

# Croisement de données multi-sources pour la détermination de l'aptitude des terres

S. FLASSE (1)  
V. FELTEN (2)  
R. FRANKART (3)

## RÉSUMÉ

Cette communication met en évidence l'intérêt qu'offrent les données de télédétection (photographies aériennes, modèle numérique de terrain...), les systèmes d'analyse d'image (SAI) et les systèmes d'information géographique (SIG) pour l'établissement d'une carte pédologique de reconnaissance ("modèle pédologique") et d'aptitude actuelle des terres ("modèle agronomique").

Les documents thématiques obtenus au départ du modèle numérique de terrain (intensité des pentes, exposition des pentes, altitude...) et de la carte pédologique numérisée (drainage, texture...) sont combinés avec les critères d'un type d'utilisation précis (par exemple culture), la combinaison de ces documents fournit une carte d'aptitude actuelle des terres.

Cette carte d'obtention rapide, et dont la qualité et la précision dépendent principalement de celles des documents de départ, est adaptable facilement en fonction des niveaux d'aménagement choisis.

Il en ressort qu'actuellement, un important travail de terrain reste indispensable ; cependant, les outils et méthodes utilisés offrent beaucoup de possibilités et un avenir prometteur dépendant principalement de l'identification des lois de distribution des sols.

**MOTS-CLÉS** : aptitude des terres - aménagement du territoire - modèle numérique de terrain - carte pédologique - photographie aérienne.

## REMOTE SENSING AND CURRENT LAND APTITUDE

*The objective of the current paper is to show the possibilities given by remote sensing (aerial photos, digital terrain model...) and IAS for mapping soil and current soil aptitudes. The methodologies are presented in figures 1, 3 and 4.*

*Thematic documents are obtained through IAS, using a digital terrain model (given slopes maps) and a digitalized soil map (given texture, drainage... maps) (example in figure 2).*

*The aptitude map (fig. 5) is established by the combination of these thematic maps and the criteria for land management (constraints chosen in a trial example are in table 1). Current land aptitude maps provide a precise and flexible information system that can be easily adapted to chosen subjects.*

*At the present time, considerable field work is still required. Nevertheless, the means and methodology used bring out interesting possibilities and prospects for the future.*

**KEY-WORDS** : land aptitude - land management - digital terrain model - soil map - aerial photography.

(1) Université Catholique de Louvain, Unité des Sciences du Sol, place Croix-du-Sud, 2 - 1348 Louvain-la-Neuve (Belgique).

Adresse actuelle : Centre Commun de Recherche, I.A.T.D., TP 440, 21020 Ispra (Va), Italie.

(2) Walphot Télédétection S.A., rue Van-Opéré 97 - 5100 Jambes (Belgique).

(3) Université Catholique de Louvain, Unité des Sciences du Sol, place Croix-du-Sud, 2 - 1348 Louvain-la-Neuve (Belgique).

## INTRODUCTION

La planification agronomique, l'aménagement du territoire ou encore le remembrement des terres dépendent dans une large mesure de l'aptitude des terres.

Les sols, leur cartographie et leur classification jouent un rôle déterminant dans l'élaboration des classifications des terres en vue de leur aménagement.

De nombreux facteurs influencent la productivité et la potentialité des terres. Outre les itinéraires techniques, il s'agit principalement des caractéristiques et des qualités intrinsèques de la couverture pédologique, des conditions associées aux faits physiographiques (pentes), hydrologiques (drainage) et climatiques (FAO, 1976).

L'intérêt offert par la télédétection et l'informatique dans le domaine pédologique a déjà été souligné entre autres par GIRARD et GIRARD (1975), GIRARD (1986), SHARMA et BHARGAVA (1988), GIRARD *et al.* (1989). Notre étude vise plus particulièrement à mettre en évidence les possibilités offertes par la combinaison de documents thématiques issus du modèle numérique de terrain (MNT) et de la carte pédologique numérisée, pour l'obtention de cartes générales d'aptitude actuelle des terres. Par aptitude actuelle des terres, on entend l'aptitude ou la productivité que l'on attribue à une terre dans les conditions du moment de l'évaluation, et ce, pour un type d'utilisation et un niveau d'aménagement bien définis (agricole, pastoral, forestier...).

L'établissement de l'aptitude actuelle des terres nécessite la connaissance du milieu et notamment la répartition spatiale des caractéristiques et qualités des terres (paramètres livrés par les cartes pédologiques et leurs notices explicatives : texture, profondeur de sol meuble, drainage...), de la morphologie générale du paysage (intensité et exposition des pentes, altitude), de l'occupation actuelle des terres, accessoirement de l'existence et de la densité du réseau routier, sans omettre les paramètres associés aux conditions climatiques et aux types d'utilisation (FRANKART, 1985).

L'originalité de ce travail réside dans la déduction de ces éléments à partir des documents aisément disponibles (MNT et données de télédétection) intégrés dans un Système d'Analyse d'Image, SAI (Image Analysis System, IAS), défini par GOODENOUGH (1988) comme un système informatique permettant d'extraire les informations contenues dans les images de télédétection. Ces informations extraites sont combinées et analysées selon les principes des Systèmes d'Information Géographique (SIG, système de base de données pour la manipulation de données thématiques et spatiales numériques, GOODENOUGH, 1988 ; PEUQUET, 1988).

L'étude a été menée dans la région de Chimay (région naturelle du sud de la Belgique), aux caractéristiques pédologiques, écogéomorphologiques et aux types d'utilisation du sol variés.

Dans ce travail, l'obtention de l'information est tout d'abord développée. Ensuite, le "Modèle Pédologique" décrit l'obtention d'une carte pédologique de reconnaissance par SAI (Système d'Analyse d'Image), au départ de données acquises par télédétection, tandis que l'évaluation de l'aptitude actuelle des terres est présentée dans le "Modèle Agronomique". Enfin, les résultats sont discutés dans la troisième partie de ce travail.

