

FORÊT • NATURE

OUTILS POUR UNE GESTION
RÉSILIENTE DES ESPACES NATURELS

Tiré à part de la revue **Forêt.Nature**

La reproduction ou la mise en ligne totale ou partielle des textes
et des illustrations est soumise à l'autorisation de la rédaction

foretnature.be

Rédaction : Rue de la Plaine 9, B-6900 Marche. info@foretnature.be. T +32 (0)84 22 35 70

Abonnement à la revue Forêt.Nature :
librairie.foretnature.be

Abonnez-vous gratuitement à Forêt.Mail et Forest.News :
foretnature.be

Retrouvez les anciens articles de la revue
et d'autres ressources : **foretnature.be**



CYCLE DES ÉLÉMENTS ET ÉVALUATION DE LA FERTILITÉ CHIMIQUE EN FORÊT

MATHIEU JONARD – FRÉDÉRIC ANDRÉ – QUENTIN PONETTE

Les écosystèmes forestiers les plus pauvres sont menacés par des déséquilibres nutritionnels sous l'effet des dépôts atmosphériques et des changements climatiques. De plus, la nécessité d'une diversification des sources énergétiques, l'évolution des techniques d'exploitation du bois et de sa transformation conduisent à envisager une exploitation accrue de l'arbre. Face à ces pressions, le forestier doit pouvoir disposer d'outils lui permettant de poser un diagnostic fiable sur l'état des sols afin d'en assurer l'intégrité à long terme ou la restauration, dans l'optique d'une gestion durable et multifonctionnelle de l'écosystème.

Les sols aujourd'hui situés sous couvert forestier présentent un certain nombre de contraintes de nature technique, économique et/ou stationnelle qui s'opposent à leur mise en valeur agricole.

Contrairement aux sols agricoles, les sols forestiers n'ont pas été enrichis en éléments minéraux par l'homme si ce n'est, le cas échéant, lors de phases de mise en

culture temporaires ; ils ont été généralement appauvris par diverses pratiques en lien avec l'agriculture telles que l'essartage, le soutrage et le pâturage, ou avec l'industrie comme la production de charbon de bois ou d'écorces à tan.

Actuellement, les écosystèmes forestiers les plus pauvres sont menacés par des déséquilibres nutritionnels sous l'effet des

dépôts atmosphériques et des changements climatiques. Par ailleurs, l'évolution du marché du bois et du prix de la main d'œuvre, la nécessité d'une diversification des sources énergétiques, l'évolution des techniques d'exploitation du bois et de sa transformation conduisent à envisager une exploitation accrue de l'arbre : une fraction des rémanents actuellement laissée sur coupe en serait ainsi exportée.

Face à ces pressions passées et actuelles, le forestier doit pouvoir disposer d'outils lui permettant de poser un diagnostic fiable sur l'état des sols et son évolution probable ; ceux-ci constituent en effet une ressource non renouvelable dont l'aménagement forestier doit assurer l'intégrité à long terme ou la restauration, dans l'optique d'une gestion durable et multifonctionnelle de l'écosystème.

Dans le cas présent, nous nous intéressons à la fertilité chimique des sols forestiers. Cet article montre d'abord comment établir un bilan de fertilité à partir des principaux flux d'éléments qui existent au sein de l'écosystème forestier ainsi que ceux qui concernent les échanges avec l'extérieur. Ce concept sera ensuite illustré par un exemple concret, en chênaie ardennaise. Finalement, on verra dans quelle mesure la gestion forestière peut affecter ce bilan de fertilité.

LES ÉLÉMENTS MINÉRAUX, POUR LE MEILLEUR ET POUR LE PIRE

La croissance des arbres implique l'acquisition de ressources dont les plus importantes sont l'eau, le carbone et les éléments minéraux, sous la dépendance de facteurs tels que la température ou

la lumière appelés contrôleurs. Les éléments essentiels, par opposition aux éléments facultatifs, sont indispensables à la croissance de la plante ; selon qu'ils sont prélevés en grandes ou petites quantités, on les qualifie de majeurs ou de mineurs. En fonction de la disponibilité effective pour la plante, qui dépend d'un ensemble complexe de facteurs dont la forme sous laquelle se trouve les éléments, ces derniers peuvent être associés à des phénomènes de carence ou de toxicité. Certains éléments provoquent des toxicités à des teneurs relativement faibles ; pour d'autres, les toxicités apparaissent à des concentrations situées nettement au-delà de l'optimum, l'arbre pouvant réaliser une consommation dite « de luxe ».

