



**HAL**  
open science

## Quelles questions se pose-t-on encore au sujet du lien entre couvert forestier et hydrologie ?

Vazken Andréassian

► **To cite this version:**

Vazken Andréassian. Quelles questions se pose-t-on encore au sujet du lien entre couvert forestier et hydrologie ?. Rendez-vous Techniques de l'ONF, 2008, 22, pp.25-29. hal-02591711

**HAL Id: hal-02591711**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02591711v1>**

Submitted on 10 Jul 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Quelles questions se pose-t-on encore au sujet du lien entre couvert forestier et hydrologie ?

En ce qui concerne le régime des cours d'eau, le rôle réputé bénéfique du couvert forestier prête à discussion. Des idées reçues tenaces subsistent, fondées sur des faits mal observés ou mal interprétés. Vazken Andréassian fait ici la part de ce que la recherche permet de d'affirmer aujourd'hui et des questions qui restent encore à explorer.

**P**our tous les forestiers, Eaux et Forêts paraissent intimement liées. Et pour beaucoup, il semble aller de soi que les forêts ont sur l'eau une triple influence bénéfique sur (i) l'alimentation et le débit des sources, (ii) sur la réduction des crues et de l'érosion, et (iii) sur la pluviosité. Historiquement, ces influences forestières ont été l'objet de nombreux débats : dès 1821, le ministre de l'Intérieur de Louis XVIII, Siméon, s'est emparé de la question en lançant une vaste enquête (relayée par les préfets du royaume) pour rechercher les causes « des refroidissements sensibles dans l'atmosphère, de variations subites dans les saisons et d'ouragans ou d'inondations extraordinaires auxquels la France semble devenir de plus en plus sujette, et que l'on attribue en partie aux déboisements des montagnes, aux défrichements des forêts » (Bainville et Ladoy, 1995). Le débat s'est poursuivi de façon très active jusqu'à la fin du second empire, alimenté par les prises de positions de personnalités scientifiques (Arago, Gay-Lussac, Boussingault, Lamarck...), politiques (Siméon, déjà cité, mais aussi le maréchal Vaillant, ministre de Napoléon III), et par des tentatives – trop peu nombreuses



SMALL EXPERIMENTAL WATERSHED AT COWEETA

ALL FOREST GROWTH WAS CUT DOWN TO BROOM-HANDLE SIZE AND ALLOWED TO REMAIN WHERE IT FELL. SPROUTS HAVE BEEN KEPT CUT BACK TO THE GROUND SINCE, WITH NO DISTURBANCE, AS A RESULT, THERE IS A WEALTH OF FAUNA AND FLORA, AND THE SOIL IS EXCESSANGLY POROUS AND OF A BEAUTIFUL CRUMBLIKE STRUCTURE.

Déboisement contrôlé d'un bassin versant (Coweeta, Caroline du Nord, USA) ; extrait de la revue « The scientific monthly », novembre 1948

malheureusement – de dépasser le débat d'idées pour aller observer et mesurer sur le terrain l'effet réel de la forêt sur le cycle hydrologique (Belgrand, 1853; Belgrand, 1854a; Belgrand, 1854b; Jeandel et al., 1862 ; Matthieu, 1878).

Les premières tentatives françaises pour asseoir le débat scientifique sur des faits incontestables se sont révélées insuffisantes (Andréassian,

2001). Ce sont les hydrologues américains qui, à partir du début du 20<sup>e</sup> siècle, se sont emparés de la question et ont lancé des expérimentations de déboisement contrôlé à travers le pays, sur un ensemble de bassins versants (Bosch et Hewlett, 1982; McCulloch et Robinson, 1993). Leurs travaux apportent des références indiscutables pour qualifier le rôle hydrologique de la forêt (Hewlett, 1982).

**Ce que l'on sait : les synthèses disponibles**

Plusieurs synthèses récentes des connaissances sur le rôle hydrologique de la forêt ont été publiées. Pour ce qui est des articles francophones, on peut signaler notamment 5 publications récentes dont nous rappelons ici sommairement la teneur (bien entendu, la littérature anglophone sur le sujet est elle aussi abondante).

