

# **CARTOGRAPHIE DES SOLS ET COMPORTEMENTS AGRONOMIQUES COMPARAISON DE DONNEES DE CARTOGRAPHIE ET D'ENQUETES AGRONOMIQUES EN VUE DE LA THEMATISATION D'UNE CARTE DES SOLS**

**D. ARROUAYS <sup>(1)</sup>**

---

## *RESUME*

*L'objet de ce travail est l'étude des relations entre les caractères des sols relevés en cartographie (texture, hydromorphie...) et le comportement agronomique de ceux-ci (praticabilité, dégradation structurale..).*

*Le travail présenté est effectué dans le cadre de la réalisation d'une carte des sols à moyenne échelle (1/50 000). Une enquête agronomique au niveau parcellaire est réalisée, parallèlement à des observations pédologiques.*

*Le fonctionnement hydrique et le comportement structural appréciés par l'agriculteur sont soumis à l'analyse des données. Les méthodes multidimensionnelles permettent de définir des axes principaux explicitant ces fonctionnements et comportements. Sur le plan formé par ces deux axes, on projette les différents critères cartographiques.*

*Les principaux résultats illustrés conduisent à une discussion concernant les critères à prendre en compte lors d'une cartographie thématique.*

*Les regroupements des caractères observés permettent l'élaboration d'une typologie des principaux comportements agronomiques dont on étudie les relations avec les modes de découpage et de regroupement cartographiques.*

*La signification agricole actuelle de la démarche est ensuite éprouvée en confrontant des rendements moyens à la typologie résultant de ce travail.*

*L'ensemble de cette démarche permet ainsi une réflexion cartographique préalable à l'élaboration de cartes thématiques dérivées.*

## **INTRODUCTION**

L'objet de ce travail est l'étude des relations entre les caractères cartographiables des sols et leurs comportements agronomiques. Dans de nombreux cas, on cherche à établir des relations entre certains caractères du sol et un comportement, et l'on met en évidence la notion de seuil caractéristique (MONNIER G., STENGEL P., 1982). La spatialisation des connaissances pose alors des difficultés (KING D., 1986) puisque ces seuils ne sont pas nécessairement identiques à ceux utilisés en cartographie.

---

(1) INRA - Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédologique de France - Centre de Recherche d'Orléans - Ardon - 45160 Olivet.

En effet, un comportement est une réaction du sol à des événements « extérieurs » conjoncturels, d'où une plus ou moins forte contingence vis-à-vis des autres paramètres du milieu. La recherche de seuils de comportement se réalise généralement en supposant les autres caractères invariants, mais un comportement dépend de plusieurs caractères dont les variations sont parfois liées, sans être nécessairement concomitantes. Ainsi est-on amené à établir, explicitement ou non, une hiérarchie entre les caractères du sol déterminants (ou révélateurs) d'un comportement agronomique sous un climat donné (BEGON J.-C., MORI A., 1982). Dans l'optique d'une thématization agronomique, il importe donc de s'interroger sur la pertinence des critères de délimitation et de regroupement vis-à-vis des comportements reconnus comme les plus importants au niveau régional.

Dans cet esprit, nous proposons de confronter par l'analyse multidimensionnelle des données provenant d'enquêtes agronomiques à des données de cartographies détaillées. Le travail est réalisé sur la carte à 1/50 000 de Bellegarde-du-Loiret (à paraître 1987).

Une connaissance préalable du milieu permet d'effectuer un échantillonnage et d'élaborer une enquête agro-pédologique. Le recours à des techniques multidimensionnelles fournit une représentation de deux thèmes, comportement structural et fonctionnement hydrique, liés aux sols de la région. A cette représentation, nous superposons des caractères intrinsèques et extrinsèques du sol (texture, passé cultural...). Nous analysons ainsi la pertinence de la hiérarchie des critères de cartographie vis-à-vis de ces deux thèmes. Nous vérifions la signification actuelle de notre démarche en comparant nos résultats à des rendements agricoles moyens.

## I. LE MILIEU D'ETUDE

La partie agricole de la carte de Bellegarde-du-Loiret est située pour sa plus grande part dans la *petite région naturelle de l'Orléanais*. Sur cette bande longeant la forêt d'Orléans, l'histoire géologique et les remaniements récents ont induit une extrême variabilité dans la distribution des sols. Par suite de l'*hétérogénéité des dépôts* et du caractère *deltaïque* de leur sédimentation, différents types de faciès peuvent se succéder (ceci entre un pôle sableux et un pôle argileux). Les sols sont typiquement constitués d'une couche à dominante sableuse ou sablo-argileuse, reposant à faible profondeur sur un substrat argileux quasi imperméable pouvant venir en affleurement.

Le système de culture est fondé essentiellement sur les *céréales* (notamment *blé tendre*, orge d'hiver et maïs) et sur les productions fourragères (assolées ou en surfaces toujours en herbe). La plupart des parcelles sont drainées et ont une proportion céréalière importante dans la succession culturale.

Dans ce contexte, les principaux problèmes liés aux interventions culturales sont :

- le fonctionnement hydrique défavorable (excès d'eau temporaire) ;
- le comportement structural défavorable (dégradation de la surface du sol, tassement, prise en masse au dessèchement) ;
- l'hétérogénéité intraparcellaire.

L'extrême variabilité spatiale du mode de distribution et de la nature des matériaux interdit la caractérisation approfondie *in situ* de tous les cas de figure.

## II. ELABORATION ET TRAITEMENT DE L'ENQUETE AGRO-PEDOLOGIQUE

Une enquête agro-pédologique a été réalisée auprès de 30 agriculteurs. Elle porte sur le comportement agronomique de parcelles représentatives du milieu.

## A) L'échantillonnage

L'échantillon devrait en principe tenir compte :

- des systèmes de culture,
- des pratiques agricoles,
- de l'éventail des situations de terrain.

L'enquêteur est par ailleurs confronté à deux exigences contradictoires auxquelles il réagit en augmentant le nombre de situations étudiées :

- prendre en compte les situations particulières,
- ne pas leur donner un poids excessif dans l'échantillonnage.

Le choix effectué constitue bien entendu un *compromis* fonction de ces nécessités :

- 65 parcelles drainées, appartenant à 30 agriculteurs, ont été étudiées ;
- les exploitants agricoles ont subdivisé les parcelles hétérogènes en zones de comportement agronomique homogène. 134 zones ont été définies ;
- selon le niveau où l'analyse se situe, l'individu statistique est la *zone* ou la *parcelle*.

