

# Élaboration d'une méthode quantitative et globale d'évaluation de l'aptitude des terres à l'agriculture : application à la Région wallonne (Belgique)

David Morelle <sup>(1)</sup>, Philippe Lejeune <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Laboratoire d'Aménagement du Territoire. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux. Passage des Déportés, 2. B-5030 Gembloux. Belgique. Tél. (0)81 62 23 18, E-mail : morelle.d@fsagx.ac.be

<sup>(2)</sup> Unité de Gestion et Économie forestières. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux. Passage des Déportés, 2. B-5030 Gembloux. Belgique. E-mail : lejeune.p@fsagx.ac.be

Reçu le 14 juillet 1999, accepté le 5 janvier 2000.

Pour permettre de préserver les bonnes terres agricoles d'autres affectations, une méthode quantitative d'évaluation de l'aptitude des terres à l'agriculture a été développée. Des cartes d'aptitude des terres aux cultures et aux prairies ont été élaborées en décomposant les sigles de la carte des sols. Des facteurs d'exploitation, comme la pente, la proximité aux exploitations et la taille des blocs de terres ont été intégrés à ces cartes d'aptitude des sols, au moyen d'un système d'information géographique. La multiplication de coefficients de pondération liés à ces facteurs a conduit à une carte d'évaluation globale de l'aptitude des terres à l'agriculture. Cette méthode a été testée sur dix communes de la Région wallonne. Nous sommes parvenus à des résultats proches des pratiques agricoles observées. Cette méthode est opérationnelle pour orienter les futures révisions de plans de secteur. Le problème de la validation des résultats et les avantages d'une méthode factorielle et quantitative sont également discutés dans cet article.

**Mots-clés.** Agriculture, aménagement du territoire, pédologie, évaluation des terres, méthode paramétrique, système d'information géographique.

**Setting up a quantitative method for a global evaluation of farmland: application to the Walloon Region (Belgium).** To counteract the wasteful use of good quality farmlands by other land uses, we have developed a quantitative method for land evaluation. By splitting up soil map symbols, we have drawn up suitability maps for cultivation and for grazing. Farming factors, such as slope, closeness to the farmhouses and size of the farmland blocks, were integrated in the soil suitability map with the help of a geographic information system. The multiplication of the weighted coefficients linked to these factors lead to a global farmland evaluation map. This method has been tested in 10 districts of the Walloon Region. Results seem to be close to farmers practices. The validation problems of this map and the benefits of a factorial and quantitative method are also discussed in this paper.

**Keywords.** Agriculture, soil use, land evaluation, pedology, parametric system, geographical information system.

## 1. INTRODUCTION

L'aménagement raisonné du territoire requiert de bonnes connaissances des caractéristiques physiques des terres. Mais ces données intrinsèques ne suffisent pas ; il est nécessaire de les envisager du point de vue de l'aptitude des terres aux affectations envisagées. La production agricole est particulièrement dépendante des caractéristiques des terres. Devant la diminution de surface agricole observée partout en Europe (OCDE, 1995), il est urgent d'identifier les meilleures terres pour l'agriculture, de manière à les préserver de l'urbanisation et du boisement. Une enquête effectuée auprès d'une centaine d'agriculteurs de Wallonie a pu montrer que les différences entre les meilleurs et les

moins bons sols d'une même exploitation peuvent conduire à des différences de rendement de 15 à 40 % selon les spéculations (Morelle *et al.*, 1997).

Le nombre de paramètres pouvant être pris en compte pour l'évaluation des terres est très large (Stewart, 1968). Si l'on dépasse la classification physique des terres pour aborder les facteurs d'exploitation, cette constatation est d'autant plus pertinente.

À partir de discussions avec des experts, d'enquêtes chez les agriculteurs, il est possible de mettre en évidence les principaux facteurs à prendre en compte dans une méthode qui vise à identifier les meilleures terres agricoles, non seulement du point de vue des rendements potentiels, mais également des facilités d'exploitation.