## I. EXTRACTION DE L'INFORMATION

L'extraction de l'information par le SAI se concrétise par l'établissement de cartes thématiques diverses dont l'obtention est résumée ci-après (Fig. 1). Le traitement informatique se fait sur station de traitement I<sup>2</sup>S (INTERNATIONAL IMAGING SYSTEMS, 1983) pilotée par un DEC Micro Vax 2.

### A) A PARTIR DU COUPLE DE PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

Du couple de photographies aériennes, on élabore les documents suivants :

#### 1. Le modèle numérique de terrain

Le MNT synthétise l'information altimétrique du terrain. Obtenu par restitution photogrammétrique, il se compose d'un semis systématique de points pour lesquels l'altitude exacte a été levée ou interpolée.

Il s'agit d'un fichier regroupant plusieurs profils altimétriques et reconstituant le relief de la zone utile de couples stéréoscopiques. Il se caractérise par une maille définie par la distance entre profils et entre points levés dans un profil (FRIEDMAN, 1980).

Ce fichier est ensuite importé dans le SAI où chaque valeur sera réduite à 256 niveaux utiles, proportionnels à l'altitude. Généralement, la résolution spatiale des pixels est confondue avec la maille du MNT initial.

#### 2. L'orthophotoplan

L'orthophotoplan est un cliché photographique ayant les propriétés d'une projection cylindrique (ou orthographique). Il est dérivé d'un document issu d'une gerbe perspective conventionnelle (conique) rectifié différentiellement de façon telle que les déplacements causés par la non-verticalité de la prise de vue et le relief du terrain sont éliminés (WOLF, 1980).

Pour être utilisable sur SAI, ce document peut être obtenu par orthophotoprojection suivie d'une numérisation ou suivant une filière entièrement numérique après digitalisation des clichés originaux.

#### 3. La carte d'analyse de la morphologie des paysages

La carte d'analyse de la morphologie est obtenue par un examen stéréoscopique détaillé des stéréogrammes. Cette carte est ensuite numérisée.

### B) A PARTIR DU MODÈLE NUMÉRIQUE DE TERRAIN

Du modèle numérique de terrain, on dérive les cartes thématiques suivantes :

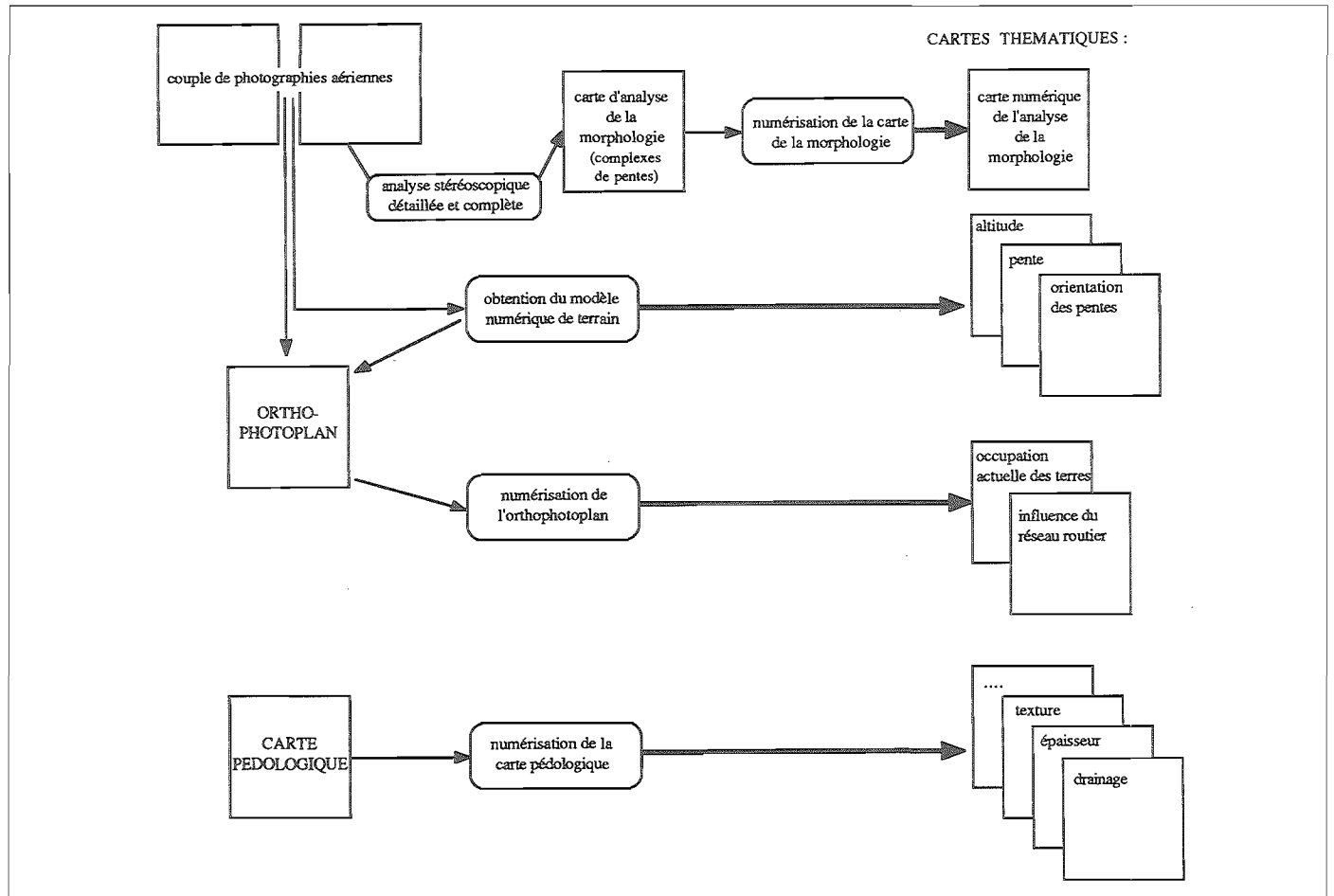
#### 1. La carte de classes d'altitude synthétique

Chaque pixel du MNT représentant une altitude, leur regroupement par classes de plusieurs niveaux livre une carte qui synthétise les grandes classes d'altitude de la zone étudiée.