Dans le cadre du maintien à long terme de la fertilité chimique des écosystèmes forestiers, il importe donc de s'intéresser à l'évolution de la réserve totale en éléments minéraux essentiels dans le sol, celle-ci pouvant être considérée comme un capital se réduisant inévitablement au cours du temps en l'absence d'apports externes ou de restitutions. De manière complémentaire, on peut s'intéresser à l'évolution de la réserve en éléments mobilisables par la végétation, c'est à dire la fraction de la réserve totale susceptible d'être prélevée par la plante à l'échelle d'un cycle sylvicole.

Si le maintien d'une réserve suffisante en éléments majeurs représente bien une condition nécessaire pour une gestion durable des écosystèmes forestiers, il ne garantit pas en lui-même un fonctionnement optimal du système ni en termes de nutrition des peuplements, ni en termes d'impacts sur la qualité des eaux de drainage par exemple.

Au regard de la nutrition en effet, la variation du stock d'un élément ne permet pas d'appréhender les déséquilibres nutritionnels éventuels, ni d'évaluer les risques de toxicité directe ou indirecte causés par des éléments tels que l'aluminium en sols acides. En ce qui concerne les conséquences sur la qualité de l'eau, la variation de la réserve totale indique seulement dans quelle mesure le sol contribue au stockage d'un polluant potentiel ; elle ne renseigne pas directement sur d'autres paramètres importants tels que la concentration dans les eaux de drainage ou la capacité du système sol-plante dans sa totalité à stocker l'élément.

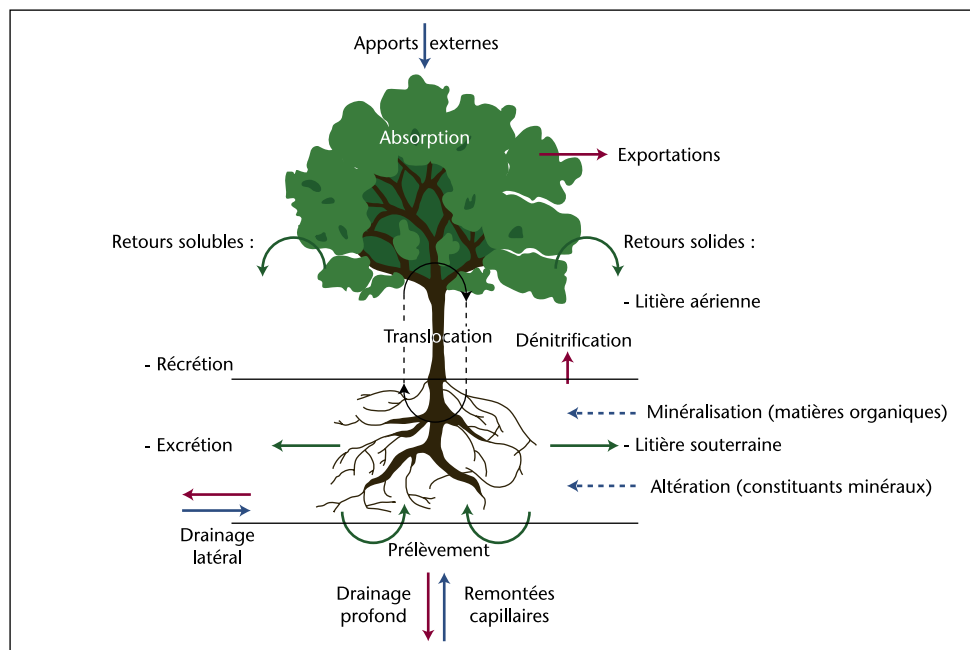
L'évolution de la réserve en éléments ne constitue donc qu'un indicateur, certes très pertinent, de cette fertilité.