Par exemple, des pentes trop fortes limitent les possibilités de mécanisation. Pour un objectif à court ou moyen terme, la distance aux sièges d'exploitation actuels peut également être prise en compte, en particulier pour les prairies pâturées. Dans nos régions, la densité du réseau hydrographique, du réseau routier et de l'habitat peuvent fortement limiter la taille des blocs de parcelles agricoles d'un seul tenant. Ce facteur peut également être intégré dans une méthode d'évaluation de l'aptitude des terres à l'agriculture.

Par cet article, nous voulons montrer la manière dont de tels facteurs extrinsèques peuvent être retenus et combinés aux facteurs physiques dans une méthode d'évaluation de l'aptitude des terres à l'agriculture visant à préserver les meilleures terres des autres usages du territoire.

## 2. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

La Région wallonne, sur laquelle porte notre étude, couvre 1 700 000 ha. Les sols bruns sont constitués de limons profonds dans le nord de la Région (plusieurs dizaines de mètres de profondeur). Dans les autres sous-régions agro-géographiques, le substrat a donné lieu à du sable ou de l'argile. Un mélange de ces matériaux avec les cailloux est fréquent lorsque les sols sont peu profonds. On passe d'une altitude d'une centaine de mètres dans les plaines à plus de 500 mètres en Haute Belgique. Le climat tempéré humide est caractérisé par des températures annuelles moyennes passant, du nord-ouest au sud-est, de 10 à 7° C et une pluviosité fluctuant de 700 à 950 mm par an. Près de 45 % de la surface est occupée par l'agriculture. Les exploitations, d'une cinquantaine d'hectares en moyenne, sont orientées vers les grandes cultures au Nord du Sillon-Sambre et Meuse (rotations de céréales et de cultures sarclées), alors que la spéculation bovine (race mixte lait-viande) est la principale production des exploitations du Sud du pays. Face à l'urbanisation et au boisement, la surface agricole y a régressé de 0,5 % par an de 1977 à 1992 (Burny, Lebailly, 1998).

## 3. MÉTHODE D'ÉVALUATION

### 3.1. Introduction

La méthode proposée repose sur la définition, sous forme cartographique, de facteurs influençant l'aptitude des terres à l'agriculture. Un modèle empirique de type multiplicatif traduit ensuite ces facteurs en une évaluation globale (**Équation 1**). Ce traitement est réalisé à l'aide d'un système d'information géographique (logiciels ARC / Info PCTM et Spatial Analyst Arcview TM) qui permet non seulement le croisement des différentes couches d'informations, mais également le calcul de variables. Compte tenu du caractère continu

de certains facteurs utilisés, nous avons travaillé en mode raster, chaque pixel se voyant attribuer une valeur pour les différentes variables considérées. À ce niveau, nous nous distancions de la classification qualitative de la "Framework for Land Evaluation" de la FAO (1976). Compte tenu de la précision des cartes de base et de l'échelle nécessaire pour les cartes finales (1/25 000), la taille du pixel retenue est de 10 m sur 10 m.

La carte des sols, après digitalisation, est transformée en une carte d'aptitude des sols à l'agriculture exprimée sur une échelle de cotation allant de 0 à 100. Ce paramètre constitue la base de l'évaluation globale. Il est ensuite pondéré en fonction des valeurs prises par les facteurs d'exploitation (pentes, proximité aux sièges d'exploitation et taille des blocs de terres agricoles) selon la formule suivante (**Équation 1**) appliquée à chaque pixel :

$$EG_i = As_i \times Cp_i \times Ce_i \times Cs_i \quad (1)$$

où  $EG_i$  est l'évaluation globale pour le pixel  $i$  ;

$As_i$ , l'aptitude du sol à l'agriculture pour le pixel  $i$  ;

$Cp_i$ ,  $Ce_i$ ,  $Cs_i$ , les coefficients de pondération liés aux facteurs d'exploitation pour le pixel  $i$ .

