sa teneur en eau.

Les échantillons recueillis pour les tests sont les extrémités des rameaux en situation sommitale et latérale sur le végétal. Dans les zones irriguées ces rameaux sont en perpétuel état de croissance et donc très turgescents ce qui explique leur très faible inflammabilité.

Les résultats montrent en effet la nette diminution, dans les zones irriguées, de l'inflammabilité des espèces qui composent le maquis. Les tests réalisés sur le chêne-liège adulte sont plus irréguliers mais la méthode semble mal adaptée aux espèces arborées.

Cette diminution d'inflammabilité des espèces du maquis ne doit cependant pas être considérée comme la panacée en matière de lutte contre les incendies. Elle est en effet très largement compensée par l'augmentation de la biomasse de broussaille qui, globalement, accroît de façon importante la combustibilité de la forêt. La réponse de la végétation arbustive dont le développement rapide et important transforme en 2 ou 3 ans les parcelles irriguées en « forêt vierge » représente un inconvénient majeur.

L'expérience montre qu'un débroussaillage annuel est nécessaire dès le départ. La broussaille âgée de 1 an seulement est encore basse et tendre ;

— il est alors facile de la couper sans abîmer le réseau d'irrigation (on peut relever aisément les tuyaux ou les déplacer),

— la végétation coupée peut être abandonnée sur place en l'état sans que l'on soit obligé de l'éliminer par brûlage ou broyage,

Figure 4.