LES ÉLÉMENTS MINÉRAUX CIRCULENT DANS L'ÉCOSYSTÈME FORESTIER

La figure 1 reprend les principaux flux et stocks d'éléments minéraux dans un écosystème forestier, en négligeant la composante animale.

En considérant comme limites le système sol-plante, les entrées dans l'écosystème

Figure 1 – Principaux flux et stocks d'éléments minéraux dans un écosystème forestier (la composante animale est ignorée).



sont constituées par les apports atmosphériques, les apports latéraux et les remontées capillaires. Les sorties sont liées au drainage vertical, aux sorties latérales, à la dénitrification et à la récolte de biomasse. Ces entrées et sorties externes sont connectées à un cycle interne, au niveau de la plante. En effet, les éléments minéraux nécessaires à la croissance de la plante sont mobilisés à partir du sol (prélèvement racinaire), de l'atmosphère (absorption foliaire) ou de réserves stockées au sein-même de la plante (translocation). Seule une fraction des éléments prélevés ou absorbés sont immobilisés dans les parties « pérennes » de la plante (immobilisation) ; le solde retourne au sol (restitutions) sous forme solide (litières aériennes et souterraines) ou liquide (par récrétion au niveau foliaire, ou par excrétion au niveau racinaire).

L'importance relative de ces flux et stocks dépend d'un grand nombre de facteurs. En particulier, pour un écosystème donné, elle varie fortement d'un élément à l'autre.

L'ÉVOLUTION DE LA RÉSERVE EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DU SOL PEUT ÊTRE ESTIMÉE PAR UN BILAN

En considérant les différents flux illustrés à la figure 1, il est possible d'estimer la variation du stock d'éléments totaux dans le sol sur base d'un bilan entre entrées et sorties, suivant :

$$[1] \Delta SOL_{(TOT)} = Entrées_{(TOT)} - Sorties_{(TOT)}$$

Où :

$$[1a] Entrées_{(TOT)} = \{[apports externes] - [absorption]\}$$

$$[1b] Sorties_{(TOT)} = \{[drainage net] - [apports latéraux nets]\} + \{[accroissement de la minéralomasse dans la végétation] - [absorption]\}$$

Le terme [absorption], présent tant au niveau des entrées que des sorties, disparaît dans le bilan global ; pour des raisons de simplicité, on le supposera négligeable par la suite même s'il peut être important pour des éléments tels que l'azote.

La variation de la réserve en éléments peut être estimée à l'aide de la formulation reprise ci-dessus à différents pas de temps et sur des profondeurs de sol variables. Pour tester l'impact de la production forestière en futaie régulière, elle est toutefois généralement calculée sur un cycle sylvicole, en considérant la profondeur d'enracinement moyenne.

La variation du stock d'éléments mobilisables par la végétation peut également être estimée à l'aide d'un bilan. Si l'on suppose que l'immobilisation par les micro-organismes du sol est négligeable et que les quantités restituées sous forme de litières aériennes et souterraines correspondent à la minéralisation de la matière organique, ce qui peut être accepté en première hypothèse si l'on raisonne à l'échelle d'un cycle sylvicole, le bilan ci-dessus s'enrichit d'une entrée supplémentaire, et peut être ré-écrit suivant :

$$[2] \Delta SOL_{(MOB)} = Entrées_{(MOB)} - Sorties_{(MOB)}$$

Où :

$$[2a] Entrées_{(MOB)} = \{[apports externes] + [altération]\} = Entrées_{(TOT)} + altération$$

$$[2b] Sorties_{(MOB)} = Sorties_{(TOT)}$$

Les apports externes comprennent les éléments en solution sous la forme de pluie,

de brouillard – on parle alors de dépôts occultes – ou de neige, les apports sous forme solide appelés dépôts secs, et la fixation atmosphérique nette ; diminués des quantités absorbées par le couvert, ils représentent les entrées effectives au niveau du sol. Si l'on s'intéresse à la variation du stock d'éléments mobilisables par la végétation, les apports précédents sont augmentés, moyennant respect des hypothèses émises ci-dessus, de l'altération.

Les apports en éléments minéraux sous formes liquide et solide dépendent de la localisation géographique du site et varient au cours du temps, en relation avec les sources d'émissions, la direction des vents et le régime des précipitations.