## B) La fiabilité des données

Le choix et la formulation des questions affectent la possibilité de leur traitement et de leur codage, la fiabilité des réponses et leur valeur indicatrice. Le recours à des questions de type « fermé » (\*) pour les appréciations qualitatives facilite leur codage, mais ne retire rien à la subjectivité des réponses.

Le codage des données pédologiques s'est fait en référence au système STIPA (Système de transfert de l'information pédologique et agronomique, BERTRAND R., FALIPOU P., LEGROS J.-P., 1979 ; DUVAL O., KING D., 1982), à l'exception de l'hydromorphie pour laquelle un codage particulier a été adopté.

L'établissement du questionnaire reste une phase délicate. Dans le cas présent, nous cherchons à établir une hiérarchie, une gradation, *approximative* par force, vis-à-vis des deux problèmes principaux soulevés par les agronomes régionaux (excès d'eau et comportement structural). Nous avons par conséquent besoin :

- d'un faisceau de questions qui révèlent des différences que l'on souhaite mettre en évidence (cf. tableaux I et II) ;

**Tableau I : Variables principales retenues pour l'analyse en composante principale orientée sur le fonctionnement hydrique.**

Temps de ressuyage nécessaire en sortie d'hiver pour un labour de printemps	Nombre de jours
Date moyenne du semis du maïs ou du tournesol	En nombre de jours après le 10 avril
Temps de ressuyage nécessaire pour un traitement de printemps après une forte pluie	En jours
Y a-t-il de l'eau stagnante en surface en hiver ? Temps moyen de stagnation	En jours

N.B. — Pour la sélection de ces variables, nous avons tenu compte :

- des nombres minima de non-réponse (afin d'éviter les éléments manquants) ;
- de l'homogénéité du tableau (toutes expriment une notion de durée en jour) ;
- de leur cohérence (après étude des relations entre toutes les variables prises 2 à 2) ;
- de leur signification quant au fonctionnement hydrique (par exemple, la date du premier épandage d'azote sur blé apparaissait trop dépendante des périodes de gel).

\* Question fermée : question généralement posée sous forme interrogative et qui a pour caractéristique de fixer à l'avance des réponses du type « OUI - NON » ou « évaluation sur une gamme de jugements prévus ».

Tableau II : Questions actives retenues pour l'analyse factorielle des correspondances.

QUESTIONS	MODALITES		
Le sol est-il battant ?	BAT 1	BAT 2	BAT 3
Y a-t-il formation d'une croûte épaisse en surface?	CRO 1	CRO 2	CRO 3
Y a-t-il du ruissellement en surface ?	RUI 1	RUI 2	RUI 3
Y a-t-il souvent des problèmes de levée du maïs liés à la structure de la surface du sol ?	LEV 1	LEV 2	LEV 3
Le sol est-il sensible au tassement par les roues du tracteur ?	TAS 1	TAS 2	TAS 3
Y a-t-il des phénomènes de reprise en masse de l'horizon labouré ?	MAS 1	MAS 2	MAS 3
Y a-t-il des phénomènes de durcissement et de prise en masse des mottes au dessèchement ?	DUR 1	DUR 2	DUR 3
Le sol présente-t-il des fentes de retrait en été ?	FEN 1	FEN 2	FEN 3
Y a-t-il un effet favorable du gel sur la structure en surface ?	GEL 1	GEL 2	GEL 3
Y a-t-il fragmentation des mottes par les alternances humectation-dessiccation ?	FIS 1	FIS 2	FIS 3
Y a-t-il formation d'une couche épaisse finement structurée en surface en été (mulch) ?	MUL 1	MUL 2	MUL 3
Le sol conserve-t-il toujours une granulation fine en surface ?	GRA 1	GRA 2	GRA 3

N.B. — Afin d'éviter les réponses de suggestion et de vérifier leur cohérence, les questions ne sont pas ordonnées ainsi dans le questionnaire. De plus elles sont posées plusieurs fois sous une forme différente.

- d'observations pédologiques réalisées selon un protocole identique à celui des levés de la carte ;
- d'informations qui illustrent les facteurs extrinsèques du sol pouvant avoir un effet sur les thèmes (système de culture...);
- de systèmes de recoupement et de possibilités de vérifications permettant l'élimination des incohérences les plus flagrantes.

## C) Le traitement des données

Le jugement de l'agriculteur est fortement empreint de subjectivité. Ceci se traduit par un « bruit » de très forte amplitude pour la valeur indicatrice d'une gamme de réponses à une question. Ceci rend difficile la comparaison des réponses. De plus, chaque réponse ne peut traduire que très imparfaitement la qualité du fonctionnement hydrique et du comportement structural. Nous proposons, après avoir étudié isolément puis avoir comparé deux à deux toutes les variables, d'extraire celles qui semblent les plus pertinentes vis-à-vis des problèmes évoqués plus haut (tab. I et II). En utilisant des techniques multidimensionnelles, nous pouvons « cumuler » ces informations pour en extraire l'essentiel.

Une première analyse en composantes principales (version SPAD, 1985) a été effectuée avec des variables révélatrices du fonctionnement hydrique. Quatre variables principales de type « ordinales » ont été sélectionnées : leurs modalités expriment une notion de durée (en jours), en relation plus ou moins étroite avec la qualité du fonctionnement hydrique (cf. tab. I).

Ce sont ces variables principales qui sont génératrices de la structure du nuage multidimensionnel. Ces quatre variables principales sont toutes corrélées significativement. Le premier axe représente plus de 60 % de l'inertie du nuage. Ceci traduit une relative homogénéité des données. Ce premier axe peut être interprété comme indiquant le ressuyage.