#### 2. La carte d'intensité des pentes

Elle est réalisée par traitement numérique en application du principe suivant : calcul

Figure 1 : Extraction de l'information  
Source of information



du vecteur gradient local de l'image en exécutant des convolutions spatiales bidimensionnelles dans des directions variées, l'opération pouvant être répétée plusieurs fois selon des axes différents afin d'améliorer la précision de la carte. En regroupant différentes intensités de pentes, on obtient un document qui fournit une bonne estimation de leur répartition spatiale géographique et de leur intensité.

### 3. La carte d'orientation des pentes (exposition)

Elle est obtenue numériquement par diverses simulations d'ensoleillement appliquées au modèle numérique de terrain.

## C) A PARTIR DE L'ORTHOPHOTOPLAN

De l'orthophotoplan numérisé, on extrait la carte thématique suivante :

### 1. La carte d'occupation ou d'utilisation actuelle des terres

Elle est obtenue par classification automatique assistée, qui comporte notamment la discrimination des affectations générales : forêt, culture, prairie, plan d'eau, réseau routier et milieu urbain.

## D) A PARTIR DE LA CARTE PÉDOLOGIQUE

De la carte pédologique au 1/20 000, établie par le Centre de Cartographie des Sols de Belgique et publiée par l'IRSIA (Institut pour la Recherche Scientifique appliquée à l'Industrie et l'Agriculture) que l'on a numérisée, on dérive les cartes thématiques relatives, notamment :

- *aux caractéristiques et qualités des sols* : texture, drainage, développement du profil, nature du substrat et nature et densité de la charge caillouteuse, épaisseur du sol meuble, évolution de la teneur en argile avec la profondeur...

- *à toute information d'importance pédo-agronomique* (phase, roche-mère...) répertoriée séparément sur la carte pédologique.

On dispose de la sorte d'une carte thématique pour chacun des paramètres pris en considération (exemple de carte thématique couleur pour le drainage à la figure 2).

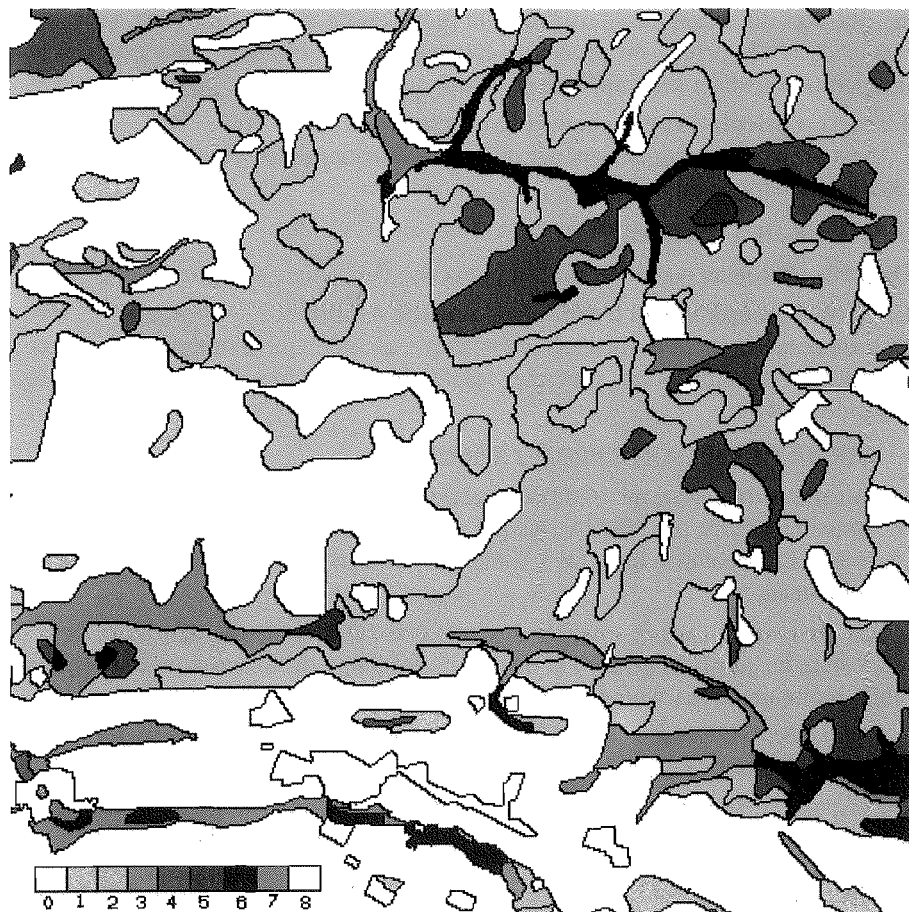
L'obtention de ces cartes thématiques est rapide (de l'ordre de la minute, une fois que l'information est introduite dans le SAI) et fournit une base de données facilement adaptable aux besoins (tous les critères peuvent être utilisés individuellement ou combinés entre eux) et très utile aussi bien numériquement que visuellement. Les informations pédologiques représentent, sous cette forme, un outil fort utile pour la gestion des ressources naturelles par SIG (McGARY et HADDAD, 1990 ; TOMLINSON, 1987).

Il est à noter que le facteur limitant de la précision des cartes thématiques est la résolution spatiale de départ des documents utilisés.

