

## Couvert forestier et comportement hydrologique des bassins versants

*Forest cover and watershed hydrological behaviour*

**Vazken Andréassian**

Ingénieur du Génie Rural, des Eaux et des Forêts  
Cemagref, UR QHAN, BP 44, 92163 Antony cedex  
vazken.andreassian@cemagref.fr

*This article presents the history of the debate on the hydrological role of forest, and synthesizes the state of art on this matter, on the basis of results obtained on small experimental watersheds. While the 19<sup>th</sup> century debate remained mostly theoretical, opposing foresters and engineers, the 20<sup>th</sup> century witnessed an unprecedented development of experimental basins, mainly in the United States. Controlled deforestation and/or reforestation experiments covering small basins (mostly < 1km<sup>2</sup>) helped us uncover the complex functioning of these watersheds and interpret it in terms of forest impact on flood flows, low flows and watershed yield. Anglo-Saxon foresters thus concluded that forest cover would reduce total and low flows, as well as some floods.*

*Recent studies at Cemagref searched whether or not it was possible, on larger basins (of several tenths of km<sup>2</sup>) to reach conclusions similar as those obtained on small experimental watersheds. We did not observe a similar effect at this scale. It appeared however that, in the Massif Central Highlands, watershed behavior is less variable on the most forested watersheds. Could it perhaps mean that forest cover has a buffering role?*

### I ■ INTRODUCTION

Dans l'imagination des Français, Eaux et Forêts paraissent intimement liées. Ainsi, il semble aller de soi pour le plus grand nombre que les forêts ont une triple influence bénéfique : sur l'alimentation et le débit des sources, sur la protection des sols et sur la pluviosité. Ces influences forestières ont été récemment l'objet de débats (Lavabre et Andréassian, 2000; Le Bloas, 1994, 1997), et cet article a pour objectif de remonter aux racines de ces débats, pour les éclairer à la lumière des connaissances acquises sur de petits bassins versants forestiers tout au long du XX<sup>e</sup> siècle.

Dans cet article, nous commençons par présenter un historique des idées sur le lien entre Eaux et Forêts (section 2). Ensuite, nous commentons une synthèse des résultats obtenus sur des petits bassins expérimentaux (section 3). Enfin, nous nous intéressons en section 4 à la transférabilité des résultats des petits bassins expérimentaux à des bassins de taille plus importante, situés dans le Massif central.

### II ■ EAUX ET FORÊTS : HISTOIRE D'UNE RELATION CONFLICTUELLE

#### ● II.1 Enseignements de l'Antiquité

La plus ancienne allusion concernant les relations entre eaux et forêts que nous ayons trouvée est due à Pline l'Ancien, naturaliste romain du premier siècle de notre ère (Andréassian, 2002). Dans son *Histoire Naturelle* (XXXI, 30), il observe : « *Souvent, après que l'on ait coupé des bois, naissent des sources que les arbres consumaient pour leur nourriture : par exemple, sur le mont Himus, lorsque Cassandre assiégeait les Gaulois qui coupèrent une forêt pour se faire un retranchement.* » Puis il ajoute : « *Souvent, en abattant les bois qui couvraient une colline, et qui retenaient les nuages et s'en alimentaient, on a vu se former des torrents désastreux.* ». Dans ce court paragraphe, Pline l'Ancien attribue à la forêt deux rôles distincts : un rôle hydrologique au sens strict (les arbres qui *consomment* l'humidité du sol), et un rôle de protection du sol (au travers des problèmes d'érosion qui découlent de la destruction de la couverture du sol). Il n'y a pas encore d'allusion à l'influence éventuelle de la forêt sur la pluviosité. D'après Kittredge (1948), cette idée

n'aurait été avancée pour la première fois que par Christophe Colomb, qui attribue la différence de pluviométrie entre les Açores et les « Indes Orientales » au couvert forestier. Les Açores auraient été dans le passé couvertes de forêts, et leur destruction constituerait, pour l'explorateur, la cause de la baisse des pluies.