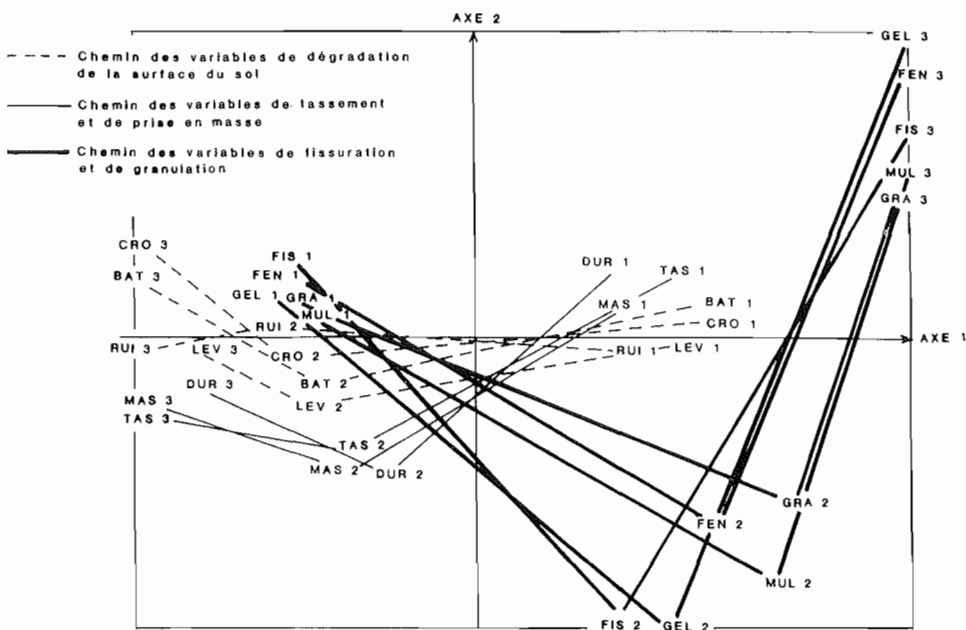
Dans une deuxième phase, une analyse factorielle des correspondances (AFC), orientée vers le comportement structural de la couche labourée, a été effectuée en sélectionnant 12 variables principales qualitatives. Elles correspondent à des questions « fermées » à trois modalités (de type : non, un peu, beaucoup) qui visent à cerner au mieux la « dégradation physique » de la surface du sol et de l'ensemble de la couche labourée, ainsi que les potentialités de régénération structurale par les manifestations climatiques (tab. II).

Les « chemins » des différentes variables (GIRARD M.-C., 1983) permettent d'interpréter le premier plan factoriel (fig. 1).

Le premier axe oppose les modalités extrêmes de dégradation structurale à celles de régénération par fissuration. Le deuxième axe est spécifique des sols à comportement « argileux » et oppose les sols argileux très fissurables aux autres. L'étude de la projection des individus (zones) montre pour les sols argileux une relation très étroite entre les positions sur le premier et le deuxième axe. Ceci nous permet pour la suite d'utiliser le premier axe comme une représentation unique du comportement structural.

Un certain nombre de techniques statistiques (réalisation de plusieurs analyses en tirant au hasard le « poids » des individus, utilisation d'indices de « cohérence » bâtis à partir de questions se recoupant) permettent de s'assurer de la stabilité des axes et de restreindre les cas trop extrêmes ou incohérents à un rôle purement illustratif.

Figure 1 : Analyse factorielle des correspondances orientée sur le comportement structural. Projection des 36 modalités actives sur le premier plan factoriel. Correspondence analysis for the structural behaviour.



N.B. — Les modalités CRO3, BAT3, RUI3, MAS3, TAS3, FIS2, GEL2, GEL3, FEN3, FIS3, ont été ramenées dans le cadre du graphique.

Ainsi, l'originalité de la méthode proposée est d'avoir recours à un faisceau d'indicateurs grossiers convergents pour juger — globalement et en valeur relative — le fonctionnement et le comportement des sols *au travers de l'appréciation de l'agriculteur*.

### III. INTERPRETATION DES RESULTATS. CONSEQUENCES CARTOGRAPHIQUES

La représentation graphique des analyses multidimensionnelles va nous permettre de *superposer à ce jugement les caractères relevés en cartographie*. Nous allons illustrer l'apport de cette démarche pour la thématisation des cartes de sols, à l'aide de quelques exemples.

#### A) Illustration de la méthode. Projection de l'ensemble des zones

La représentation que nous proposons combine les résultats des *deux analyses multidimensionnelles*. Chaque zone constitue un individu qui est projeté sur un plan généré par un axe de ressuyage (axe des abscisses : axe 1 de l'ACP orientée sur le fonctionnement hydrique, opposant les zones à ressuyage rapide et celles à ressuyage lent) et un axe de comportement structural (axe des ordonnées : axe 1 de l'AFC orientée sur le comportement structural, opposant les modalités extrêmes de régénération structurale à celles de dégradation). Nous obtenons ainsi un plan unique où chaque zone est représentée par un point de coordonnées (x, y) déterminées par les deux analyses. Chaque zone est par ailleurs caractérisée par un ensemble de données (texture, hydromorphie, profondeur d'apparition d'un matériau calcaire...) dont nous pouvons visualiser ainsi séparément la répartition dans ce plan.

Nous effectuons ainsi sur ce plan les superpositions successives des principaux caractères des sols. L'exemple de la figure 2 illustre la méthode par la projection du caractère : « texture de surface ».

Deux grands ensembles se dégagent, séparant les sols « argileux » des autres. On note le caractère de transition des argiles sableuses. L'effet « texture » sépare ces deux populations, à l'exception des sables argileux calcaires en profondeur qui sont situés dans l'ensemble des sols argileux. On note le regroupement des textures argilo-limoneuses. La quasi-totalité des argiles limoneuses sont calcaires et ont une roche-mère perméable. Ceci explique leurs positions dans ce plan.

Pour la population « non argileuse », nous remarquons une corrélation entre les positions sur l'axe de ressuyage et sur l'axe de comportement structural ( $R = 0,57$ , significatif à 1 %).

La projection des caractères de l'ensemble des zones fait apparaître plusieurs populations cartographiables plus ou moins groupées selon les deux axes choisis. Ceci permet de discuter la valeur indicatrice des données relevées vis-à-vis de ces deux thèmes, que ce soit à l'intérieur de chaque population ou pour le passage de l'une à l'autre. *Le cas de l'hydromorphie est particulièrement illustratif* (fig. 3).