Doses T : Témoin moyenne des deux placeaux)  
B }  
C } Voir Tabl. I  
D }

Années : 0 = 1982  
1 = 1983  
2 = 1984  
3 = 1985

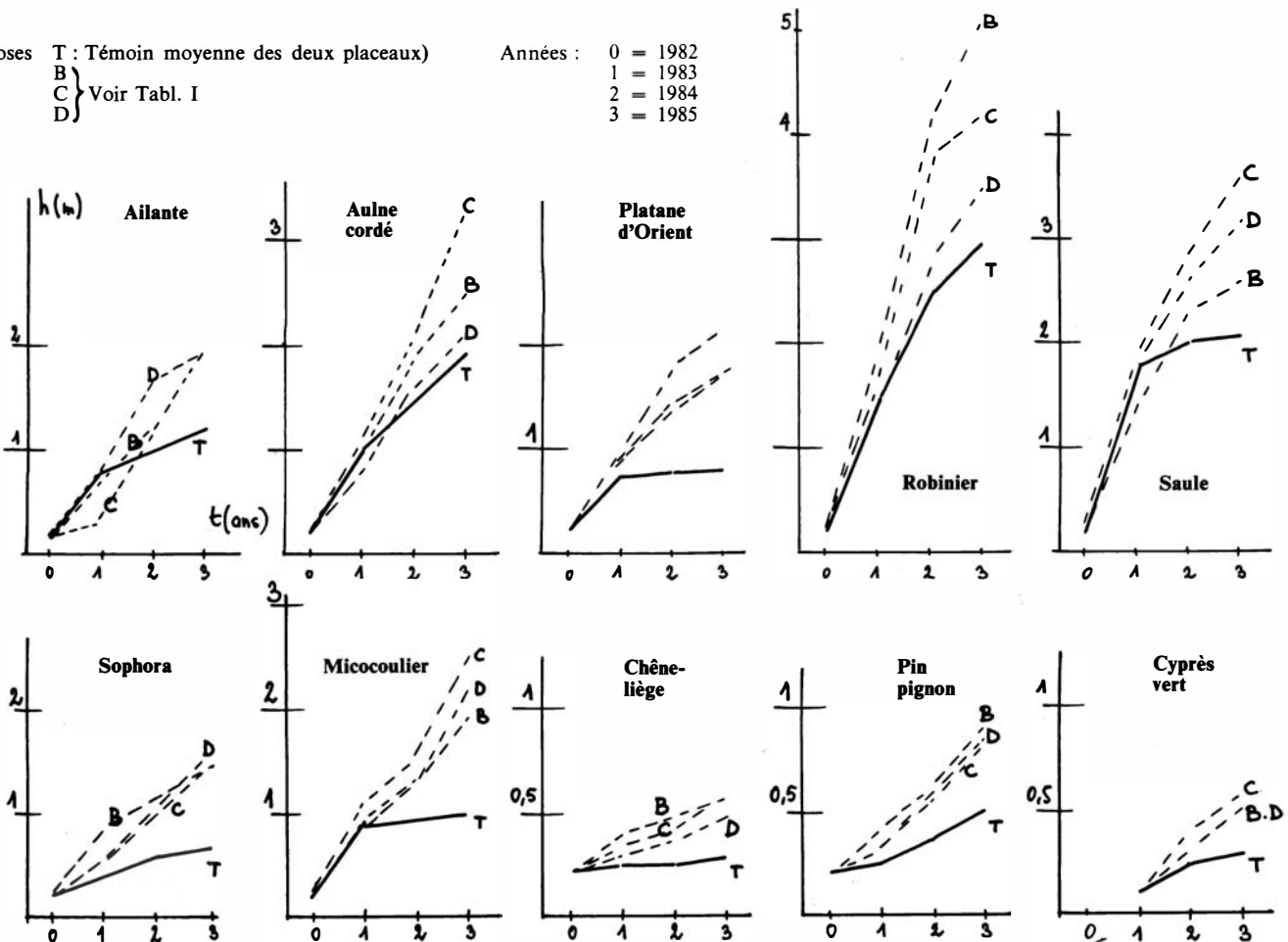




Photo 4. Novembre 1986. Zone irriguée en localisé. Groupe de robiniers plantés en 1983, hauteur : 5 à 6 m.

Photo J.G.

— l'opération est donc rapide, facile et peu dommageable pour les installations.

En outre, le débroussaillage annuel permet un contrôle aisé du réseau d'irrigation pendant la période de fonctionnement. Il permet également de diminuer très fortement la combustibilité de la parcelle. L'inflammabilité étant quasiment nulle, la parcelle se trouve vraiment à l'abri du feu.

L'irrigation de cette forêt n'exclut donc pas, bien au contraire, la nécessité de débroussailler, au moins en attendant que la meilleure croissance constatée, des espèces forestières leur procure un couvert suffisamment dense pour obtenir un contrôle total et définitif de ces broussailles. C'est d'ailleurs ce que l'on observe déjà dans certaines zones irriguées où la densité des arbres existants est restée importante.

### Evolution de la qualité des eaux de percolation et de ruissellement

Cette étude de qualité d'eau a été entreprise afin d'essayer de cerner les principaux risques de pollution possible à la fois pour la nappe phréatique de la Giscle et indirectement pour le Golfe de Saint Tropez, risques induits par cette expérimentation d'irrigation avec des eaux usées.

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

- eaux de percolation (puits et galeries de l'ancienne mine),
- eaux de ruissellement (thalweg drainant tout le dispositif).

Les résultats obtenus sont indiqués ci-après :

a. — La qualité de l'eau de percolation ne semble pas influencée par l'expérimentation d'irrigation avec des eaux usées.

b. — Les eaux de ruissellement présentent une qualité très variable dans le temps.



Photo 5. Platane dans la zone irriguée en localisé. Photo J.G.



Photo 6. Eucalyptus. Zone irriguée par aspersion. (Nov. 1986). Photo J.G.

L'étude de l'évolution des paramètres de la qualité de ces eaux montre leur comportement cyclique. En effet, ils présentent des maxima en été et en automne et des minima hivernaux pouvant se prolonger jusqu'au printemps. Et cela se traduit par des variations quantitatives très importantes. Des différences d'une unité de pH peuvent être rencontrées, de même les conductivités mesurées varient d'un facteur 2 à 3. Les teneurs en nitrates passent de 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  $10^4/100$  ml.

c. — Les variations les plus importantes sont obtenues en été après les premiers orages souvent très violents.