## ● II.2 L'Académie Royale des Sciences se joint au débat

Au XIX<sup>e</sup> siècle, un débat a animé l'Académie (alors Royale) des Sciences, appelée à se prononcer sur les résultats d'une vaste enquête lancée auprès des préfets du royaume pour rechercher les causes des changements du climat et du régime des crues que l'on attribuait au déboisement. Siméon, Ministre de l'Intérieur de Louis XVIII, avait lancé en 1821 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). Suivie de prêt par la presse (Rauch, 1821-1825), cette enquête s'achève avec la séance du 16 février 1824 à l'Académie Royale des Sciences, au cours de laquelle est présentée une synthèse des informations recueillies. Restés perplexes devant l'hétérogénéité des rapports, le manque de données chiffrées, la diversité des avis sur les effets météorologiques des déboisements, les Académiciens concluent finalement qu'il « *n'a pas été trouvé de preuves assez positives ni assez complètes des faits contestés pour émettre une opinion* ».

Le débat ne s'éteint pas pour autant, et on assiste au XIX<sup>e</sup> siècle à un affrontement passionné, opposant les défenseurs de la forêt, persuadés que celle-ci attire les pluies et empêche les crues, à des ingénieurs, qui recherchent une explication rationnelle du fonctionnement des bassins versants. Nous présentons ce débat dans les sections suivantes.

## ● II.3 Des arguments romantiques pour les « défenseurs » des forêts

A la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et au début du XIX<sup>e</sup>, les « défenseurs » des forêts sont encore fortement marqués par leurs conceptions romantiques. Le meilleur exemple en est Bernardin de Saint-Pierre (1737-1814), rendu célèbre par *Paul et Virginie*, ouvrage qui n'est pourtant à l'origine qu'un supplément à ses *Etudes de la Nature* (1787), publiées entre 1784 et 1788. Comme beaucoup de ses contemporains, Bernardin de Saint Pierre est persuadé que la forêt attire la pluie. Au sujet de l'île Maurice, il écrit qu'« *un champ situé en lieu découvert, dans le voisinage des forêts, manque souvent de pluie, tandis qu'il pleut presque toute l'année dans les bois qui n'en sont pas à une portée de fusil.* » Les ressources en eau dépendent donc directement de la présence des forêts, et Bernardin de Saint Pierre croit que « *c'est pour avoir détruit une partie des arbres qui couronnoient les hauteurs de cette île qu'on a fait tarir la plupart des ruisseaux qui l'arrosent.* » Enfin, il « *rapporte à la même imprudence la diminution sensible des rivières et fleuves dans une grande partie de l'Europe, comme on le peut voir à leur ancien lit qui est beaucoup plus large et profond que le*

*volume d'eau qu'ils contiennent aujourd'hui.* » De nombreux autres auteurs de la même époque partagent ces convictions : on peut citer en particulier Rougier de la Bergerie (1800), Rauch (1801, 1818), Lamarck (1820), Boussingault (1837) et Becquerel (1853, 1865). En 1823, Baudrillart résume ainsi la vision des forestiers dans son *Traité Général des Eaux et Forêts*: « *la destruction des forêts, notamment sur les montagnes, est considérée comme ayant eu pour résultat le changement de la température, la diminution des eaux, le tarissement de plusieurs ruisseaux et rivières, l'irrégularité des pluies, la fréquence des ouragans, la gelée des oliviers et des vignes, privés de leurs abris, et la rareté des bois de toute espèce* ».

Vers le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle cependant, des forestiers issus de la nouvelle école forestière de Nancy commencent à s'attaquer à la relation eaux-forêts de façon scientifique. Jeandel *et al.* (1862) et Matthieu (1878) mettent en place des expérimentations, les uns pour étudier l'effet de la forêt sur le cycle de l'eau à l'échelle du bassin versant, l'autre pour étudier à la fois l'influence de la forêt sur la pluviosité et l'interception des précipitations par la canopée. Si certaines de leurs conclusions sont contestables, il s'agit là cependant d'une avancée importante du mode de raisonnement des forestiers.