Une fraction de ces apports interagit avec le couvert forestier, à travers les phénomènes d'absorption foliaire et de récrétion ; associés à l'évaporation d'une partie des précipitations (interception), ces processus conduisent à modifier la composition des précipitations collectées sous le couvert sous forme d'écoulement des troncs et de pluvioléssivage.

Sous nos latitudes, la fixation atmosphérique nette concerne principalement l'azote ; elle représente le bilan entre la fixation de l'azote atmosphérique par des micro-organismes associés de manière plus ou moins intime avec la plante, et la volatilisation de l'azote par dénitrification en milieu pauvre en oxygène. La fixation peut représenter une source non négligeable de l'azote en présence d'arbres capables de développer une relation mutualiste avec des organismes fixateurs.

L'altération représente le flux d'éléments issus des minéraux primaires et secondai-

res ; en le considérant par rapport au pool d'éléments disponibles, il constitue bien une source dans la mesure où il rend accessibles des éléments minéraux non directement disponibles pour le prélèvement, le drainage ou le recyclage. Il est fortement influencé par l'activité biologique, notamment à travers la respiration des racines, la libération de protons par les racines, et la production d'acides organiques plus ou moins complexants.

Si les apports latéraux nets sont nuls (apports latéraux = sorties latérales), les sorties du sol se limitent au drainage net et à l'accroissement des éléments minéraux dans la biomasse végétale sous l'effet du prélèvement.

La quantité totale d'éléments minéraux quittant le sol par drainage net, soit la différence entre drainage profond et remontées capillaires, dépend directement du flux d'eau et de la concentration en éléments minéraux dans les eaux de drainage. Le flux d'eau évacué par drainage dépend de l'interaction climat-sol-peuplement ; pour un écosystème donné, il varie fortement en climat tempéré selon la saison, en lien avec l'évapotranspiration et, le cas échéant, la recharge via la nappe. Quant à la concentration totale en cations dans les eaux de drainage, elle est dictée par la concentration des anions minéraux, comme les nitrates, sulfates ou chlorures, et des anions organiques. Les anions minéraux peuvent avoir une origine externe au système sol-plante, comme les chlorures apportés par la mer, et/ou interne à celui-ci ; c'est par exemple le cas de la minéralisation de la matière organique ou de la nitrification. Les anions organiques solubles sont, sauf cas particuliers, issus principalement de la décomposition

de la matière organique du sol. À côté de la concentration totale en cations, dictée par la dynamique des anions, la composition en cations est sous la dépendance de mécanismes tels que l'échange d'ions, l'altération des minéraux, les réactions de précipitation/dissolution, l'absorption/récrétion – impliquant le sol, la solution du sol et/ou les organismes vivants.

Comme indiqué précédemment, les éléments immobilisés dans la biomasse représentent la différence entre les quantités prélevées à partir du sol et de l'atmosphère, et les quantités restituées au sol sous différentes formes. À moins d'être évacués en dehors de la zone racinaire, les éléments restitués sont à nouveau potentiellement disponibles pour le prélèvement, mais après des délais variables selon la forme de la fraction restituée, solide ou soluble, et les interactions entre fractions restituées et composantes du sol. Par exemple, les retombées sous la forme de litières foliaires libèrent progressivement les éléments minéraux dont elles sont constituées à travers le processus complexe de décomposition. À l'échelle d'un cycle sylvicole, on peut néanmoins considérer en première approximation que les éléments restitués sous forme solides sont effectivement mobilisables.

L'EXEMPLE D'UN PEUPEMENT DE CHÊNES SITUÉ EN ARDENNE OCCIDENTALE SUR SOL BRUN ACIDE

À titre d'illustration, un bilan de fertilité est présenté ci-dessous pour une chênaie équienne située dans le cantonnement de Chimay (triage de Baileux). Le bilan de fertilité a été estimé pour l'ensemble de

la révolution (200 ans) en considérant les dépôts atmosphériques et l'altération des minéraux comme des entrées dans le pool d'éléments circulant dans l'écosystème et les éléments emportés par les eaux de drainage ainsi que ceux exportés par l'exploitation du bois comme des sorties de l'écosystème (équation [2]). Trois éléments majeurs sont présentés : le calcium (Ca), le magnésium (Mg), et le potassium (K).