Ces eaux de ruissellement sont donc influencées par les épisodes pluvieux mais aussi par l'irrigation. En été, les premiers orages entraînent de nombreux éléments stockés dans le sol et provenant de l'irrigation. Cela se traduit au niveau du ruissellement par une qualité d'eau mauvaise et proche, pour certaines caractéristiques, de l'effluent plus ou moins épuré. Les charges polluantes sont d'autant plus fortes que l'épisode pluvieux est important et qu'il survient après la période d'irrigation. En général, seules les pluies proches ou supérieures à 100 mm ont une incidence notable sur la qualité des eaux de ruissellement. Cependant, cet impact est fortement diminué par l'augmentation simultanée du débit des rivières.

La capacité de transformation du sol joue un rôle important au niveau de certains paramètres. L'exemple type est donné par les formes minérales de l'azote. L'effluent apporte une charge non négligeable en azote ammoniacal, qui est oxydé dans le sol par différents systèmes, biologiques essentiellement. C'est pourquoi les nitrates sont entraînés de manière aussi nette par le ruissellement.

Il paraît utile de laisser une zone tampon non irriguée entre l'axe de drainage et les parcelles irriguées, de façon à éviter les risques de contamination directe.

d. — L'incidence de l'irrigation avec un effluent secondaire dans le cadre de cette expérimentation ne semble donc sensible que sur les eaux de ruissellement, surtout lors des premiers épisodes pluvieux d'été ou d'automne.

## Evolution physico-chimique des sols

L'évolution des sols est liée à une série d'événements ayant chacun une incidence plus ou moins importante suivant le contexte :

- Le sous-bois essentiellement composé de bruyères a été nettoyé; en conséquence la litière présente a été alimentée uniquement par les feuilles des chênes-lièges et les aiguilles de pins durant deux ou trois ans, avant que le sous-bois ne se reconstitue. La litière alimentée par la bruyère donne un humus acide alors que celle provoquée par des feuilles de chênes produit un humus doux à pH neutre.

- L'irrigation ayant été effectuée durant la période estivale, l'eau et les éléments fertilisants ont favorisé et accéléré les réactions de biodégradation de la matière organique.

## ● Les rapports

$$\frac{\text{évapotranspiration réelle}}{\text{évapotranspiration potentielle}}$$

ont été de l'ordre de :

- 0,60 pour la micro-irrigation
- 0,90 pour l'aspersion.

Pourtant les arbres plantés sur des parcelles irriguées par aspersion sont défavorisés par rapport à ceux situés sur des parcelles irriguées en micro-irrigation. En aspersion, la dose est théoriquement répartie sur toute la surface de la parcelle d'une façon relativement uniforme tandis qu'en micro-irrigation cette même dose est apportée aux points précis où sont placés les ajutages. Ces points sont choisis de manière à ce qu'un arbre planté à proximité d'un ajutage profite au mieux de la dose apportée.

Cela peut expliquer en partie le fait que l'aspersion est nettement moins efficace que la micro-irrigation pour la croissance des arbres. Au contraire, sur les parcelles irriguées par aspersion la strate herbacée s'est bien développée et vient concurrencer les jeunes arbres.

En micro-irrigation l'effluent ne semble pas s'étendre en ruissellement hypodermique suivant la ligne de plus grande pente mais suivant des itinéraires préférentiels; lorsque le sol s'assèche, des différences d'humidité se manifestent, certains endroits restant humides pendant longtemps alors que d'autres s'assèchent plus vite.

Les pluies survenant à la fin de l'été, en hiver ou au printemps, ont eu souvent un caractère orageux; l'abondance de l'eau durant un temps restreint, provoque un ruissellement superficiel responsable essentiellement des phénomènes d'érosion et un ruissellement hypodermique lessivant certains sels minéraux.

Des analyses de sol ont été effectuées pour chaque campagne, sur des échantillons moyens constitués de trois épaissements et caractéristiques :

- de l'horizon (0 — 20 cm)
- de l'horizon (20 — 40 cm)



Photo 7. Novembre 1986. Zone irriguée en localisé. Aulne de Corse sous chêne-liège. Photo J.G.





Photo 8. Chêne-liège levé en 1986, entouré de jeunes robiniers plantés en 1983, hauteur : 5 à 6 m.

