

L'état de fertilité des terres agricoles et forestières en région wallonne (adapté du chapitre 4 - sol 1 de « L'État de l'Environnement wallon 2006-2007 »)

Valérie Genot ⁽¹⁾, Gilles Colinet ⁽¹⁾, Vincent Brahy ⁽²⁾, Laurent Bock ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Gembloux Agricultural University – FUSAGx. Laboratoire de Géopédologie. Unité Sol, Écologie, Territoire. Avenue Maréchal Juin, 27. B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail : geopedologie@fsagx.ac.be

⁽²⁾ Cellule État de l'Environnement Wallon (CEEW). Direction générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement. Département de l'Étude du Milieu naturel et agricole. Direction de l'État environnemental. Avenue Prince de Liège, 15. B-5100 Jambes (Belgique).

Reçu le 4 septembre 2007, accepté le 2 octobre 2007.

Se nourrissant de plantes et d'animaux, les sociétés humaines sont largement dépendantes des sols car ceux-ci, au-delà de leur rôle comme support de la production végétale, produisent, contiennent et accumulent la plupart des éléments nutritifs indispensables à la vie. La gestion durable des sols agricoles et forestiers implique une évaluation continue de leur état par la mesure d'indicateurs de la fertilité. Cette dernière est perçue comme l'aptitude du sol à assurer, de façon durable, la production de biomasse végétale. Elle résulte de facteurs physiques, chimiques et biologiques qui dépendent des conditions de milieu (matériau parental, climat, etc.) mais aussi et surtout de la conduite des activités humaines, en particulier des pratiques agricoles et sylvicoles. Afin d'éviter des pertes vers les milieux aquatiques, ces pratiques doivent viser à satisfaire les besoins des végétaux, tout en veillant à ne pas dépasser la capacité des sols à retenir les éléments nutritifs. Différents outils existent en région wallonne pour estimer l'état de fertilité des sols, essentiellement au niveau (physico-)chimique. Cet article présente un aperçu de l'état des sols agricoles et forestiers en divers éléments minéraux et organiques, ainsi que des implications éventuelles dans d'autres problématiques environnementales.

Mots-clés. Sols agricoles, sols forestiers, état de fertilité, région wallonne, Belgique.

Fertility state of agricultural and forest soils in Walloon region. Feeding on plants and animals, the human societies are broadly dependent on soils because these, beyond their role as support of plant production, produce, contain, and collect the most part of the nutrients necessary to life. The sustainable management of the agricultural and forest soils implicates an uninterrupted assessment of their state by the measure of fertility indicators. This last is perceptible as the soil suitability to assume the plant biomass production. The soil suitability results from environmental physical, chemical and biological factors such as parental material, climate, etc. The human activities, particularly the agricultural and forest practices, also play a major role in the soil suitability. To avoid losses towards aquatic environment, these practices have to aim at satisfying the vegetables needs, while watching not to exceed the capacity of soil to keep the nutrients. Several tools exist in Walloon region to estimate the fertility state of soils, mainly at (physico-)chemical levels. This article introduces an outline of the agricultural, and forest soils state in various mineral and organic elements, and specify as well as possible involvements in other environmental problems.

Keywords. Agricultural soils, forest soils, fertility state, Walloon region, Belgium.

1. LA FERTILITÉ DES SOLS ET LES BESOINS DES VÉGÉTAUX

En matière de fertilité, le potentiel de production d'une parcelle ou d'une station, pour une culture ou une essence forestière donnée, est fonction des propriétés du sol (fertilité intrinsèque) mais également des caractéristiques climatiques. Climat et sols

concourent à un environnement pédoclimatique, c'est-à-dire à un ensemble de conditions favorables ou contraignantes pour la croissance végétale. La fertilité englobe classiquement trois types de composantes interdépendantes (Mérelle, 1998) :

– la fertilité physique détermine les conditions de germination des semences, de colonisation efficace des racines, d'aération et d'économie en eau et ce,

à travers une structure meuble, perméable et aérée du sol, retenant l'eau et en évacuant les excès,

- la fertilité chimique a trait à la nutrition minérale des végétaux via les concepts de biodisponibilité des éléments, de carences, de toxicités et d'équilibres,
- la fertilité biologique est liée à l'activité biologique dont dépendent les transferts des nutriments du sol à la plante et la minéralisation des matières organiques apportées.

Cet article traite plus particulièrement de la fertilité chimique des sols.

Ci-dessous, quelques notions utiles autour de l'utilisation et de la qualité des sols sont précisées : évaluer un sol, c'est en interpréter ses propriétés pour en rechercher les potentialités et les facteurs limitant afin de répondre à un ensemble de questions concernant son utilisation. Cette évaluation doit être réalisée en tenant compte d'une série de caractéristiques :

- l'aptitude d'un sol est sa capacité à satisfaire des conditions d'utilisation déterminées,
- la vocation d'un sol exprime son utilité pour un groupe d'usages donné (sol destiné à la prairie, par exemple),
- la valeur d'un sol fait référence à sa valeur foncière,
- les contraintes d'un sol témoignent des caractéristiques qui ont un effet négatif sur son utilisation et donc sur son aptitude. Les contraintes peuvent être pédologiques (texture, drainage naturel, charge caillouteuse, profondeur du sol, nature du substrat, etc.) ou topographiques (pente, exposition, etc.). Certaines contraintes peuvent être levées par une gestion particulière des sols (drainage, fertilisation, etc.) tandis que d'autres sont permanentes,
- la potentialité d'un sol est sa capacité à supporter un service ou à remplir une fonction,
- la sensibilité d'un sol comprend l'ensemble des risques liés à ses caractéristiques et à son environnement vis-à-vis d'une action déterminée. La sensibilité du sol peut être de nature physique (perte de structure, battance, érosion, etc.), biologique (réduction des activités biologiques) et/ou chimique avec, dans ce cas, des risques de contamination diffuse et ponctuelle des eaux par les nitrates, le phosphore ou encore certains produits phytosanitaires,
- la qualité des sols, selon des concepts plus récents, est une notion proche de celle de la potentialité, mais qui tente de concilier les aspects agronomiques avec les fonctions environnementales et socio-économiques des sols. Elle se définit comme la capacité des sols à remplir leurs différentes fonctions à l'interface avec des écosystèmes naturels ou anthropisés. Le terme de santé des sols est parfois utilisé dans un sens très comparable à celui de qualité des sols.

1.1. Les facteurs régulant la disponibilité des éléments nutritifs dans les sols

Les éléments nutritifs sont présents dans les sols sous différentes formes (cations, anions, complexes, etc.) et à des concentrations variables, en fonction par exemple de la nature des sols et du type de fertilisation pratiquée. Chaque élément joue un rôle spécifique dans la croissance des végétaux (**Tableau 1**).

La plupart de ces éléments sont indispensables pour les organismes qui consomment des végétaux, certains d'entre eux (comme le Ca) pouvant jouer un rôle essentiel au niveau de la faune du sol. Par contre, d'autres, comme l'aluminium, peuvent être toxiques pour les êtres vivants.

Seule une partie de la quantité d'éléments nutritifs présents dans les sols est réellement disponible pour la plante. En effet, les constituants organiques et minéraux doivent être transformés (respectivement par minéralisation et dissolution) pour que leurs éléments constitutifs soient assimilables par les végétaux. Le prélèvement par les racines résulte de trois forces concurrentes :

- les forces d'absorption racinaire,
- le pouvoir compétiteur du sol (fixation, rétrogradation) et des organismes vivants (immobilisation),
- l'entraînement par percolation (ruissellement, lixiviation).

D'autres phénomènes interviennent aussi pour les oligo-éléments, comme la complexation par la matière organique, l'oxydation ou la réduction suivant l'état d'aération du sol (pour le Mn et le Fe), la dissolution plus aisée des minéraux en conditions acides et la nécessité d'un état hydrique suffisant (pour le B, par exemple). La proportion relative des éléments sur le complexe d'échange du sol est également un facteur important : un excès de calcium dans le sol peut, par exemple, bloquer l'absorption racinaire du phosphore et/ou d'autres éléments (Genot et al., 2007).

Dans la pratique courante, la biodisponibilité des éléments est estimée par l'utilisation d'un extractif simulant l'activité racinaire¹.

1.2. Les contraintes chimiques et physico-chimiques au développement végétal

Le pH du sol, reflet des conditions physico-chimiques de la solution du sol, exerce un effet direct sur la biodisponibilité des nutriments à travers des phénomènes de solubilisation et d'insolubilisation propres à chaque

¹ L'extractif utilisé en région wallonne dans le réseau REQUASUD est l'acétate d'ammonium 0,5 N EDTA tamponné à pH 4,65.

Tableau 1. Rôle des principaux éléments nutritifs dans la croissance végétale — *Major nutrients role in plant growth.*

	Symbole	Élément	Action
Éléments majeurs	C	Carbone	Élément constitutif de la matière organique, assimilé à partir de l'atmosphère sous forme de CO ₂ (photosynthèse par les végétaux, assimilation pour certains micro-organismes)
	N	Azote	Élément constitutif des organismes vivants, assimilé par les végétaux essentiellement sous forme de nitrate (NO ₃) ou d'ammonium (NH ₄) à partir de la solution du sol. Un excès de N dans le sol (consommation de luxe) peut entraîner une concentration en nitrate trop importante dans les plantes et un risque de lixiviation et de contamination des eaux
	P	Phosphore	Rôles plastique (paroi cellulaire) et métabolique (échanges énergétiques (ATP/ADP))
	K	Potassium	Rôles au niveau de l'absorption et du transport de l'eau, ainsi que dans l'activation d'enzymes
	Ca	Calcium	Neutralisation des anions minéraux et organiques, diminution de la toxicité de certains éléments (comme l'aluminium), consolidation des parois cellulaires, amélioration de la résistance aux stress externes. En excès dans le sol, le Ca peut provoquer, chez certains végétaux, des carences induites en d'autres éléments
	Mg	Magnésium	Constitution de la chlorophylle, synthèse des acides aminés, assimilation et transport du P, résistance aux stress. En cas de carence, le Mg migre vers les parties les plus jeunes de la plante et provoque un jaunissement des feuilles plus âgées
	S	Soufre	Composant essentiel des protéines intervenant notamment dans la synthèse des acides aminés soufrés
Éléments mineurs	Fe	Fer	Rôle métabolique, cofacteurs dans la constitution et le fonctionnement d'enzymes, catalyseurs ou inhibiteurs de diverses réactions biochimiques. Ils doivent être fournis à la plante à des doses relativement faibles, sous peine d'induire des risques de toxicité
	Mn	Manganèse	
	Zn	Zinc	
	Cu	Cuivre	
	Mo	Molybdène	
	B	Bore	
		...	

élément. La figure suivante (**Figure 1**) illustre ainsi la gamme de pH autour de laquelle chaque élément est le plus facilement biodisponible. L'application inadéquate d'amendements calciques (pour redresser le pH d'un sol) peut ainsi entraîner des blocages au niveau de l'absorption du Mn, du Zn ou du B (Vilain, 1997). A contrario, une acidité importante du sol réduit l'absorption du Mo, par exemple.

La matière organique joue aussi un rôle essentiel dans le fonctionnement des sols. Elle doit être envisagée dans une dynamique évolutive, fonction des apports et de leur évolution. Elle régule les activités biologiques et contribue à la diversité et à la complexité des sols. Elle représente, en outre, une réserve importante en éléments nutritifs qui sera mise à la disposition de la plante après minéralisation. Les caractéristiques des matières organiques et leur contenu dans les sols doivent donc être considérés comme des critères indispensables au diagnostic en matière de fertilité.

