

Cadre général

En Région wallonne, de nombreux sols forestiers se caractérisent par un pH faible et une pauvreté en Ca, P et surtout Mg. Depuis 1991, dans le cadre d'études sur le dépérissement forestier et l'impact de mesures de gestion forestière, le laboratoire d'Ecologie Végétale et Microbienne (ULg) étudie l'évolution des concentrations et des flux en éléments minéraux dans les principaux compartiments de deux bassins versants.

Bassins versants : définitions et potentialités

Bassin versant ou **bassin hydrographique**: portion de territoire délimitée par des lignes de crête, dont les eaux alimentent un exutoire commun.

→ le calcul des flux entrants (pluies) et sortants (exutoire) permet de réaliser des bilans entrées-sorties en eau et en éléments nutritifs;

→ les concentrations et flux à l'exutoire intègrent les processus se déroulant dans tout l'écosystème;

→ études à long terme: monitoring forestier et environnemental.



Fig. 1. Exutoire du bassin versant de la Robinette aménagé avec un déversoir en V. Ce dispositif est adapté pour la mesure du débit des ruisseaux à régime torrentiel

Sites

Deux bassins versants boisés (forêt domaniale de l'Hertogenwald, Membach, Ardenne): la Robinette et Waroneu (tab. 1.).

	Waroneu	Robinette
coordonées	50°34'N, 6°02'E	50°33'N, 6°04'E
altitude (m)	310 - 430	470 - 550
superficie (ha)	83	81
couvert forestier	épicéas - chênes - hêtres	< 1997 : épicéas
sol	acide, hydromorphe moder à dysmoder	

Tab. 1. Caractéristiques des bassins versants de la Robinette et de Waroneu.

Amendement – Waroneu – mai 1992

Etant donné la faible disponibilité en Ca et Mg du sol et la présence de symptômes de dépérissement forestier, un amendement calcimagnésien a été apporté au bassin versant de Waroneu en mai 1992.

Amendement: apport, par soufflerie, de 3 T ha⁻¹ dolomie 55/40 (Ca:507,2 kg ha⁻¹; Mg: 265,8 kg ha⁻¹) et de 200 kg ha⁻¹ de K₂SO₄ (K: 73,9 kg ha⁻¹) (fig. 2).

Question: quelles sont les conséquences à moyen et long termes sur la qualité des eaux?

Risques: augmentation du pH → augmentation de la nitrification → augmentation des concentrations en nitrates (eaux)

Principaux résultats:

1) l'amendement à Waroneu n'a pas provoqué d'augmentation des concentrations en nitrates à l'exutoire (fig. 5).

2) les stocks et flux (cumulés sur 19 ans) en calcium et magnésium (fig. 3) montrent que l'amendement représente l'apport le plus important. En outre, la majeure partie de cet amendement serait toujours stockée dans l'écosystème forestier (nous avons calculé, pour la période 1992 – 2008, une perte en magnésium provenant de l'amendement de 30,5 kg ha⁻¹, soit 11.5% des apports) (2).

3) le bilan en protons est positif à Waroneu et négatif à la Robinette: l'accumulation des cations basiques apportés par l'amendement pourrait expliquer le meilleur pouvoir tampon du bassin de Waroneu.



Fig. 2. Amendement dans le bassin versant de Waroneu (mai 1992)

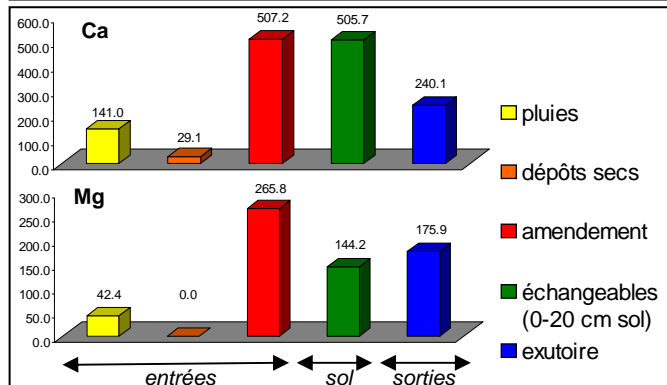


Fig. 3. Éléments échangeables du sol (juin 2000 (3)) et flux cumulés (1992 à 2010) en Ca et Mg pour le bassin versant de Waroneu (kg ha⁻¹)