Les coefficients de pondération varient entre 0 et 1,3. Ils ont été élaborés à partir de données bibliographiques, de discussions avec des experts et d'observations de terrain. Cette procédure a été menée séparément pour deux types d'utilisation du sol : les principales cultures (betteraves sucrières, pommes de terre, céréales, etc.) et les prairies. La meilleure de ces valeurs a été retenue pour chaque pixel de la carte finale d'évaluation globale de l'aptitude des terres à l'agriculture. Cette méthode a été testée dans 10 communes (au total 75 000 hectares) représentatives de la diversité agro-géographique de la Région wallonne (1 700 000 ha).

### 3.2. Prise en compte du sol

La Belgique est couverte par des cartes des sols levées sur plan cadastral à l'échelle du 1/5 000 à raison d'environ 1,8 observations par hectare (Hanotiaux, 1992). Ces cartes, éditées au 1/20 000, constituent la cartographie des sols la plus complète et la plus précise d'Europe (Jamagne *et al.*, 1993). Jusqu'alors, elles n'avaient jamais fait l'objet de simplification systématique en cartes d'aptitude. La carte des sols de Belgique privilégie la granulométrie du sol, l'état de drainage naturel et la présence d'horizons diagnostiques définissant un développement de profil.

Pour chacune des caractéristiques, nous avons élaboré un tableau de décotes, comme l'illustre le **tableau 1**, pour la texture. Les décotes ont été soustraites de la valeur maximale 100 correspondant

**Tableau 1.** Cotations des sols correspondant au drainage pour les cultures, en fonction de la texture — *Soil cultivation –which is function of texture– for drainage* .

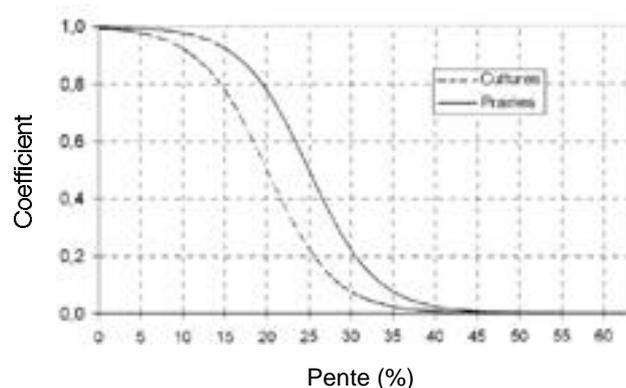
Drainage	Texture				
	Argile lourde	Argile	Limon	Limon sableux	Sable
Excessif		-10	-20	-30	-40
Bon	0	0	0	-0	-15
Modéré	-15	-5	-5	0	-5
Moyen	-30	-10	-10	-5	0
Pauvre	-40	-30	-20	-10	-10
Très pauvre	-60	-50	-40	-35	-30

aux meilleurs sols (limons modérément drainés). Ces valeurs de décotes ont été déterminées empiriquement à partir de tableaux globaux d'aptitude de 200 sigles pédologiques élaborés dans le cadre de remembrements agricoles (Berce, 1970 ; Mokadem, 1995) ainsi que dans le cadre des livrets explicatifs de la Carte des sols. En l'absence de données expérimentales sur les rendements par types de sols, ces données sont basées sur des observations de terrain et des discussions avec les agriculteurs. Le croisement des cartes d'aptitude avec les cartes de parcelles agricoles a pu montrer la pertinence du classement : 65 % des cultures les plus exigeantes (betteraves sucrières et pommes de terres) sont localisées sur les terres les plus aptes aux cultures, alors que seulement 25 % des prairies sont situées sur les terres les plus aptes aux cultures. Ce résultat confirme l'hypothèse avancée par Moxey *et al.* (1995) qui consiste à affirmer que la qualité des sols est un facteur déterminant de la couverture de sol.

### 3.3. Prise en compte de la pente

Les cartes de pentes, réalisées pour les communes les plus pentues, sont dérivées d'un modèle numérique de terrain élaboré à partir des courbes de niveau des cartes topographiques digitalisées au 1/10 000. Pour éviter toute perte d'information, nous avons évité les classiques rassemblements en classes et avons traité cette information au pour-cent près.