Photo J.G.

dans des situations typiques :

- cuvettes de micro-irrigation,
- entre deux cuvettes,
- terrain d'aspersion,
- témoin non irrigué.

L'irrigation avec des effluents sur les sols acides de Cogolin a provoqué :

- une diminution de la teneur en carbone,
- une diminution de la teneur en azote,
- une augmentation sensible du pH,
- une augmentation du degré de saturation du complexe d'échange grâce à un enrichissement en calcium, magnésium et sodium,
- une augmentation de la teneur en phosphore total (polyphosphates ménagers).

Cette évolution dans le contexte climatique méditerranéen devrait tendre à la limite à un équilibre entre la situation du sol et l'effluent; en conséquence le sol présenterait un pH neutre, son complexe adsorbant serait saturé.

En conclusion l'irrigation apporte une amélioration très sensible des caractéristiques physico-chimiques de ces sols acides.

A plus ou moins long terme, ceci devrait se traduire par un changement notable des espèces végétales constituant le sous-bois.

### Problèmes bactériologiques

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

— Dans les sols étudiés, 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 et peut constituer un élément favorable pour le développement de ces techniques de réutilisation des eaux usées (tout au moins dans nos conditions climatiques tempérées).

— L'influence de l'irrigation avec des eaux usées produit une augmentation significative des concentrations bactériennes; elles sont en moyenne de 3 à 4 unités log pour les

Coliformes totaux, de 2 à 3 unités log pour les Coliformes fécaux et de 1 à 2 unités log pour les Streptocoques fécaux en période d'irrigation (3).

Par ordre croissant d'influence, on rencontre :

● La parcelle en aspersion I dont l'horizon de surface subit principalement les conséquences de l'irrigation.

● La parcelle en micro-irrigation B (au niveau d'un ajutage) où la dose d'irrigation est voisine de 1 ETP.

● La parcelle en micro-irrigation C (au niveau d'un ajutage) ayant reçu une dose de 2 ETP en 1983 et 84 et où la totalité du profil est intéressée.

— L'irrigation a également une incidence sur des parties de sols ne recevant pas directement les apports en eaux usées.

Les mouvements d'eau dans le sol peuvent contaminer (4) les zones voisines non irriguées directement. Cependant, leur importance est fonction à la fois de la topographie du sol, de sa capacité de rétention en eau et de la dose d'irrigation.

— L'évolution générale sur la totalité de la période de suivi analytique de la charge bactérienne d'un sol irrigué peut se décrire par la présence des plus fortes teneurs en période estivale (température chaude, irrigation) et des faibles teneurs en hiver atteignant souvent un minimum en avril sous l'effet du froid et de la pluviosité. Les niveaux obtenus en hiver et au début du printemps sont parfois à la limite de la détection analytique et ne sont pas significativement différents de ceux du témoin. Le phénomène d'accumulation de la charge polluante d'une saison d'irrigation à l'autre ne se produit pas et constitue un élément favorable pour l'utilisation d'une telle technique.

— La comparaison entre les charges apportées par l'eau d'irrigation et les densités bactériennes dénombrées dans les sols montre une bonne concordance entre elles.

Le problème des aérosols a également été étudié pour mettre en évidence des risques sanitaires bactériologiques existants pour des promeneurs éventuels, inhalant des aérosols provoqués par l'irrigation par aspersion.

(3) Espèces non pathogènes comme il est dit plus haut.

(4) Par des germes non pathogènes.



Photo 9. Zone irriguée par aspersion. Près du piquet, jeune plant d'eucalyptus envahi par la bruyère et les herbacées. (Nov. 1986).

Photo J.C.

Quatorze stations de prélèvements réparties tout autour des parcelles d'aspersion ont été installées.

Avec la technique d'ensemencement direct en milieu solide utilisée, il n'est pas possible de déceler la présence d'une contamination bactérienne importante de l'air à proximité des parcelles d'aspersion, en cours de fonctionnement de l'irrigation.

De plus, il n'apparaît aucune différence significative entre l'effluent brut et l'effluent chloré.