Coupe à blanc – Robinette – octobre 1996

En 1996, suite aux tempêtes, les peuplements de la Robinette étaient déstabilisés. L'opportunité s'offrait d'étudier l'impact d'une mise à blanc sur les concentrations et les flux en éléments nutritifs, les données et connaissances écosystémiques acquises lors de plus de 15 ans de recherches constituant une situation idéale pour une étude de référence.

Coupe: 22 ha de forêt de résineux exploitée entre le 14/06/1996 et le 30/11/1996, soit une exportation de 9650m³ de bois.

Questions: quel est l'impact sur

- l'exportation en éléments nutritifs?
- le lessivage des nitrates?

Principaux résultats:

1) la coupe a entraîné une exportation importante d'éléments nutritifs et de carbone organique dissous à l'exutoire, principalement via une augmentation des volumes en eau. L'exportation a été estimée au total à 33,0 kg ha⁻¹ de Ca et 7,4 kg ha⁻¹ de Mg au cours des 4 années suivant la coupe (4).

2) particulièrement pour le Mg, ces pertes, cumulées à l'exportation de la minéralomasse, ont accentué le déséquilibre nutritionnel. En effet, pour cet élément, les flux à l'exutoire sont plus élevés que les réserves échangeables et les apports par les pluies (fig. 4).

3) il n'y a pas eu d'augmentation de concentrations en nitrates à l'exutoire suite à la coupe (fig. 5).

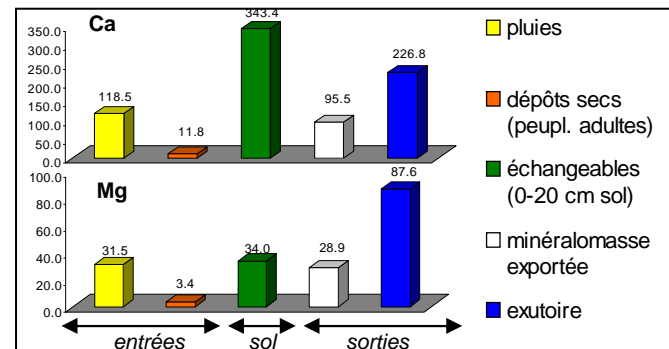


Fig. 4. Éléments échangeables du sol (juin 2000 (3, 4)) et flux cumulés (1992 à 2010) en Ca et Mg pour le bassin versant de la Robinette (kg ha⁻¹)

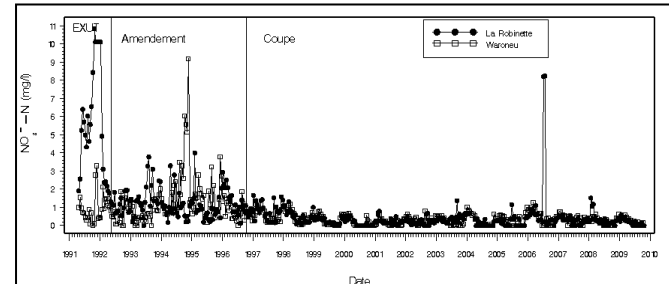


Fig. 5. Concentrations en N-NO₃ (mg/l) à l'exutoire des bassins versants de la Robinette (mise à blanc en 1996) et de Waroneu (amendé en 1992).

