

# L'eau pour la forêt et les hommes en région méditerranéenne

par Yves BIROT, Carlos GRACIA, Giorgio MATTEUCCI,  
Robert MAVSAR, Bart MUYS et Marc PALAHI

***Le présent article est basé  
sur des exposés présentés lors  
de la seconde Semaine Forestière  
Méditerranéenne dans la session  
consacrée à la présentation  
de l'ouvrage "L'eau pour la forêt  
et les hommes en région  
méditerranéenne".  
L'article original a été publié  
dans EFI-News (n°2, vol. 19, June  
2011). Il est reproduit et traduit  
ici avec l'aimable autorisation  
de l'Institut Européen de la Forêt.***

La région méditerranéenne est confrontée à la rareté de l'eau du fait de pluviométries faibles et inégalement distribuées, et d'une augmentation de la demande pour l'eau résultant d'un accroissement démographique et d'une extension des surfaces irriguées. En outre, le changement climatique attendu va accentuer la réduction de la disponibilité en eau du fait de la diminution de la pluviosité et du ruissellement, et de l'augmentation de l'évapotranspiration. Ceci se traduira par un impact marqué sur la résilience et même la survie des écosystèmes boisés, en réponse à une aridité accrue et des événements extrêmes plus fréquents (canicule, sécheresse prolongée). Il en résultera que la fourniture de biens et services par ces écosystèmes sera à son tour affectée.

*60% des populations "pauvres en eau" du monde vivent aujourd'hui en région méditerranéenne, avec moins de 1000 m<sup>3</sup>/habitant/an. En 2025, 63 millions d'habitants de pays méditerranéens seront en situation de pénurie avec moins de 500 m<sup>3</sup>/habitant/an.*

Les interactions entre couvert forestier et hydrologie sont assez complexes lorsqu'on considère des variables telles que débits de crue et débits d'étiage, production d'eau en quantité et qualité ; elles sont aussi dépendantes de paramètres spécifiques au bassin versant considéré (taille, géomorphologie, etc.). Cependant ces relations forêt-eau sont souvent perçues de manière biaisée, du fait de nombreuses idées reçues ou de « clichés ». C'est pourquoi, il est urgent de réconcilier le point de vue de la science et celui de l'opinion publique, en comblant le fossé qui existe actuellement. On sait que les espaces boisés méditerranéens se rencontrent fréquemment en montagne, souvent dans la partie amont des bassins versants, où ils jouent un rôle fondamental dans la protection des sols et sur le régime des eaux. Étant donnée la liaison forte entre forêt et eau, le cycle hydrologique et le bilan de l'eau devraient être considérés de manière intégrée, prenant en compte à la fois l'eau bleue (c'est-à-dire celle ayant la forme liquide, utilisée pour les besoins humains ou s'écoulant vers les mers) et l'eau verte (c'est-à-dire l'eau sous forme de vapeur

1 - Le livre "Water for Forests and People in the Mediterranean – A Challenging Balance"- What Science Can Tell Us 1, 2011 by Yves Birot, Carlos Gracia and Marc Palahi (eds) peut être téléchargé gratuitement en français, anglais ou espagnol à partir du site : [www.efi.int/portal/virtual\\_library/publications/what\\_science\\_can\\_tell\\_us/](http://www.efi.int/portal/virtual_library/publications/what_science_can_tell_us/)

Voir également note de lecture de l'ouvrage, Forêt Méditerranéenne, T. XXXII, n°3, sept. 2011, p. 335.

### Photo 1 :

Le lac artificiel de la Môle dans un bassin versant entièrement boisé, majoritairement de chêne liège, alimente en eau la ville touristique de Saint-Tropez (Var, France).

L'agence gestionnaire de l'eau, paie annuellement aux propriétaires forestiers des redevances qui leur permettent d'entretenir le réseau de coupures de combustible, limitant ainsi le risque d'incendies, dont l'impact sur la dégradation de la qualité de l'eau et l'envasement du barrage peut être considérable

Photo C. Birot

résultant des processus d'évaporation et de transpiration).

Des stratégies et politiques innovantes devraient inclure à la fois l'eau bleue et l'eau verte, et considérer une répartition équilibrée de l'eau entre les populations et la nature, grâce à une véritable approche socio-éco-hydrologique, fondée sur une gestion intégrée des territoires, des écosystèmes et de l'eau. Ceci nécessite des efforts concertés de la part de la communauté scientifique (hydrologues, écologistes, économistes, forestiers) pour organiser et structurer les connaissances disponibles d'une manière pertinente. Telles sont les motivations et justifications de l'ouvrage : « *Eau et Forêt en région méditerranéenne, un équilibre à trouver* » qu'EFIMED a réalisé en tant que premier numéro de la nouvelle collection d'EFI « What Science can tell us », dont la cible est constituée des politiques et décideurs, des gestionnaires et de la société en général<sup>1</sup>.