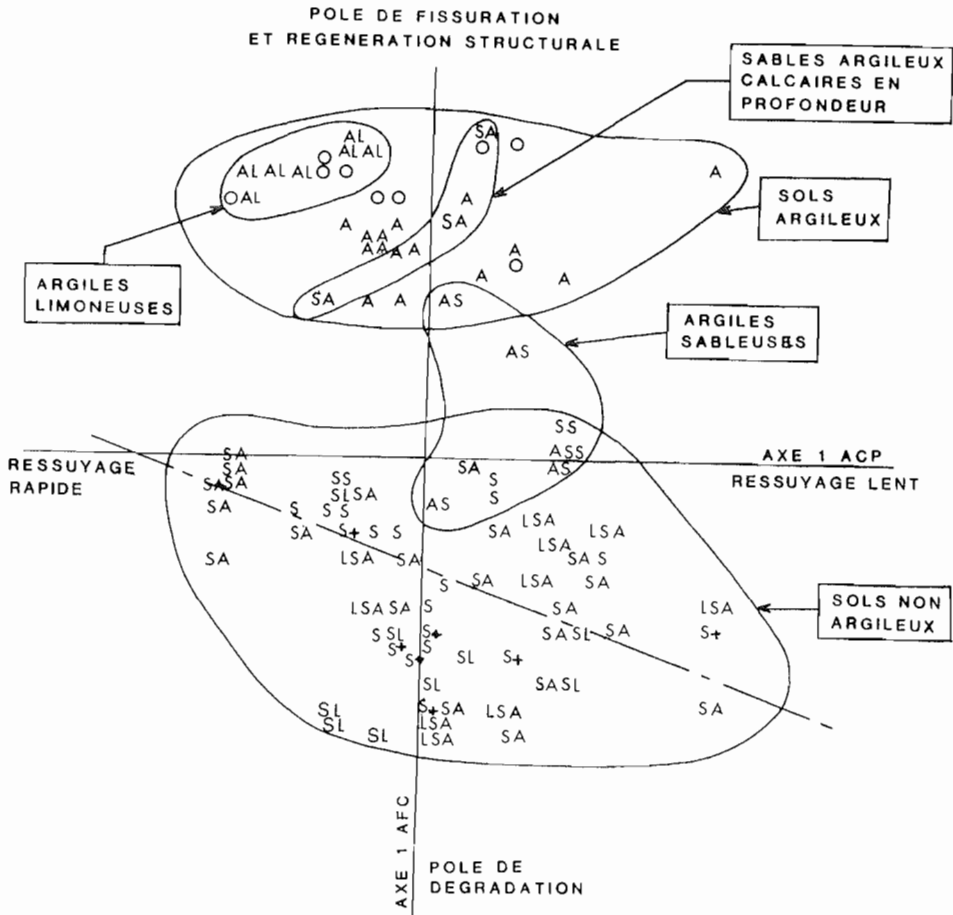
1. - Pour les sols non argileux, c'est la profondeur d'apparition des taches qui est révélatrice du comportement structural.

2. - Pour les populations argileuses, c'est l'intensité en profondeur des taches d'hydromorphie qui témoigne du comportement structural, alors que l'intensité en surface (horizon labouré) peut être reliée au fonctionnement hydrique.

Ceci nous montre bien l'apport de cette méthode par rapport à une démarche réductrice trop souvent adoptée qui consiste à prendre une note d'hydromorphie comme indicateur exclusif du fonctionnement hydrique.

Figure 2 : Projection du critère texture de surface (horizon labouré).

Projection of the texture of the tilled horizon.



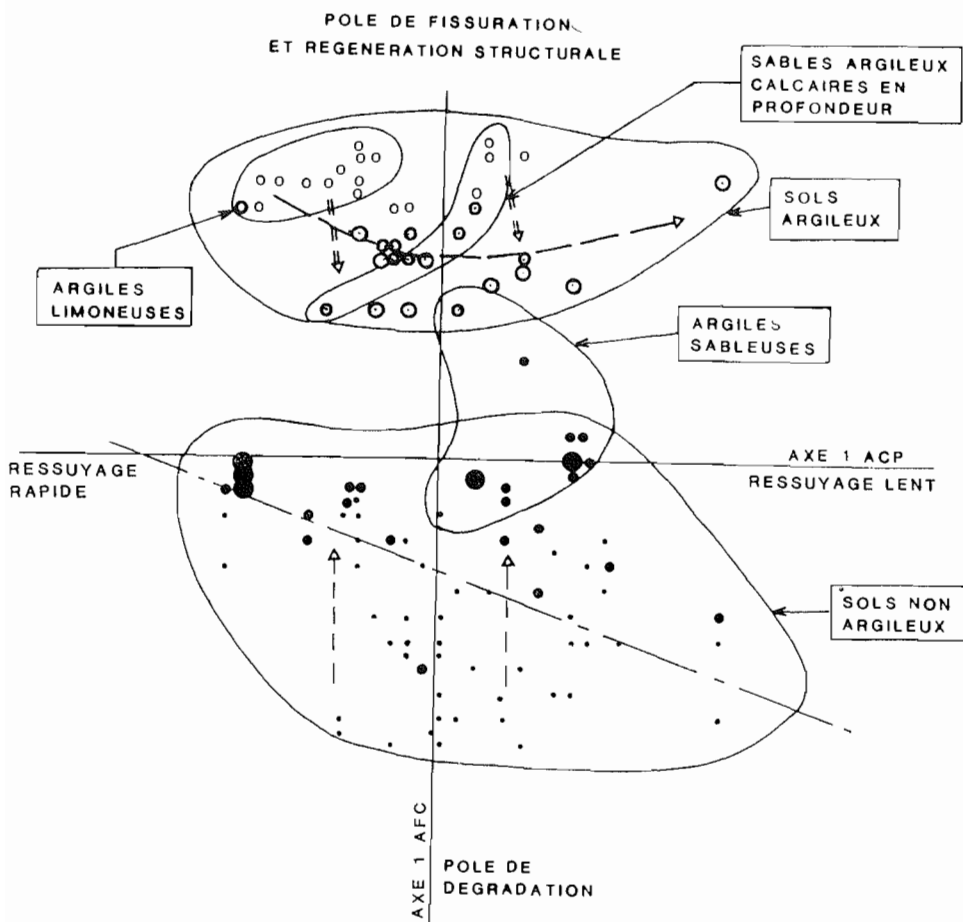
**Légende :**

TEXTURES (triangle de la carte des sols de l'Aisne) :

- S = sable
- S+ = sable très légèrement limoneux
- SL = sable limoneux
- SA = sable argileux
- LSA = limon sablo-argileux
- AS = argile sableuse
- A = argile
- AL = argile limoneuse
- O = argile lourde

Figure 3 : Variation des critères d'hydromorphie.