La littérature rend compte des difficultés de réaliser les travaux culturaux pour différentes classes de pentes moyennes à fortes (Boulaine, 1979 ; Cooke, Doornkamp, 1974, cités par Davidson, 1980 ; Durand, 1977, ...). Adaptées au contexte actuel local, ces valeurs de décotes ont été traduites en un coefficient de pondération selon une fonction à allure sigmoïdale, limitée par les asymptotes horizontales d'ordonnées 0 et 1 (**Figure 1**, **Équation 2**) :



**Figure 1.** Valeurs du coefficient d'exploitation pour la pente (%) — *Farming coefficient for slope factor (%)*. Dashed line: cultivation land, full line: grassland.

$$Cp_i = 1 - \frac{1}{1 + \exp \frac{a - P_i}{b}} \quad (2)$$

où  $Cp_i$  est le coefficient de pondération relatif à la pente pour le pixel  $i$  ;  
 $P_i$ , la pente (%) du pixel  $i$ .

Le paramètre  $a$  s'est vu attribuer une valeur de 20 pour les cultures et de 25 pour les prairies ; le paramètre  $b$  a été fixé à 4.

### 3.4. La proximité aux exploitations

L'agriculture wallonne est fortement orientée vers la production bovine et cette production reste fortement liée au sol pour la stabulation, le fourrage et l'épandage des effluents. Les prairies couvrent la moitié de la surface agricole wallonne. Pour faciliter la surveillance et les mouvements des troupeaux vers la salle de traite ou l'étable, les fermiers préfèrent exploiter des prairies à proximité de leur siège d'exploitation. Pour tenir compte de ce critère de proximité aux exploitations, nous avons calculé pour chaque ferme une carte de distance au siège d'exploitation. Ces cartes ont ensuite été combinées de manière à produire un indice de proximité aux exploitations agricoles ( $E$ ) dont la valeur augmente avec l'éloignement des sièges d'exploitation mais diminue avec leur densité. La forme générale de cet indice est la suivante (**Équation 3**) :

$$E_i = \frac{1}{\sqrt[n]{\sum_{k=1}^n \frac{1}{d_k^2}}} \quad (3)$$

où  $E_i$  est l'indice de proximité aux exploitations pour le pixel  $i$  ;

$d_k$ , la distance euclidienne entre le pixel  $i$  et l'exploitation  $k$  (en m) ;

$n$ , le nombre d'exploitations en prendre en considération.

Le coefficient de pondération retenu ( $C_e$ ) a été déterminé à partir d'une fonction sigmoïdale présentant deux asymptotes en  $C_{e_{\max}} = 1,3$  et  $C_{e_{\min}} = 0,9$ . Nous avons situé le point d'inflexion de cette fonction à 250 m.

Pour les cultures nous avons estimé que l'influence de ce coefficient de proximité gardait sa pertinence, avec une différence estimée à 10 % entre les terres proches et les terres éloignées. La distance de 500 m qui a été retenue pour situer le point d'inflexion correspond à une aire de 80 hectares situés autour d'une exploitation isolée, surface qui se rapproche du seuil de persévérance des exploitations en Région wallonne.

Le coefficient de pondération ( $C_e$ ) répond aux fonctions suivantes, pour les cultures (Équation 4) et pour les prairies (Équation 5) :

$$C_{e_i} = 1,1 - \frac{0,1}{1 + \exp \frac{500 - E_i}{100}} \quad (4)$$

$$C_{e_i} = 1,33 - \frac{0,43}{1 + \exp \frac{250 - E_i}{100}} \quad (5)$$

### 3.5. Prise en compte de la taille des blocs de parcelles agricoles

La taille des parcelles apparaît comme un critère important pour les agriculteurs dans le choix d'une parcelle de culture.