Les articles de Cosandey dans les *Annales de Géographie* (1995) et la *Revue Forestière Française* (2006) s'intéressent aux causes de la réduction du volume annuel des écoulements des bassins versants forestiers. Il est généralement admis que la forêt (comparée à d'autres formations végétales) réduit l'écoulement annuel. L'auteur explique cela par deux ensembles de processus : (i) une meilleure utilisation des réserves en eau du sol qui permet une plus forte évaporation d'été (si les conditions climatiques et pédologiques sont favorables), et (ii) l'interception d'une partie des précipitations incidentes, qui permet une utilisation optimale de l'énergie advective, et donc une plus forte évaporation. C'est essentiellement de la combinaison des conditions climatiques et pédologiques que dépend l'importance du rôle joué par la forêt sur l'évaporation, donc sur le bilan d'écoulement annuel.

L'article de Hurand et Andréassian (2003), publié dans le n° 2 des *Rendez-vous techniques de l'ONF*, retrace les principaux enseignements acquis sur les bassins versants expérimentaux américains et discute de l'impact du déboisement sur le régime hydrologique.

L'article d'Andréassian (2004a), publié dans *la Houille Blanche*, détaille l'histoire des débats qui ont opposé forestiers et hydro-

logues sur la question du rôle hydrologique de la forêt, puis replace les arguments utilisés par chacune des parties par rapport aux résultats obtenus sur les bassins versants expérimentaux. Enfin, on peut aussi citer un article d'Andréassian (2008), publié dans *Pour la Science*, qui détaille la méthodologie expérimentale utilisée par les hydrologues pour analyser les « traitements » (boisement ou déboisement) appliqués aux bassins versants forestiers apparés.

Dans la mesure où les *Rendez-vous techniques* ont déjà évoqué la question, nous nous contenterons d'évoquer ici les deux questions qui nous paraissent essentielles pour les forestiers français : La forêt attire-t-elle les pluies ? La forêt régularise-t-elle l'écoulement des rivières ?

**La forêt attire-t-elle les pluies ?**

Beaucoup de gens (et en tout état de cause, un bon nombre de forestiers) croient encore aujourd'hui que la forêt attire les pluies, en imaginant comme Baudrillard (1823) que les forêts « attirent les nuages par le mouvement de leurs feuilles ».

**Une référence discutable**

Si cette croyance s'est longtemps appuyée sur des considérations mythologiques, ou sur des récits d'explorateurs du Nouveau Monde, les forestiers français aiment faire référence à une campagne de mesure menée par Auguste Matthieu, alors directeur adjoint de l'École Forestière de Nancy, de 1867 à 1877, en trois stations distinctes autour de Nancy (une station se trouvait au centre du massif forestier de Haye, une seconde était située en lisière, la troisième se situait à une vingtaine de kilomètres en terrain agricole). Les observations avaient montré

que la station située dans la zone agricole recevait 20 % de pluie en moins que les deux stations forestières. Cette différence était sans doute l'effet combiné du hasard et d'un problème de métrologie de la pluie bien connu aujourd'hui, celui de la sous-captation des pluviomètres exposés au vent (Sevruck et Nespor, 1994). Notons qu'Auguste Matthieu avait eu la prudence d'écrire au sujet des relevés qu'il avait fait réaliser que « la série d'observations est malheureusement isolée, et l'on ne peut nier que la déduction tirée des résultats obtenus aux environs de Nancy a besoin, pour devenir une loi inattaquable, d'être fortifiée par beaucoup d'autres observations du même genre, poursuivie en des lieux divers et dans des forêts de toutes essences ». Malheureusement, de pareilles expériences ne se généralisèrent pas, et les forestiers français s'empressèrent de considérer le résultat de Nancy comme une règle générale.