2. L'ÉTAT ET L'ÉVOLUTION DE LA FERTILITÉ DES TERRES AGRICOLES

Les principaux indicateurs du suivi de la fertilité chimique des terres agricoles concernent le statut acido-

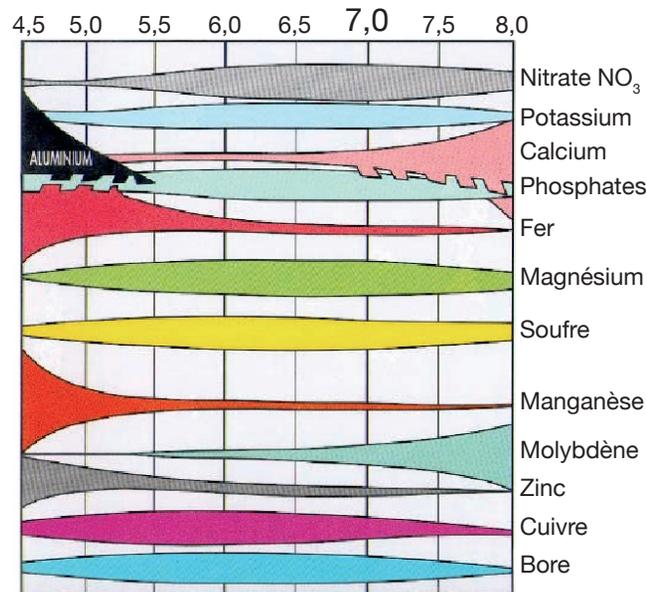


Figure 1. Schéma d'assimilabilité des éléments nutritifs par les végétaux en fonction du pH du sol — *Nutrient assimilability by plants according to soil pH* (Truog in : Mérelle, 1998).

basique, le statut organique et le statut en éléments nutritifs² :

- le statut acido-basique est déterminé par le pH du sol. Il représente une expression synthétique des conditions physico-chimiques qui président en partie à la structuration du sol, à l'activité microbienne et à la disponibilité des éléments (**Figure 1**). Les grandes cultures présentent souvent un optimum de croissance dans une gamme de pH comprise entre 6 et 7,
- le statut organique est généralement évalué par la mesure de la concentration totale en carbone organique (COT) et en azote (NT) dans les sols. Le rapport C/N, qui renseigne sur l'état qualitatif de la matière organique, est également calculé. Le cas de l'azote, dont les teneurs dans le sol sont beaucoup plus fluctuantes au cours du temps, n'est pas abordé ici,
- le statut nutritif est évalué par la mesure des concentrations en éléments biodisponibles dans les sols : cations (Ca, Mg et K), phosphore et, selon les cas, oligo-éléments (Mn, Fe, Cu et Zn). L'état de fertilité des terres en oligo-éléments n'est pas abordé ici mais est discuté dans le dossier Genot et al., 2007.

L'analyse de terre est donc à la base du diagnostic agronomique de la parcelle. Les agriculteurs, les forestiers et certains particuliers (jardiniers, etc.) peuvent disposer, comme outils d'aide à la décision, d'un diagnostic agronomique et d'un conseil de fumure élaborés en plusieurs étapes :

- l'échantillonnage qui consiste à réaliser un ou plusieurs échantillons composites représentatifs de zones morphopédologiques homogènes dans la parcelle,
- l'analyse de terre³,
- le diagnostic agronomique de l'échantillon qui recadre les résultats par rapport à des référentiels régionaux existants,
- le conseil de fumure de la zone homogène qui propose une stratégie de fertilisation ainsi que les modalités de son application.

Ainsi, depuis 1989, l'ASBL REQUASUD gère un réseau de laboratoires offrant un service d'analyses et de conseil répondant aux besoins des acteurs des secteurs agricole et agro-alimentaire (<http://www.requasud.be>).

² Indicateurs mesurés dans l'horizon labouré ou les 15 premiers centimètres des sols en prairie.

³ Dans la pratique courante, la terre réfère à l'horizon humifère anthropisé (arable ou de prairie). Ainsi, il s'agit bien d'une analyse de terre qui conduit à l'élaboration d'un conseil de fertilisation. Ceci par comparaison au sol qui fait davantage référence au volume pédologique.

requasud.be). Ses principaux objectifs visent à proposer un service harmonisé et de qualité (essais interlaboratoires, cartes de contrôle) qui, dans le cadre des analyses de terre, est appliqué à l'échantillonnage, aux analyses et à leur interprétation en vue d'une fertilisation adaptée des terres.

Les normes de référence nécessaires pour évaluer l'état de fertilité d'une terre ont été définies en région wallonne pour les terres de culture. Ces normes, toujours perfectibles, servent de base au diagnostic agronomique mais peuvent être adaptées par les laboratoires en fonction de spécificités régionales liées à des différences d'ordre géographique, de spéculations agricoles ou d'itinéraires techniques (Genot et al., 2007). C'est le cas par exemple des terres sous prairies qui présentent des caractéristiques différentes de celles sous cultures (taux de matière organique plus élevé, couverture permanente, etc.). La fertilité des sols forestiers est, quant à elle, appréciée par référence à des teneurs seuils (Weissen, 1988 ; 1989 ; Lambert et al., 1990 ; Bonneau, 1995 ; Giot-Wirgot et al., 1998 ; Weissen, 1998) qui expriment un risque de carence ou de toxicité. Ces seuils doivent être considérés en tant qu'indicateurs de stress trophiques potentiels et non de problèmes effectivement constatés sur le terrain.

2.1. Plus de 200000 échantillons de terres agricoles analysés depuis 1994

Les données présentées ci-après proviennent majoritairement de la base de données centralisée du réseau REQUASUD. Cette base de données rassemble les résultats des analyses effectuées par les laboratoires provinciaux depuis 1994, soit environ 200000 échantillons⁴ dont la comparabilité est assurée grâce au contrôle qualité du réseau et à une procédure de validation de tous les résultats encodés (**Figure 2**). Avant 1990, les sources de données existantes souffrent d'un manque d'harmonisation dans les procédures d'échantillonnage et d'analyses. La base de données AARDEWERK⁵, réalisée parallèlement au levé de la carte des sols, offre néanmoins des indications sur les valeurs du pH_{KCl} et du taux de COT dans les sols entre 1947 et 1971.

⁴ Deux synthèses des résultats de la base de données ont été réalisées, l'une pour la période 1994-1997 (Laroche et al., 1999), l'autre pour la période 1998-2002 (Colinet et al., 2004). Une mise à disposition des données (agrégées à l'échelle communale) est prévue via le site internet de REQUASUD (<http://www.requasud.be>).

⁵ La base de données compte 6000 profils de sol répartis sur l'ensemble du territoire wallon, sous différents types d'occupation.

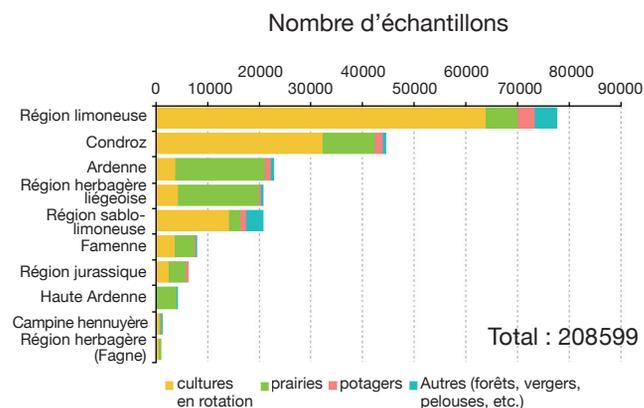


Figure 2. Répartition par région agricole du nombre d'échantillons analysés par les laboratoires du réseau REQUASUD — *Number of samples analyzed by REQUASUD network laboratories distributed by agricultural region (1994-2004)*. ASBL REQUASUD.

Les échantillons ont tous été prélevés avec un objectif bien précis (vérification d'un statut nutritif correct, diagnostic agronomique, besoin d'analyses dans le cadre d'une protection contractuelle, etc.) mais pas dans un souci de représentativité à l'échelle du territoire wallon. Il convient donc de rester prudent dans l'interprétation des données, en particulier au niveau des unités cartographiques les plus faiblement échantillonnées.

L'interprétation qualitative de l'état de fertilité des terres se fait en comparant les résultats des analyses à des valeurs seuils en dessous desquelles la terre présente un risque de carence. Ces valeurs seuils ont été extraites des référentiels régionaux existants, en considérant une seule valeur seuil par région agricole en fonction de la nature minéralogique et organique générale des terres de la région considérée (Genot et al., 2007). L'interprétation qualitative n'est donc faite qu'à titre indicatif, certaines régions agricoles présentant une diversité pédologique importante.

2.2. Le statut acido-basique des terres agricoles

Terres de culture. La moitié des valeurs de pH_{KCl} enregistrées dans les terres de culture ces dix dernières années sont situées sous la valeur seuil de 6,5. Les valeurs observées dans les différentes régions agricoles décroissent du nord vers le sud et d'ouest en est. La région jurassique fait néanmoins exception à cette tendance générale, le pH moyen des sols y étant plus élevé qu'en Ardenne (**Figure 3**). La nature du substrat ou de la charge caillouteuse peut exercer une action particulièrement déterminante sur le pH du sol et explique en partie les variations constatées : les sols limoneux à charge calcareuse de la Famenne et

du Condroz, par exemple, se caractérisent par un pH moyen plus élevé.

Depuis 1970, on note une amélioration du statut acido-basique des terres dans la plupart des régions agricoles. C'est en Condroz et dans les régions limoneuse et sablo-limoneuse qu'elle est la plus nette, en relation avec le développement des grandes cultures industrielles (comme la betterave sucrière), exigeantes du point de vue du pH et pour lesquelles la pratique du chaulage a été plus intensive. L'amélioration est moins nette en Ardenne et en Haute Ardenne et la situation peut être considérée comme assez stable en Famenne et en région jurassique.

Terres de prairie. Les terres de prairie sont en général plus acides que les terres de culture (différence d'environ une unité pH). Ceci s'explique :

- par une production plus importante d'acides organiques en lien avec une densité racinaire et un taux de matière organique plus élevés,
- par une concentration des prairies sur les sols les moins aptes aux cultures,
- par une pratique moins fréquente du chaulage. C'est en Ardenne, en Haute Ardenne et dans une moindre mesure en région jurassique que la situation est la plus critique, avec parfois plus de 75 % des échantillons caractérisés par un pH inférieur à la valeur seuil de 5,5.

2.3. Une légère tendance à la diminution du taux de carbone dans les terres cultivées

Terres de culture. La distribution du statut organique des terres de culture est en étroite relation avec les zones agro-écologiques. On observe ainsi un gradient de richesse croissant en matière organique dans les sols agricoles du nord-ouest au sud-est de la région wallonne, des bas plateaux limoneux aux hauts plateaux ardennais. Plus au sud, en région jurassique, les taux moyens de carbone organique total (COT) dans les terres sont inférieurs à ceux observés en Ardenne (**Figure 4**). L'analogie entre la distribution des taux moyens de COT et le relief est perceptible et permet de supposer l'existence d'un lien entre les taux de carbone et le climat. Un climat froid et humide est, a priori, moins favorable à une décomposition rapide de la matière organique. La lithologie, en relation avec le statut acido-basique, est également un facteur explicatif de cette distribution.