## II. MÉTHODE

La méthodologie de notre approche est définie dans un "Modèle Agronomique" qui implique l'établissement de cartes thématiques d'aptitude des terres en vue d'un aménagement particulier. Ce modèle requiert notamment des données relatives aux sols. Cependant, ces dernières ne sont pas toujours disponibles. C'est pourquoi ce travail tente tout d'abord un "Modèle Pédologique" pour l'obtention d'une carte pédologique à partir d'images de télédétection.

Figure 2 : Carte thématique du drainage, obtenue au départ de la carte pédologique numérisée.  
*Drainage thematic map, obtained from the digitalized soil map.*



### LÉGENDE

- |    |   |  |                               |
|----|---|--|-------------------------------|
| 0. | b | bon drainage   | sols non gleyifiés            |
| 1. | c | drainage modéré  | sols faiblement gleyifiés     |
| 2. | d | drainage imparfait   | sols modérément gleyifiés     |
| 3. | D | = c + d  |                               |
| 4. | F | sols fortement à très fortement gleyifiés, avec horizon de réduction |                               |
| 5. | h | drainage assez pauvre  | sols fortement gleyifiés      |
| 6. | i | drainage pauvre  | sols très fortement gleyifiés |
| 7. |   | plan d'eau   |                               |
| 8. |   | réseau routier et zone urbaine                                       |                               |

### A) LE MODÈLE PÉDOLOGIQUE

Le Modèle Pédologique proposé est présenté à la figure 3 et s'appuie sur les principes géant les méthodes de prospection faisant appel à la photo-interprétation des levés aériens. Il se résume comme suit :

– Reconnaissance, identification et localisation des unités paysagiques (unités éco-géomorphologiques d'aspect physiographique global) par l'analyse stéréoscopique des photographies aériennes (dans notre zone d'étude, les unités paysagiques sont la Fagne et la Calestienne).

– Choix "d'aires pilotes" au sein de ces entités. Les "aires pilotes" servent de support pour l'établissement des relations entre les types de sol et les autres éléments du milieu synthétisés dans les unités d'analyse. Ces relations permettront, ultérieurement, par extrapolation (élément d'analyse-sol) d'établir une carte pédologique de l'ensemble de la zone. Par "élément d'analyse-sol", on entend les relations mises en évidence, lors des enquêtes de terrain, entre les éléments individuels associés à la morphologie du paysage (formes de relief, complexes de pentes...), à l'utilisation des terres..., révélés lors de l'analyse stéréoscopique de la couverture aérienne et de certaines caractéristiques ou qualités des sols (épaisseur du sol meuble, hydromorphie, propriétés chimiques...).

– Enquête pédologique "traditionnelle" des "aires pilotes" afin d'établir une carte pédologique de base et de préciser les éléments d'analyse-sol.

– Digitalisation (limites et contenus) de la carte pédologique des "aires pilotes" et de la carte de la morphologie de la zone.

– Etablissement des dépendances par l'analyse des tableaux de concomitances (FLASSE, 1987) entre les caractéristiques du sol et du milieu (forme de relief, occupation actuelle des terres, altitude, pente, orientation des pentes).

– Vérification ponctuelle sur le terrain des dépendances établies au sein des "aires pilotes".

– Sur ces bases, établissement de la carte pédologique de reconnaissance, par extrapolation des dépendances, sur l'ensemble de la zone.

## B) LE MODÈLE AGRONOMIQUE

Le Modèle Agronomique proposé est présenté à la figure 4.

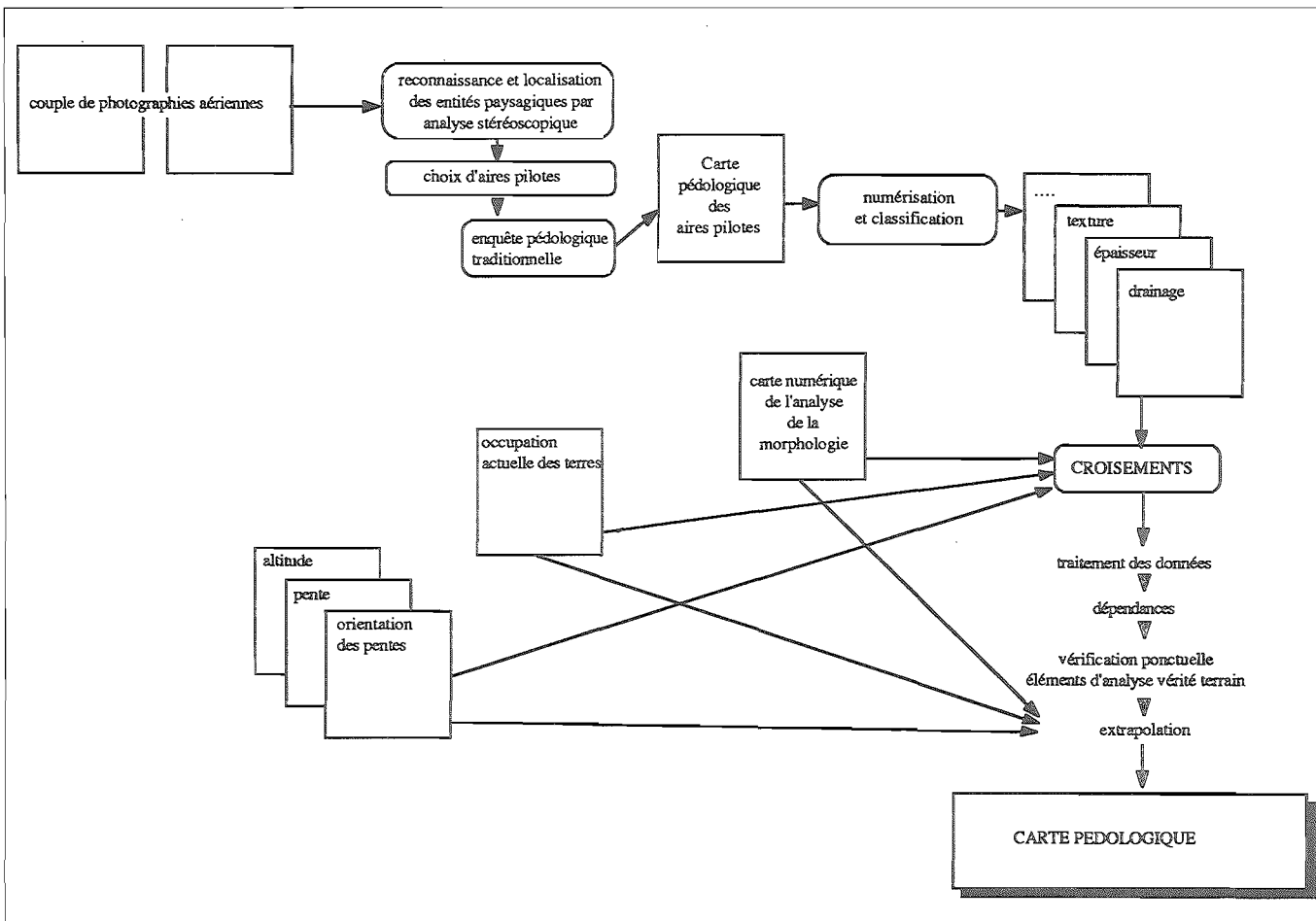
Le principe général de ce modèle réside dans l'obtention et la combinaison de documents thématiques numériques dont les thèmes sont susceptibles de fournir un élément d'information déterminant pour l'évaluation de l'aptitude actuelle des terres. Les cartes thématiques sont générées au départ de documents de base tels que la photographie aérienne, le MNT (cf. "extraction de l'information") et la carte pédologique (cf. "le Modèle Pédologique"). Si la carte pédologique existe, elle sera numérisée pour en extraire individuellement toutes les caractéristiques du sol. La combinaison de ces différents documents thématiques numériques permet l'établissement de cartes générales d'aptitude actuelle des terres selon des niveaux d'aménagement prédéfinis.