Variation of the hydromorphic characters.



LEGENDE

CRITERE	MODALITES	SENS DE VARIATION
Profondeur d'apparition des premières taches d'hydromorphie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dès le labour</li> <li>● avant 50 cm</li> <li>● au delà de 50 cm</li> </ul>	↓ ↓
Intensité de l'hydromorphie en profondeur	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ non taché</li> <li>⊙ oxydation</li> <li>⊙ gleyification</li> </ul>	↓ ↓ ↓
Intensité de l'hydromorphie dans l'horizon labouré	non représentées sur la figure	↓ ↓



## REMARQUE :

- L'étude porte sur des sols *drainés* dont les signes d'hydromorphie ne sont plus forcément en relation avec le comportement hydrique.
- Ces signes sont des indicateurs d'aération du sol ; leur liaison avec le comportement structural n'est donc pas surprenante, en particulier en ce qui concerne la gleyification des argiles en profondeur.

## B) Comparaison de la projection des différents critères

Les représentations obtenues en projetant les différents caractères sont comparées : on observe ainsi des relations entre ces caractères et l'une ou l'autre des deux thématiques. Ceci débouche sur une « typologie » qui permet de distinguer des *populations cartographiables* de comportements différents. Chaque population est caractérisée par sa position moyenne dans le plan, par son étalement sur les deux axes et par les caractères qui y semblent liés, que ceux-ci soient durables et aisément cartographiables ou fortement conjoncturels et générateurs d'une variabilité difficile à cartographier. Ces deux cas sont illustrés par les deux exemples suivants.

### 1. Pertinence de critères cartographiables Exemple des sables et sables limoneux

Nous avons projeté sur le plan principal d'étude toutes les zones présentant une texture sableuse ou sablo-limoneuse en surface, puis nous avons reporté après codage tous les critères de cartographie classiquement utilisés. La figure 4 en présente quatre, particulièrement illustratifs.

#### CONSEQUENCES CARTOGRAPHIQUES

Une relative *coïncidence* des critères permet de dégager grossièrement *trois ensembles cartographiables* ; cette coïncidence est d'ailleurs bien établie géographiquement dans le paysage. Il y a donc conjointement, dans ce cas, *faisabilité* d'une cartographie fondée sur des critères relativement pérennes et *pertinence* de cette cartographie vis-à-vis de ces deux thèmes principaux. Les populations sableuses et sablo-limoneuses se répartissent dans le plan principal *en relation* avec un certain nombre de critères cartographiables. C'est essentiellement le comportement structural qui est lié à la texture, à l'hydromorphie de surface et à l'existence probable d'un remaniement, on enregistre par contre une grande variabilité du comportement hydrique qui n'apparaît liée qu'à la profondeur de la première discontinuité texturale.

Le cas suivant illustre une variabilité plus difficile à appréhender.

### 2. Prise en compte de facteurs extrinsèques du sol Exemple des sables argileux

Des récoltes en conditions hydriques difficiles sont parfois la cause d'un mauvais fonctionnement du réseau de drainage et d'un tassement excessif pouvant conduire à une dégradation structurale difficilement réversible. La question que peut se poser le cartographe est alors double :

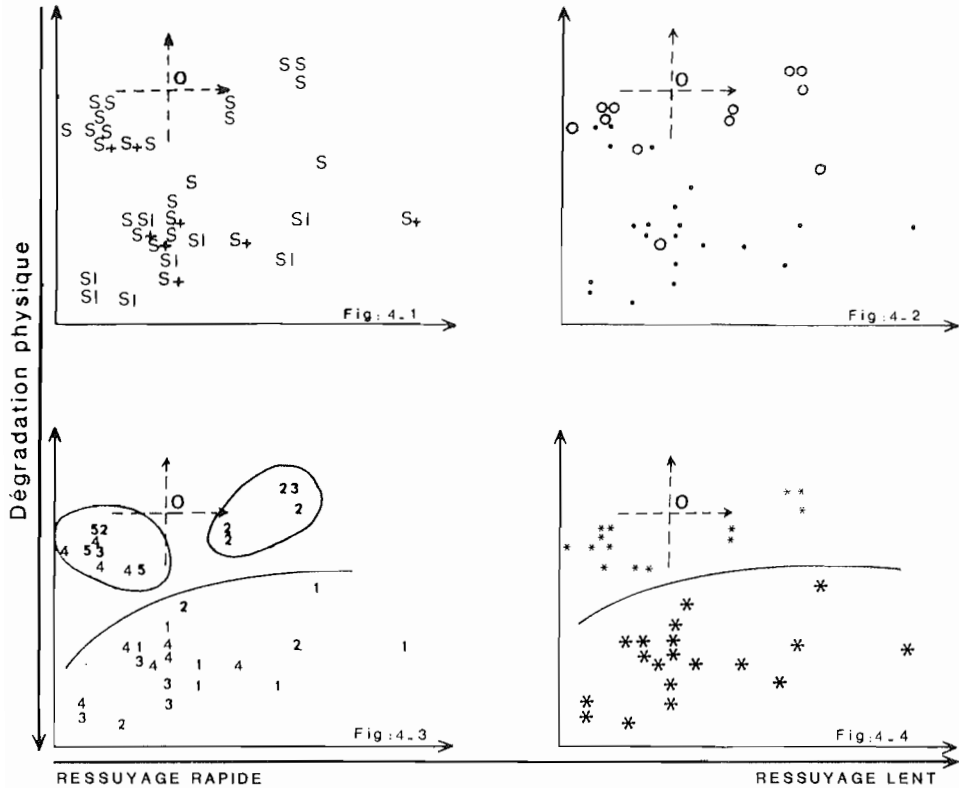
Quelle est la part culturale dans ces phénomènes de dégradation ?

Quelles sont les unités qui présentent une forte sensibilité ou une faible potentialité de régénération de la structure ?

L'influence des tassements occasionnés par les récoltes de maïs est très nette pour les sols sablo-argileux dès la surface, appelés localement « chainasses ». Ceci est illustré par la protection des zones de chainasses sur l'axe de ressuyage et l'axe de comportement structural (fig. 5).