## Conclusion

L'expérience d'irrigation de forêts avec des eaux usées provenant de la station d'épuration de Cogolin permet de tirer les enseignements suivants :

1. — La micro-irrigation apparaît comme le mode d'apport le plus adéquat et le plus performant, mais il est indispensable de prévoir un système de filtration à 2 niveaux (sur l'aspiration et sur le refoulement de la pompe) efficace et d'assurer une maintenance constante des installations.

2. — La nette diminution de l'inflammabilité des espèces qui composent le maquis dans les zones irriguées ne doit cependant pas être considérée comme la panacée en matière de lutte contre les incendies; elle est en effet très largement compensée par l'augmentation de la biomasse de broussailles qui, globalement, accroît de façon importante la combustibilité de la forêt. La réponse de la végétation arbustive dont le développement rapide et important transforme en deux ou trois ans les parcelles irriguées en « forêt vierge », représente un inconvénient majeur.

L'expérience montre qu'un débroussaillage annuel est nécessaire dès le départ, ceci en attendant que les espèces forestières procurent un couvert suffisamment dense pour obtenir un contrôle total et définitif de ces broussailles; c'est ce que l'on observe déjà dans certaines zones irriguées où la densité des arbres existants est restée importante.

3. — Les espèces forestières introduites ont eu des réactions en général positives à l'irrigation avec des eaux usées :

- une réaction très forte : le robinier et le saule,

- une réaction forte : l'aulne de Corse, le platane, le micocoulier et l'ailante,

- une réaction modérée : le sophora, le pin pignon, le chêne-liège et le cyprès.

4. — L'irrigation des sols acides de Cogolin avec des effluents apporte une amélioration très sensible de leurs caractéristiques physico-chimiques.

5. — Les risques sanitaires concernent essentiellement les eaux de ruissellement qui, lorsque l'irrigation est bien menée, n'apparaissent que durant les périodes pluvieuses; en été, les premiers orages entraînent de nombreux éléments minéraux stockés dans le sol et provenant de l'irrigation; cela se traduit au niveau du ruissellement par une dégradation de la qualité de ces eaux; les charges polluantes sont d'autant plus fortes que l'épisode pluvieux est important et qu'il survient en saison sèche pendant ou juste après la période d'irrigation. En général seules les pluies équivalentes ou supérieures à 100 mm ont une incidence notable sur la qualité des eaux de ruissellement.

6. — Il n'y a pas de phénomène d'accumulation des charges bactériennes dans le sol d'une saison d'irrigation à l'autre et cette charge ne présente aucun signe de présence de germes pathogènes.

7. — Il faut ajouter enfin un élément « non scientifique » mais important pour les usagers et les promeneurs : c'est que cet épandage diffus d'eaux usées (traitées) ne dégage sur le site aucune odeur désagréable en micro irrigation. En aspersion une légère odeur de « station d'épuration » peut être décelée par les noctambules, cette technique étant utilisée la nuit.

L'utilisation d'effluents en forêt méditerranéenne pour l'irrigation présente beaucoup d'intérêt :

- elle permet d'éliminer une source de pollution pour le milieu naturel;

- elle constitue une ressource en eau complémentaire pour le milieu forestier;

- si les doses d'effluent apportées sont strictement limitées aux besoins en eau des plantes et aux caractéristiques hydrodynamiques des sols, ces opérations peuvent se faire sans préjudice pour le milieu naturel et pour la population environnante.

M.C., A.M., C.R., L.T.

## Summary

Two of the most difficult questions that local authorities meet in Mediterranean areas are how to prevent forests from fire and how to suppress sillage.

The idea, very attractive at first, of answering them simultaneously by irrigating forest with sillage has been born for a few years. The experimental installation of Cogolin has been the first attempt done in France in order to check if such an experiment was possible.

