

**CENTRE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES
ÉCO-GÉOGRAPHIQUES
CEREG - URA 95 DU CNRS**



n° 16453

**INFLUENCE DE LA FORÊT SUR
LE CYCLE DE L'EAU EN DOMAINE TEMPÉRÉ
UNE ANALYSE DE LA LITTÉRATURE FRANCOPHONE**

**Joël HUMBERT (Maître de Conférences, Université de Strasbourg I)
Georges NAJJAR (Maître de Conférences, Université de Nancy II)**

Janvier 1992

UNIVERSITÉ LOUIS PASTEUR - STRASBOURG 1

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	1
INTRODUCTION	3
1. INFLUENCE DE LA FORÊT SUR LES QUANTITÉS DE PRÉCIPITATIONS (J.H.)	4
2. INTERCEPTION DES PRÉCIPITATIONS LIQUIDES (J.H.)	5
2.1. La décomposition des précipitations incidentes	5
2.2. Influence des caractéristiques du couvert et des facteurs climatiques	17
3. LA FORÊT ET LA NEIGE (J.H.)	22
3.1. Interception de la neige, distribution au sol et caractéristiques du couvert neigeux	22
3.2. Fonte nivale en milieu forestier	23
4. EVAPOTRANSPIRATION EN MILIEU FORESTIER (G.N.)	25
4.1. Introduction	25
4.2. Les méthodes de détermination de l'ETR des peuplements	25
4.2.1. La méthode du bilan hydrique	26
4.2.2. Les méthodes micrométéorologiques	27
4.2.3. Les méthodes thermiques de mesure de débit de sève	30
4.3. Les résultats	31
4.3.1. Influence des facteurs climatiques	31
4.3.2. Influence du couvert végétal	32
4.3.3. Influence de la réserve hydrique du sol	38

4.4.Les modèles	39
4.4.1.Le modèle de Choisnel	39
4.4.2.Le modèle de Halldin	45
4.5.Conclusion	45
5. INFLUENCE DE LA FORÊT SUR LES CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCOULEMENT FLUVIAL (J.H.)	49
5.1.Introduction	49
5.2. Principales méthodes utilisées	49
5.3.Quelques remarques sur les processus générateurs de l'écoulement en forêt	51
5.4.Forêt. module et écoulement saisonnier	51
5.5.Forêt et écoulement de crue	56
5.5.1Crues d'origine essentiellement pluviale	56
5.5.2.Crues d'origine nivale	58
5.6.Forêt et étiages	59
6. LE PROBLÈME DES BOCAGES ET DES COUVERTS ARBORESCENTS DISCONTINUS (J.H.)	63
CONCLUSION	65
LISTE DES REVUES CITÉES, PROVENANCE	68
BIBLIOGRAPHIE	70

INTRODUCTION

D'après les récentes évaluations réalisées par la FAO (★), les forêts de la zone tempérée couvrent plus de **1 815** millions d'hectares, soit près de **50%** de la superficie forestière mondiale. Contrairement à ce qui est observé dans le domaine tropical humide, l'espace occupé par la forêt tempérée montre depuis quelques dizaines d'années, une stagnation voire une légère augmentation. En France par exemple, la surface totale des forêts était estimée à **9 717** ha en **1908**, **12 432** ha en **1961** et **12 991** ha en **1980** (★★). Cette tendance ne doit cependant pas masquer une certaine fragilité de l'écosystème forestier qui, outre le vieillissement, subit en de multiples endroits, des agressions diverses dont les retombées individuelles ou combinées sont encore **loin** d'être maîtrisées. Insectes, maladies, gel, sécheresses, tempêtes, pluies acides, incendies, perspectives d'un réchauffement climatique ... constituent autant de facteurs susceptibles de provoquer une déstabilisation ou une destruction plus ou moins localisée de la forêt.

Or le milieu forestier joue vraisemblablement un rôle important dans l'équilibre de la planète. Il participe étroitement à la redistribution de l'eau au sein du cycle hydrologique, tant au niveau local qu'au niveau global. A l'échelle du bassin-versant, sa disparition ou son remplacement par un autre couvert végétal peut entraîner une modification sensible des caractéristiques de l'écoulement fluvial.

Ce rapport tente d'établir une rapide synthèse de la littérature francophone abordant les rapports entre la forêt et les différentes composantes du cycle hydrologique, essentiellement au niveau local et à l'échelle du bassin-versant. On examinera ainsi successivement l'influence de la forêt sur les précipitations et leur distribution au sol, le couvert neigeux et sa fonte, l'évapotranspiration et l'écoulement. L'analyse ne prend pas en compte l'influence des caractéristiques du cycle hydrique (sécheresse par exemple ...) sur le comportement de l'arbre, ce qui correspond à une problématique inverse à celle qui était initialement fixée.