Figure 4 : Comparaison des projections de quatre critères de cartographie pour les sables et sables limoneux.

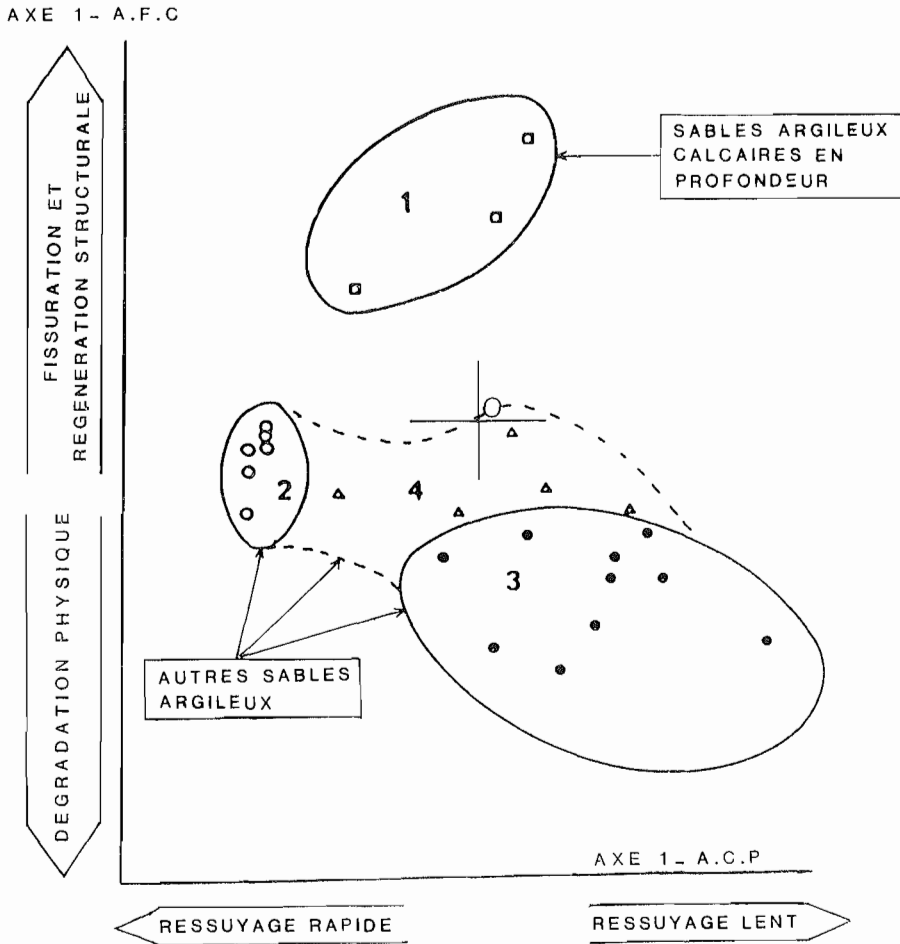
Comparizon for four soil mapping characters for sand and loamy sand.



LEGENDE L'origine a été déplacée. Son emplacement réel est figuré par le point 0

CRITERES RELEVABLES A TOUTES LES ECHELLES DE TRAVAIL	TEXTURE DE SURFACE Fig:4.1	S = SABLE S+ = SABLE TRES LEGEREMENT LIMONEUX SI = SABLE LIMONEUX	}
	PROFONDEUR DE LA lère DISCONTINUITE TEXTURALE Fig:4.3	1 ≤ 30 cm 30 < 2 ≤ 45 cm 45 < 3 ≤ 80 cm 80 < 4 ≤ 120 cm 5 > 120 cm	
CRITERE DE SYNTHESE A 1/50.000	EXISTENCE PROBABLE D'UN REMANIEMENT QUATERNAIRE EN SURFACE Fig:4.4	* = OUI * = NON	}

Figure 5 : Projection des sables argileux.  
 Projection of the clay sand soils.



LEGENDE

Le point central de coordonnées (0,0) est le point 0.

- |   |   |                        |   |  |       |   |
|---|---|------------------------|---|--|-------|---|
| { | Sables argileux calcaires en profondeur | _____                  | 1 |  |       |   |
|   | {                                       | Autres sables argileux | { | Sans maïs dans la succession culturale                           | _____ | 2 |
|   |   |                        |   | Ayant porté du maïs et subi des récoltes en mauvaises conditions | _____ | 3 |
|   |   |                        |   | Ayant porté du maïs sans problèmes de récolte                    | _____ | 4 |

En toute rigueur, on ne peut savoir si une récolte en conditions difficiles est une cause ou un indicateur du comportement. Cependant, plusieurs arguments militent en faveur de la causalité :

- des profilages sur tranchées réalisés après récolte montrent un tassement important de la tranchée jusqu'à 50 cm ;
- la forte sensibilité au tassement et à la prise en masse des sables argileux apparaît dans les réponses aux questions ;
- en projetant les mêmes données culturales pour les autres textures (« réputées » moins sensibles à ces problèmes), nous n'observons pas une distribution préférentielle dans le plan.

#### CONSEQUENCES CARTOGRAPHIQUES

L'ensemble des sables argileux est affecté d'une grande variabilité comportementale qui se traduit par *le grand étalement de leur position dans le plan de représentation*. Cet exemple montre bien que les comportements étudiés ne dépendent pas que de caractères stables et cartographiables, mais aussi du *système de culture* et de son effet sur l'état du profil cultural (MANICHON H., 1985). Utiliser ce critère textural pour des regroupements thématiques semble néanmoins justifié à la fois par la grande variabilité observée et par la forte sensibilité mise en évidence (« terres à risque »).

## IV. SIGNIFICATION AGRONOMIQUE DE LA METHODE

L'évaluation des aptitudes culturales d'un milieu est un problème complexe, déjà longuement traité par de nombreux auteurs (par exemple, BEGON J.-C. et al., 1978 ; HALLAIRE V., 1981 ; SEBILLOTTE M. et al., 1982).