**Que peut-on dire à ce sujet aujourd'hui ?**

Il faut faire la part entre le cas général et les cas particuliers. On considère qu'à l'échelle d'un massif forestier, l'influence des arbres sur la pluie est négligeable. On avance parfois le chiffre de 1 à 2 % de pluie en plus au-dessus des massifs forestiers (Aussenac, 1996), liée à la plus grande rugosité des arbres par rapport à d'autres types de végétation. Mais il faut reconnaître qu'avec un tel pourcentage, on est dans la marge d'incertitude des mesures...

À une très grande échelle cependant (celle de l'Amazonie par exemple, couverte par d'immenses massifs forestiers), le recyclage continental de l'humidité prend de l'importance : ceci a poussé certains climatologues à calculer – au moyen de modèles numériques de climat – que la suppression hypothétique de l'ensemble du couvert

forestier aurait pour conséquence une baisse significative des précipitations (de l'ordre de 20 %). Malheureusement, ce résultat s'appuie sur des hypothèses extrêmement irréalistes : les climatologues ont en effet considéré dans leur modèle le remplacement de la forêt par un sol nu ! Il aurait été plus réaliste de connaître les conséquences de la conversion de l'Amazonie forestière en une zone d'agriculture irriguée par exemple (après tout, les plantes cultivées renvoient elles aussi l'humidité du sol dans l'atmosphère).

Pour l'heure, on ne dispose pas d'arguments suffisants pour affirmer que la forêt *fait plus pleuvoir* que tout autre type de végétation. L'idée reçue selon laquelle le déboisement est l'une des principales causes de la réduction des ressources en eau et selon laquelle la forêt fait pleuvoir est un cas classique de confusion entre causes et effets : le plus souvent, la forêt n'attire pas la pluie, mais la forêt est présente parce qu'il pleut suffisamment ; ou bien, la forêt est présente en altitude parce que le sol et les pentes n'y sont guère favorables à la culture. Sous de nombreux climats, il existe un gradient pluviométrique orographique qui fait qu'il pleut plus en montagne qu'en plaine : il serait erroné d'en attribuer la responsabilité aux forêts.

### La forêt régularise-t-elle l'écoulement des rivières (crues et étiages) ?

Pour répondre à cette question, on peut s'appuyer sur les résultats d'un ensemble d'expérimentations rigoureuses réalisées sur de petits bassins versants. Ces expériences ont été faites pour l'essentiel aux États-Unis et en Australie. En France, ces expérimentations n'ont été réalisées qu'en Guyane (Fritsch, 1990), quoique l'on dispose d'au moins deux cas de déboisement *accidental* qui se



Expérimentation de déboisement sur un bassin versant (Hubbard brook, Maine, USA)

Source : <http://www.hubbardbrook.org/>

rapprochent des conditions des expérimentations américaines. Le traitement a consisté à déboiser expérimentalement un petit bassin versant forestier, tout en gardant un bassin voisin intact en référence. Sur cette base, on peut conclure que :

- la forêt consomme en général plus d'eau qu'un autre type de couvert végétal, de telle sorte que le déboisement a habituellement

pour effet d'augmenter la production d'eau d'un bassin versant, et le reboisement de la réduire ;

- il n'y a pas de réponse simple en ce qui concerne l'influence de la forêt sur les crues. Ce que l'on peut dire de général, c'est que les crues rares sont peu affectées par le boisement ou le reboisement. L'effet de la forêt (par rapport à un sol nu) est surtout sensible sur l'érosion, et non pas sur les crues ;

■ en ce qui concerne l'influence de la forêt sur les basses eaux (étiages), le reboisement a tendance à réduire les débits d'étiage, et le déboisement à les accroître (dans la mesure où le déboisement ne s'accompagne pas d'une dégradation du sol forestier).

Faut-il pour autant conclure qu'il n'y a plus rien à apprendre, que plus aucune question n'est posée ? Ce serait bien sûr aller trop vite. De nombreux aspects du rôle hydrologique de la forêt font encore débat, et nous proposons ci-dessous une liste des questions qui restent aujourd'hui en suspens.