(★) FAO - 1985 - **Situations des ressources forestières mondiales.**

(★★) D'après P. Rousseau - 1990 - L'évolution des forêts françaises métropolitaines d'après les statistiques forestières. Rev. Forest. Fr., XLII, (1), p. 56-68.

CONCLUSION

Au terme de cette analyse, il n'est pas facile de tirer des conclusions d'ordre général, notamment en raison du découpage géographique, thématique et linguistique retenu au départ (cf. avant-propos). Il convient en effet de rappeler que ce travail ne concerne que :

- la littérature issue des pays francophones (principalement Belgique, France et Québec)
- la zone tempérée au sens large
- l'aspect quantitatif du cycle de l'eau (les caractéristiques hydrochimiques étant exclues).

Ces choix (cependant nécessaires tant le sujet est vaste et la littérature mondiale abondante) nous ont ainsi amenés à ne considérer qu'un échantillon de résultats et à exclure, par exemple pour la France, les travaux menés par l'ORSTOM en zone intertropicale. Il est néanmoins possible de dégager un certain nombre de constats.

La mise en évidence de l'influence de la forêt sur le cycle hydrique suppose d'établir des comparaisons entre des couverts végétaux de nature différente, en prenant soin de maîtriser rigoureusement l'ensemble des autres facteurs qui régissent le fonctionnement hydrologique de l'unité étudiée. Sur ce point, les expérimentations restent rares. En recoupant divers résultats issus de méthodes variées, on observe cependant, presque unanimement, la hiérarchie suivante dans le sens d'une influence décroissante sur l'écoulement : conifères, forêt décidue, forêt dégradée ou bosquets, prairie. Mais la quantification de l'impact de tel ou tel couvert végétal, assortie d'un intervalle de confiance, est encore difficile à réaliser. Les ordres de grandeur semblent très variables d'une région à l'autre, selon les caractéristiques climatiques, topographiques, lithologiques ... des milieux expérimentés. Ce constat n'est d'ailleurs pas spécifique à la littérature francophone : il ressort également de quelques synthèses émanant des pays anglo-saxons (cf. par exemple Bosch et Hewlett 1982 (★)). Il révèle en fait une connaissance encore imparfaite de la quantification des différents flux se produisant au sein d'un bassin-versant. En effet, quelle que soit l'approche utilisée, on constate qu'aucune expérimentation ne peut garantir une mesure simultanée et continue de la plupart des flux techniquement mesurables à l'heure actuelle. Il en résulte une incertitude souvent difficile à chiffrer, sur l'équation du bilan de l'eau, d'autant que l'effet qu'on cherche à mettre en évidence se situe très souvent à l'intérieur de cette marge d'erreur. On admet par exemple, que jusqu'à une réduction de 20% de la superficie du couvert forestier d'un bassin, il n'y a pas d'influence détectable sur les débits ... Les sources de cette incertitude se situent le plus souvent dans l'un ou l'autre des points suivants :

- erreurs de mesure sur les précipitations (incertitude sur la spatialisation au niveau du bassin-versant) et/ou sur les débits (qualité des courbes de tarage des stations hydrométriques, notamment en période de forte crue)
- méconnaissance des flux d'infiltration profonde et/ou des flux exportés par voie hypodermique **hors** du bassin-versant au niveau de l'exutoire (sous-écoulement)
- calcul de l'ETR du bassin par le déficit d'écoulement, corrigé par des variations de stock mal contrôlées ou supposées nulles

(★) BOSCH J.M. et HEWLETT J.D., 1982 : A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *J. Hydrol.*, 55, p. 3-23.

- problème de la représentativité des sites de mesure de l'interception
- transposition sur le site expérimental de valeurs d'interception recueillies dans la littérature
- pas ou peu de mesures de transpiration fournissant un moyen de contrôle supplémentaire, au moins sur des pas de temps quotidiens ou hebdomadaires ...

Autrement-dit, un certain nombre d'ambiguïtés pourront être levées lorsque l'on maîtrisera simultanément les grandes variables du bilan de l'eau, sans laisser place à un (ou plusieurs) terme(s) résiduel(s), dont on n'est finalement jamais certain de la validité (★).