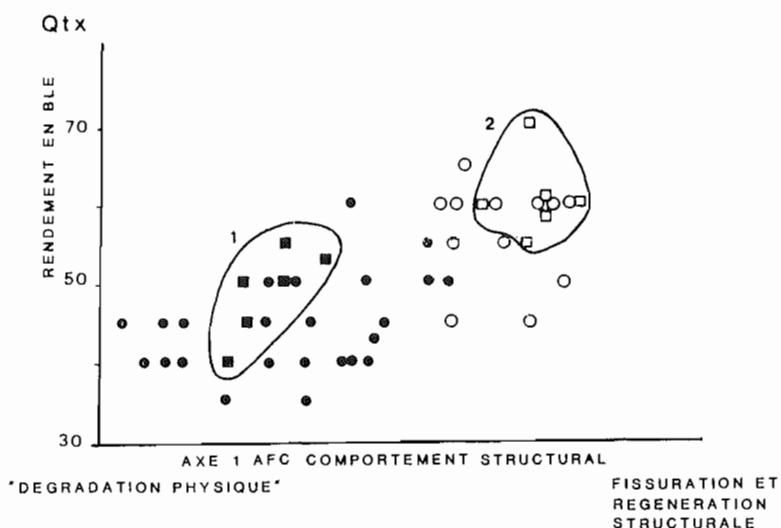
S'en tenir à l'évaluation et à l'étude de la productivité actuelle par l'étude des rendements est une démarche qui n'est pas suffisamment analytique pour caractériser les aptitudes culturales. Malgré le risque de confusion d'effets que contient une liaison directe terrain-rendement, nous pouvons cependant, dans une première approche, tenter de l'établir. Nous prenons comme rendement la valeur moyenne obtenue sur les trois dernières années. Nous pouvons tenter d'expliquer les variations parcellaires observées par une influence du milieu, en particulier selon les axes de ressuyage et de comportement structural.

La plupart des parcelles sont hétérogènes. Il est donc impossible de les caractériser par une seule position dans le plan, car l'individu statistique sur lequel nous avons travaillé est la zone intraparcellaire. Une approximation, très critiquable du point de vue des interventions culturales, consiste à établir pour chaque parcelle une moyenne pondérée par la surface des zones, de la position sur chacun des deux axes.

On observe alors une corrélation ( $r = 0,71$ , significatif à 1 %) entre l'axe de comportement structural et les rendements en blé (fig. 6). La position sur cet axe étant en fonction de la texture (fig. 2), il traduit sans doute également une part de la réserve en eau et de la « fertilité chimique » du sol.

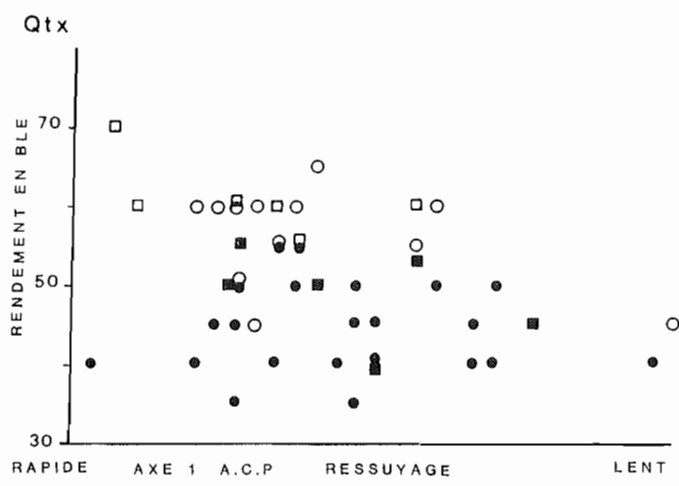
Si l'on scinde les parcelles en deux groupes, l'un constitué par les « argileuses » (plus de 50 % de la surface), l'autre par le reste des parcelles, on perçoit très nettement le caractère plus favorable des terres argileuses. L'étude des parcelles homogènes fait ressortir le rendement plus élevé des parcelles argileuses. Elle permet une meilleure séparation des deux populations (argileuses ou non), tant du point de vue des rendements que de celui du comportement structural.

Ces résultats viennent conforter ceux trouvés dans le paragraphe « Illustration de la méthode, projection de l'ensemble des zones », où l'on observait *deux populations distinctes* et témoignent de la signification agricole actuelle de notre démarche.



- Légende :**
- 1 - ■ Parcelles non argileuses « homogènes »
  - Parcelles non argileuses « hétérogènes »
  - 2 - □ Parcelles argileuses « homogènes »
  - Parcelles argileuses « hétérogènes »

**Figure 6 : Rendement moyen en blé et position des parcelles sur l'axe 1 AFC.**  
*Average wheat yields and position of the fields on the first axis (AFC).*



- Légende :**
- Parcelles non argileuses « homogènes »
  - Parcelles non argileuses « hétérogènes »
  - Parcelles argileuses « homogènes »
  - Parcelles argileuses « hétérogènes »

**Figure 7 : Rendement moyen en blé et position des parcelles sur l'axe 1 ACP.**  
*Average wheat yields and position of the fields on the first axis (ACP).*  
 Association Française pour l'Etude du Sol - www.afes.fr - 2010

L'examen de la figure 7 nous montre la relation entre la valeur moyenne sur l'axe de ressuyage et les rendements moyens en blé. Si un *ressuyage très lent* se traduit toujours par de faibles rendements, la réponse culturale possible est très étendue en cas de fonctionnement hydrique favorable.

On remarque que les parcelles argileuses ont un rendement plus élevé, à position égale sur l'axe de ressuyage.

Ceci appelle la remarque suivante : l'axe 1 ACP traduit le fonctionnement hydrique au travers d'un certain nombre de variables qui s'intéressent essentiellement à la faisabilité des opérations culturales. Ainsi, plus qu'un axe de fonctionnement hydrique réel, il s'agit d'un axe qui est relatif aux *conséquences* de ce fonctionnement hydrique sur la réalisation des itinéraires techniques. Il s'agit donc grossièrement d'un axe de praticabilité. (Il peut néanmoins traduire une influence directe de l'excès d'eau sur le fonctionnement du peuplement végétal.)

Par conséquent :

- l'état structural et ses interactions avec l'état hydrique sont déjà sans doute en partie pris en compte dans cet axe ;
- à traficabilité égale (en nombre de jours disponibles pour une période donnée, par exemple), les sols argileux se distinguent probablement des autres par la qualité de l'état structural résultant et de son évolution, une fertilité chimique meilleure, et un éventuel effet d'une différence de réserve utile.