### 1. Combinaisons cartographiques des informations

La combinaison des données acquises est obtenue par le croisement numérique des différents documents thématiques. Elle permet l'obtention, pour chaque point de l'image, et donc pour chaque point de la carte, des informations très diverses correspondant à ce lieu.

Pour réaliser des croisements sensés, il est indispensable d'utiliser des documents comparables cartographiquement (géométrie, échelle) et parfaitement superposables

Figure 3 : Modèle Pédologique.  
Soil mapping Model.

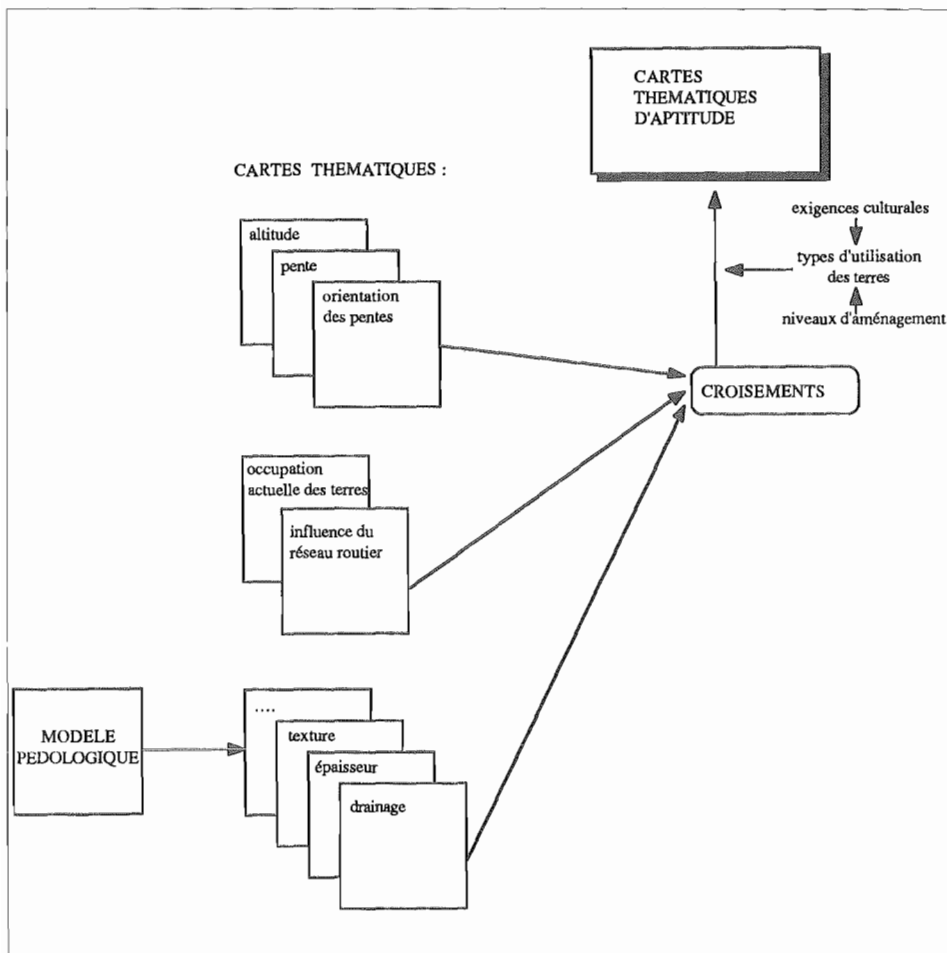




(calage au niveau du SIA), pour rendre à chaque point de chaque document son identité spatiale. C'est une opération très délicate et déterminante pour la fiabilité des résultats. Lorsque deux images à croiser proviennent du même document original (par exemple : la carte d'altitude et la carte des pentes dérivent toutes deux du MNT), la superposition est immédiate. Lorsque les documents sont d'origines différentes (par exemple : la carte pédologique et le MNT), le calage s'effectue par une déformation de l'image-test sur le modèle de l'image-référence. Un semis de points est levé sur l'image-référence et leurs homologues sont identifiés sur l'image-test. Le déplacement moyen de ces points en fonction de leur position sur l'image fournit un modèle mathématique du déplacement (régression curvilinéaire) qui est ensuite appliqué à l'image-test, pixel par pixel. Le résultat de cette opération fournit en principe une image géométriquement conforme à la référence.