Pour estimer les dépôts atmosphériques, des collecteurs ont été installés sous le couvert de la chênaie afin de quantifier le volume de précipitation qui passe à travers le feuillage (75 à 80 % des précipitations incidentes) et d'analyser leur composition chimique. Des gouttières souples ont également été fixées sur le tronc de certains arbres afin de collecter et d'analyser l'eau qui ruisselle le long des troncs (5 %). L'altération des minéraux n'ayant pas été étudiée sur le site de Baileux, nous avons utilisé des taux d'altération disponibles dans la littérature¹. Les sorties par drainage profond ont été estimées sur base d'un drainage calculé³ de 325 mm par an et de la composition chimique des solutions de sol collectées à 1 mètre de profondeur au moyen de plaques lysimétriques. La biomasse et le contenu en éléments des composantes aériennes des peuplements (minéralomasse des troncs, de l'écorce et des branches) ont été évalués en échantillonnant de manière destructive un ensemble d'arbres distribués dans toute la gamme de circonférences du peuplement. Les volumes de bois correspondant aux coupes d'amélioration et au peuplement final ont été repris des tables de production de Pardé (classe de fertilité II²).

Pour chacun des éléments, la figure 2 présente un pré-bilan qui reprend uni-

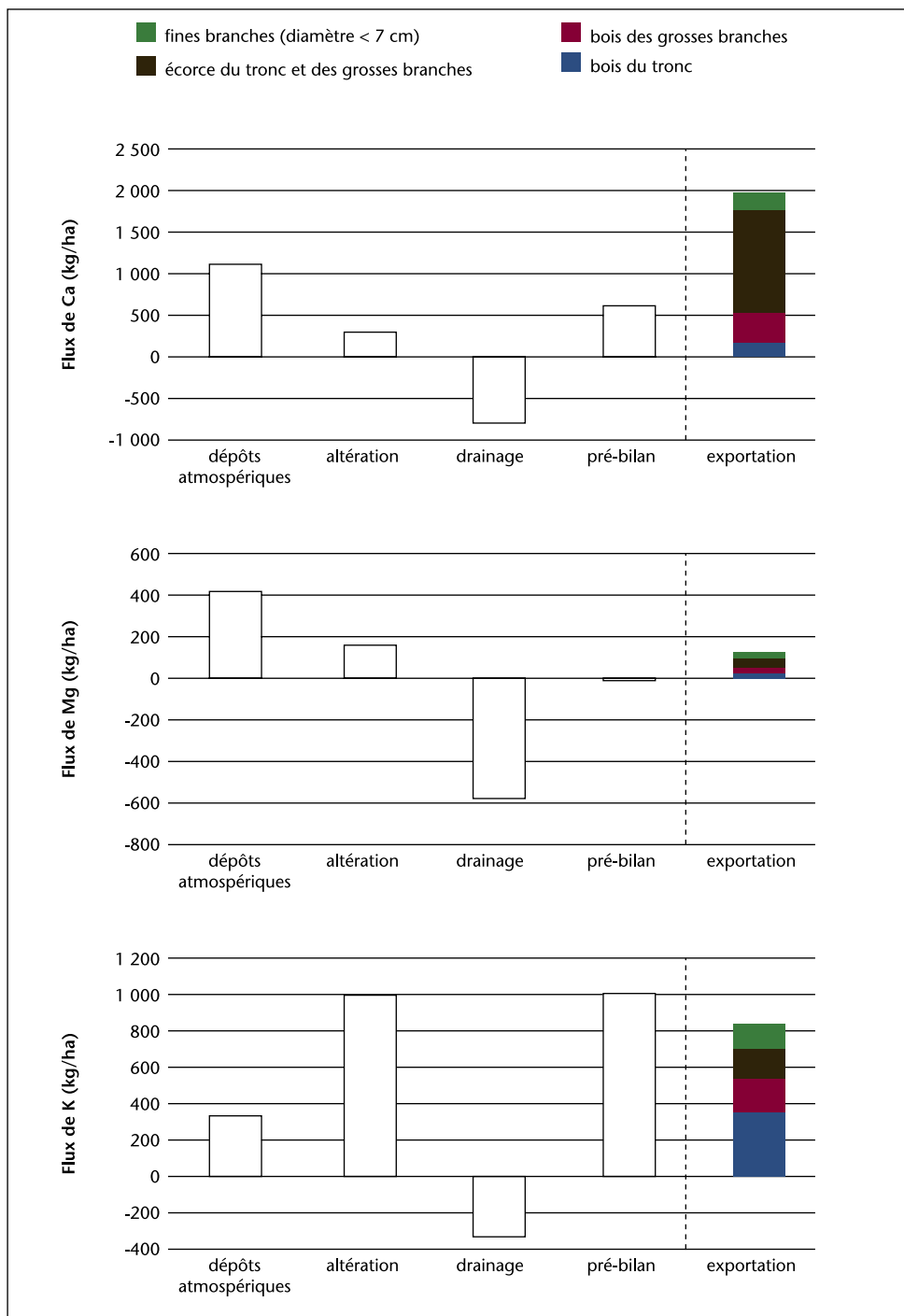


Figure 2 – Estimation du bilan de fertilité d'une chênaie d'Ardenne occidentale sur sol acide, pour un cycle sylvicole de 200 ans.

quement les flux relativement peu influençables par la sylviculture (cf. ci-dessous), à savoir les dépôts atmosphériques, l'altération et les sorties par drainage ; l'objectif est de confronter ce pré-bilan à différents scénarios d'exportations minérales (bois du tronc, bois des grosses branches, fines branches, écorce du tronc et des grosses branches) pour définir comment celles-ci risquent d'affecter, à terme, le stock d'éléments mobilisables par la végétation.