## ● II.4 Des ingénieurs à la recherche d'une explication rationnelle de la nature

Face à des forestiers qui privilégient raisonnements historiques et récits de voyages, les ingénieurs du XIX<sup>e</sup> siècle abordent le sujet de la relation eau-forêt en privilégiant raisonnements physiques et démonstrations empiriques.

Surell (1841) est le représentant le plus connu de ces ingénieurs, et il a largement inspiré les lois sur la restauration des terrains en montagne (RTM), tout en restant très prudent quant au rôle hydrologique des forêts. En effet, il considère que si « *leur influence est incontestable, elles ne constituent pas une raison première, et l'érosion torrentielle eût été nulle sous un autre ciel et dans d'autres terrains* ». S'il reconnaît que « *les forêts sont capables de provoquer l'extinction d'un torrent déjà formé* », Surell évite de théoriser ce rôle de la forêt. Parlant du débat sur les dangers du déboisement, il écrit : « *comme il arrive toujours en France dans les questions à la mode, chacun renchérisait sur ce qui avait été dit avant lui ; et à force de chercher des raisons toujours nouvelles en faveur de la conservation des bois, on finit par en trouver de fort équivoques. [...] Mais cette exagération fut elle-même un grand mal. On se demanda bientôt si toutes ces influences attribuées au déboisement sur les variations de température, sur les pluies, sur les vents, sur la composition de l'air, etc., n'étaient pas tout au moins un peu douteuses. Insensiblement, tout le monde se refroidit, et la question, d'abord portée si haut, retomba doucement dans l'oubli. [...] Si la question eût été poursuivie ici, avec plus de patience et de mesure, on aurait aisément dégagé la vérité du milieu de quelques exagérations* ».

Dans le sillage de Surell, on trouve d'autres grands ingénieurs, comme Belgrand (1853, 1854a,b), qui est le premier à remettre en cause l'opinion classique selon laquelle « *on doit arriver à une régularisation plus ou moins complète du régime des cours d'eau en reboisant leur bassin* ». Ce qui est également tout à fait innovant, c'est que les arguments qu'il avance sont, pour la première fois, fondés sur des mesures

limnimétriques et débitmétriques réalisées sur trois bassins versants.

Vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, Cézanne (1872), qui a poursuivi les travaux de Surell, conclut que la forêt réduit et ralentit les crues moyennes, mais considère qu'elle est sans effet sur les crues majeures : « *En ce qui concerne spécialement l'écoulement des eaux et les inondations, il est évident que le rôle des forêts a été exagéré. Les crues sont antérieures au déboisement ; lors même qu'on reboiserait la France entière, on ne serait pas assuré de mettre à l'abri du fléau les propriétés qui y sont exposées.* » Cette conclusion résume bien l'avis des hydrologues modernes au sujet de l'influence de la forêt sur les crues.