Il faut aussi tenir compte de l'intensification et de la diversité des pratiques agricoles (profondeur du labour, apports ou non de matières organiques, restitution des résidus de récoltes, etc.), qui sont également intimement liées aux spécificités du cadre physique de chaque région agricole (typologie des

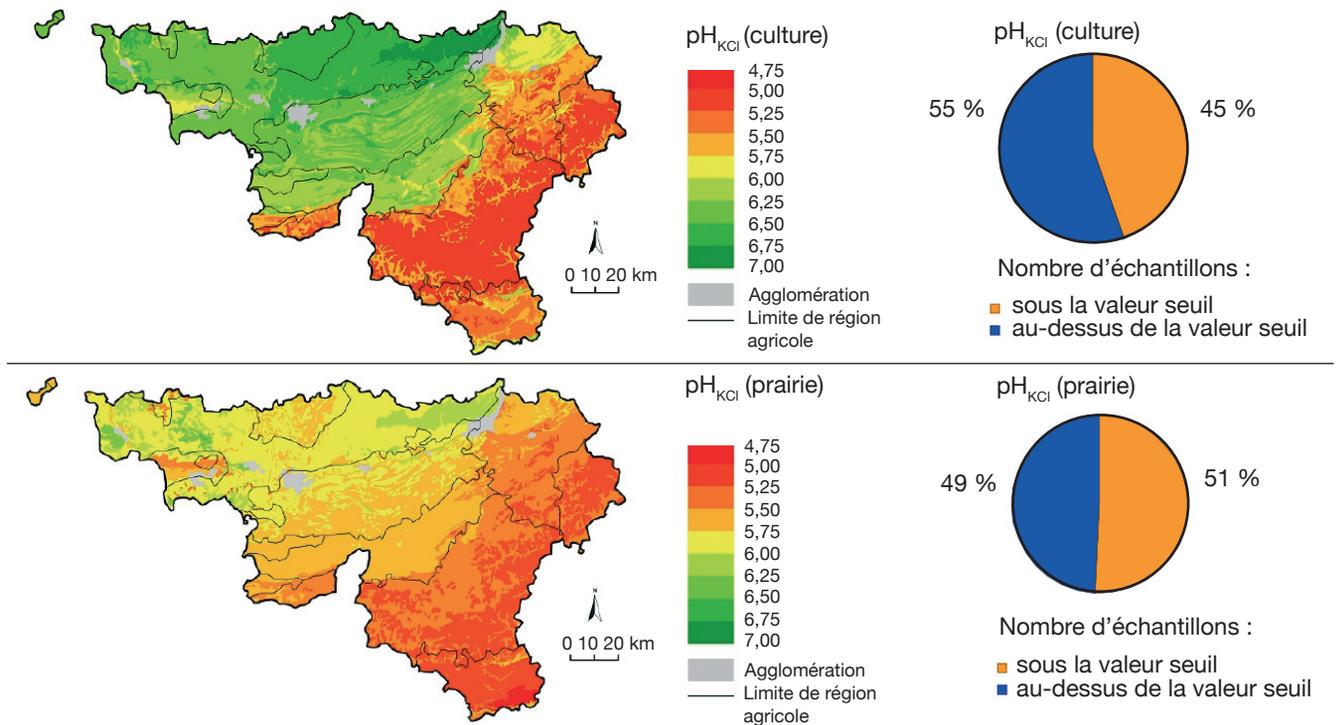


Figure 3. Valeur moyenne du pH_{KCl} des terres de culture (0-25 cm) et de prairie (0-15 cm) en région wallonne — *Mean pH_{KCl} value of crop topsoils (0-25 cm) and grassland topsoils (0-15 cm) in Walloon region (1998-2002).* ASBL REQUASUD.

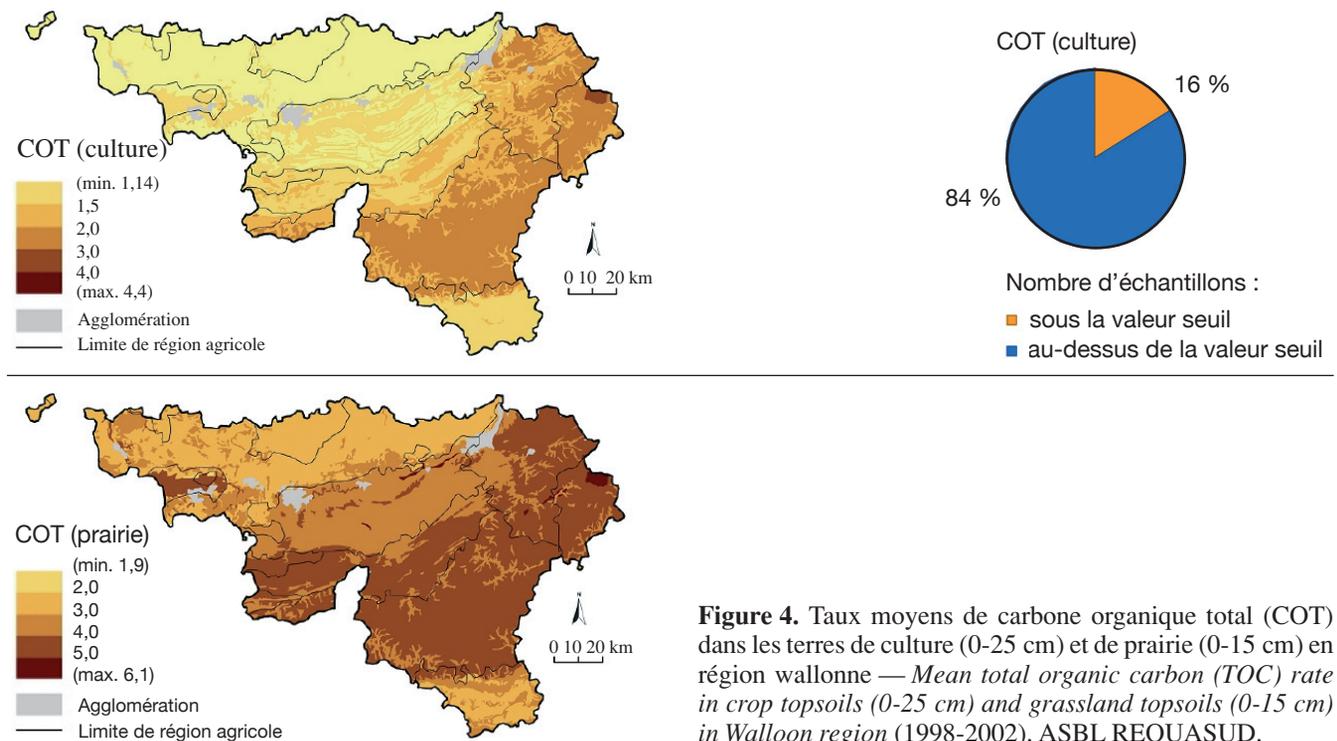


Figure 4. Taux moyens de carbone organique total (COT) dans les terres de culture (0-25 cm) et de prairie (0-15 cm) en région wallonne — *Mean total organic carbon (TOC) rate in crop topsoils (0-25 cm) and grassland topsoils (0-15 cm) in Walloon region (1998-2002).* ASBL REQUASUD.

sols, topographie, méso- et microclimat, etc.), voire de chaque exploitation ou parcelle.

L'évolution du statut organique des sols cultivés entre 1947 et 2004 (sources : BD AARDEWERK et

BD REQUASUD) fait état d'une diminution globale d'environ 10 % des taux de COT à l'échelle de la région wallonne. Cette diminution concerne essentiellement l'Ardenne, la Haute Ardenne et la région jurassique,

la plupart des autres régions agricoles étant plutôt marquées par une tendance à la hausse des teneurs moyennes en COT (**Figure 5**).

Terres de prairie. L'interprétation du taux de COT dans les terres de prairie est plus délicate, étant donné la part importante de racines vivantes présentes dans l'échantillon. C'est d'ailleurs un des facteurs qui explique pourquoi les terres de prairie sont en général plus riches en carbone organique que les terres cultivées. En outre, on constate une augmentation des taux de COT dans les terres de prairie entre 1947 et 2004, bien que cette tendance ne soit pas perceptible au cours de ces dix dernières années (Genot et al., 2007).

2.4. Les teneurs en calcium biodisponible et le niveau d'acidité des terres sont étroitement liés

La répartition géographique des valeurs de pH (**Figure 3**) est proche de celle de la richesse des terres en calcium. Les quantités de calcium biodisponible sont souvent corrélées avec la nature des matériaux géologiques. Ainsi, les régions dominées par des sols marneux ou à charge calcareuse ou de craie sont caractérisées par les teneurs les plus élevées en calcium (calcaires famenniens, craies en Hesbaye liégeoise, par exemple). C'est donc essentiellement dans le massif ardennais que les terres ne sont pas suffisamment pourvues en calcium, là où la nature "acide" des roches et la rigueur du climat sont les moins favorables. C'est

également dans ce massif que le chaulage des terres est le moins intensif, en relation avec des spéculations agricoles moins exigeantes (**Figure 6**).

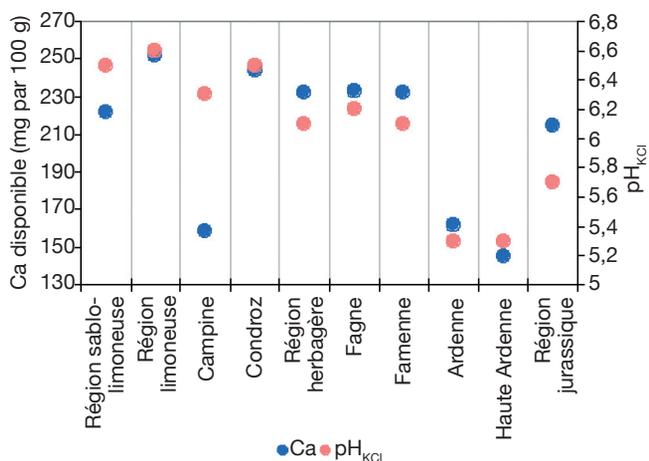


Figure 6. Relation entre les valeurs moyennes de pH_{KCl} et les teneurs moyennes en calcium dans les terres de culture (0-25 cm) par région agricole en région wallonne — Relationship between the mean pH_{KCl} values and those of calcium content in crop topsoils (0-25 cm) for each agricultural region in Walloon region (2000-2004). ASBL REQUASUD.

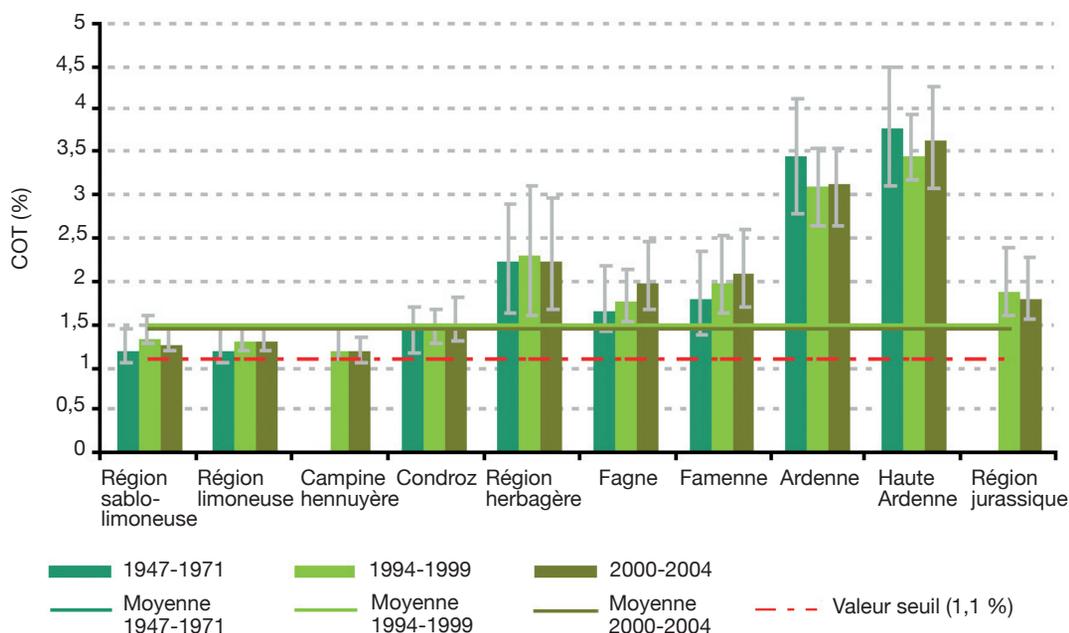


Figure 5. Évolution du taux moyen de carbone organique total dans les terres de culture (0-25 cm) par région agricole en région wallonne — Evolution of the mean TOC rate in crop topsoils (0-25 cm) for each agricultural region in Walloon region (1947-2004). Bases de données AARDEWERK (1947-1971) et ASBL REQUASUD (1994-2004).