*The mastership of this operation has been given to the D.D.A. of Var. The experimental part has been led by the departments « Protection des Forêts contre l'Incendie » et « Irrigation » of the group of Aix-en-Provence of CEMAGREF and Société du Canal de Provence with the help of the Ministry of Agriculture (Hydraulics department) of the Rhône-Méditerranée-Corse Bassin Agency, of the Conseil Regional of Provence-Alpes-Côte d'Azur and of the D.A.T.A.R. (Interministerial mission for management and Protection of the Natural Mediterranean area).*

### Description of the installation

The chosen site is located in the town of Cogolin in Var, next to the gulf of St Tropez. The geological substratum is a micaschist of the Maures mountains : the slope (5 to 40 %) and the depth of the soil (20 to 50 cm) are rather variable. The vegetation has been very much marked by the action of man and specially by old fires : clusters of cork-oaks and maritime pine trees (decaying because of matsucoccus) spread among a maquis of arborescent heather and well developed cystus. It is then very inflammable and combustible and constitutes an environment well representative of crystalline provence.

Waters used are sewage of the station of Cogolin that have been treated by muds activated in long aeration and a double filtrage through sieves of 180 to 120 microns.

Two methods of irrigation have been used (see map picture 1) :

— aspersion of the two sectors 1 and 2 (12 aspersors on each, 12 × 18 meters apart)

— micro-irrigation located on the sectors A, B, C, and according to a processus elaborated by the Bas Rhône-Languedoc Company.

Irrigation has been directed on one hand on pre-existing trees (cork-oaks, green oaks, pubescent and maritime pines) and on the other hand on introduced plants belonging to 14 leafy species (wild sherry tree, maple Tree, sycamore Tree, Eucalyptus gunii, Macarthurii, Dalrympleana, Ailante, Corsican alder, nettle tree, Oriental plane tree, false acacia, white willow, sophora, white poplar, cork-oak) and two resinous sorts (stone pine, green cypress tree). In aspersion, one dose has been of once the ETP (potential evapo-transpiration) and in micro-irrigation it has been between 0,5 and twice the ETP.

The whole site has been cleared of undergrowth before the system has been installed.

### Results

After three summers, the system is always satisfying. Problems of warping that had been feared at first, specially in micro-irrigation did not occurred so much.

Nevertheless, very careful measures have to be taken when the installation is stopped for winter : chlorination, rinsing and emptying. The reactions of all the plants have been very positive :

On place where trees had formed pre-existing clusters, the shelter had closed and darkened, preventing from bushes in the underbush. The effect "wooded fire belt" has then been reinforced.

On places where trees are sparse or absent, bushwood has also taken advantage of irrigation, specially in aspersion. Micro-irrigation, directed on the foot of planted trees, did not grow bushwood so much.

The plants, irrigated for three years, have grown much better than the samples that had only been irrigated during the first year in order to help them to take root. Picture 2 indicates how all species have grown (in percentage of the initial height) measured each month during summer 1984.

Picture 3 shows how the principal species have grown every year.

2 observations have to be made :

— results of micro-irrigation are much better than those of aspersion. An interpretation of this fact is that micro-irrigation is good for plants especially while aspersion is also good for bushwood that compete with plants;

— species to which irrigation is the best, are, generally, those which enjoy water, have a short life and grow the most quickly.

Measures of inflammability have been made during the whole summer using I.N.R.A. method (epiheater). They have shown a very strong decrease of inflammability because of the permanent turgescence of plants. However, the importance of the biomass of bushwood (specially in aspersion) keeps alive a risk of fire that would be very important if the ground was not cleared every year. On this occasion, an upholding of the system can be done. Clearing the ground has to be made as long as the shelter of the trees is not closed.

A research on the quality of water of percolation and rain water made by the Société du Canal de Provence, has shown that all waters of percolation in all seasons, and rain-water in Winter and Spring did not suffer from the addition of sillage. On the contrary, rains' waters, after the first rains of thunderstorms in end Summer and Autumn, have a load next to that of the effluent from the station. Their quality improve then gradually.

If we follow the physico-chemical evolution of grounds, we can see a perceptible improvement : increase of the Ph and of the total capacity of exchange, and of the content in total phosphore; decrease of contents in carbon and nitrogen. From a bacteriological point of view, bacterial concentration in the grounds increases at the same time as the quantity of irrigation. Pathogeneous germs have not been found in the grounds. Nor bacterial contamination in the aerosols above the lands next to the patches in aspersion.