Pour le calcium, le pré-bilan est positif et il semble que le bois des troncs et des grosses branches puisse être exporté sans hypothéquer la fertilité à long terme. Par contre, l'écorce contient une très grande quantité d'élément qu'il serait bon de pouvoir restituer au peuplement. En ce qui concerne le magnésium, le pré-bilan est nul ; les exportations de bois se traduisent donc par des pertes qui sont toutefois réduites si elles se limitent aux troncs. Dans l'idéal, les exportations devraient être compensées par une fertilisation. Les pertes importantes de magnésium par drainage sont liées au fait que les eaux de drainage sont en équilibre avec des horizons profonds plus riches en magnésium (à partir de 80 cm de profondeur). Pour ce qui est du potassium, le pré-bilan est largement positif et les exportations de bois ne posent pas de problèmes.

Cet exemple montre que l'importance absolue et relative des sources et des puits peut différer sensiblement selon les éléments. Ainsi, les exportations liées à l'écorce sont-elles beaucoup plus élevées pour le calcium que pour les autres éléments alors que, comparativement aux apports atmosphériques, le flux d'alté-

ration s'avère nettement supérieur pour le potassium que pour le magnésium ou le calcium ; pour ces deux derniers éléments, les apports atmosphériques apparaissent donc comme un flux majeur du bilan.

La quantité d'éléments contenue dans la biomasse aérienne a été comparée à la réserve en éléments échangeables et totaux des quatre-vingt premiers centimètres du sol (tableau 1). Il y a quatre fois plus de calcium et de potassium dans la biomasse ligneuse que d'éléments échangeables dans les quatre-vingt premiers centimètres du sol ; pour le magnésium, les quantités contenues dans la biomasse aérienne et dans le sol sont du même ordre de grandeur.

Sur le plan du maintien à long terme de la fertilité stationnelle, il est également intéressant de comparer la variation du stock total d'éléments (équation [1]) associée à un scénario d'exportation donné, sur un cycle sylvicole, au stock total initialement présent. En faisant l'exercice pour le magnésium dans le cadre d'une exportation du tronc, des grosses branches et de l'écorce, la variation du stock s'élève à -97 kg/ha, soit 0,1 % de la réserve totale en Mg (tableau 1) ; pour le calcium, une exportation de biomasse similaire s'accompagnerait d'une variation du stock de -1153 kg/ha, soit 100 % de la réserve totale en Ca (tableau 1).