2.5. Une légère augmentation des teneurs en magnésium dans les terres agricoles

Terres de culture. Globalement, le statut magnésien des terres cultivées est homogène sur l'ensemble du territoire wallon. Les régions les mieux pourvues en Mg sont la région herbagère, la Famenne et dans une moindre mesure la Haute Ardenne. La Campine hennuyère et la région jurassique sont caractérisées par des terres moins riches. En moyenne, 30 à 40 % des échantillons prélevés dans les terres cultivées contiennent des quantités de Mg inférieures à la valeur seuil de carence (Figure 7).

La distribution spatiale des teneurs en magnésium disponible dépend de l'utilisation d'engrais minéraux et de l'altération de certains constituants du sol (argiles magnésiennes, dolomies, etc.). L'historique cultural a également son importance car les changements d'affectation des terres, notamment par la mise en culture de certaines prairies permanentes, peuvent expliquer certaines différences observées au niveau régional ou intra-régional. Les données disponibles semblent également indiquer une augmentation sensible des teneurs en Mg disponible, de l'ordre de 0,5 à 5 mg par 100 g (selon les régions) en 10 ans. Cette évolution est difficile à interpréter, en l'absence notamment de statistiques sur l'emploi de fertilisants magnésiens en région wallonne (Figure 8).

Terres de prairie. Globalement, les terres de prairie sont plus riches en magnésium que les terres de culture. Environ 80 % des échantillons prélevés sous prairies présentent des teneurs en Mg supérieures à la valeur seuil. Seule la région jurassique présente, en moyenne, une situation moins favorable (Figure 7). La différenciation entre régions agricoles est plus marquée que pour les terres de culture. En outre, la variabilité intra-régionale est importante, en lien probablement avec la variété des pratiques agricoles (apports magnésiens directs, apport de chaux magnésienne, etc.) et des types de sols et de substrats. Depuis 1994, les teneurs en Mg dans les terres de prairie ont également tendance à augmenter dans la plupart des régions agricoles (Genot et al., 2007).

2.6. Un statut potassique des terres de culture stable et globalement déficitaire pour les prairies

Terres de culture. Les teneurs en K disponible dans les terres cultivées sont distribuées de manière assez homogène sur l'ensemble du territoire wallon. Elles oscillent autour d'une valeur moyenne d'environ 20 mg par 100 g. Les différences observées au niveau local s'expliquent essentiellement par la nature des matériaux parentaux et les pratiques de fertilisation.

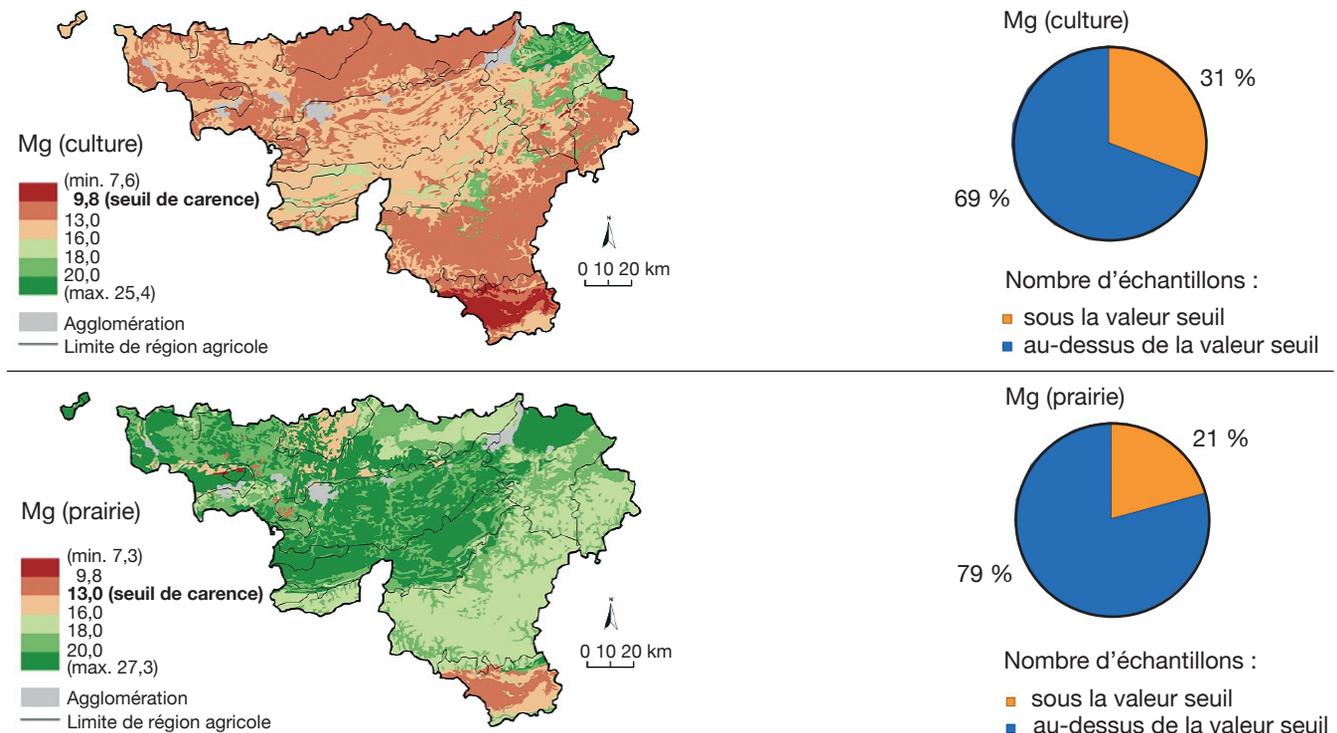


Figure 7. Teneur moyenne en magnésium disponible dans les terres de culture (0-25 cm) et de prairie (0-15 cm) en région wallonne — *Mean available magnesium content in crop topsoils (0-25 cm) and grassland topsoils (0-15 cm) in Walloon region (1998-2002).* ASBL REQUASUD.

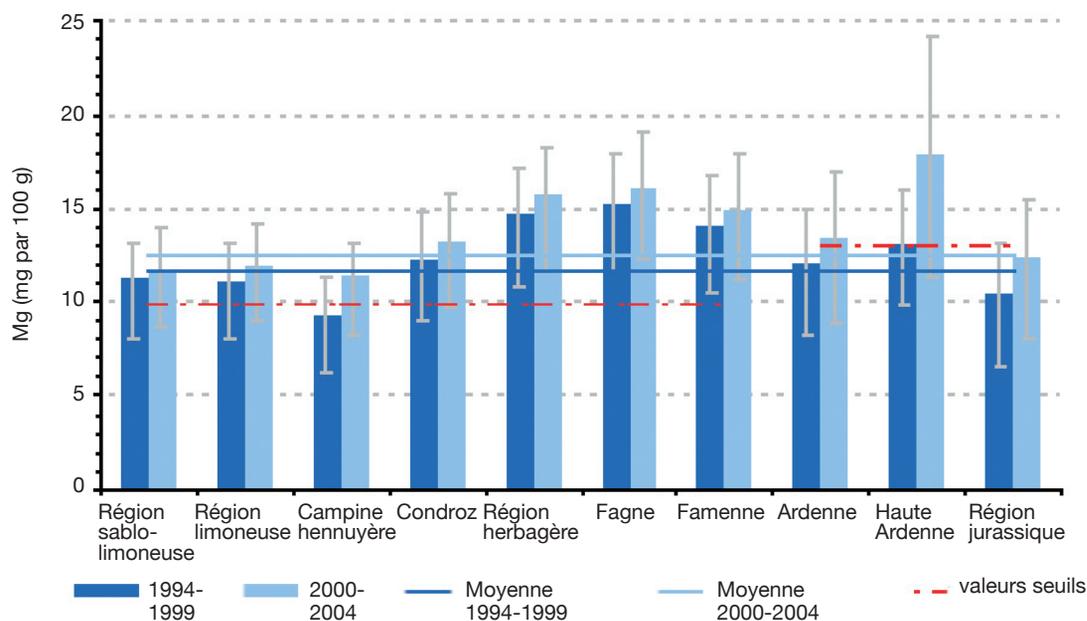


Figure 8. Évolution de la teneur moyenne en magnésium disponible dans les terres de culture (0-25 cm) par région agricole en région wallonne — *Evolution of the mean magnesium content in crop topsoils (0-25 cm) for each agricultural region in Walloon region (1994-2004).* ASBL REQUASUD.

Les régions les plus différenciées sont l'Ardenne, la Haute Ardenne et le Condroz où, par exemple, les sols sur psammite libèrent plus de K que les sols sur calcaire. Les teneurs moyennes en K les plus élevées sont rencontrées dans les sols de la région herbagère liégeoise, tandis que les sols de la région jurassique et de la région herbagère de Fagne présentent un déficit assez marqué pour cet élément (**Figure 9**).

Globalement à l'échelle régionale, environ 30 % des échantillons prélevés sous culture présentent une situation déficitaire. Cette valeur est comparable à celle obtenue à partir des données des inventaires précédents (Allaerts et al., 1982 ; Anonyme, 1988 ; EEW, 1994). Dès lors, on peut considérer que l'état potassique des terres de culture est resté stable au cours de ces 20 dernières années (**Figure 10**).

Terres de prairie. Les teneurs en K disponible dans les terres de prairie sont en général inférieures à celles mesurées sous culture, particulièrement en région herbagère liégeoise et en région jurassique. De plus, la variabilité intra-régionale est importante, les concentrations étant parfois très contrastées d'une association de sol à l'autre (Genot et al., 2007). Le niveau relativement faible des teneurs en K disponible des terres de prairie est plus préoccupant que sous culture : plus de 60 % des échantillons présentant, en moyenne, des teneurs inférieures aux valeurs optimales. Cette situation concerne plus de 75 % des échantillons en région jurassique, en Haute Ardenne et en Fagne.

2.7. Une situation régionale contrastée en phosphore, combinant risque de carence et risque environnemental

Le phosphore est un élément participant au phénomène de l'eutrophisation des eaux de surface. C'est pourquoi cet élément nutritif est envisagé dans ce document sous deux aspects :

- mise en évidence des situations à risque de carence, lorsque les teneurs en P dans les terres sont inférieures à une valeur seuil correspondant au niveau faible renseigné dans les référentiels régionaux,
- mise en évidence des situations présentant potentiellement un risque environnemental en comparant les teneurs en P à une valeur seuil correspondant à un niveau très élevé de P, selon le référentiel régional en vigueur (Genot et al., 2007).

