

ÉVALUER 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

VAZKEN ANDRÉASSIAN – MAMOUTOU TANGARA – JULIEN MURAZ

Depuis quelques années, le problème de l'impact hydrologique des modifications de l'occupation des sols est l'objet d'une attention croissante, aussi bien au plan national (Beseme, 1995) qu'international (Arnell, 1989). L'anthropisation croissante des milieux ruraux, une meilleure prise de conscience de la nécessité de maîtriser les risques et une médiatisation peut-être excessive de certains événements rares, contribuent à cet intérêt soutenu. Entre 1945 et aujourd'hui, la surface forestière de la France métropolitaine est passée de 11 à 15 millions d'hectares, et les recherches menées sur l'hydrologie des forêts ont permis de mettre clairement en évidence que le boisement des bassins versants entraîne le plus souvent une réduction du rendement en eau (Hibbert, 1967 ; Bosch et Hewlett, 1982). Les études réalisées en France (Dupraz, Didon et Lelong, 1986 ; Lavabre, Sempere-Torres et Cernesson, 1991 ; Galéa et Barbet, 1992 ; Cosandey, 1993, 1995) donnent des résultats similaires aux travaux anglo-saxons. Mais Hibbert (1967) note que la réponse des bassins versants est « *très variable et, pour sa plus grande part, imprévisible* ». En d'autres termes, les incertitudes concernant l'ampleur des phénomènes sont toujours importantes et difficilement prévisibles.

OBJECTIFS

L'objectif de cette recherche est d'apporter un nouvel éclairage aux controverses qui subsistent encore aujourd'hui concernant le rôle hydrologique de la forêt, en croisant des données objectives récoltées dans le Massif Central sur l'évolution du couvert forestier et l'évolution du comportement hydrologique des bassins versants. Nous ne développerons pas dans cet article les méthodes utilisées pour analyser le comportement hydrologique des bassins versants (voir Andréassian, 1999), mais nous présenterons l'approche adoptée pour obtenir un indicateur fiable de l'évolution du couvert forestier et des densités de peuplement à l'échelle d'un bassin versant.

DONNÉES EXISTANTES

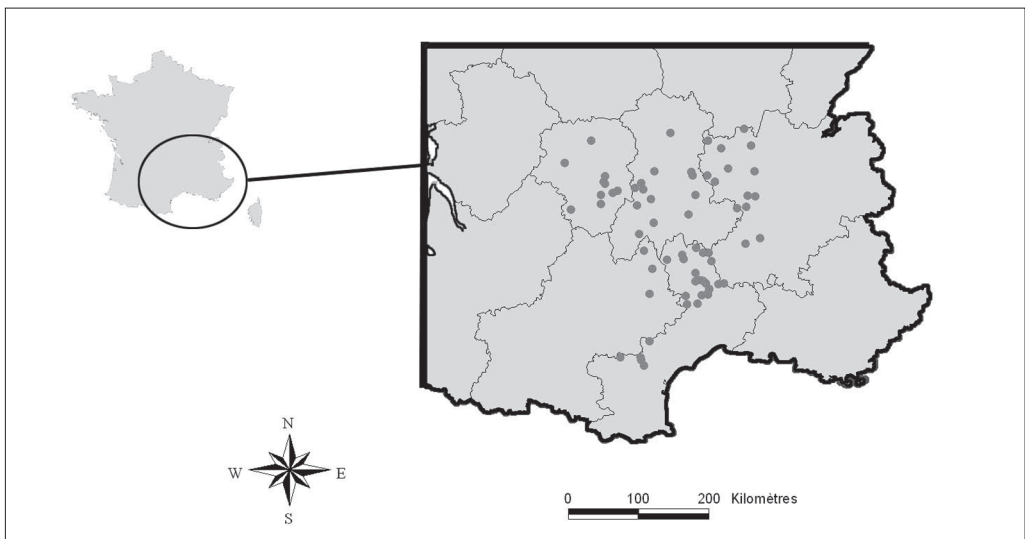
La répartition des bassins versants étudiés est présentée sur la figure 1 (p. 476). Étant donné leur nombre (près de 70 initialement) et leur étendue (variant entre 2 000 et 8 000 ha), il était nécessaire de développer une méthodologie adaptée au traitement de larges volumes de données.