### ● II.5 Du débat historique au débat scientifique : les débuts des bassins versants expérimentaux

On peut considérer que le problème de l'influence de la forêt sur le cycle de l'eau n'a pu être approché de façon scientifiquement satisfaisante que grâce à la mise en place de bassins versants expérimentaux. A qui faut-il attribuer le mérite de leur invention? Les historiens de l'hydrologie McCulloch et Robinson (1993) reconnaissent la préexistence d'une recherche suisse, qu'ils qualifient de « *first true catchment study* »: il s'agit de l'expérience des bassins du Sperbelgraben et du Rappengraben (Engler, 1919), débutée en 1900. Les auteurs américains préfèrent avancer l'expérimentation du Wagon Wheel Gap en 1908 (Bates and Henry, 1928), dans la mesure où il s'agit effectivement de la première expérimentation exploitant un plan d'expérience efficace — celui des bassins versants appariés — où l'effet d'un traitement (déforestation par exemple) est évalué par rapport à une référence stable (bassin dit de contrôle). En ce qui nous concerne, il nous semble plus juste d'attribuer collectivement la paternité de la « *première vraie étude de bassin versant* » à Belgrand (1853) et à Jeandel *et al.* (1862), même si faute de moyens, leurs mesures n'ont pas pu durer très longtemps. Mais reconnaissons immédiatement que le développement des bassins versants de recherche sur des bases expérimentales convenables et à grande échelle doit être mis au crédit des forestiers américains : ce sont eux qui, pour la première fois en 1908, ont mis en œuvre le principe des bassins versants appariés (voir Hewlett (1982) ou Andréassian (2002) pour une discussion de ce plan d'expérience classique), qu'ils ont ensuite massivement et systématiquement repris des années 1930 aux années 1970 sur l'ensemble du territoire des Etats-Unis. La section suivante présente les principaux résultats qu'ils ont obtenus.

## III ■ CONNAISSANCES ACQUISES SUR DE PETITS BASSINS VERSANTS

Nous avons compilé les résultats publiés dans la littérature hydrologique, en nous fondant sur les résultats de 113 bassins versants appariés, ainsi que sur des résultats d'études plus détaillées réalisées sur certains de ces bassins (Andréassian, 2002). Ce travail de synthèse nous a permis d'acquiescer la conviction que :

- l'influence de la forêt sur le rendement en eau d'un bassin versant est un fait acquis : la forêt consomme en général plus d'eau qu'un autre type de couvert végétal, de telle sorte que le déboisement a pour effet d'augmenter la production

d'un bassin versant, et le reboisement de réduire l'écoulement. Cependant, on connaît très mal les conséquences du vieillissement ou tout simplement de la densification d'un peuplement forestier à l'échelle d'un bassin versant. Si un déboisement est toujours suivi d'une augmentation de l'écoulement du bassin versant, la période de recrû qui suit peut, selon les cas, être caractérisée par une réduction de l'écoulement ;

- l'influence de la forêt sur les crues est simple en apparence, dans la mesure où toutes les expérimentations qui font intervenir le déboisement montrent un accroissement des pics de crue. Mais le problème est sans doute plus complexe, car le reboisement de terres agricoles n'occasionne que de très faibles réductions des crues... En général, il semble que les crues rares soient peu affectées par le boisement ou le reboisement ;

- l'influence de la forêt sur les étiages est connue : 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).

Si l'impact de la forêt sur le comportement hydrologique d'un bassin versant semble démontré, il reste que selon les bassins versants, selon les conditions climatiques, cet impact ne se manifesterait pas de la même façon. Quelles sont les conditions nécessaires pour que l'influence forestière se manifeste ?

- il y a avant tout une **condition pédologique** (Trimble *et al.*, 1963; Cosandey, 1995) : le sol doit être suffisamment profond pour que la forêt puisse avoir un avantage comparatif sur une végétation herbacée pour ce qui est de la colonisation du sol (un sol trop mince offrira la même réserve utilisable à une forêt et à une prairie) ;

- il y a ensuite des **conditions climatiques** : d'une part, pour que la forêt puisse utiliser des réserves hydriques profondes, il faut bien entendu que le climat présente en hiver des périodes de surplus hydrologique permettant la reconstitution de ces réserves. D'autre part, le climat doit présenter des périodes de déficit hydrique. Sinon, si le régime des pluies est tel qu'il permet de satisfaire la demande d'évaporation, l'évapotranspiration réelle sera sous la seule dépendance des bilans énergétique et aérodynamique. Cependant, Calder (1990) a montré que la notion même d'évapotranspiration potentielle (vue comme une constante climatique) était incorrecte, et que la rugosité plus forte de la végétation forestière, sa hauteur, lui assurait une meilleure utilisation de l'énergie advective et donc un surplus d'interception, notamment en hiver ;

- il peut enfin y avoir des **conditions physiologiques**, encore mal connues, mais qui commencent à être discutées par les forestiers : suivant l'espèce, les peuplements peuvent présenter une évolution de la transpiration avec l'âge. Cette dépendance a été notamment étudiée dans le cas de l'eucalyptus (Vertessy *et al.*, 2001).