Terres de culture. Au sud de la région, les horizons de surface des sols ne sont pas, en général, suffisamment pourvus en P disponible, par rapport aux besoins des végétaux. A contrario, au nord de la région, ce sont davantage des questions environnementales qui préoccupent (**Figure 11**). En effet, les situations où le risque d'entraînement du P par ruissellement est élevé concernent principalement les régions limoneuse et sablo-limoneuse, où les sols sont particulièrement sensibles à l'érosion hydrique. Ces sols sont également plus pauvres en matière organique (**Figure 4**), alors que celles-ci permettent d'améliorer la stabilité

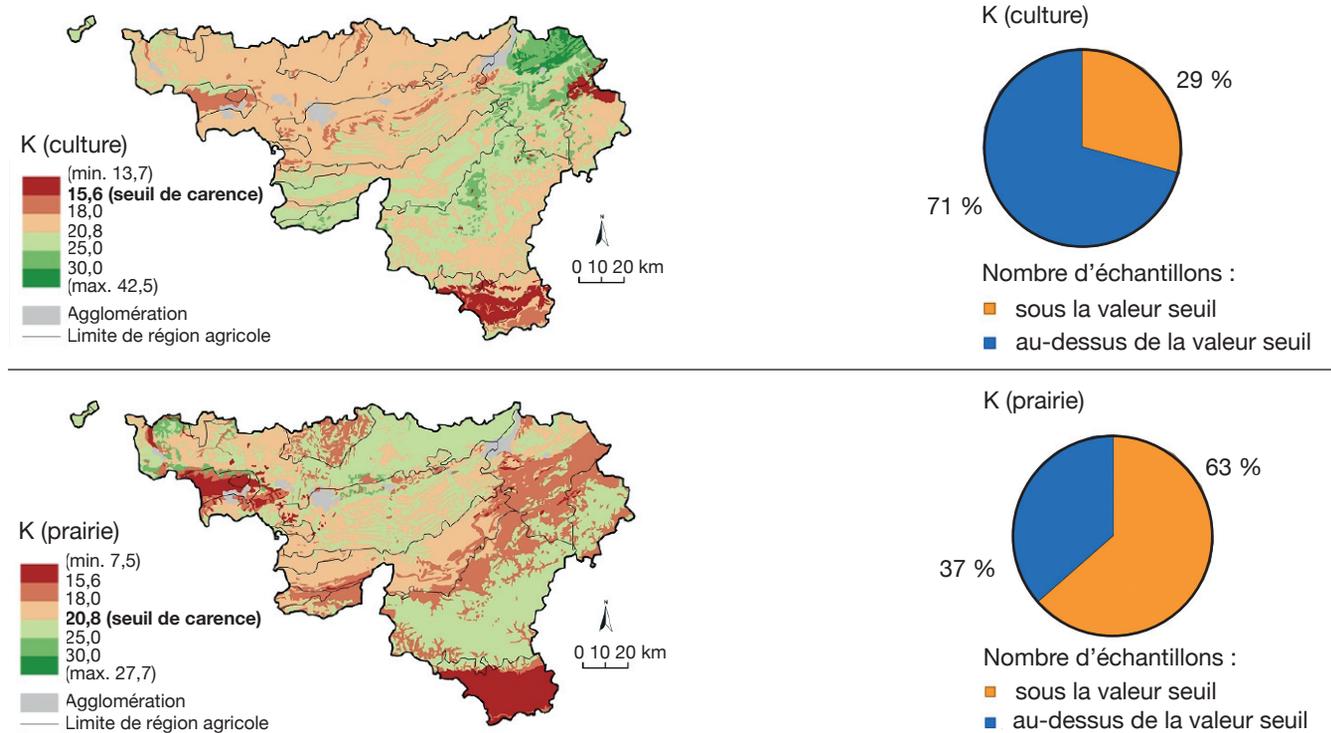


Figure 9. Teneur moyenne en potassium disponible dans les terres de culture (0-25 cm) et de prairie (0-15 cm) en région wallonne — *Mean available potassium content in crop topsoils (0-25 cm) and grassland topsoils (0-15 cm) in Walloon region (1998-2002).* ASBL REQUASUD.

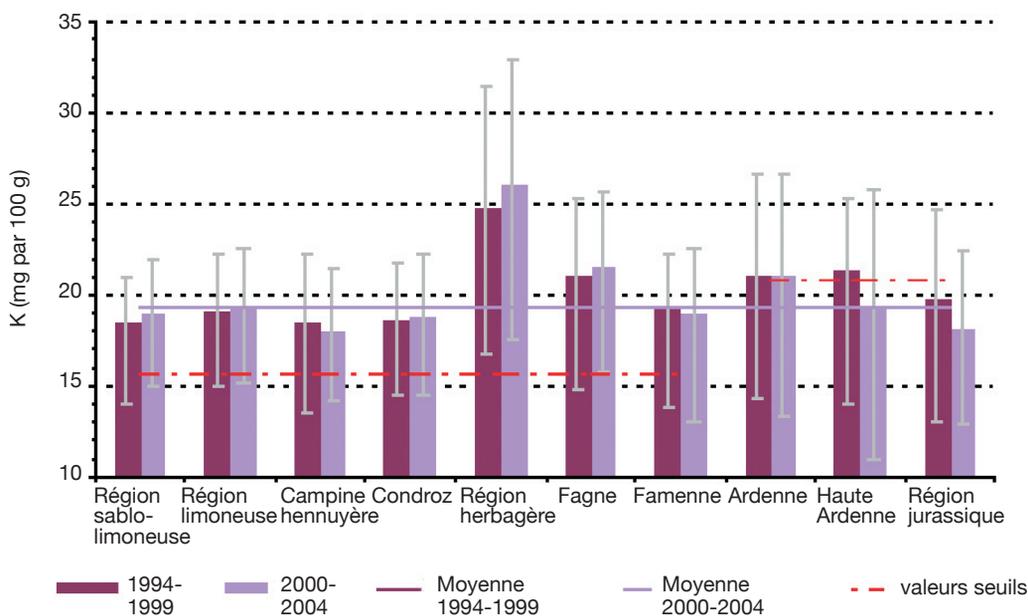


Figure 10. Évolution de la teneur moyenne en potassium disponible dans les terres de culture (0-25 cm) par région agricole en région wallonne — *Evolution of the mean available potassium content in crop topsoils (0-25 cm) for each agricultural region in Walloon region (1994-2004).* ASBL REQUASUD.

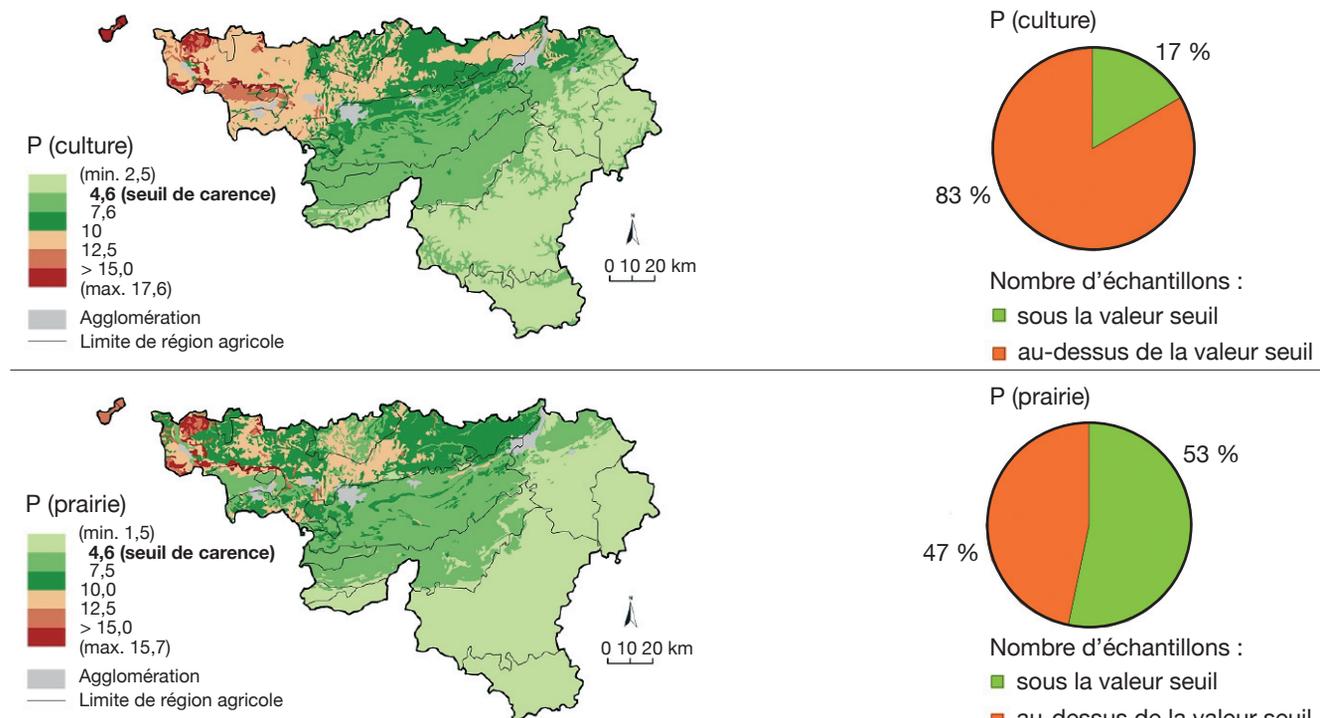


Figure 11. Teneur moyenne en phosphore disponible dans les terres de culture (0-25 cm) et de prairie (0-15 cm) en région wallonne — *Mean available phosphorus content in crop topsoils (0-25 cm) and grassland topsoils (0-15 cm) in Walloon region (1998-2002).* ASBL REQUASUD.

structurale du sol et de diminuer, par conséquent, le risque érosif.

La variabilité intra-régionale du contenu des sols en P est relativement importante, surtout en Campine hennuyère et dans les régions limoneuse et sablo-limoneuse où des situations très contrastées peuvent être observées. Ces différences s'expliquent par le recours plus ou moins intensif à la fertilisation (organique et minérale) et par la richesse relative des matériaux parentaux des sols en cet élément⁶. Le statut des terres en P disponible ne semble pas avoir évolué entre 1994 et 2004 et ce, malgré une diminution de l'utilisation des engrais minéraux phosphorés pendant cette période. Le bilan du phosphore dans les terres⁷ reste probablement légèrement positif (**Figure 12**).

⁶ Une cartographie du taux de saturation des sols agricoles en phosphore est actuellement en cours de réalisation (convention SATUPHOS 2007-2009). Cette Convention a aussi pour objectif d'évaluer les effets d'apports répétés de matières organiques et d'engrais sur les teneurs en P et d'élaborer des outils de gestion permettant une fertilisation en P raisonnée.

⁷ Apport et restitution du phosphore sous différentes formes dans les sols moins les exportations (récoltes).

Terres de prairie. Les teneurs en P sont généralement plus faibles dans les terres de prairie que dans les terres de culture. Par ailleurs, la présence d'une couverture végétale permanente sur les sols saturés en P permet de réduire le risque d'érosion hydrique et de transfert vers les eaux de surface. On notera toutefois que l'augmentation du taux de saturation en P dans les sols provoque une perte de diversité botanique au niveau des couverts herbacés (Janssens, 2001).

2.8. La pédogenèse et l'historique cultural comme facteurs explicatifs de la variabilité intra-parcellaire

La variabilité des teneurs en éléments nutritifs dans les sols ne s'observe pas uniquement à l'échelle des régions agricoles mais également au niveau de la parcelle. Cet aspect doit être considéré dans le cadre d'une gestion agronomique soucieuse de limiter les risques environnementaux, tout en couvrant les besoins de la plante.