Because of the experimental aspect of this installation, an economical study has not been made on the costs.

### Conclusions

Irrigation of the Mediterranean forest by sillage can help to solve two serious problems by diminishing pollution of soft or sea water due to sewage of the purifying station (problem specially acute in Summer when the population is at its peak, and rivers at their lowest water level) and by favouring quick growth of pre-existing or planted trees : they reach more quickly the point when their shelter is high and dark enough to constitute a non combustible wooded fire belt.

The most advisable technique is located micro-irrigation if a few precautions are taken : filtration of effluents, regular chlorination, careful emptying in Winter, undergrowth clearing as long as the shelter of trees is not closed.

After the success of this pilot installation, it is wished to realize some others in full size.

## Resumen

Dos de las cuestiones más difíciles a las cuales se confrontan las colectividades locales en la región mediterránea son la prevención de los incendios de bosque y la eliminación de las aguas sucias.

Hace unos años se había emitido la idea, muy atractiva a priori, de resolver esas cuestiones simultáneamente irrigando el bosque con las aguas usadas. La instalación experimental de Cogolin es la primera tentativa en Francia, hecha para verificar la posibilidad de su puesta en obra operacional.

*Se ha confiado la aplicación de esa operación a la D.D.A. del Var. La parte experimental ha sido conducida por las divisiones Protection des Forêts contre l'Incendie et Irrigation du Groupement d'Aix-en-Provence del CEMAGREF y de la Société du Canal de Provence con la ayuda de los servicios técnicos de la ciudad de Cogolin, y la participación del Ministerio de la Agricultura (Service de l'Hydraulique), de la Agence de bassin Rhône-Méditerranée-Corse, del Conseil Régional de Provence-Alpes-Côte d'Azur y de la DATAR (Mis-*

## Descripción de la instalación

Se sitúa el sitio escogido en el distrito de Cogolin (Var), a proximidad del Golfo de Saint-Tropez. El substrato geológico es un micasquito del monte des Maures, el declive (5 a 40%) y la profundidad del suelo (20 a 50 cm) son bastante variables. La vegetación ha sido muy marcada por la acción del hombre, y particularmente por incendios antiguos: bosquetes de alcornoques y de pinos marítimos (debilitados por causa del *Matsucoccus*), diseminados por un matorral de brezos arborescentes y jaras muy desarrolladas. Pues, es una vegetación inflamabilísima y muy combustible y constituye un sitio muy representativo de la Provenza cristalina.

Las aguas empleadas son las que emanan de la estación de Cogolin, que se han sometido a un tratamiento con barros activados en aeración prolongada y una doble filtración por tamices de 180 y 120 micras.

Se han utilizado dos métodos de irrigación (cf. plan figura 1)

— La aspersión en los dos sectores 1 y 11 (12 aspersiones sobre cada uno, con una separación de 12 x 18 metros);

— la micro-irrigación localizada en los sectores A, B, C y D segundo un proceso enfocado por la Compañía de Bas-Rhône-Languedoc.

Se ha conducido la irrigación, por una parte sobre árboles pre-existentes (alcornoques, carrascos, pubescentes y pinos marítimos), por otra parte sobre árboles introducidos que pertenecen a 14 especies hojudas (*Cerezo silvestre*, *Arce sicomore*, *Eucalipto gunnii*, *Macarthurii*, *Dalrympleana*, *Ailanto*, *Abedúl de Corsega*, *Almez*, *Platano de Oriente*, *Robinia*, *Salguera*, *Sófora*, *Alamo blanco*, *Alcornoque*) y dos resinosos (*Pino piñonero*, *Ciprés verde*).

La dosis ha sido de una vez la ETP (evaporación transpiración potencial) en aspersión y ha variado entre 0,6 y 2 veces la ETP en micro-irrigación.

Se ha practicado un desbroce antes de poner en práctica el dispositivo en toda la región.