Les données mises à notre disposition par l'IFN consistaient en :

- des photographies aériennes couvrant les bassins versants étudiés pour les trois cycles d'inventaire ;
- une cartographie numérique des peuplements observés au cours du troisième cycle d'inventaire ;
- des données dendrométriques donnant des informations de densité des peuplements à l'échelle régionale (régions forestières départementales).

Nous avons donc utilisé ces données pour obtenir dans un premier temps une cartographie simplifiée des peuplements pour chaque cycle d'inventaire à l'échelle du bassin, puis obtenir des descripteurs de volume sur pied, de surface terrière et d'accroissement moyen annuel pour chaque cycle, chaque type de peuplement et chaque région forestière.

FIGURE 1 **RÉPARTITION DES BASSINS VERSANTS ÉTUDIÉS**
DANS LE CADRE DE CETTE ÉTUDE

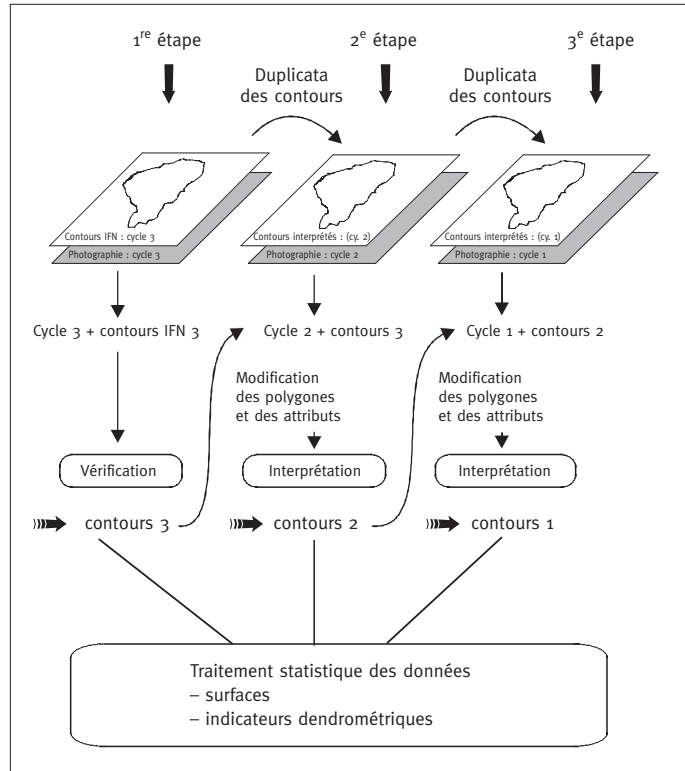


MÉTHODOLOGIE

La méthodologie que nous avons utilisée a consisté à réaliser un orthophotoplan à partir des photographies de chaque cycle d'inventaire, puis à interpréter le couvert forestier sur Système d'Information géographique (SIG), en adaptant les contours fournis pour le cycle 3 au cycle 2, puis au cycle 1 (figure 2, p. 477). Nous pensons que cette méthodologie permet de réduire considérablement les risques de mauvaise interprétation pour des photo-interprètes peu expérimentés, ainsi que ceux d'artefacts d'interprétation dans la détection de tendance.

En raison des déformations existant sur les photographies aériennes (liées à la topographie et aux mouvements de l'avion), il est indispensable de passer par une étape d'orthorectification pour utiliser ces dernières dans un SIG. L'orthorectification nécessite d'avoir accès à un modèle numérique de terrain et à une carte topographique de la zone considérée (pour plus de détails sur l'orthorectification, voir Muraz *et al.*, 1999).