Une étude (Genot, 1999 ; Bock et al., 2002) conduite sur une parcelle de 10 ha en Condroz a permis de montrer, par exemple :

- le lien existant entre le pH, le type de sol et les itinéraires techniques pratiqués,

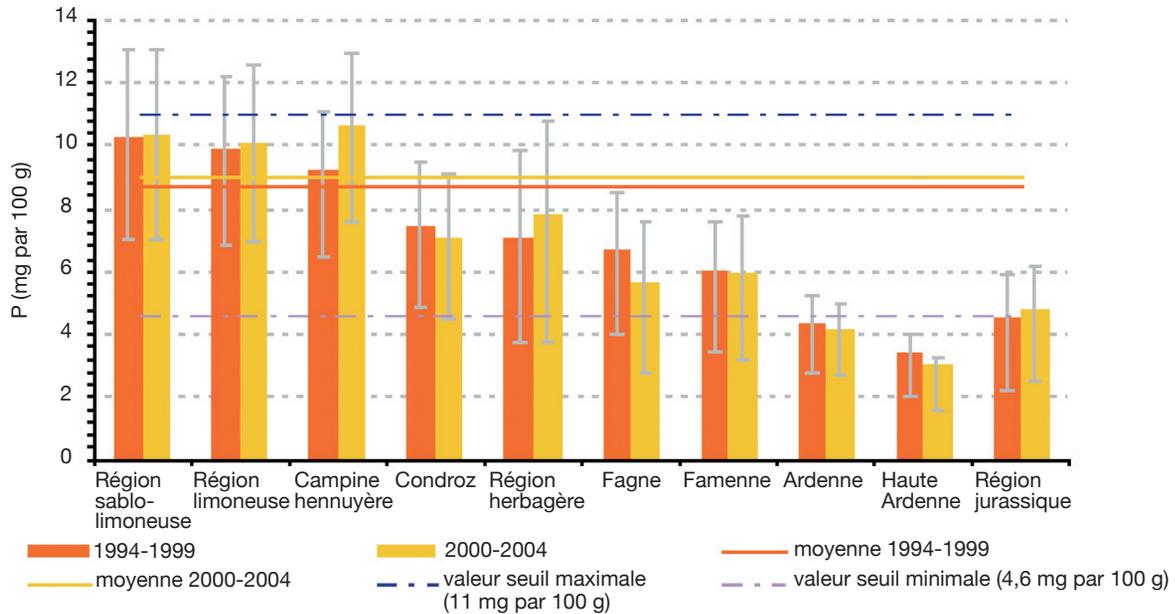


Figure 12. Évolution de la teneur moyenne en phosphore disponible dans les terres de culture (0-25 cm) par région agricole en région wallonne — *Evolution of the mean phosphorus content in crop topsoils (0-25 cm) for each agricultural region in Walloon region (1994-2004).* ASBL REQUASUD.

- l'importance de la capacité d'échange cationique du sol (CEC) comme principal paramètre explicatif du statut nutritif des terres,
- la relation entre le taux de COT et l'occupation du sol, la texture et le drainage naturel,
- une corrélation entre les teneurs des principaux éléments nutritifs avec la CEC et le taux de COT.

De la même façon, l'analyse d'échantillons composites prélevés par zones pédo-culturelles homogènes aboutit à une prescription variant, entre zones homogènes, de 0 à 100 unités ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) pour le P et de 40 à 200 unités pour le K. Cet exemple illustre l'intérêt de considérer la variabilité intra-parcellaire, d'origine pédologique ou anthropique, lors de l'élaboration d'un conseil de fumure. Une application mieux raisonnée des engrais est alors envisageable avec, à la clé, des économies d'intrants et un meilleur respect de l'environnement.

En pratique, les contraintes techniques ne permettent pas toujours la mise en œuvre d'apports variables au sein de la parcelle, surtout lorsque celle-ci est de petite taille, de forme particulière et/ou extrêmement hétérogène. Il paraît néanmoins essentiel de mettre cette information à disposition de l'agriculteur pour le conscientiser aux conséquences de cette variabilité sur le conseil de fumure et sur les risques environnementaux, ainsi que sur les économies d'intrants associés. L'agriculteur conserve ensuite la liberté, en connaissance de cause, d'intégrer les recommandations qui lui seront transmises au regard des difficultés techniques qu'il peut rencontrer.

Dans ce cadre, l'ASBL REQUASUD élabore actuellement un outil cartographique d'aide à la décision permettant de délimiter, sur chaque parcelle, les zones pédo-culturelles homogènes. Les laboratoires d'analyse pourront ainsi, dès l'échantillonnage, œuvrer pour un conseil de fumure qui corresponde au plus près à la réalité du terrain. Les agriculteurs disposeront également de la cartographie de ces zones homogènes, ce qui représente un pas important vers une personnalisation du conseil et une agriculture plus respectueuse de l'environnement.

2.9. Une fertilisation trop intensive des jardins potagers ?

Une étude a été réalisée dans le Condroz liégeois en vue d'établir un constat qualitatif de l'état des terres de jardin (Orloff, 2003). Cette étude a notamment abouti aux conclusions suivantes :

- la valeur moyenne du pH_{KCl} , mesurée dans les terres de jardins potagers (6,4), est légèrement inférieure à celle mesurée dans les sols de grandes cultures. La valeur maximale enregistrée (8,5) est cependant très élevée, ce qui témoigne sans doute d'un chaulage trop intensif,
- la teneur moyenne en carbone organique total (COT) dans les terres jardinées est de 4,3 %, alors qu'elle n'est que de 1,5 % dans les terres cultivées de la région. Les teneurs maximales enregistrées se rapprochent davantage de celles des sols forestiers

que des terres de prairie (**Figure 13**). Ce constat s'explique par le fait que les sols des jardins potagers sont enrichis depuis longtemps par des apports fréquents de matières organiques de toute nature, mais parfois de mauvaise qualité,

- que ce soit pour le Ca, le Mg, le K ou le P, les teneurs rencontrées dans les sols potagers sont en moyenne deux à trois fois plus élevées que dans les sols de grandes cultures. Il s'agit d'un effet direct d'une fertilisation très intensive. En considérant les valeurs seuils adaptées spécifiquement pour les sols de jardins, le pourcentage d'échantillons présentant des teneurs inférieures aux valeurs optimales recommandées est insignifiant.

Les terres des jardins potagers apparaissent donc comme un groupe tout à fait spécifique au sein des terres cultivées. En effet, elles se caractérisent par une richesse en carbone organique et en éléments nutritifs beaucoup plus importante, mais elles présentent un risque accru de situations de déséquilibre entre éléments. Les contaminations en éléments traces métalliques constituent une autre caractéristique des jardins potagers (Genot et al., 2007).

3. L'ÉTAT DE LA FERTILITÉ DES SOLS FORESTIERS

Contrairement aux sols agricoles, les sols forestiers font rarement l'objet d'une fumure d'entretien. Leur fertilité dépend des caractéristiques du sol (texture, taux de COT, etc.) et des besoins en nutriments propres à chaque essence forestière. La fertilité "actuelle" des sols en forêt correspond au stock d'éléments nutritifs directement assimilables

par la végétation. Elle est estimée par la quantité d'éléments échangeables, de phosphore assimilable et d'azote minéral présents dans les sols (Trichet et al., 1999). La fertilité à plus long terme correspond, quant à elle, à la réserve totale du sol en éléments minéraux, englobant les formes échangeables et non échangeables.

Les informations nécessaires pour évaluer l'état de fertilité des sols forestiers sont compilées dans une base de données, actuellement en voie de constitution, dans le cadre de la réalisation de l'Inventaire Permanent des Ressources Ligneuses de Wallonie (IPRL). Cet inventaire s'appuie sur un réseau régulier constitué d'environ 11 000 points d'échantillonnage. Environ 1 000 points sont échantillonnés chaque année. Parmi ceux-ci, un dixième (soit ± 100 points par an) fait l'objet d'un suivi pédologique⁸, à travers la réalisation d'un échantillon composite, prélevé dans chaque placette sur les 20 premiers centimètres du sol. Cet inventaire a pour objectifs de dresser un constat de l'état des sols forestiers, de suivre celui-ci au cours du temps et d'identifier les écosystèmes prioritaires qui feront l'objet d'actions de protection ou de restauration (Colinet et al., 2006). À l'heure actuelle, quatre campagnes d'échantillonnage des sols ont été effectuées (en 2000, 2004, 2005 et 2006) pour un total de 332 échantillons analysés. La majorité de ceux-ci ont été prélevés en Ardenne (**Figure 14**).

3.1. Les sols forestiers ardennais sont les plus pauvres et les plus acides

Le caractère acide des sols forestiers échantillonnés est bien marqué, étant donné que 75 % des échantillons présentent un pH eau inférieur à 4,5 (Genot et al., 2007). En dessous de cette valeur, l'altération des

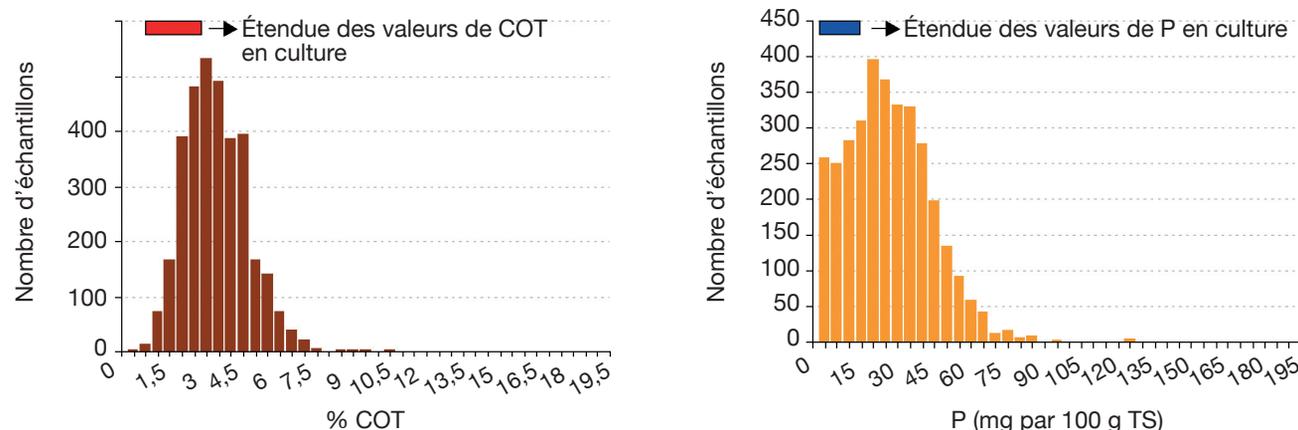


Figure 13. Histogrammes des fréquences des teneurs en COT et en P disponible des terres de jardins potagers en Condroz liégeois — *Frequency histogram of TOC and available P content in vegetable gardens in « Condroz Liégeois ».*

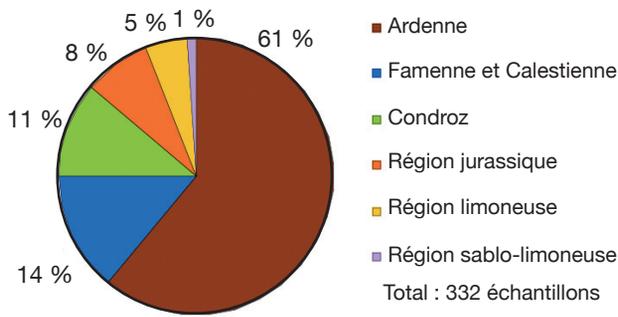


Figure 14. Répartition du nombre d'échantillons de sols forestiers analysés par région naturelle en région wallonne — *Number of analyzed soil forest samples by natural region in Walloon region (2000-2006)*. Suivi pédologique dans le cadre de l'Inventaire Permanent des Ressources Ligneuses de Wallonie.

minéraux du sol libère de l'aluminium soluble qui se fixe sur le complexe d'échange du sol⁹. Sous certaines formes, cet élément peut être particulièrement toxique pour la végétation forestière¹⁰. À noter que les sols développés dans des matériaux calcaires et/ou à texture argileuse (sur des schistes, par exemple) ne présentent pas ce risque de toxicité, le complexe d'échange du sol étant majoritairement occupé par d'autres cations, principalement le Ca et le Mg.

Les régions naturelles qui présentent les niveaux d'acidité d'échange les plus faibles (< 3 meq par 100 g) sont la région sablo-limoneuse (sols sableux pauvres en minéraux altérables), la région jurassique (matériau parental carbonaté) et la Fagne-Famenne (sols en moyenne plus argileux et/ou développés sur calcaires). Ces deux dernières régions présentent également des sols avec des teneurs élevées en Ca, en P et en Mn. Les sols ardennais, siliceux et acides, se caractérisent par le niveau d'acidité le plus élevé et par les plus faibles teneurs en Ca, Mg et K disponibles (**Figure 15**).