Figure 4 : Modèle Agronomique.

*Agronomical Model.*



## 2. Etablissement de la carte générale d'aptitude actuelle des terres

La difficulté de réaliser une telle carte réside dans la détermination des exigences des différents types d'utilisation des terres envisagés.

Notre tentative est assez élémentaire. Elle s'appuie sur l'évaluation de certaines intensités de limitations induites par les caractéristiques et les qualités des terres, eu égard aux exigences des types d'utilisation et des niveaux d'aménagement pris en considération, tel que proposé par TRICOT (1986).

Pour illustrer notre approche, trois facteurs pédo-agronomiques ont principalement été retenus : la pente, le drainage et l'épaisseur du sol meuble. L'influence de la texture n'a pas été retenue dans l'évaluation, car, homogène dans la zone étudiée, elle ne constitue pas un facteur limitant. La richesse chimique des sols n'a pas été prise, c'est une caractéristique non permanente liée aux biochronoséquences (GOOVAERTS *et al.*, 1990) et dont l'inventaire n'a pu être réalisé ; la carte pédologique disponible est également muette dans ce domaine. On admet en outre que les conditions climatiques locales n'engendrent pas de limitations.

Tableau I : Intensité des contraintes (TRICOT, 1986) et évaluation d'aptitude (FAO, 1976).

*Constraints intensity (TRICOT, 1986) and aptitude evaluation (FAO, 1976).*

AFFECTATIONS CHOISIES	FACTEURS LIMITANTS	CLASSES D'APTITUDES*		
		Inapte	Modérément apte	Apte
Forêt feuillue	pente %	–	–	–
	drainage	F, I, i	d, h	b, c, D
	épaisseur du sol meuble (cm)	<40	40-80	>80
Culture annuelle	pente %	>13	6-13	0-6
	drainage	F, h, i, I	d, D	b, c
	épaisseur du sol meuble (cm)	<20	20-80	>80
Prairie permanente	pente %	>25	18-25	<18
	drainage	F, h, i, I	–	b, c, d, D
	épaisseur du sol meuble (cm)	<20	20-40	>20

\* Les symboles pédologiques sont tirés de RÉMY J., 1980 et 1981 :

Symbole	Signification	Présence de rouille-gley
b	bon drainage, sols non gleyifiés	>125 cm
c	drainage modéré, sols faiblement gleyifiés	80-125 cm
d	drainage imparfait, sols modérément gleyifiés	50-80 cm
D	D = c + d	30-50 cm
F	fortement à très fortement gleyifiés, avec horizon de réduction	0-30 cm
h	drainage assez pauvre, sols fortement gleyifiés	50-125 cm
i	drainage pauvre, sols très fortement gleyifiés	<50 cm
I	I = h + i	<50 cm

Pour chacune des trois affectations générales (forêts feuillues, cultures annuelles et prairies permanentes), trois classes d'aptitudes sont proposées (voir tableau I) :

- La première correspond aux zones inaptes, caractérisées par plus d'une limitation sévère ou très sévère.
- La seconde groupe les zones considérées comme modérément aptes, où l'on identifie une limitation modérée.
- La troisième associe les sites présentant des limitations faibles à nulles, où l'aptitude est jugée très bonne à optimale.

Ces critères définis, associés aux documents numériques établis précédemment, permettent, par le croisement des couvertures cartographiques, d'établir une carte d'aptitude actuelle des terres pour un type d'aménagement choisi. Trois exemples sont présentés à la figure 5.

### III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### A) LE MODÈLE PÉDOLOGIQUE

L'établissement de cartes pédologiques de reconnaissance ou semi-détaillées requiert, traditionnellement, beaucoup de travail de terrain et de temps. Il est basé, dans les méthodes faisant appel à la télédétection, sur l'étude "d'aires pilotes" représentatives des grandes entités morphologiques et sur la détermination des unités pédologiques, de leurs limites de variation et de leurs lois de distribution dans les entités géomorphologiques. Il s'appuie sur l'identification des relations élément d'analyse-sols (contrôle de terrain).

L'analyse des photographies aériennes et du modèle numérique de terrain par SIA accélère l'identification de lois de dépendances.

L'établissement d'une carte pédologique requiert notamment les informations suivantes :