### Conclusion : les questions qui restent ouvertes

Parmi les questions auxquelles les expériences sur les bassins versants expérimentaux n'ont, à notre avis, pas apporté de réponse satisfaisante, on peut citer quatre thèmes principaux.

#### Les questions d'échelle de temps et d'espace

Les gestionnaires de la ressource en eau souhaitent appliquer les résultats scientifiques à des bassins versants assez grands, de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de km<sup>2</sup>, alors que les bassins de recherche sur lesquels les expériences de déboisement et de reboisement ont porté font rarement plus d'un demi km<sup>2</sup>. Le passage d'une échelle à l'autre n'est pas simple, et des rétroactions hydroclimatiques insoupçonnées pourraient se produire sur de plus grands bassins. Cela est d'autant plus vrai que l'échelle de temps à laquelle se produisent les modifications des grands bassins versants est lente, alors que les changements induits par les expérimentations sont quasi-instantanés.

#### L'évolution du comportement des peuplements au cours de la croissance

On a tendance à considérer que par sa seule présence, la forêt devrait avoir un impact sur les flux d'eau dans le bassin versant. Mais les recherches des forestiers australiens (Vertessy et al., 2001) – qui ont porté, comme il se doit, sur l'eucalyptus – indiquent que la consommation des arbres peut dépendre fortement de son âge et de sa physiologie, de telle sorte qu'il faudrait pour comprendre ces effets pouvoir évaluer un ensemble de descripteurs pertinents et non pas la seule *surface terrière*.

#### Les impacts de long terme

Toutes les questions relatives à l'impact du changement climatique butent sur la question de la distinction entre variabilité naturelle et changement de fond. Pour répondre à ces questions, il est important de disposer de chroniques fiables de débits pour des stations de référence. Aux États-Unis, ce réseau existe, c'est celui des observatoires LTER (Long Term Ecological Research). En France, les bassins versants de recherche, dont les séries approchent des cinquante années, pourraient jouer un tel rôle à l'avenir (à condition que leur suivi ne soit pas interrompu).

#### La nécessité de distinguer l'impact des arbres de ceux du sol forestier

Si on parle souvent de *l'arbre qui cache la forêt*, en hydrologie l'arbre a plutôt tendance à *cache* le sol. L'une des clés de la compréhension des effets à long terme du boisement, du déboisement réside sans doute dans l'étude de la relation entre les peuplements et le sol. Ce dernier peut en effet conserver pendant des décennies la mémoire des changements qu'il a subis. Par exemple, l'impact à long terme des reboisements des services RTM a pu être étudié par le Cemagref et l'ONF sur le site de Draix dans les Alpes de

Haute Provence (Mathys et al., 1996). Sur les marnes noires extrêmement sensibles à l'érosion, la forêt et le génie civil ont pu favoriser la reconstitution d'une couche de sol qui a véritablement métamorphosé la *personnalité* du bassin versant.

### Poursuivre la recherche

Pour répondre à toutes ces questions que se posent forestiers et hydrologues, des travaux de recherche restent nécessaires. On peut dans un premier temps s'appuyer sur un réseau restreint de bassins versants dits de recherche, qui sont en France gérés essentiellement par le Cemagref (Réal Collobrier, 83 ; Draix, 04 et Orgeval, 77), le CNRS (Mont Lozère, 48), et l'Université de Strasbourg (Strengbach et Ringelbach, 68). Mais il faudra ensuite étendre les études aux bassins versants du réseau national de suivi des débits, administré par le Ministère de l'Environnement et par d'autres opérateurs tels qu'EDF, afin d'évaluer **aux échelles de gestion et sur un nombre significatif de cas** les conséquences des changements actuels.