Charges critiques

L'approche des 'Charges critiques' a été développée comme outil dans le contrôle de la pollution en Europe. La charge critique peut être définie comme 'charge maximale d'un composé qui n'occasionne pas d'effet nuisible à long terme sur la structure et la fonction de l'écosystème, d'après les connaissances actuelles'. En 1997, grâce aux données récoltées sur 4 bassins versants suivis par le laboratoire (Waroneu et Robinette: Hertogenwald, Doucette et Burhel: massif de la Croix-Scaille,) plus celles du bassin de Chimay (UCL), une méthodologie et des données ont été fournies pour le calcul des charges critiques en azote, soufre et acidité pour les forêts wallonnes. Pour améliorer la précision de facteurs tels que la séquestration de N, Ca, Mg, K par les arbres, une étude détaillée des contenus en éléments minéraux dans les chênes et les épicéas de Waroneu et de la Robinette a été menée (1). Par rapport aux données de la littérature, les teneurs en éléments dans le bois des parties exploitées de ces deux espèces se sont révélées être plus faibles. Ainsi, l'intérêt de disposer de données régionales tenant compte des particularités des sites, a pu être démontré pour le calcul de charges critiques réellement adaptées aux forêts wallonnes.

Apports en éléments et décomposition des litières

Pour les sites sensibles à la dégradation des sols, la restauration de peuplements indigènes, adaptés à la station, est une alternative intéressante. En 1998, à la Robinette, un programme de reboisement, notamment avec des feuillus choisis selon le « Guide de boisement » et le « Fichier Ecologique des Essences » a débuté. L'impact potentiel de ce reboisement de type 'extensif' sur le cycle biogéochimique des éléments nutritifs est étudié dans le cadre d'expériences à l'échelle de la parcelle.

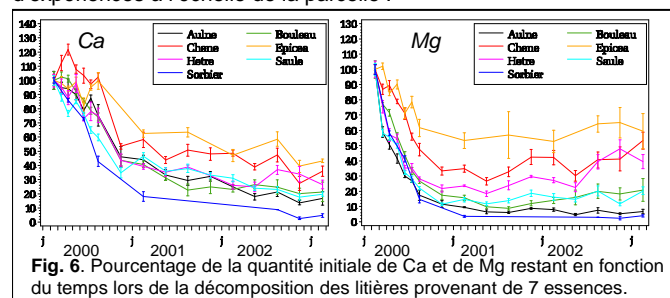


Fig. 6. Pourcentage de la quantité initiale de Ca et de Mg restant en fonction du temps lors de la décomposition des litières provenant de 7 essences.

La litière des essences dites secondaires, et particulièrement celle du sorbier, présente un intérêt manifeste pour le retour au sol rapide et en plus grande quantité d'éléments nutritifs tels le Ca et le Mg:

- lors de la décomposition des litières, ils sont libérés plus rapidement (fig. 6);

- les flux annuels en Ca et Mg via les retombées de litière de ces essences sont plus élevés (tab. 2).

	Aulus	Betula	Fagus	Picea	Quercus	Salix	Sorbus
Ca moy	12.94	16.62	9.03	11.72	6.17	15.30	32.33
se	3.18	2.91	1.61	2.94	1.41	1.34	5.67
Mg moy	2.50	2.94	0.49	1.08	0.75	2.55	3.86
se	0.39	0.36	0.11	0.29	0.15	0.28	0.47

Tab. 2. Flux annuels (juin 2009-mai 2010) en calcium et magnésium ($\text{kg ha}^{-1} \text{an}^{-1}$) via les litières des 7 essences à la Robinette. Moyenne (moy) et erreur standard (se).

Conclusions générales

Les études en bassins versants permettent d'intégrer les processus se déroulant à différents niveaux de l'écosystème forestier. Elles nécessitent une base de données temporelle de 'référence' importante. Ainsi, ces études ont permis de montrer que:

- bien que ces bassins versants reçoivent des quantités importantes d'azote via des dépôts atmosphériques, ces écosystèmes semblent retenir efficacement l'azote. Des expériences à l'échelle des bassins versants telles l'amendement (Waroneu) et la coupe à blanc (la Robinette) n'ont pas entraîné d'augmentation des concentrations en nitrates à l'exutoire. Dans ce cadre, le maintien d'un couvert végétal (et de la strate herbacée) est primordial;

- la majeure partie des quantités de Ca et Mg apportées par l'amendement (Waroneu, 1992) serait toujours stockée dans le bassin versant. Elle pourrait contribuer au meilleur pouvoir tampon du bassin de Waroneu;