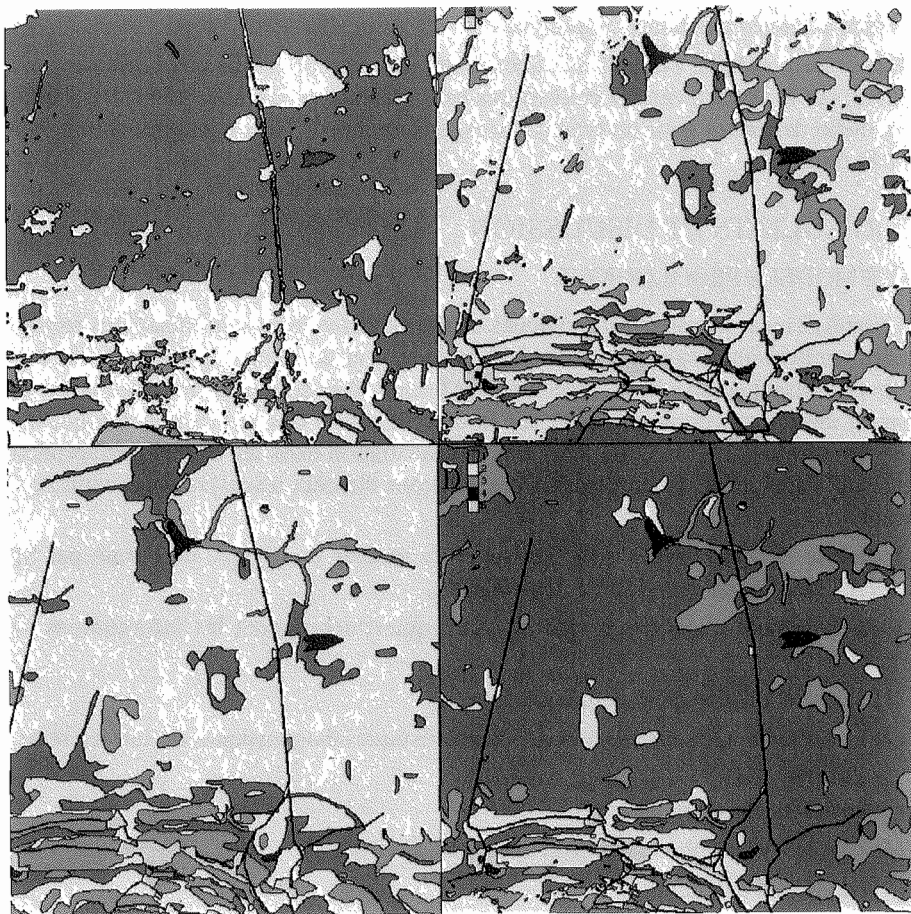
- (1) nature et origine du matériau originel ;
- (2) identification des horizons et des caractéristiques diagnostiques de surface et de profondeur ;
- (3) épaisseur du sol meuble ;
- (4) texture ( y compris la nature et la densité de charge) ;
- (5) conditions de drainage ;
- (6) propriétés chimiques du sol (pH, degré de saturation...) ;
- (7) pente, etc.

Par le croisement des différents paramètres au sein des tableaux de concomitances, il est possible de dégager certaines lois de dépendances dans chacune des unités paysagiques reconnues. Par exemple, pour la Caléstienne, les facteurs (3) et (5) sont liés à l'intensité de la pente et aux formes du relief. En effet, plus de 80% des sols se trouvant sur une pente supérieure à 13% sont bien drainés (sols non gleyifiés) ; 74% des sols se trouvant sur une pente inférieure à 6% ont une épaisseur de sol meuble supérieure à 40 cm.

Le facteur (6) est dérivé principalement de la succession dans le temps des différentes affectations du sol (GOOVAERTS *et al.*, 1990).

Figure 5 : Exemple de trois cartes d'aptitude actuelle des terres (forêt, prairie, culture) et carte d'occupation actuelle des terres.

*Example of three current aptitude maps (forest, grass-land, cultivation) and current land use map.*



**LEGENDE**

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| A. Occupation actuelle des terres | 1. forêt - 2. prairie - 3. culture - 4. eau<br>5. réseau routier et zone urbaine |
| B. Aptitude pour la FORET         | 1. zone à aptitude OPTIMALE  |
| C. Aptitude pour la CULTURE       | 2. zone à aptitude MODÉRÉE   |
| D. Aptitude pour la PRAIRIE       | 3. zone INAPTE   |
|                                   | 4. eau   |
|                                   | 5. réseau routier et zone urbaine  |

Si les relations liées aux facteurs (3), (5) et (6) se confirment, il reste à rechercher celles liées aux facteurs (1), (2) et (4) pour lesquelles, actuellement, l'établissement d'une étude pédologique de terrain reste indispensable dans les conditions régionales (solifluxion).

Dans la mesure où le modèle numérique de terrain ne livre pas une image correcte des formes de reliefs (bien que des études tentent d'y arriver, JENSON et DOMINGUE, 1988) et qu'il n'y a pas de relation étroite entre la nature lithologique du support et celle du matériau parental livré aux caprices de la solifluxion, une étude pédologique détaillée reste indispensable pour définir les lois de répartition des sols.

## B) LE MODÈLE AGRONOMIQUE

La représentation de l'aptitude actuelle des terres, obtenue à partir du croisement cartographique des différents thèmes selon les critères retenus (tableau I), résulte d'une évaluation des contraintes partielles pour chaque affectation, compte tenu des éléments disponibles.

La comparaison avec l'occupation actuelle des sols (Fig. 5) montre des discordances ; par exemple, la présence de prairies sur des zones où notre estimation les en avaient exclues (une visite de terrain a montré que ce site avait récemment été livré à des travaux de drainage).

Dans le cas étudié, les classes proposées s'écartent quelque peu de la réalité dans la mesure où le nombre de facteurs contraignants pris en considération est limité. Il faut rappeler qu'il s'agit d'une esquisse d'évaluation de l'aptitude actuelle des terres n'offrant qu'un caractère d'exemple, se basant principalement sur les "critères permanents" du milieu, plus faciles à appréhender que les "variables conjoncturelles" (climat, fertilité...) évolutives au cours du temps.

L'évaluation de l'aptitude actuelle des terres pour chaque niveau d'aménagement peut être affinée par l'intégration dans le modèle de paramètres plus représentatifs de leurs exigences propres. En effet, toutes les informations numérisées permettent d'améliorer l'établissement de cartes d'aptitude, selon le thème choisi.