Certaines composantes du bilan de fertilité ont été estimées, ponctuellement, avec beaucoup de précision (dépôts atmosphériques et minéralomasse) ; d'autres ont été évaluées de manière plus approximative (drainage) ou à partir de données de la littérature (altération). À

Stock d'éléments (kg/ha)	Ca	Mg	K
Éléments échangeables dans les 80 premiers cm du sol	488	127	222
Éléments totaux dans les 80 premiers cm du sol	1 149	95 815	10 383
Bois des troncs	187	26	356
Bois des grosses branches (diamètre > 7 cm)	346	27	187
Écorce	1 241	45	166
Fines branches (diamètre < 7 cm)	212	28	138
Quantité totale dans la biomasse ligneuse	1 986	126	847

Tableau 1 – Comparaison entre la quantité d'éléments contenue dans la biomasse ligneuse aérienne et la réserve en éléments (échangeables ou totaux) du sol.

l'avenir, l'estimation du drainage va être affinée par des études qui permettront une meilleure maîtrise du bilan hydrique et par des séries chronologiques plus longues concernant la composition chimique des solutions du sol ; l'altération pourrait aussi être évaluée plus précisément en utilisant un modèle s'appuyant sur une reconstitution de la composition minéralogique du sol à partir des teneurs totales en éléments. Par ailleurs, un enjeu important consiste à intégrer ces flux, souvent estimés ponctuellement dans le temps et dans l'espace, sur la durée d'un cycle sylvicole et à l'échelle d'une région – tout en assurant leur couplage dynamique compte-tenu de leur interdépendance. Dans cette attente, une démarche simplifiée a été entreprise, qui consiste à obtenir des estimations fiables des exportations à partir de modèles statistiques génériques et robustes, et à confronter celles-ci à des seuils critiques définis selon les caractéristiques du sol.

Avec tous ces éléments en main, il reste à déterminer sur quels leviers agir pour, le cas échéant, minimiser l'impact de la sylviculture sur la réserve des éléments.

DANS QUELLE MESURE LE FORESTIER PEUT-IL AFFECTER LE BILAN EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX DU SOL ?

En relation avec les termes du bilan décrits précédemment (équation [1]), le forestier peut tenter d'agir sur les apports externes, le drainage et l'accroissement de la minéralomasse pour minimiser la réduction du stock total d'éléments essentiels.

Les apports atmosphériques sous formes soluble et solide sont largement conditionnés par le contexte éco-climatique ; en ce qui concerne les dépôts secs, leur interception peut néanmoins être modulée localement par la structure de la canopée et par son caractère pérenne ou décidu. La fixation de l'azote atmosphérique dépend étroitement de l'aptitude de certaines essences telles *Alnus glutinosa* à développer des relations mutualistes avec des micro-organismes fixateurs ; la dénitrification, qui nécessite des conditions anaérobies pour se réaliser, peut être modulée en agissant notamment sur le drainage.

La composition chimique des apports atmosphériques ne peut pas être contrôlée par le forestier ; elle reflète une combinaison de sources très diverses qui peuvent exercer des effets positifs ou négatifs sur le fonctionnement de l'écosystème selon les éléments en présence, et le niveau des autres facteurs du milieu. À titre d'illustration, l'azote, élément essentiel à la production, peut déstabiliser l'écosystème si les apports sont déséquilibrés au regard des autres éléments minéraux et/ou provoquer une acidification lors de la nitrification. Les amendements ou fertilisants constituent des apports contrôlés, tant en termes de quantité que de qualité, mais impliquent un coût non négligeable. Dans le contexte des forêts tempérées, leur utilisation est davantage liée à la restauration des sols et à la protection des peuplements, qu'à l'augmentation de la productivité. Elle doit faire l'objet d'un diagnostic raisonné pour éviter tout effet collatéral.