Outre les gaspillages de temps et d'énergie dans les navettes, des parcelles de petites tailles conduisent à une mauvaise répartition des produits phytosanitaires. Les pertes de rendement observées dans les tournières (de l'ordre de 10 % par rapport aux centres des champs, d'après De Snoo, 1994 et Helenius, 1994) sont également maximalisées en cas de parcelles fragmentées. Une étude allemande (Moritz, 1995) prenant tous ces facteurs en compte a pu évaluer l'augmentation potentielle de revenu brut d'un agriculteur à environ 10 à 25 % du revenu initial, avant l'amélioration de la taille de ses parcelles. Selon cette étude, la taille optimale d'une parcelle en grande culture est de l'ordre de 5 à 15 hectares.

En Région wallonne, les agriculteurs exploitent des parcelles d'un seul tenant d'une surface moyenne d'environ 4 ha (Burny, Lebailly, 1998).

Alors que la taille des parcelles d'exploitation est un facteur fort fluctuant à travers le temps, la surface des blocs de parcelles agricoles (ensemble de parcelles jointives délimité par d'autres affectations) est un facteur temporellement plus stable. Il a été estimé qu'il pouvait être pris en compte pour évaluer les terres d'un point de vue agricole.

Nous avons fait varier le coefficient de pondération correspondant ( $C_s$ ) de 0,5 à 1, avec une surface de blocs de parcelles agricoles ( $S$ ) passant de 0 à 25 hectares pour les cultures et de 0 à 5 hectares pour les prairies (Équation 6) :

$$C_{s_i} = \frac{1}{1 + \exp \frac{S_i}{b}} \quad (6)$$

où  $C_{s_i}$  est le coefficient de pondération relatif à la surface du bloc de parcelles agricoles, calculé pour le pixel  $i$  ;  $S_i$ , la surface (Ha) du bloc de parcelles correspondant au pixel  $i$ .

La valeur de  $b$  a été fixée à -4 pour les cultures et à -2 pour les prairies.

## 4. RÉSULTATS CARTOGRAPHIQUES

La méthode paramétrique utilisée a permis des comparaisons tant intrarégionales qu'interrégionales. Les variations d'aptitude des terres à l'agriculture sont aussi importantes à l'intérieur d'une même commune qu'entre les communes étudiées.

Un peu moins de 70 % de notre zone d'étude se sont vu attribuer la même valeur d'aptitude pour les cultures que pour les prairies. Plus d'un quart des sols a une aptitude jugée meilleure pour les prairies que pour les cultures. Il nous semble dès lors justifié de distinguer l'aptitude pour les cultures et pour les prairies.

La décomposition des sigles (méthode factorielle) permet un traitement rapide de tous les sols cartographiés en Belgique. Sur le seul territoire étudié, plus d'un millier de sigles différents ont été rencontrés.

Nous avons considéré la pente uniquement dans les trois communes les plus pentues des 10 entités étudiées. Les trois-quarts de la surface de ces trois communes se situent sur des terres dont la pente est faible (inférieure à 8 %) et pour laquelle s'applique un coefficient d'aptitude allant de 1 à 0,95. Environ 6 % des terres de ces mêmes communes présentent une pente supérieure à 20 % (ce qui correspond à un coefficient d'aptitude de moins de 0,5 en culture et 0,8 en prairie).

L'allure des cartes de proximité aux exploitations agricoles dépend fortement du caractère groupé ou dispersé des exploitations agricoles. En outre, certaines communes présentent un caractère agricole affirmé (2 exploitants agricoles par km<sup>2</sup>) alors que d'autres communes ont une orientation forestière ou urbaine (0,5 exploitants par km<sup>2</sup>).