L'une des difficultés majeures réside dans l'évaluation correcte de l'ETR, notamment à l'échelle du bassin-versant. Pour ce qui est de la mesure des flux transpiratoires, de réels progrès ont été accomplis, mais les données sont peu fréquentes ou lorsqu'elles existent, restent difficilement comparables parce qu'issues de méthodes variées, aux degrés de précision non identiques, si bien que l'on ne sait pas aisément à quoi imputer les nuances observées. Cette diversité des protocoles expérimentaux et des méthodes utilisées, par ailleurs tout à fait nécessaire, apparaît à tous les niveaux et rend par la suite les comparaisons extrêmement délicates ou risque d'introduire une certaine confusion et d'apparentes contradictions.

Variante approximativement entre 200 et 400 mm/an en Europe occidentale, la transpiration peut être considérée comme étant plus stable dans l'espace que l'interception (In). La littérature étudiée ici souligne cette grande variabilité de l'interception (inter- et intra-espèces), à laquelle se surimpose encore une hétérogénéité des conditions expérimentales (type, position, nombre de capteurs, pas de temps des relevés, situation du poste de référence, etc ...). Or ce terme est essentiel : en moyenne en zone tempérée, le rapport In/ETR varie de 20 à 50% environ. On conçoit, dans ces conditions, que la transposition de données d'interception d'une région à l'autre puisse mener à des erreurs d'interprétation. En ce domaine, les développements de la modélisation, souvent inspirés des travaux de Rutter et de Gash, sont susceptibles d'apporter une réelle amélioration, en faisant le lien entre les approches purement empiriques et les conceptions à base physique (type Penman-Monteith).

(★) On peut noter à ce propos l'intérêt de disposer de sites expérimentaux "lourds" et durables, permettant d'appréhender le fonctionnement du milieu dans toute sa complexité, grâce à la multidisciplinarité. En France métropolitaine, parmi la dizaine de sites pouvant répondre à ces critères (cf. CST/BVRE, 1990 (1)), seuls trois ensembles se situent en milieu forestier ou semi-forestier (Mont-Lozère, Réal Collobrier, Vosges). Pour ce qui est du Québec, on peut par exemple citer le bassin des Eaux Volées. Sur le plan européen, la synthèse de Keller (1988 (2)) décrit les principaux sites d'études, tout en retraçant rapidement leur évolution historique. Aux Etats-Unis, parmi les nombreux bassins de recherche, ceux de Coweeta occupent une place particulière puisque les observations y ont débuté il y a plus de 50 ans (cf. Swank et Crossley, 1988(3)).

(1) Conseil Scientifique et Technique des Bassins-Versants Représentatifs et Expérimentaux (CST BVRE), 1990. Bilan d'activité pour la période 1985-1989; contribution à une évaluation des BVRE. Ministère de la Recherche et de la Technologie. Paris.

(2) KELLER H. M. 1988 : European experiences in long-term forest hydrology research. in Swank W. T. et Crossley Jr. D. A. (Eds) "Forest hydrology and ecology at Coweeta". Springer Verlag, p. 407-414.

(3) SWANK W. T. et CROSSLEY Jr. D. A. (Eds), 1988 : Forest hydrology and ecology at Coweeta. Springer Verlag, Ecological Studies 66, 469 p.

Si l'expérimentation –avec toutes ses difficultés– reste pourtant l'approche la plus sûre, la modélisation s'avère un complément aujourd'hui indispensable. Mais avant que celle-ci puisse s'affirmer en tant qu'outil de compréhension et de gestion efficace, il est nécessaire de multiplier le contrôle des simulations, dans tous les compartiments du cycle de l'eau. Plusieurs modèles de circulation de l'eau dans le système sol-plante-atmosphère ont été élaborés au niveau stationnel, mais peu sont utilisables à l'échelle du bassin. Il y a d'ailleurs là une question fondamentale : comment passer de l'arbre à la parcelle **ou** au bassin-versant, de la feuille à la région, ou encore du petit au grand bassin ? Finalement, c'est là que se situe toute la difficulté. **Les** Cléments de réponse se trouvent partiellement dans l'utilisation de la télédétection, et les programmes du type HAPEX-MOBILHY sont susceptibles d'ouvrir des voies prometteuses, bien qu'ils se concentrent plutôt sur les surfaces cultivées et concernent peu les domaines montagneux.

En définitive, "l'effet végétation" ne paraît pas encore clairement élucidé, malgré l'abondante littérature qui lui est consacré. Il serait toutefois souhaitable que les progrès accomplis puissent davantage contribuer à optimiser la gestion des bassins fluviaux. La mosaïque des couverts végétaux, depuis longtemps contrôlée par l'homme en domaine tempéré, influence directement la ressource en eau, tant en quantité qu'en qualité, et comporte en cela de façon inhérente, une signification économique toute autre que celle qui lui est généralement attribuée.