La synthèse que nous avons présentée, si elle se fonde sur une grande quantité de données, présente cependant une limite : celle de ne rapporter que des résultats obtenus à l'échelle de « micro-bassins versants » (surface < 1 km<sup>2</sup>), soumis à des changements presque toujours massifs. Mais les changements d'occupation des sols qui préoccupent aujourd'hui les gestionnaires en France sont bien plus lents et diffus, et l'une des questions majeures est celle de l'impact du reboisement lié à la déprise agricole, qui a com-

mencé depuis bientôt 50 ans. C'est ce que nous avons entrepris d'examiner à la section suivante.

## IV ■ PEUT-ON TRANSFÉRER DIRECTEMENT LA CONNAISSANCE ACQUISE SUR DE PETITS BASSINS VERSANTS AUX GRANDS BASSINS VERSANTS ? ÉTUDE DE CAS DANS LE MASSIF CENTRAL

### ● IV.1 Rappel des objectifs

L'évolution du couvert forestier au cours des cinquante dernières années dans le Massif central est un fait indiscutable : l'accroissement de la densité forestière y est fort, en lien avec un recul important de l'agriculture de montagne. Dans cette région « stratégique », où sont situés les hauts bassins versants d'un certain nombre de grands fleuves français, des études alarmistes (de Vault et le Bloas, 1996) sont venues renforcer l'impression que la ressource en eau était menacée, et c'est ce que nous avons voulu étudier au cours de notre thèse.

### ● IV.2 Matériel et méthode

Les résultats présentés ici ont été obtenus sur un échantillon de 35 bassins versants du Massif central, d'une surface médiane de 46 km<sup>2</sup>, et pour lesquels on disposait à la fois d'une trentaine d'années de chroniques journalières de pluie et de débit, et des résultats de trois inventaires forestiers (voir Andréassian *et al.* (2001) pour une description détaillée de l'utilisation des données de l'inventaire forestier).

### ● IV.3 Des résultats... inattendus

Nous ne pouvons pas ici rapporter en détail les résultats de l'étude des bassins versants du Massif central, et nous renvoyons le lecteur intéressé à notre thèse. Les résultats sont inattendus dans la mesure où :

- **Nous n'avons pas pu mettre en évidence de lien entre l'évolution du couvert forestier sur les bassins versants concernés et l'évolution du comportement des bassins versants.** On notait pourtant une progression de la forêt (notamment de sa densité, mesurée par la surface terrière totale sur les bassins versants), et des variations dans le comportement hydrologique des bassins qui demandaient explication. Cependant, nous n'avons pas pu établir de relation entre ces évolutions, et nous devons reconnaître que dans le Massif central, les résultats obtenus à l'échelle de petits bassins expérimentaux (de taille généralement inférieure à 1 km<sup>2</sup>) ne se retrouvent pas à plus grande échelle (bassins de plusieurs dizaines de km<sup>2</sup>), et dès lors que les variations de surface forestière sont moins tranchées (l'échantillon de « grands » bassins ne comportait bien sûr pas d'exemple de coupe rase ou de reboisement sur la totalité des bassins).

- **Nous avons cependant pu montrer que la variabilité dans le temps du comportement des bassins semblait liée à leur taux de boisement** (pour ce qui est de l'écoulement total des bassins et de l'écoulement en crue). Nos travaux ont montré l'existence d'un seuil à environ 10 m<sup>2</sup>/ha de surface terrière, en deçà duquel les comportements sont plus variables dans le temps. Cela pourrait indiquer que la densité fores-

tière a, à l'échelle du bassin versant, un rôle d'atténuation de la variabilité hydrologique.