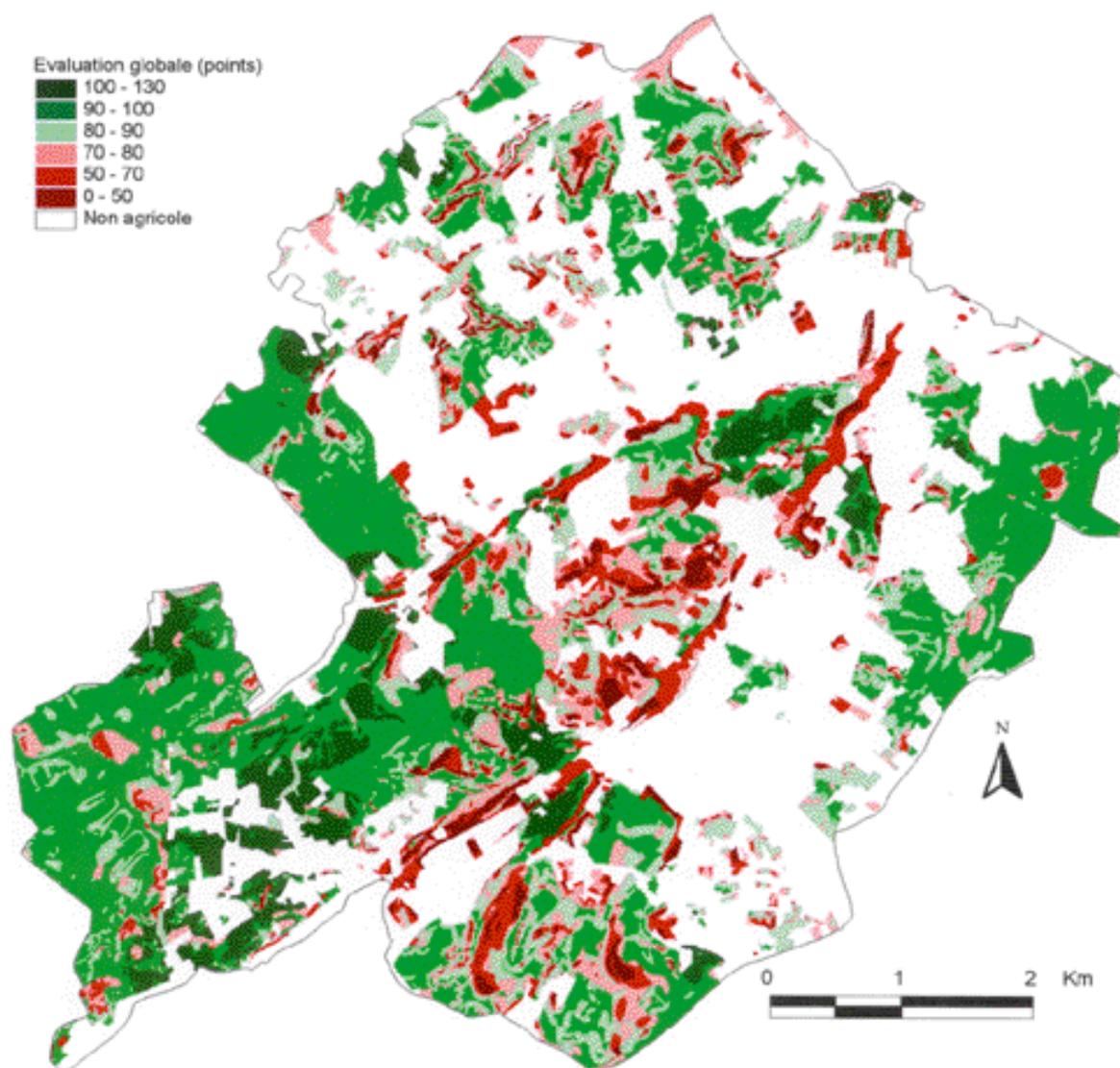
Ces différences de dispersion et de densité en exploitations agricoles expliquent que dans certaines communes plus de trois-quarts des terres ont un indice de proximité inférieur à 250 m (ce qui correspond à un coefficient de 1,1 en culture et de 1,3 à 1,1 en prairie) alors que cette proportion est d'un dixième seulement dans les communes peu agricoles.

Entre 5 et 10 % des blocs de parcelles agricoles se caractérisent par une surface de 2 et 10 hectares (coefficients variant entre 0,6 et 0,9 pour les cultures).