## Resultados

— Después de tres estaciones estivales de la aplicación, la instalación sigue dando satisfacción. Los problemas de estancamiento que se temían a priori, particularmente en micro-irrigación no se han plantado con agudeza. Sin embargo se tiene que tomar precauciones muy escrupulosas para el descanso invernal de la instalación: cloración, enjuague, vaciamiento.

— La reacción de todos los vegetales ha sido muy positiva:

— Ahí donde los árboles en puesto formaban bosquetes pre-existentes, el cubierto vegetal se ha cerrado y se ha encapotado, trabando la vuelta del desmonte del soto. Pues, se ha fortalecido el efecto « cortafuego arbolado ».

Ahí donde los árboles en puesto son esparcidos o ausentes, el desmonte también ha aprovechado vigorosamente de la irrigación, sobre todo en aspersión. Se ha dirigido la micro-irrigación hacia el pie de los árboles plantados, ha dado menos provecho al desmonte.

Los árboles irrigados durante tres años han crecido mucho mejor que los árboles testigos que sólo habían sido irrigados durante el primer año para facilitar el reveno. La

figura 2 indica el crecimiento de todas las especies, (en porcentaje de la altura inicial) medido mes tras mes durante el verano 84. La figura 3 indica el crecimiento de las principales especies, año tras año.

Se tiene que hacer dos observaciones:

— La micro-irrigación da mejores resultados que la aspersión. La interpretación de ese hecho es que la micro-irrigación favorece sobretodo los árboles en cuanto a la aspersión aprovecha también al desmonte que concurren los árboles.

— Las especies que reaccionan mejor a la irrigación son, de manera general, las especies que necesitan más humedad, las que tienen una longevidad menor, y las especies cuyo crecimiento es más rápido.

Se han realizado medidas de inflamabilidad durante todo el verano segundo el método INRA (epiradiador). Han señalado una disminución muy fuerte de la inflamabilidad, por causa de la turgencia constante de los vegetales. Sin embargo la importancia de la biomasa de desmonte (sobre todo en aspersión) deja subsistir un riesgo de incendio que sería importante si no se procedería a un desmonte anual. Con motivo de ese desmonte se puede también asegurar la mantención del dispositivo. Ese desbroce se tiene que continuar hasta que se cierre el cubierto de los árboles.

El estudio de la cualidad de las aguas de percolación y de chorreo, realizado por la S.C.P., ha señalado que el aporte de las aguas sucias no afectaba las aguas de percolación, en todas las estaciones, ni las aguas de chorreo en invierno y en la primavera. Sin embargo, después de las primeras lluvias tempestuosas de verano y de otoño tienen una carga próxima de las que emanan de la estación. Luego se mejora la cualidad progresivamente.

El estudio de la evolución físico-química de los suelos muestra un mejoramiento sensible: aumento del pH, de la capacidad total de cambios y del tenor en fósforo total, disminución de los tenores en carbono y nitrógeno.

Desde el punto de vista bacteriológico, la concentración bacteriana en los suelos aumenta paralelamente a la dosis de irrigación. No se ha encontrado germen patógeno en los suelos, no se ha encontrado tampoco contaminación bacteriana en los aerosoles por cima de las parcelas vecinas de las zonas en aspersión.

Como se trata de una instalación experimental no se han estimado los gastos de manera suficientemente significativa para poder realizar un estudio económico.

## Conclusiones

La irrigación del bosque mediterráneo con aguas usadas puede contribuir a la resolución de dos graves problemas, disminuyendo la polución de las aguas dulces o marinas debido a las aguas que emanan de la estación de epuración (problema particularmente agudo en verano durante el cual coinciden un máximo de población con el etiaje de los ríos), y favoreciendo el crecimiento rápido de árboles pre-existentes o plantados: estos llegan más rápidamente a un nivel cuyo cubierto está suficientemente alto y oscuro para constituir un cortafuego arbolado no combustible.

La técnica más recomendable es la de la micro-irrigación localizada, mediante el respecto de algunas precauciones: filtración de las aguas que emanan, cloración periódica, limpieza cuidadosa en invierno, desbroce, hasta que el cubierto de los árboles se cierre.

Visto el suceso de esa instalación piloto, sería deseable de emprender realizaciones en grandes superficies.