- la mise à blanc de 22 ha (Robinette, 1996) a augmenté le risque de déficience en cations basiques. Les quantités exportées (minéralomasse dans les troncs et flux à l'exutoire) sont élevées par rapport aux réserves en Ca et Mg échangeables du sol. C'est une des raisons pour lesquelles la taille des coupes à blanc a été limitée dans le nouveau Code forestier (juillet 2008);

Le reboisement en peuplement mixte à large écartement en cours à la Robinette est susceptible de modifier le cycle biogéochimique des éléments nutritifs. Des études sont menées afin de mieux comprendre l'impact des essences. Elles montrent notamment l'intérêt d'associer des essences dites secondaires (sorbier) pour augmenter le retour au sol des éléments nutritifs, particulièrement les cations basiques.

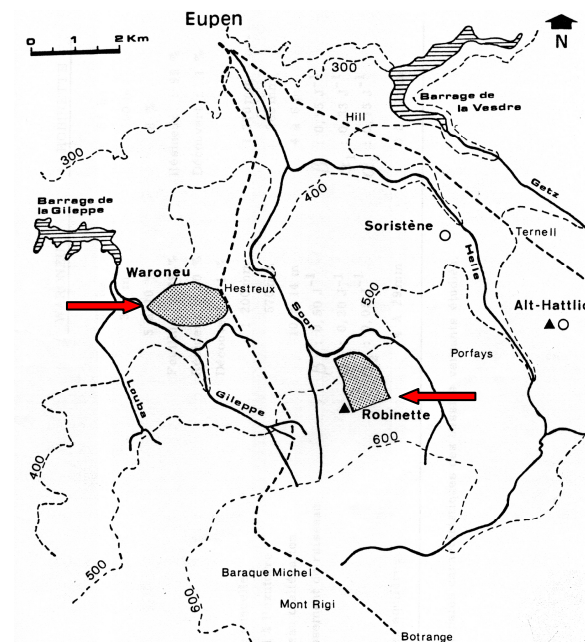
Références

- (1) Bosman, B., Remacle, J. et Carnol, M (2001) Element removal in harvested tree biomass : scenarios for critical loads in Wallonia, south Belgium. *Water, Air and Soil Pollution* 1: 153-167
- (2) Guillaume, P. et Carnol, M., 2009. Effets des mesures de gestion sur la fertilité des sols forestiers et le cycle de l'eau. Convention entre la Région wallonne et l'ULg. Rapport final, juin 2009
- (3) Kaye, R., Colette, S. et Carnol, M (2001) Effets des mesures de gestion sur la stabilité de l'écosystème forestier: mise à blanc, reboisement, traitement des déchets de coupe. Convention entre la Région wallonne et l'ULg. Rapport intermédiaire, février 2001
- (4) Kaye, R. (2001) Effets des mesures de gestion sur la stabilité de l'écosystème forestier: mise à blanc, reboisement, traitement des déchets de coupe. Convention entre la Région wallonne et l'ULg. Rapport final, septembre 2001

Ces recherches ont été financées par le Service Public de Wallonie (anc. Ministère de la Région wallonne), Direction générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement (DGRNE), Département de la Nature et des Forêts, Direction des ressources forestières. Elles ont été réalisées avec l'aide du personnel du cantonnement forestier de Verviers. Elles ont également reçu l'appui financier de l'Union Européenne.

Ces études ont été initiées sous la direction de Prof. Jean Remacle. Nous tenons à remercier le personnel scientifique et technique qui a collaboré à ces travaux.

20 ans d'études dans 2 bassins versants boisés en Ardenne



Patricia GUILLAUME, Bernard BOSMAN, Masoud BAZGIR
Marie-Christine REQUIER, André PIRET,
sous la direction de Monique CARNOL
Université de Liège
Département des Sciences et Gestion de l'Environnement
Laboratoire d'Ecologie Végétale et Microbienne

Contact:

Prof. M. Carnol,
Ecologie Végétale et Microbienne
Institut de Botanique, B22
Université de Liège
Bd. du Rectorat, 27
4000 Liège
Email: m.carnol@ulg.ac.be
Tél: 04/366.38.45
Fax: 04/366.38.17