Comme pour les apports atmosphériques, le drainage est sous la dépendance étroite de la station et de son environnement. Le forestier peut toutefois moduler dans une certaine mesure le flux d'eau drainé en agissant sur le couvert, par la densité (coupes d'éclaircies) et par le choix des méthodes de régénération. Il peut également agir sur la concentration totale drainée en contrôlant les sources et puits d'anions dans le sol ; dans ce contexte, il veillera particulièrement à ce que les éléments libérés par la décomposition de la matière organique puissent être retenus par la végétation. L'amélioration du recyclage des éléments au niveau de la litière implique des actions au niveau du choix des essences et de la densité du peuplement. Par leur effet sur la nature du substrat (propriétés des litières) et, secondairement,

sur les conditions pédo-climatiques, les essences modulent en effet la nature et l'activité des populations d'organismes impliquées dans la décomposition. Par ailleurs, à essence et site fixés, la densité du peuplement affecte également l'accumulation de matière organique dans les couches holorganiques du sol.

À côté des considérations d'ordre technico-économique, le recours aux coupes à blanc doit donc être argumenté en fonction de leur effet potentiel sur le flux d'eau et sur la décomposition des matières organiques.

L'accroissement de la minéralomasse du peuplement ne représente une perte définitive pour le sol que si la biomasse est exportée hors de la coupe. Dans le cas contraire, les éléments minéraux immobilisés peuvent être restitués à plus ou moins long terme et ne sont susceptibles d'affecter le fonctionnement du système qu'en réduisant, le cas échéant, le pool d'éléments disponibles.

À site et essence fixés, la quantité d'éléments minéraux immobilisée par unité de temps dépend principalement de l'âge du peuplement. D'une manière générale, cette quantité culmine à un âge proche de celui de l'accroissement annuel courant maximum en lien avec l'accroissement en matière, ainsi qu'avec la nature et l'âge des tissus formés. Toutes autres choses égales, la réduction du terme d'exploitabilité conduit donc à augmenter les exportations minérales par rapport à des scénarios moins intensifs, pour un intervalle de temps comparable.

Outre l'impact du terme d'exploitabilité, la nature et la quantité des produits expor-

tés affectent considérablement les sorties en éléments (figure 2). Les concentrations en éléments varient en effet d'un compartiment à l'autre : elles augmentent dans l'ordre *bois du tronc* < *branche* < *feuillage*. Par unité de biomasse exportée, l'exploitation des houppiers contribue donc davantage à la réduction du stock d'éléments.

En définitive, à site fixé, le choix de l'essence est susceptible d'affecter les exportations minérales par la récolte de biomasse de plusieurs façons : longueur du cycle sylvicole, productivité et quantités d'éléments immobilisées par unité de biomasse produite, et nature des produits exportés de la coupe.

CONCLUSION

Établi sur base d'un ensemble de flux, le bilan de fertilité d'un écosystème forestier est un outil qui permet au forestier d'estimer la variation des réserves en éléments disponibles ou totaux du sol en lien avec la production sylvicole, d'identifier l'importance relative des différents facteurs dans cette évolution, et d'évaluer les risques encourus pour le maintien de la fertilité à long terme des écosystèmes forestiers. Sur cette base, le forestier peut alors optimiser les exportations et les coupes selon les contextes stationnels et/ou, le cas échéant, proposer le recours à des apports d'amendement à des fins de compensation ou de restauration.

Face à l'augmentation attendue de la pression sur la ressource liée à la demande de bois énergie et aux changements globaux, il est important de développer un outil fonctionnel et robuste à l'échelle de la Région wallonne. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ¹ BONNEAU M., DAMBRINE E., NYS C., RANGER J. [1991]. Apports acides et cycles des cations dans des pessières du Nord-Est. Intérêt de bilans saisonniers. *Science du sol* **29** : 125-145.
- ² DECOURT N. [1973]. *Tables de production pour les forêts françaises*. ENGREF, Nancy, France. 160 p.
- ³ VAN DER SALM C., REINDS G.J., DE VRIES W. [2004]. Assessment of the water balance of European forests : a model study. *Water, Air and Soil Pollution* **4** : 175-190.

MATHIEU JONARD

Mathieu.Jonard@uclouvain.be

FREDÉRIC ANDRÉ

QUENTIN PONETTE

Unité des Eaux et Forêts,
Université catholique de Louvain

Croix du Sud, 2 bte 9
B-1348 Louvain-la-Neuve