Des résultats analogues ont été obtenus en étudiant les rendements en maïs.

## CONCLUSION

Pour interpréter des unités de sol selon différentes thématiques, nous proposons d'utiliser l'enquête agro-pédologique comme outil de réflexion. *Cette approche classique* (DEVILLERS J.-L. et FAVROT J.-C., 1976 ; BEGON et al., 1977 ; ROQUE J., HARDY R., 1981) se trouve enrichie par le recours à des méthodes d'analyses multidimensionnelles qui permettent la réduction de plusieurs indicateurs — trop imprécis pour être utilisables séparément — en un plan unique de représentation. On obtient l'expression des résultats selon deux axes illustrant le fonctionnement hydrique et le comportement structural appréciés par l'agriculteur. A cette projection, on superpose les critères de cartographie.

Cette démarche permet de discuter l'importance relative des critères de cartographie selon la thématique envisagée (hydrique ou structurale). Elle permet d'élaborer une typologie fournissant des *populations cartographiables* de comportements différents. Elle conduit le cartographe à s'interroger sur la pertinence des critères qu'il utilise et sur l'élaboration d'une démarche régionale pour une cartographie des sols orientée. Une informatisation de l'ensemble des données obtenues pourrait ainsi fournir l'édition de cartes thématiques à limites et à modes de regroupement variables.

Les résultats obtenus en utilisant les deux axes pour expliquer la variabilité des rendements de blé valident cette approche. Mais celle-ci ne pourra être pleinement valorisée qu'à la condition d'être associée à des études agronomiques fournissant des critères d'aptitude du sol à réagir aux façons culturales et au climat et à assurer un fonctionnement satisfaisant du peuplement végétal cultivé.

Reçu pour publication : Octobre 1986

Accepté pour publication : Janvier 1987

**REMERCIEMENTS** : Nous tenons à remercier ici MM. BEGON, KING et JAMAGNE pour leur aide et leurs encouragements, ainsi que MM. GIRARD, LEGROS et PAPY pour leurs critiques constructives.

SOIL SURVEY AND AGRONOMIC BEHAVIOURS  
COMPARISON BETWEEN SOIL SURVEY DATA AND AGRONOMIC DATA  
FOR AN INTERPRETATION OF A SOIL MAP

The author deals with the problem of cartography of agronomic behaviour derived from a soil map.

This work is realized in relation with soil survey at a scale of 1/50 000 (soil map of Bellegarde-du-Loiret, France). Both agro-pedological investigation and soil survey at the field level are realized.

At first, the environment of the study and the methodology are explained.

Then, methods of multivariate analyses allow working out a scheme representing two axes connected with soil water regime and soil structural behaviour. Those regime and behaviour are given by series of questions to the farmers (Tab. I, II).

Different soil mapping observable features are projected on this plan (Fig. 2, 3).

The most important results are illustrated by series of projections (Fig. 4-1, 4-2, 4-3, 4-4) leading to discussions about features to be retained for a thematic mapping.

The observed groups allow to work out a typology of the principal agronomic behaviours whose connections with cultural problems (Fig. 5) and with different ways of building soil units are studied (Fig. 2, 3, 4, 5).

The present agricultural meaning of this method is tested by a confrontation between average yields and the typology resulting from this work (Fig. 6, 7).

Thus, this way of working leads to a cartographic discussion necessary for working out thematic documents.

### BIBLIOGRAPHIE

- BEGON J.-C. et al. (1977). — Les sols du département de l'Oise. *S.E.S.C.P.F.*, 292 p.
- BEGON J.-C. et al. (1978). — Un système de classement des terres suivant leur aptitude à la production agricole. Son application à une région de culture intensive dans le bassin parisien. *C.R. Ac. Agr.*, pp. 1274-1285.
- BEGON J.-C., MORI A. (1982). — La fertilité vue par le pédologue. Les classements d'aptitudes. *B.T.J.*, 370-372, 1982, pp. 539-545.
- BERTRAND R., FALIPOU P., LEGROS J.-P. (1979). — STIPA, notice pour l'entrée des descriptions et analyses de sols en banque de données. *Document S.E.S. Montpellier, INRA, IRAT, n° 487*, 119 p.
- DEVILLERS J.-L., FAVROT J.-C. (1976). — Evaluation des besoins en drainage des terres agricoles, comparaison de différentes méthodes d'approche : l'exemple du pays d'Ouche (Eure). *Colloque international CENECA, Paris, 1976*, pp. 323 (1), 323 (5).
- DUVAL O., KING D. (1982). — STIPA, notice pour l'entrée des descriptions et analyses de sols en banque de données. *INRA, IRAT*, 125 p.
- GIRARD M.-C. (1983). — Recherche d'une modélisation en vue d'une représentation spatiale de la couverture pédologique. Application à une région des plateaux jurassiques de Bourgogne. *Thèse Docteur ès sciences, revue Sols n° 12*, 430 p.
- HALLAIRE V. (1981). — La valeur des terres agricoles, inventaire critique des méthodes d'évaluation. *INAPG, dpt Sols, n° 2*, 106 p.
- KING D. (1986). — Modélisation cartographique du comportement des sols basée sur l'étude de la mise en valeur du « Marais de Rochefort ». *Thèse, INAPG*, 159 p.
- MANICHON H. (1985). — Observation morphologique de l'état structural et mise en évidence d'effets de compactage des horizons travaillés. A paraître dans « *Processus de compactage et de régénération structurale des sols* », Comité CCE Land and water use and management. Avignon, 17-18 nov. 1985, 13 p.

- MONNIER G., STENGEL P. (1982). — La composition granulométrique des sols ; un moyen de prévoir leur fertilité physique. *B.T.I.*, 370-372, 1982, pp. 503-512.
- ROQUE J., HARDY R. (1981). — Etude agro-pédologique dans le Sundgau. *S.E.S.C.P.F.*, 184 p.
- SEBILLOTTE M. et al. (1982). — Fertilité du milieu et agriculture. *B.T.I.*, 370-372, 1982, pp. 331-362.
- S.P.A.D. (1985). — Système portable pour l'analyse des données. *CESIA, Centre de Statistiques et d'Informatique appliquées*, 82, rue de Sèvres, 75007 Paris, 257 p.