Les cartes d'évaluation globale aux cultures d'une part et aux prairies d'autre part sont obtenues en multipliant les valeurs d'aptitude pédologique par les coefficients d'exploitation correspondant à la pente, la proximité des sièges d'exploitation et la taille des blocs de parcelles d'un seul tenant (**Équation 1**).

La carte d'évaluation globale des terres à l'agriculture est enfin élaborée en retenant pour chaque pixel la meilleure valeur des deux cartes précédentes.

À partir de cette méthode, l'évaluation globale des terres à l'agriculture est principalement conditionnée par la qualité des sols et par la proximité à des groupes d'exploitations agricoles. Les versants de vallées et les petits blocs de parcelles agricoles enclavés au sein des noyaux bâtis sont également décotés. Un exemple de carte finale est représenté pour une des communes étudiées (**Figure 2**).



**Figure 2.** Exemple de carte d'évaluation des terres (en points) à l'agriculture pour une commune d'étude (commune de Lasne)  
— Example of evaluation farmland map (in points) for a study district (district of Lasne).

## 5. DISCUSSION

Cet article montre les possibilités et les limites d'une méthode quantitative et globale d'évaluation des terres à l'agriculture.

Pour répondre aux besoins d'un maximum d'utilisateurs, il est très utile de transformer les cartes de sols très complexes en cartes thématiques, comme les cartes d'aptitude. La numérisation des cartes facilite non seulement la combinaison et l'analyse spatiale, mais également leur diffusion et leur utilisation.

Les méthodes paramétriques ont leurs limites (Mabbutt, 1968). Mais ce type d'approche nous a permis de transformer facilement les nombreuses séries de la carte des sols de Belgique (plusieurs milliers de combinaisons) en valeurs d'aptitude.

La seule prise en compte du facteur pédologique ne permet pas d'expliquer les différences de potentiel productif des terres dans des comparaisons entre sous-régions. L'intégration d'un indice climatique comme facteur de rendement pourrait utilement compléter les cartes pédologiques (Bootsma *et al.*, 1995).

Mais les facteurs extrinsèques peuvent également donner plus de pertinence à ces cartes. Les systèmes d'information géographique permettent de transformer ces facteurs en coefficients selon des fonctions qui peuvent s'avérer complexes. Le caractère continu de ces coefficients évite toute perte d'informations due à des rassemblements en classes.

Rossiter (1995) souligne la difficulté de validation par rapport à la réalité des modèles d'évaluation des terres. La mesure de données économiques, comme le rendement (Hennebert *et al.*, 1996) devrait permettre une validation plus précise des évaluations. En Belgique, il manque selon nous de données fiables pour effectuer ce type de validation.

Lorsque de multiples facteurs extrinsèques interviennent, la seule validation possible est la comparaison des résultats avec le jugement des évaluateurs (Rossiter, 1995).

La validité des cartes est conditionnée par la pérennité des facteurs pris en compte. Notre démarche se situe dans la perspective d'une révision des plans de secteur dont la portée est d'une quinzaine d'années.

Les cartes finales peuvent conduire à délimiter les meilleures terres agricoles, pour lesquelles aucune autre affectation que l'agriculture ne serait autorisée (zone agricole spécifique).

Les autres fractions de la zone agricole pourraient éventuellement être boisées ou transformées en terrain de loisirs de plein air (zone agricole polyvalente). Confrontées à d'autres cartes d'aptitude (au boisement, à l'habitat, au paysage, ...), des cartes de potentialité et de vocation pourraient être élaborées, notamment à partir d'analyses multicritères (Joerin, 1998).

Les systèmes d'information géographiques laissent incontestablement apparaître de nombreuses perspectives

en matière de prise en compte des caractéristiques du milieu physique, écologique et humain pour tendre vers une utilisation rationnelle du territoire.