FIGURE 2
MÉTHODOLOGIE
D'INTERPRÉTATION
DES ORTHOPHOTOGRAPHIES
DE CHACUN
DES CYCLES D'INVENTAIRE



En ce qui concerne l'obtention d'indicateurs dendrométriques globaux, on a utilisé la base de données dendrométriques de l'IFN pour obtenir des valeurs moyennes de volume à l'hectare, de surface terrière, et d'accroissement en volume pour chaque type simplifié et chaque région forestière départementale. Ces données dendrométriques régionales ont ensuite été croisées avec les résultats de l'interprétation pour donner des volumes, des surfaces terrières et des accroissements par hectare de bassin versant.

RÉSULTATS

Résultats forestiers

Le tableau I (p. 478) présente les premiers résultats obtenus sur 10 bassins versants du Sud du Massif Central. Les tendances observées sont toutes positives car, même pour les bassins où la forêt n'a pas progressé en surface, les peuplements se sont tous densifiés à l'échelle régionale.

Confrontation des résultats hydrologiques et forestiers

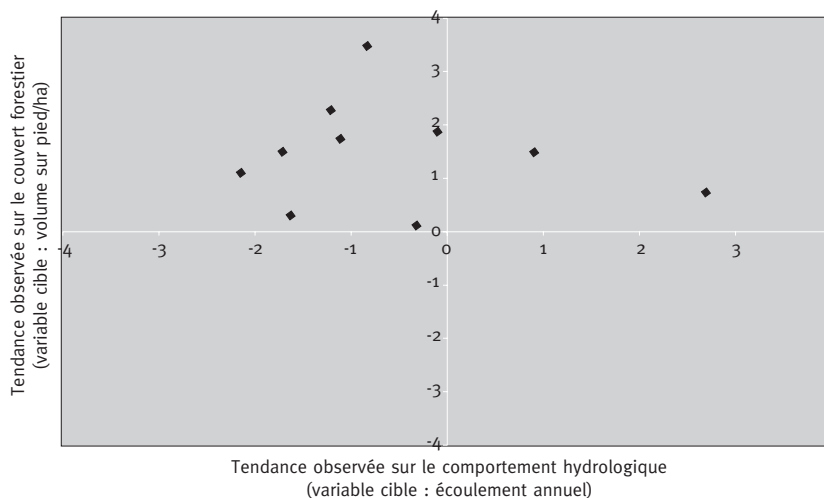
Pour les 10 bassins versants présentés au tableau I, nous avons présenté en figure 3 (p. 478) un graphique montrant le type d'analyse que nous souhaitons réaliser, en confrontant un indice d'évolution du comportement hydrologique et la tendance d'évolution du volume à l'hectare. Pour cette figure, l'indice hydrologique a été calculé en utilisant un modèle pluie-débit, et a pour ambition de représenter l'évolution du comportement hydrologique du bassin, vu sous l'angle de

TABLEAU I Tendance observée entre le 1^{er} et le 3^e cycle d'inventaire sur l'évolution globale des caractéristiques dendrométriques pour 10 des bassins versants de notre échantillon

Bassin	Tendance observée sur les descripteurs dendrométriques globaux des bassins versants		
	Volume à l'hectare (de bassin versant) (m ³ /ha/an)	Accroissement du volume à l'hectare (m ³ /ha/an)	Surface terrière (à l'ha de bassin versant) (m ² /ha/an)
17	+1,92	0,11	0,24
19	+1,49	0,08	0,22
20	+0,12	0,01	0,01
21	+1,10	0,08	0,14
22	+2,28	0,07	0,28
23	+3,47	0,25	0,45
41	+0,30	0,04	0,04
46	+1,48	0,06	0,20
G	+0,74	0,05	0,09
T	+1,74	0,09	0,28

FIGURE 3

CONFRONTATION GRAPHIQUE DES TENDANCES OBSERVÉES SUR LE COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE ET L'ÉVOLUTION DES PARAMÈTRES DU COUVERT FORESTIER



l'écoulement total (pour plus de détails sur la construction de cet indice, voir Andréassian *et al.*, 1999).