Selon les résultats du suivi pédologique, le statut acido-basique des sols ne montre pas de relation évidente avec le type de peuplement forestier, même si un lien peut être observé entre les caractéristiques des litières et le type d'humus. Il existe en effet un

⁸ Ce qui équivaut à un retour sur les mêmes placettes tous les dix ans.

⁹ Dans les sols très acides, l'aluminium peut représenter plus de 80 % du total des éléments échangeables, ce qui entraîne des risques potentiels de toxicité pour les végétaux.

¹⁰ Surtout quand le rôle détoxifiant de la matière organique (en complexant l'Al) ne peut se faire dans les couches minérales du sol.

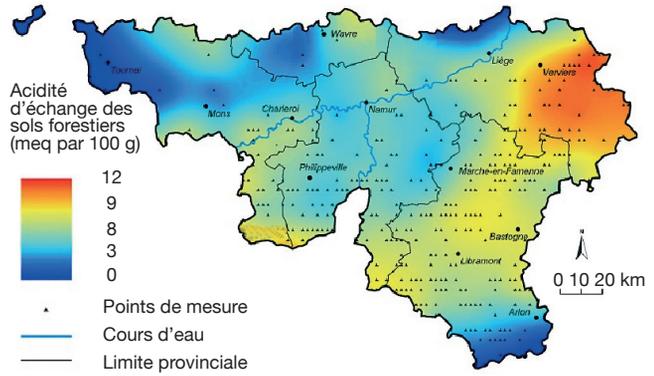


Figure 15. Acidité d'échange estimée (en meq par 100 g) des sols forestiers (0-20 cm) en région wallonne — *Estimated exchange acidity (meq per 100 g) for forest soils (0-20 cm) in Walloon region*. Suivi pédologique dans le cadre de l'Inventaire Permanent des Ressources Ligneuses de Wallonie.

gradient croissant d'acidité du mull calcique au mor. La variabilité au sein des différents groupes d'humus reste toutefois relativement importante (**Figure 16**).

L'acidification progressive du sol est une évolution naturelle sous une végétation forestière. La dynamique de cette évolution dépend essentiellement de la présence d'argiles et de minéraux altérables qui jouent un rôle important dans le pouvoir tampon du sol, c'est-à-dire dans sa capacité à compenser l'activité protonique sans modification brutale du pH.

Ce phénomène naturel peut néanmoins être exacerbé lorsque les quantités de substances acidifiantes

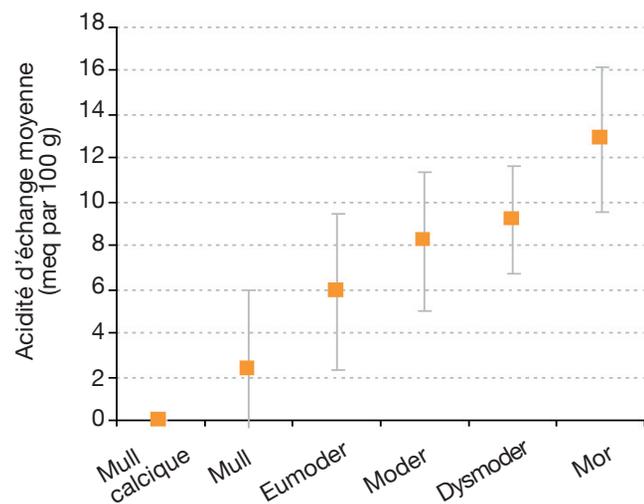


Figure 16. Relation entre le degré d'acidité des sols forestiers et le type d'humus — *Relationship between the acidity level of forest soils and humus type (2000-2006)*. Suivi pédologique dans le cadre de l'Inventaire Permanent des Ressources Ligneuses de Wallonie.

(protons, azote, soufre) présentes dans les retombées atmosphériques (“ pluies acides ”) dépassent la capacité des sols à neutraliser l’acidité incidente. Les conséquences les plus marquantes de cette acidification concernent la perte d’éléments nutritifs majeurs comme le Ca et le Mg, la dissolution des minéraux du sol et la libération massive d’Al et de Mn phytotoxiques dans certains sols acides. Ces phénomènes ont largement contribué au dépérissement des forêts observé dans les pays industrialisés depuis le début des années 1980. Le remède apporté par certains pays (comme l’Allemagne ou la France, par exemple) a consisté à chauler et à amender les sols forestiers des massifs les plus atteints (de manière préventive ou curative). En région wallonne, de telles pratiques n’ont jamais été envisagées à large échelle, même si plusieurs essais ont été réalisés au niveau de certaines placettes (État de l’Environnement Wallon, 1994).

3.2. Les terres des pessières de la Haute Ardenne plus riches en carbone organique

Les teneurs en COT des sols forestiers varient entre 2 et 20 g par 100 g. Les terres les plus riches sont celles présentant une litière épaisse et mal décomposée (de type dysmoder ou mor). Ce cas de figure est fréquent en Haute Ardenne, dans des peuplements de résineux, où les conditions de minéralisation sont moins favorables (sols plus acides, microclimat plus froid, hydromorphie, etc.) (Figure 17).

Le rapport carbone/azote (C/N), qui est un indicateur de la qualité de la matière organique dans les sols, est compris entre 10 et 30. La valeur de ce rapport est en relation étroite avec le type d’humus et le degré de décomposition de la litière. Ainsi, la majorité des sols avec un humus de type mull et moder mulleux (c’est-à-dire bien décomposé) sont caractérisés par un rapport

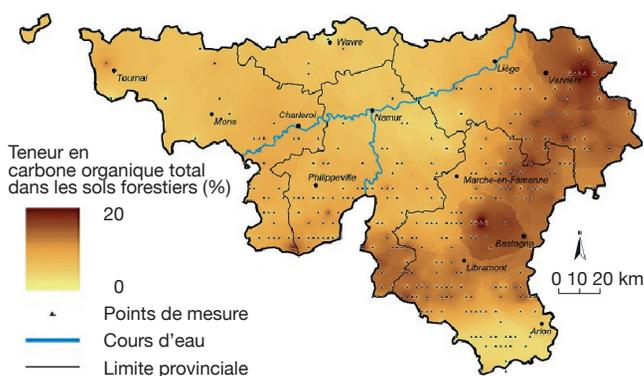


Figure 17. Teneurs en carbone organique total (%) dans les sols forestiers (0-20 cm) en région wallonne — *Total organic carbon content (%) of forest soils (0-20 cm) in Walloon Region.* Suivi pédologique dans le cadre de l’Inventaire Permanent des Ressources Ligneuses de Wallonie.

C/N inférieur à 20, ce qui témoigne de conditions relativement favorables pour la minéralisation de la matière organique. La plupart des sols à moders et à mors présentent, quant à eux, un rapport C/N supérieur à 20 (Genot et al., 2007).

3.3. La majorité des sols forestiers analysés présentent un risque de carences en éléments nutritifs

Différents paramètres sont utilisés pour évaluer les risques potentiels de stress nutritif et de toxicité dans les sols forestiers. Les teneurs en éléments nutritifs (Ca, K, Mg, P) et en éléments phytotoxiques (Al, Mn) sont comparées à des seuils de risques sanitaires, adaptés à chaque essence forestière (Weissen et al., 1994 ; Genot et al., 2007).

En termes de risques trophiques, plus de 90 % des terres échantillonnées présentent au moins un indice défavorable et un tiers des placettes en cumulent au moins trois. Les situations à stress potentiel les plus fréquentes concernent les déséquilibres ioniques, en particulier au niveau de la balance Mg/K défavorable au Mg. Les risques de carence concernent surtout le Ca et le Mg pour les terres les plus acides (pH < 4,5) mais ne sont pas non plus à négliger pour le P et le Mn. Les situations de toxicité potentielle sont très nombreuses pour l’Al, en particulier lorsque les terres sont très acides (deux-tiers des stations présentent un risque de toxicité là où le pH des sols est inférieur à 4,2) (Figure 18).

La carte du risque de déficience en Mg biodisponible illustre parfaitement la régionalisation des stress trophiques potentiels qui touchent essentiellement le sud de la région wallonne (Figure 19). Si l’Ardenne et la région jurassique sont les régions forestières les plus touchées, on observe néanmoins une différenciation géographique à l’intérieur de ces unités, imputable à des spécificités d’ordre lithologique et pédologique principalement. La Haute Ardenne, quant à elle, est caractérisée par l’occurrence de stress potentiels pour la plupart des éléments nutritifs (Genot et al., 2007).

Il n’est pas possible à l’heure actuelle d’effectuer une analyse de l’évolution de l’état de fertilité des sols forestiers à l’échelle régionale, étant donné que les parcelles n’ont pas encore été ré-échantillonnées, le retour sur la même placette étant prévu après 10 ans.

4. ENJEUX ET PERSPECTIVES

4.1. Vers un Système de Référence sur les Sols (SRS)

Actuellement, l’état et le suivi de la fertilité des terres agricoles et sous forêt ont été réalisés à l’échelle des

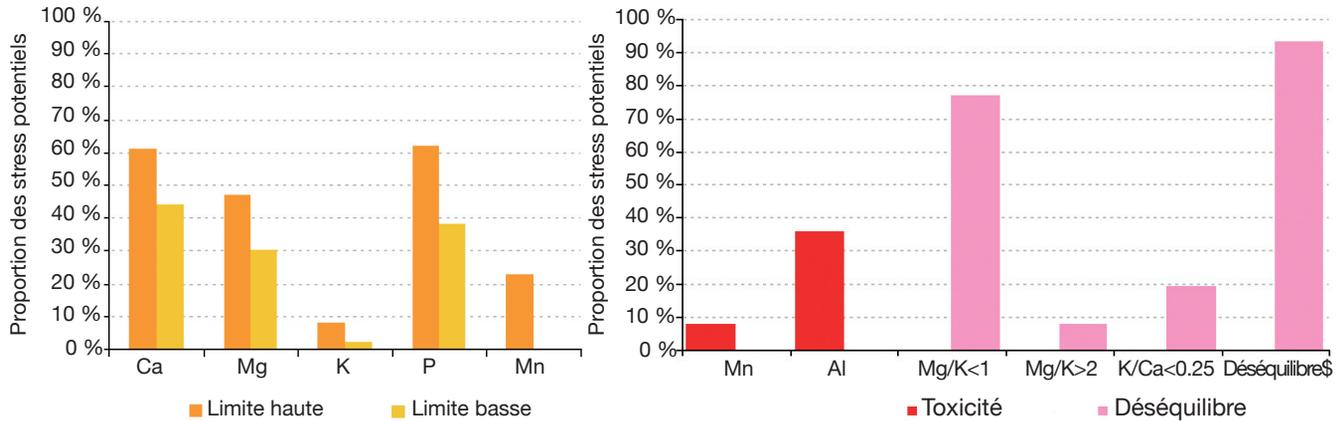


Figure 18. Situations de risques sanitaires potentiels en termes de carences, de toxicité et de déséquilibres ioniques dans les sols forestiers analysés en région wallonne — *Potential health risks expressed as deficiency, toxicity, and ionic unbalance in forest soils analyzed in Walloon region (2000-2006)*. Suivi pédologique dans le cadre de l’Inventaire Permanent des Ressources Ligneuses de Wallonie.

Les limites hautes et basses sont définies en fonction des essences — *High and low limits depend on the species* (Genot et al., 2007) ; « Déséquilibre\$ » correspond à l’existence d’au moins un déséquilibre ionique — *means existence of at least one ionic imbalance*.