Les évaluations peuvent être qualitatives, quantitatives, actuelles. De nombreux types d'aménagement peuvent être abordés :

- agricole, pastoral, sylvicole, agro-pastoral, etc., avec des niveaux d'aménagement variés ;
- approche économique (réseau routier, rendement, drainage, fertilisation...) ;
- aménagement du territoire (remembrement, évaluation paysagère, étude d'impact...).

Ces faits soulignent l'intérêt et les potentialités du SIA et du SIG.

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ce travail tend à cerner les possibilités d'établissement de documents tels que la carte pédologique et l'aptitude actuelle des terres, à partir des photographies aériennes et du modèle numérique de terrain.

Le SIA est un outil convivial pour l'établissement de cartes thématiques.

En exploitant le modèle numérique de terrain, le SIA nous livre un grand nombre d'informations d'ordre qualitatif et quantitatif, relatives à l'intensité et l'orientation des pentes, à la topographie, à l'altitude. Il reste toutefois muet, actuellement, quant à l'identification des complexes de pentes, éléments déterminants, dans le secteur étudié, pour l'épaisseur des couches de terre meuble. Des améliorations doivent être recherchées dans ce sens. Le SIA apporte cependant une contribution appréciable à la détermination de dépendances liées à la pente, au drainage et à la profondeur du sol.

L'établissement rapide de cartes d'aptitude actuelle des terres est aisé et fournit un document dont la précision est fonction de celle des documents de base employés. L'existence d'un document pédologique et d'un levé aérien sont indispensables pour permettre la généralisation des résultats acquis.

Quant aux relations "éléments du milieu - sols", indispensables à l'établissement d'une carte pédologique, l'étude "d'aires pilotes" reste nécessaire pour toute généralisation (relations éléments d'analyse - contrôle terrain).

Un affinement est cependant à réaliser, notamment en ce qui concerne la détermination de divers types de complexes de pentes (forme et inclinaisons des versants), ce qui permettrait de préciser les dépendances.

L'exploitation de nombreuses informations ne permet pas de conclure de manière définitive quant à cette application pédo-agronomique du SIA et du SIG en l'absence de tout document pédologique, mais ouvre des perspectives très intéressantes pour l'établissement de carte pédologique de reconnaissance au départ de données de télédétection, ainsi que pour la prise de décision en aménagement du territoire.

Reçu pour publication : Décembre 1989

Accepté pour publication : Décembre 1990

## BIBLIOGRAPHIE

- F.A.O., 1976. – A framework for land evaluation, *F.A.O. Soil Bulletin*, n° 32, Rome.
- FLASSE S., 1987. – *Télédétection et aménagement du territoire*, mémoire de fin d'études, U.C.L., Louvain-la-Neuve, 67 p.
- FRANKART R., 1985. – *Cours de cartographie, classification et aptitudes des sols*, U.C.L., Diffusion Universitaire Ciaco, Louvain-la-Neuve, 130 p.
- FRIEDMAN S.J., 1980. – Automation of the photogrammetric process, *Manual of Photogrammetry (4th Ed.)*, Am. sco. of Photogramm.
- GIRARD M.C., 1986. – Interprétation pédologique des photographies prises par Space-lab 1, *ITC Journal*, 1, 14-18.
- GIRARD M.C., AUROUSSEAU P., KING D., LEGROS J.P., 1989. – Apport de l'informatique à l'analyse spatiale de la couverture pédologique et à l'exploitation des cartes, *Science du Sol*, 27, 4, 335-351.
- GIRARD M.C., GIRARD C.M., 1975. – *Application de la télédétection à l'étude de la biosphère*, Masson, Paris, 208 p.

- GOODENOUGH D.G., 1988. – Thematic mapper and Spot integration with a Geographic Information System, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **54**, 2, 167-176.
- GOOVAERTS P., FRANKART R., GERARD G., 1990. – Effet de la succession de différentes affectations sur les propriétés chimiques des pédons en Fagne de Chimay (Belgique), *Pédologie*, **XL-2**, 179-194.
- JENSON S.K., DOMINGUE J.O., 1988. – Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **54**, 11, 1593-1600.
- McGARRY G.A., HADDAD K.D., 1990. – Application of GIS soil data layers in resource research and management in a florida estuarine watershed, ACSM-ASPRS, *Annual Convention 1990, Denver - Colorado - USA, technical paper*, 202-213.
- INTERNATIONAL IMAGING SYSTEM, 1983. – Model 75 image processor : product description, Milpitas, 52 p.
- PEUQUET D.J., 1988. – Issues invoved in selecting appropriate data models for global data bases, *Building data bases for global science*, Edited by Moursey, Roger Tourlinso, Taylor & Francis, London, 66-78.
- REMY J., 1980. – *Carte pédologique 190 E : planchette de Seloignes*, Centre de Cartographie des Sols de la Belgique Méridionale, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux et de l'I.R.S.I.A., I.G.N., Bruxelles.
- REMY J., 1981. – *Texte explicatif de la planchette de Seloignes 190E - 57/6*, Centre de Cartographie des Sols de la Belgique Méridionale, Bruxelles.
- SHARMA R.C., BHARGAVA G.P., 1988. – Landsat imagery for mapping saline soil and wet lands in north-west India, *Int. J. Remote Sensing*, **9**, 1, 39-44.
- TOMLINSON R.F., 1987. – Current and potential uses of geographical information systems, The North America experience, *Int. J. Geographical Information Systems*, **1**, 3, 203-218.
- TRICOT B., 1986. – *Contribution à l'étude de l'évaluation agropédologique et paysagère d'un site de Libin*, Mémoire de fin d'études, U.C.L., Louvain-la-Neuve, 156 p.
- WOLF P.R., 1980. – Definition of terms used in photogrammetry, *Manual of Photogrammetry (4th Ed.)*, Am. Sco. of Photogramm., 995-1044.