Aucune tendance claire n'apparaît pour l'instant en figure 3, même s'il est intéressant de constater que 8 sur 10 des points se trouvent dans le même cadran, ce qui correspond à une augmentation du couvert forestier simultanée à une réduction de l'écoulement annuel. Il nous faut attendre les autres bassins versants de notre échantillon pour pouvoir affirmer qu'il existe un lien de cause à effet dans ce domaine.

CONCLUSIONS

S'il est encore trop tôt pour conclure sur la nature du lien entre comportement hydrologique et évolution du couvert, il apparaît que les données accumulées par l'Inventaire forestier national au cours de ses quarante premières années d'existence peuvent être extrêmement utiles lorsqu'elles sont croisées avec d'autres données environnementales, pour répondre à des questions liées à l'influence du couvert forestier sur les bassins versants et, plus généralement, sur les écosystèmes.

Vazken ANDRÉASSIAN - Mamoutou TANGARA - Julien MURAZ
Groupe Hydrologie
Unité de Recherches Qualité et Fonctionnement hydrologique
des Systèmes aquatiques
CEMAGREF
BP 44
F-92163 ANTONY CEDEX
(vazken.andreassian@antony.cemagref.fr)
(mamoutou.tangara@antony.cemagref.fr)

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Jean-Guy Bourreau, Emmanuel Didon, Sylvie Durrieu, Nabila Hamza et Daniel Lopez, de l'Inventaire forestier national, pour l'aide qu'ils leur ont apportée.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDRÉASSIAN (V.) coord. — Indicateur d'impact de l'évolution du couvert forestier sur la ressource en eau à l'échelle des bassins versants des Cévennes et de la Montagne Noire. Rapport d'étude au Programme Environnement, Vie et Sociétés. — Antony : Cemagref, 1999. — 58 p.
- ARNELL (N.). — Human influences on hydrological behavior : an international literature survey. Report IHP-III Project 6.1. — Paris : UNESCO, 1989. — 195 p.
- BESEME (J.-L.). — Influence de l'occupation des sols sur les inondations. Compte rendu de la journée d'étude Risques naturels, dans le cadre des entretiens du GREF. — 1995. — 10 p.
- BOSCH (J.-M.), HEWLETT (J.D.). — A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. — *Journal of Hydrology*, 55, 1982, pp. 3-23.
- COSANDEY (C.). — Forêt et écoulements : rôle de la forêt sur la formation des crues et le bilan d'écoulement annuel. Impact d'une coupe forestière. — Meudon : CNRS, 1993. — 81 p.
- COSANDEY (C.). — La Forêt réduit-elle l'écoulement annuel ? — *Annales de Géographie*, n° 581-582, 1995, pp. 7-25.

- DUPRAZ (C.), DIDON (J.-F.), LELONG (F.). — Effet de la végétation sur le bilan hydrologique et sur les bilans hydrochimiques. Exemple des bassins versants comparatifs du Mont Lozère. *In* : L'impact des activités humaines sur les eaux continentales ; question 1 : modification des structures foncières et de la couverture végétale des bassins versants. — Paris : SHF, 1986. — pp. 1.6.1-1.6.9.
- GALÉA (G.), BARBET (D.). — Influence du couvert végétal sur l'hydrologie des crues du BVRE du Mont Lozère. — *Hydrologie continentale*, vol. 7, n° 1, 1992, pp. 33-49.
- HIBBERT (A.R.). — Forest treatment effects on water yield. *In* : Forest Hydrology : Proceedings of a National Science Foundation Advanced Science Seminar / W.E. Sopper, H.W. Lull Eds. — Oxford : Pergamon Press, 1967. — pp. 527-543.
- LAVABRE (J.), SEMPERE-TORRES (D.), CERNESSON (F.). — Étude du comportement hydrologique d'un petit bassin versant méditerranéen après la destruction de l'écosystème forestier par un incendie. — *Hydrologie continentale*, vol. 6, n° 2, 1991, pp. 121-132.
- MURAZ (J.), DURRIEU (S.), LABBÉ (S.), ANDRÉASSIAN (V.), TANGARA (M.). — Comment valoriser les photos aériennes dans les SIG ? — *Ingénieries - EAT*, n° 20, 1999, pp. 39-58.