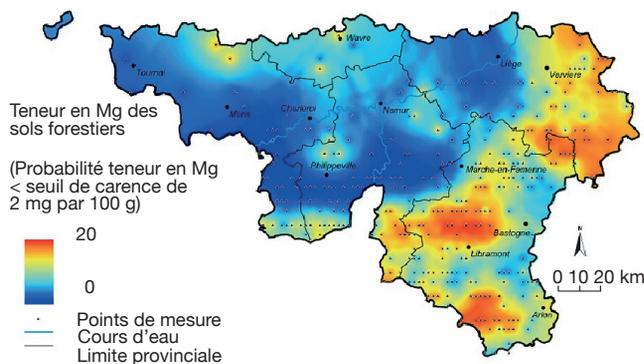


Figure 19. Probabilité que la teneur en magnésium dans les sols forestiers (0-20 cm) soit inférieure au seuil de carence de 2 mg par 100 g — *Probability that the magnesium content in the forest soils (0-20 cm) is under the deficiency level (2 mg per 100 g)*. Suivi pédologique dans le cadre de l’Inventaire Permanent des Ressources Ligneuses de Wallonie.

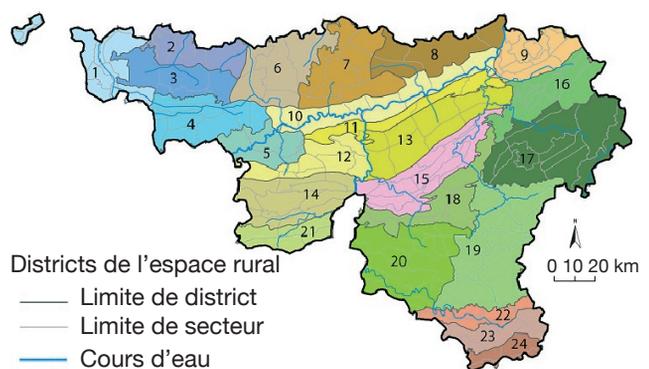


Figure 20. Carte des Secteurs de l’Espace Rural (SER) et des Districts de l’Espace Rural (DER) — *Map of land sectors and land districts*. Convention PCNSW, phase 4.

régions agricoles. Le développement de nouveaux outils laissent entrevoir l’opportunité d’un suivi plus fin et la réalisation d’un Système de Référence agro-environnemental sur les Sols.

En effet, la numérisation de la carte des sols de Belgique a permis la réalisation d’une stratification du territoire wallon sur une base géomorphopédologique qui a abouti à la définition de 196 Secteurs de l’Espace Rural (SER) pouvant être regroupés en 24 Districts (DER) (**Figure 20**). Ceux-ci sont des modèles d’organisation des sols en fonction de la géologie et du relief. Chaque unité présente une signature géomorphopédologique propre et un nombre restreint de principaux types de sols dominants.

Ces nouveaux outils cartographiques couplés aux travaux effectués par la chaîne Minérale-sols de REQUASUD en matière de caractérisation pédologique et de localisation des échantillons de terre laissent entrevoir la mise en place d’un suivi permanent de la fertilité des terres agricoles en région wallonne, à l’instar de ce qui se réalise au niveau forestier, avec en outre la perspective d’une intégration de la notion de volume pédologique permettant une meilleure connaissance de l’état de fertilité des sols agricoles et forestiers.

Grâce à ces données, il sera possible, à l’avenir, d’élaborer des référentiels locaux à l’échelle des SER ou des DER et donc de lier l’information analytique à des objets pédologiques mieux définis.

L’approche qualitative du suivi de la fertilité des terres sera fondamentalement plus correcte :

actuellement, comme réalisé dans ce document, l'évaluation du pourcentage de situation à risque de carence par région agricole est réalisée en comparant l'ensemble des résultats quantitatifs de la région agricole à une seule valeur seuil, quelle que soit la variabilité pédologique intra-régionale. Or, ces valeurs seuils dépendent notamment de la granulométrie, de la CEC et du pH de l'échantillon. Il est donc plus correct d'assigner une valeur seuil à chaque échantillon et donc de qualifier chaque échantillon et ensuite de sommer le nombre d'échantillons à risque de carence par région agricole. Grâce aux outils mis en place, ceci sera désormais possible. Dès lors, les situations à risques de carences mais également à risque environnemental seront beaucoup plus finement identifiées et suivies.

4.2. Les sols agricoles et forestiers : l'évolution de la notion de fertilité

La fertilité d'un sol fait classiquement référence à une aptitude à produire de la biomasse végétale (en quantité et en qualité). Le sol, en tant que support de cette production, est souvent considéré comme une boîte noire dans laquelle on introduit des engrais et des amendements et dont on extrait des produits. Or, les sols sont des milieux complexes et hétérogènes en continuelle évolution et qui, de plus, remplissent plusieurs fonctions environnementales (filtration des eaux de percolation, par exemple). Ils doivent dès lors être étudiés en termes de constitution, d'organisation et de fonctionnement au sein de systèmes dynamiques "sol- plante-eau-animal-atmosphère", en considérant les risques environnementaux engendrés par des pratiques agricoles et sylvicoles inadaptées (surfertilisation, par exemple).

Depuis plusieurs années, les politiques européennes et régionales évoluent vers une meilleure gestion environnementale des sols agricoles et forestiers.

Au niveau agricole, la volonté des gestionnaires wallons est d'évoluer vers une agriculture de précision, en affinant notamment le conseil de fumure et en raisonnant la pratique de la fertilisation à l'échelle parcellaire¹¹. Le réseau REQUASUD travaille à une amélioration du système actuel avec comme composantes :

- L'élaboration d'un outil d'aide à la décision pour les agriculteurs et les laboratoires d'analyse de terres. À terme, cet outil permettra d'offrir plusieurs services dont :
 - un service cartographique de localisation de la parcelle à échantillonner,

- un service cartographique permettant d'identifier les types de sols et de caractériser l'occupation de la parcelle (spécifications des trois dernières années)
- un service de conseil à l'échantillonnage afin de proposer des zones de prélèvement les plus homogènes possibles,
- un service d'aide à l'élaboration d'un conseil de fumure adapté aux caractéristiques des secteurs de l'espace rural (SER). La mise en place de cet outil permettra donc de considérer la variabilité intra-parcellaire dès le prélèvement de terre et ainsi de fournir un conseil agronomique qui corresponde au mieux à la réalité du terrain.
- L'évaluation systématique de la capacité d'échange cationique (CEC) des sols. La détermination de ce paramètre est primordiale pour apprécier correctement le statut nutritif des sols et améliorer le calcul de la fumure à appliquer. La mesure de la CEC étant trop longue et trop coûteuse en routine, d'autres pistes sont envisagées, comme la spectroscopie proche infrarouge (SPIR) qui semble être une technique efficace pour prédire avec une précision suffisante la CEC de l'échantillon de surface, sans surcoût pour le laboratoire et/ou l'agriculteur.

En ce qui concerne la fertilité des sols forestiers, une production sylvicole satisfaisante devrait être garantie sans apport d'engrais dans bon nombre de cas, en tirant profit notamment de la large gamme de tolérances offertes par les diverses essences forestières. L'application systématique des recommandations du Guide de boisement des stations forestières (Weissen et al., 1994) devrait, en outre, assurer la bonne adaptation de l'essence aux potentialités naturelles du milieu. Au niveau des pratiques sylvicoles, il conviendra en particulier de veiller à favoriser le recyclage des éléments nutritifs issus de la décomposition des litières et de limiter les exportations, par une gestion adéquate des résidus de récolte.

Remerciements

Les auteurs remercient, pour leur aimable collaboration, Dr. Ir. Frantz Weissen, édaphologue forestier en retraite active et Ir. Marie-Julie Goffaux, coordinatrice de l'ASBL REQUASUD.

Les auteurs remercient également Michel Martinez, informaticien de l'ASBL REQUASUD, Ir. Dominique Buffet et Dr. Ir. Robert Oger de la Section Biométrie, Gestion des Données et Agrométéorologie du CRA-W pour la mise à disposition et la compilation des données et cartes issues de la BD Terre de l'ASBL REQUASUD.

Enfin, les auteurs remercient Ir. Jean Laroche pour sa participation active à la première synthèse des données de la BD Terre de REQUASUD.

¹¹ Lorsqu'il n'y a pas trop de contraintes techniques liées à la taille et à la forme de la parcelle.

Bibliographie

- Allaerts M., Boon W. & Feyen J., 1982. Inventaire de la fertilité chimique des terres de culture et des pâturages en Belgique. *Rev. Agric.*, **1**(35), 1673-1695.
- Anon., 1988. La fertilité du sol de notre pays régresse. *L'agriculteur*, **45**, 7.
- Bock L. et al., 2002. Intérêt des cartes pédologiques pour la caractérisation géochimique des sols. Cas d'une parcelle en Condroz. In: Baize D. & Tercé M., coord. *Les éléments traces métalliques dans les sols. Approches fonctionnelles et spatiales*. Paris : INRA, 91-106.
- Bonneau M., 1995. *Fertilisation des forêts dans les pays tempérés*. Nancy, France : ENGREF.
- Colinet G., Bock L. & Toussaint F., 2006. *Suivi pédologique dans le cadre de l'inventaire permanent des ressources ligneuses. Rapport final de convention*. Jambes, Belgique : Ministère de la Région wallonne, DGRNE.
- Colinet G. et al., 2004. *Base de données sols de REQUASUD. Deuxième synthèse*. Gembloux, Belgique : REQUASUD.
- EEW, 1994. État de l'Environnement Wallon. Sol, climat, micro-organismes, tourisme. Vol. 1. L. Bock Coord. Sci. Jambes, Belgique : Ministère de la Région wallonne, DGRNE, 1-122.
- Genot V., Colinet G. & Bock L., 2007. *La fertilité des sols agricoles et forestiers en région wallonne. Rapport analytique 2006 sur l'État de l'Environnement Wallon*. Gembloux, Belgique : Laboratoire de Géopédologie, Unité Sol-Écologie-Territoire, Faculté universitaire des Sciences agronomiques.
- Giot-Wirgot P., Lambert J. & Weissen F., 1998. Les amendements calcaro-magnésiens, une réponse au dépérissement de certains peuplements forestiers en région wallonne. In: *Actes du colloque « Santé et biodiversité en forêt wallonne », 07.11.1997, Namur, Belgique*, 37-41.
- Janssens F., 2001. *Restauration des couverts herbacés riches en espèces*. Thèse de doctorat : Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux (Belgique) ; Université catholique de Louvain (Belgique).
- Lambert J. et al., 1990. Premiers enseignements de l'analyse des sols forestiers en région wallonne. *Silva Belgica*, **97**(2), 7-12.
- Laroche J. & Oger R., 1999. *Base de données sols de REQUASUD. Première synthèse*. Gembloux, Belgique : REQUASUD.
- Merelle F., 1998. *L'analyse de terre aujourd'hui*. Nantes, France : Édition GEMAS.
- Orloff M., 2003. *Évaluation de la qualité de sols de jardins potagers en région wallonne. Province de Liège*. Mémoire : Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux (Belgique).
- Trichet P. et al., 1999. Le maintien de la fertilité des sols forestiers landais dans le cadre de la sylviculture intensive de pins maritimes. *Étud. Gestion Sols*, **6**(4), 197-214.
- Vilain M., 1997. *La production végétale. Vol. 2 : la maîtrise technique de la production*. Paris : Éditions Tec & Doc. - Lavoisier.
- Weissen F. et al., 1988. Les causes de la dégradation sanitaire des forêts en Wallonie : le point de la situation. *Bull. Soc. R. For. Belg.*, **95**, 57-68.
- Weissen F., 1989. Le dépérissement de forêts en Wallonie. Conseil économique et social de la région wallonne, Namur. *Wallonie*, **16**(2), 3-11.
- Weissen F., Bronchard L., Piret A. & Lambert D., 1994. *Le guide de boisement des stations forestières de Wallonie*. Jambes, Belgique : Ministère de la Région wallonne, DGRNE.
- Weissen F., 1998. Le point sur la dégradation de l'état sanitaire des forêts en Wallonie. *Forêt wallonne*, **1**, 5-12.

(20 réf.)