## Eau bleue et eau verte : quels compromis ?

La vie en région méditerranéenne est soumise à des contraintes imposées aux organismes vivants par la faible disponibilité de l'eau. Schématiquement, en moyenne les précipitations annuelles sont de 450 mm alors que l'évapotranspiration potentielle atteint environ 1000 mm. Cela veut dire que les écosystèmes méditerranéens, en particulier les écosystèmes forestiers, sont confrontés de manière plus ou moins permanente à un manque d'eau. Ce manque est plus fortement

ressenti durant la période estivale sèche, pendant laquelle le déficit de pression de vapeur dans l'atmosphère est plus élevé.

Alors que la plupart des forêts tempérées et boréales sont « limitées en énergie » et transpirent une quantité d'eau limitée par la radiation solaire disponible, les forêts méditerranéennes sont elles « limitées en eau » la plupart du temps. Cela veut dire que l'eau transpirée dépend de l'eau que le système racinaire peut atteindre et extraire. Un couvert dense de chêne vert (*Quercus ilex*) peut renvoyer vers l'atmosphère jusqu'à 90% des précipitations annuelles. Il ne s'agit pas bien sûr d'eau réellement perdue : ce mécanisme maintient en vie les arbres, et la vapeur d'eau transpirée revient vers la Terre sous forme de pluie, en général loin de l'endroit où elle a été transpirée. Le couvert du chêne vert contribue aussi à limiter l'érosion du sol parmi d'autres effets bénéfiques procurés.

La gestion appropriée de n'importe quel système, y compris un écosystème, nécessite des connaissances précises de ses traits fonctionnels. Pour éviter des erreurs de gestion résultant de conception erronée des relations forêt-eau, il est crucial de comprendre combien un arbre utilise d'eau, et comment il utilise cette eau. Alors que la question de la capacité des forêts à attirer les pluies fait l'objet d'un nouveau débat (voir ci-après), il est confirmé que les forêts sont des consommateurs nets d'eau et réduisent le volume total des écoulements annuels.

*La vie a un coût élevé en termes d'eau.* Pour fixer 1 g de carbone qui sera transformé en grains de maïs, aiguilles de pin, ou bois dans nos arbres, une plante utilise des quantités énormes d'eau. L'efficience avec laquelle les plantes utilisent l'eau est très faible. Les valeurs les plus communes se situent autour de 500 g d'eau pour fixer 1 g de carbone. Il en découle évidemment que, dans ces conditions, les forêts utilisent d'énormes quantités d'eau bleue (précipitations qui alimentent l'écoulement dans nos cours d'eau) pour fixer du carbone dans le processus des échanges gazeux, re-émettant cette eau dans l'atmosphère sous forme d'eau verte. Il en résulte que pour produire 1 m<sup>3</sup> de bois, certaines essences utilisent jusqu'à 3000 m<sup>3</sup> d'eau, que l'on appelle empreinte pour l'eau du bois. Le point essentiel est que cette énorme quantité d'eau dépend de l'espèce d'arbre, bien sûr, mais aussi du mode de gestion de la forêt (Cf. Tab. I).



Bien que l'optimisation de la gestion forestière pour améliorer l'efficience de l'utilisation de l'eau n'affecte pas énormément le carbone fixé par la forêt, il est essentiel d'intégrer l'eau comme un facteur-clé dans nos modèles conceptuel de gestion. Il y a beaucoup d'avantages, outre les économies d'eau, à optimiser l'utilisation de l'eau : un mode de gestion forestière centrée sur l'eau peut représenter en région méditerranéenne, une avancée importante en termes écologiques et sociaux, par rapport aux concepts actuels de gestion forestière centrée sur le carbone, qui conduisent fréquemment à une mauvaise utilisation de ce facteur environnemental le plus précieux : l'eau.