## V ■ CONCLUSION

Les expérimentations sur petits bassins versants ont permis aux hydrologues du XX<sup>e</sup> siècle de dépasser les antagonismes historiques et de remettre en cause certaines positions extrêmes qui avaient fleuri au XIX<sup>e</sup> siècle. Fort d'une revue exhaustive des résultats de ces expérimentations, nous avons voulu voir si dans un cas « non-expérimental », celui du Massif central, pour lequel des voix alarmistes s'élèvent parfois, nous arrivions aux mêmes conclusions.

Le résultat a été surprenant : nous n'avons pas pu mettre en évidence de lien entre l'évolution du couvert forestier sur les bassins versants concernés et l'évolution du comportement des bassins versants. Mais nous avons montré que la variabilité dans le temps du comportement des bassins semblait liée à leur taux de boisement : la densité de boisement aurait-elle, à l'échelle du bassin versant, un rôle d'atténuation de la variabilité hydrologique ?

## VI ■ REMERCIEMENTS

La partie historique de ce travail doit beaucoup aux efforts de Mesdames Agnès Dao et Geneviève Michel au Cemagref (Antony), de Mademoiselle Marie-Jeanne Lionnet à l'ENGREF (Nancy), et à ceux de M. Pierre Zert de l'Académie d'Agriculture de France.

Ce travail s'est appuyé sur de longues séries de données, mises à notre disposition par les organismes chargés de leur collecte ou de leur gestion (l'Inventaire Forestier National, la Direction de l'Eau du Ministère de l'Environnement, et Météo France) que nous tenons ici à remercier.

Enfin, nous tenons à remercier le Professeur Ghislain de Marsily, et les ingénieurs en Chef du GREF Eric Parent et Claude Michel, pour l'encadrement scientifique sans faille qu'ils nous ont fourni.

## BIBLIOGRAPHIE

- ANDRÉASSIAN V. (2002). — Impact de l'évolution du couvert forestier sur le comportement hydrologique des bassins versants. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 781 p.
- ANDRÉASSIAN V., TANGARA M. et MURAZ J. (2001). — Evaluer l'impact de l'évolution du couvert forestier sur le comportement hydrologique des bassins versants : méthodologie et premiers résultats fondés sur les données de l'IFN. *Revue Forestière Française*, LIII(3-4), 475-480.
- BAINVILLE V. et LADROY P. (1995). — Préoccupations environnementales au début du XIX<sup>e</sup> siècle: la circulaire n° 18 du 25 avril 1821. *La Météorologie* (numéro spécial avril 1995), 88-94.
- BATES C.G. et HENRY A.J. (1928). — Forest and streamflow experiment at Wagon Wheel Gap, Colorado. *Mon. Weather Rev. Suppl.*, 30, 1-79.
- BAUDRILLART J.J. (1823). — Traité général des Eaux et Forêts, chasses et pêches, 1. Chez Arthus Bertrand, Paris, 816 p.
- BECQUEREL A.-C. (1853). — Des climats et de l'influence qu'exercent les sols boisés et non boisés. Firmin Didot frères, Paris, 366 p.