**Vazken ANDRÉASSIAN**

Chef de l'équipe hydrologie  
Cemagref, Antony

### Bibliographie

ANDRÉASSIAN V., 2001. L'invention des bassins versants expérimentaux pour tenter de résoudre la controverse hydrologique sur les forêts au 19<sup>e</sup> siècle. Bulletin du GFHN n° 46, pp. 73-81

ANDRÉASSIAN V., 2004. Couvert forestier et comportement hydrologique des bassins versants. La Houille Blanche n° 2, pp. 31-35

ANDRÉASSIAN V., 2008. Quel effet la forêt a-t-elle sur les écoulements ? Dossier Pour La Science n° 58, pp. 38-41



Cemagref

Seuil hydrométrique (mesure des débits) sur l'Orgeval, en forêt de Choqueuse (77)

AUSSENAC G., 1996. Forêts et eaux : relations entre écosystèmes forestiers et ressources en eau. Bulletin du Conseil Général du GREF.

BAINVILLE V., LADOY P., 1995. Préoccupations environnementales au début du XIXe siècle: la circulaire n°18 du 25 avril 1821. La Météorologie, numéro spécial avril 1995, pp. 88-94

BAUDRILLART J.J., 1823. Traité général des Eaux et Forêts, chasses et pêches, 1. Paris : Arthus Bertrand, 816 p.

BELGRAND E., 1853. De l'influence des forêts sur l'écoulement des eaux pluviales. Annuaire de la Société Météorologique de France n° 1, pp. 176-193

BELGRAND E., 1854a. De l'influence des forêts sur l'écoulement des eaux. Annales des Ponts et Chaussées n° 61, pp. 1-27

BELGRAND E., 1854b. De l'influence des forêts sur l'écoulement des eaux pluviales. Annuaire de la Société Météorologique de France n° 2, pp. 81-87

BOSCH J.M., HEWLETT J.D., 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. Journal of Hydrology n° 55, pp. 3-23

COSANDEY C., 1995. La forêt réduit-elle l'écoulement annuel ? Annales de Géographie n° 581-582, pp. 7-25

COSANDEY C., 2006. Conséquences des forêts sur l'écoulement annuel des cours d'eau. Revue Forestière Française, vol 58 n° 4, pp. 317-328

FRITSCH J.-M., 1990. Les effets du défrichement de la forêt amazonienne et de la mise en culture sur l'hydrologie des petits bassins versants. Montpellier : Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Thèse de doctorat, 392 p.

HEWLETT J.D., 1982. Principles of Forest Hydrology. Athens :The University of Georgia Press. 183 p.

HURAND A., ANDRÉASSIAN V., 2003. Le couvert forestier et l'hy-

drologie des bassins versants. Rendez-vous techniques de l'ONF n° 2, pp. 37-41

JEANDEL F., CANTÉGRIL J.B., BELLAUD, L., 1862. Etudes expérimentales sur les inondations. Paris : Bureau des Annales Forestières. 144 p.

MATHYS N., MEUNIER M., BROCHOT S., 1996. The forest effect on floods in small mountainous catchments: some results from experimental catchments of Draix, France. In : Conference on Ecohydrological Processes in Small Basins, Strasbourg (France) September 24-26, 1996. Technical documents in Hydrology, n° 14. Paris : UNESCO, pp. 123-128

MATTHIEU A., 1878. Météorologie comparée agricole et forestière. Paris : Imprimerie Nationale, 70 p.

McCULLOCH J.S.G., ROBINSON, M., 1993. History of forest hydrology. Journal of Hydrology n° 150, pp. 189-216

SEVRUK B., NESPOR V., 1994. The effect of dimensions and shape of precipitation gauges on the wind-induced error. In : M. Desbois and F. Desalmand (Editors), Global Precipitation and Climate Change (NATO ASI Series; vol. I, 26). Berlin : Springer Verlag, pp. 231-246

VERTESSY R.A., WATSON F., O'SULLIVAN S.K., 2001. Factors determining relations between stand age and catchment water balance in mountain ash forests. Forest Ecology and Management n° 143, pp. 13-26