## Nouvelles approches pour évaluer les services écosystémiques liés à l'eau

Les modes de consommation d'eau non durables et les impacts du changement climatique en région méditerranéenne contribuent à accentuer une situation de pénurie d'eau. Cela risque d'aggraver les conflits entre utilisateurs d'amont et d'aval, et entre les zones rurales et urbaines. En outre, du fait que les forêts sont des consommatrices nettes d'eau, on peut s'attendre à ce que la discussion sur les compromis entre une disponibilité d'eau réduite et les services écosystémiques fournis par les forêts fasse l'objet d'une plus grande attention. Des solutions durables demandent l'intégration de différents intérêts et la collaboration de toutes les parties prenantes concernées. Par exemple, une réduction drastique de la surface forestière, pourrait accroître la disponibilité en eau, mais cela influerait négativement sur la fourniture de biens et services écosystémiques. Intégrer les aspects éco-hydrologiques et socio-économiques est une approche clé en vue de la gestion durable des ressources en eau, en assurant un équilibre et une fourniture continue de ressources en eau suffisantes et d'autres services environnementaux. Un ensemble de nouveaux outils deviennent disponibles pour des analyses de compromis et d'optimisation de la gestion des territoires qui peuvent grandement aider à la prise optimale de décisions.

*L'intégration de l'eau avec les autres services écosystémiques devrait être fondée sur une meilleure compréhension des interactions entre services écosystémiques eux-mêmes.*

Profondeur du sol (cm)	Gestion optimale (m <sup>3</sup> )	Gestion non-optimale (m <sup>3</sup> )
50	584	782
150	739	1263

Le flux d'eau verte entretient les principales fonctions des écosystèmes ; il devrait donc faire l'objet d'une attention accrue. Le paradigme de l'eau bleue est basé sur l'évaluation des ressources en eau bleue disponibles pour les besoins humains, dans leurs relations avec les effets des forêts et d'autres utilisation des terres, et de leur gestion. L'évaluation intégrée des flux d'eau bleue et d'eau verte peut être réalisée grâce à des modèles hydrologiques, ainsi qu'à des indicateurs ayant une pertinence en termes de politique.

*Le défi d'intégrer les intérêts d'amont et d'aval, dont les écosystèmes terrestres et aquatiques, peut être relevé en réconciliant le paradigme de l'eau bleue et celui de l'eau verte. En pratique, cet objectif peut être atteint en utilisant des méthodes spécifiques.*

Pour explorer la dimension économique de la mise en œuvre de politiques de l'eau, il convient de quantifier les effets de ces politiques sur la fourniture de biens et services environnementaux et sur leur valeur. Lorsque l'on considère la valeur de l'eau, on doit distinguer au moins deux concepts : la valeur et le prix de l'eau. Le prix réel de l'eau dans la plupart des pays méditerranéens est fondé sur le coût de l'offre, mais qui inclut seulement les coûts opérationnels et de gestion de cette offre d'eau. L'approche à recommander devrait définir le prix de l'eau sur la base de son coût total, qui inclut les coûts d'opportunité et les coûts économiques, et les externalités environnementales. Une tarification appropriée devrait être l'un des éléments clés d'une utilisation et d'une gestion de l'eau plus efficientes.

**Tab. I :**  
Empreinte pour l'eau de pins sylvestres (*Pinus sylvestris*) exprimée en m<sup>3</sup> d'eau utilisée par m<sup>3</sup> de bois produit, poussant sur deux sols différents, et soumis à deux types de gestion, optimisée et non, pour l'utilisation de l'eau

## Les forêts influencent-elles le régime des pluies ?

Le rôle des forêts et leur influence sur le microclimat, la régulation des flux hydriques et la disponibilité en eau, et la prévention de l'érosion sont aujourd'hui bien documentés. Au niveau planétaire, l'énorme flux de vapeur d'eau lié aux précipitations sur les continents, aux processus d'évaporation et de transpira-

tion, et au couvert végétal représente un service écosystémique fondamental qui contribue au cycle mondial de l'eau et à la régulation du climat à travers la formation des nuages. Les forêts entretiennent donc le cycle hydrologique à travers l'évapotranspiration, qui rafraîchit le climat par des effets de rétroaction avec les nuages et les précipitations. Des modèles de simulation à grande échelle ont régulièrement démontré la régulation biophysique du climat par la végétation à travers l'albédo (réflectivité), les flux turbulents, et d'autres effets sur le cycle hydrologique.