- BECQUEREL A.-C. (1865). — Mémoire sur les forêts et leur influence climatérique. Firmin-Didot frères, Paris, 150 p.
- BELGRAND E. (1853). — De l'influence des forêts sur l'écoulement des eaux pluviales. *Annuaire de la Société Météorologique de France*, 1, 176-193.
- BELGRAND E. (1854a). — De l'influence des forêts sur l'écoulement des eaux. *Annales des Ponts et Chaussées* (61), 1-27.
- BELGRAND E. (1854b). — De l'influence des forêts sur l'écoulement des eaux pluviales. *Annuaire de la Société Météorologique de France*, 2, 81-87.
- BOUSSINGAULT J.-B. (1837). — Mémoire sur l'influence des défrichements dans la diminution des cours d'eau. *Annales de Chimie*, 64, 113-141.
- CALDER I.R. (1990). — Evaporation in the Uplands. John Wiley and sons, Chichester, 148 p.
- CÉZANNE E. (1872). — Suite de l'étude sur les torrents des Hautes-Alpes. Dunod, Paris, 382 p.
- COSANDEY C. (1995). — La forêt réduit-elle l'écoulement annuel ? *Annales de Géographie* (581-582), 7-25.
- ENGLER A. (1919). — Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf den stand der Gewässer. Kommissionsverlag Beer, Zürich, 626 p.
- HEWLETT J. (1982). — Forests and floods in the light of recent investigation, Symposium de Frédéricton, New-Brunswick, Canada.
- JEANDEL F., CANTÉGRIL J.B. et BELLAUD L. (1862). — Etudes expérimentales sur les inondations. *Bureau des Annales Forestières*, Paris, 144 p.
- KITTREDGE J. (1948). — Forest influences : the effects of woody vegetation on climate, water and soil, with applications to the conservation of water and the control of floods and erosion. McGraw Hill, New York, 394 p.
- LAMARCK J.-B. (1820). — Système analytique des connaissances positives de l'homme. Chez l'Auteur et Belin, Paris, 364 p.
- LAVABRE J. et ANDRÉASSIAN V. (2000). Eaux et forêts : la forêt, un outil de gestion des eaux? Cemagref éditions, Antony, 116 p.
- LE BLOAS J. (1994). — Etude de définition de nouvelles stratégies pour l'occupation de l'espace dans une optique de valorisation des ressources en eau, DATAR Massif central.
- LE BLOAS J. (1997). — Etude des relations couverture végétale-débit d'étiage sur des bassins versants représentatifs du Massif central, DATAR Massif central, Brest.
- MATTHIEU A. (1878). — Météorologie comparée agricole et forestière. Imprimerie Nationale, Paris, 70 p.
- MCCULLOCH J.S.G. et ROBINSON M. (1993). — History of forest hydrology. *Journal of Hydrology*, 150, 189-216.
- RAUCH F.A. (1801) (an X). — Harmonie hydro-végétale et météorologique ou recherches sur les moyens de recréer avec nos forêts la force des températures et la régularité des saisons, par des plantations raisonnées. Chez les frères Levrault, Paris, 674 p.
- RAUCH F.A. (1818). — Régénération de la nature ou recherches sur les moyens de recréer dans tous les climats, les anciennes températures et l'ordre primitif des saisons, par des plantations raisonnées. Didot l'aîné, Paris, 897 p.
- RAUCH F.A. (Editor) (1821-1825). — Annales Européennes et de Fructification Générale, Paris.
- ROUGIER DE LA BERGERIE F. (1800) (an IX). — Mémoire et observations sur les abus de défrichements et la destruction des bois et forêts. Librairie François Fournier, Auxerre, 76 p.
- SAINT PIERRE (de) B.J.H. (1787). — Etudes de la Nature, 2. Imprimerie de Monsieur, Paris.
- SURELL, A., 1841. Etude sur les torrents des Hautes Alpes. Carilian-Goeury et Victor Dalmont, Paris, 283 p.
- TRIMBLE G.R.J., REINHART K.G. et WEBSTER H.H. (1963). — Cutting the forest to increase water yields. *Journal of Forestry*, 61, 635-640.
- VAULX (de) M. et BLOAS (Le) J. (1996). — Nouvelles stratégies pour l'occupation de l'espace sur le Massif central dans une optique de valorisation des ressources en eau. In: SHF (Éditeur), 24<sup>e</sup> Journées de l'Hydraulique.
- VERTESSY R.A., WATSON F. et O'SULLIVAN S.K. (2001). — Factors determining relations between stand age and catchment water balance in mountain ash forests. *Forest Ecology and Management*, 143, 13-26.