## Remerciements

Cette recherche a été encadrée avec la collaboration des Professeurs J. Bergans, L. Bock, S. Dautrebande, C. Debouche, A. Falisse, D. Lacroix, J. Rondeux et A. Thewis et a été subsidiée par le Ministère de la Région wallonne – Direction Générale de l'Aménagement du Territoire, du Logement et du Patrimoine.

## Bibliographie

- Berce JM. (1970). Le classement des terres lors du remembrement légal de biens ruraux. *Pédologie*. **20** (2), p. 153–177.
- Bootsma A., Boisvert JB., Dumanski J. (1995). Climate-based estimates of forage yields in the prairie region of western Canada. *Soil Use Manage.*, **11**, p. 55–62.
- Boulaine J. (1979). *Pédologie appliquée*. Paris : Masson, 220 p.
- Burny P., Lebailly P. (1998). L'évolution de l'économie agricole et horticole de la Région wallonne – 1997. Ministère de la Région wallonne. Jambes, Belgique : CSWAAA, 247 p.
- Davidson DA. (1980). *The Evaluation of Land Resources*. New-York: Longman Scientific and Technical, 198 p.
- De Snoo GR. (1994). Cost-benefits of unsprayed crop edges in winter wheat, sugar beet and potatoes. In Boatman N. Field margins: Integrating agriculture and conservation. *Br. Crop Prot. Council, Monogr.* 58, p. 197–202.
- Durand JH. (1977). Les cartes des aptitudes et des vocations agronomiques des terres. *Bull. Rech. Agron. Gembloux* **12** (1–2), p. 3–36.
- FAO (1976). A framework for land evaluation. *Soils Bull.*, **32**.
- Hanotiaux G. (1992). *Légende de la carte des sols de Belgique*. Fac. Sci. agron., Gembloux, Belgique, 21 p.
- Helenius J. (1994). Adoption of conservation headlands to Finnish farming. In Boatman N. Field Margins: Integrating Agriculture and Conservation. *Br. Crop Prot. Council, Monogr.* 58, p. 197–202.
- Hennebert PA., Tessens E., Tourenne D., Delvaux B. (1996). Validation of a FAO land evaluation method by comparison of observed and predicted yields of five food crops in Burundi. *Soil Use Manage.* **12**, p. 134–142.
- Jamagne M., King D., Daroussin J., Bas C. (1993). Evolution and state of progress of European programmes on knowledge and management of soils. *Bull. Rech. Agron. Gembloux* **28**, (2–3), p. 135–163.
- Joerin F. (1998). Méthode d'aide à la décision pour l'aménagement du territoire par l'utilisation de SIG. Thèse de Doct. sci. agron., EPFL, Lausanne, 220 p.

- Mabbutt JA. (1968). Review of concepts of land classification. In Stewart GA. *Land evaluation*. CSIRO Symposium, Macmillan of Australia, p. 11–28.
- Mokadem A. (1995). *Un système d'information géographique pour les missions de l'OWDR ; application au classement des terres*. Ministère de la Région wallonne, OWDR, Namur (Belgique), 203 p.
- Morelle D., Neven C., Debouche C. (1997). *Étude méthodologique relative à l'identification des conséquences de la révision des plans de secteur sur la viabilité de certaines exploitations agricoles*. Rapport final de convention. Ministère de la Région wallonne – FUSAGx, Gembloux, Belgique, 39 p.
- Moritz H. (1995). Kosten sparen durch größere Flächeneinheiten. *Top Agrar*, 12/95, p. 60–61.
- Moxey A., McClean C., Allanson P. (1995). Transforming the spatial basis of agricultural census cover data. *Soil Use Manage.* **11**, p. 21–25.
- OCDE (1995). *Données sur l'environnement : Compendium 1995*. Paris : OCDE, 305 p.
- Rossiter DG. (1995). Economic land evaluation: why and how. *Soil Use Manage.* **11**, p. 132–140.
- Stewart GA. (1968). Land evaluation. In Stewart GA. *Land evaluation*. CSIRO Symposium, Macmillan of Australia, p. 1–10.

(21 réf.)