Peut-on dire que les influences exercées par les forêts sur le régime des pluies sont des processus « actifs » ? Récemment, en analysant des données relatives à la végétation sur des transects terrestres et des champs de précipitation, des scientifiques ont conclu que la pluviométrie dans des zones couvertes de très vastes forêts naturelles (Amazone, Ienissei, Afrique Équatoriale) ne décroît pas, comme on peut s'y attendre, quand on s'éloigne de l'océan. Cependant, l'inverse n'est pas vrai pour les zones non forestières, et des chercheurs ont proposé l'existence d'une « pompe biotique » active transportant l'humidité de l'océan vers les forêts (MAKARIEVA *et al.*, 2009). Les forêts naturelles entretiennent des flux d'évaporation élevés, qui soutient un mouvement d'air ascendant au-dessus des forêts et « aspire » l'air humide depuis l'océan. Cependant, la « force évaporative » sur laquelle la théorie de la « pompe biotique » est fondée, a fait l'objet de critiques comme n'étant pas conforme aux principes physiques de base (MEESTERS *et al.*, 2009). D'autres chercheurs ont souligné la pertinence de la théorie de la « pompe biotique » qui offre de nouvelles perspectives de recherche et change la manière dont nous voyons la disparition du couvert forestier, le changement climatique, l'hydrologie et les services environnementaux,

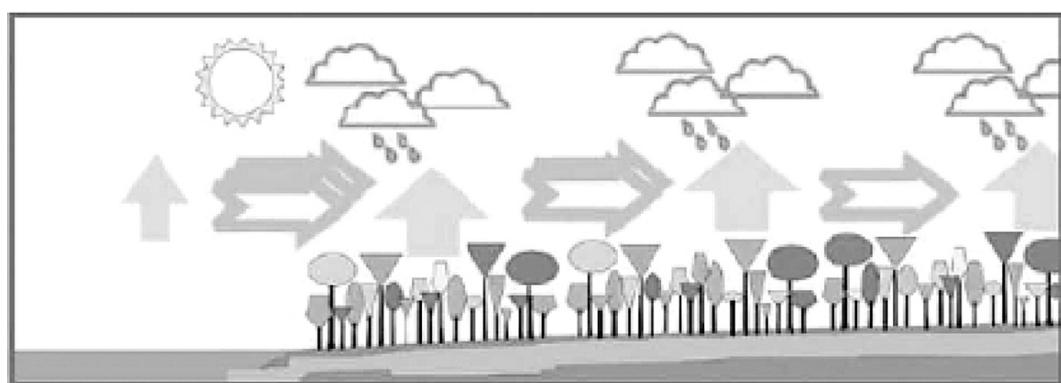
si cette théorie est validée (SHEIL & MURDIYARSO, 2009). Quoique la théorie des « forêts jouant le rôle de pompe active » n'a pas encore été suffisamment vérifiée et confirmée, tous les chercheurs travaillant sur le rôle des forêts et leur implication dans le changement climatique sont d'accord pour considérer que la modélisation des réponses du climat nécessite encore des améliorations du fait des faiblesses et incertitudes.

On notera que l'utilisation des terres et leur couvert ne sont généralement pas reconnues dans les évaluations internationales comme ayant un rôle sur les précipitations, qui est au moins aussi grand que celui produit par le forçage causé par l'effet radiatif des gaz à effet de serre. Les forêts ont la possibilité d'amplifier ou d'atténuer le changement climatique résultant des émissions de gaz à effet de serre, à travers l'albédo, l'évapotranspiration, le cycle du carbone, et d'autres processus.

« *Les conséquences bio-physiques des changements de la couverture forestière et des autres effets collatéraux peuvent être très importantes aux échelles régionales, et peuvent donc parfois réduire ou annuler les bénéfices de la séquestration du carbone. Les interactions biophysiques devraient, par conséquent, être décomposées en stratégie d'atténuation climatique selon deux axes : en concevant des projets de séquestration du carbone visant à obtenir le plus grand bénéfice climatique, et en comparant les coûts et bénéfices de la séquestration du carbone dans les écosystèmes terrestres avec ceux d'autres types d'action d'atténuation.* » (Environ. Res. Lett. 2008).

## Éléments bibliographiques

Briot Y., Gracia C., and Palahi M. (eds) 2011 Water for Forests and People in the Mediterranean Region: a challenging balance. EFI series « what science can tell us » n° 1, 175 p.



**Fig. 1 :**

La pompe biotique de l'humidité

atmosphérique : les flux de transpiration contrôlés par les forêts excèdent les flux d'évaporation océaniques d'un niveau tel que les flux d'air humide allant de l'océan vers le continent deviennent suffisamment importants pour compenser les pertes d'eau par ruissellement sur l'ensemble du bassin versant du fleuve.

D'après Sheil et Murdiyars (2009).