

Agriculture raisonnée :

comparaison entre carte pédologique et cartes de rendement

F. Jacquin

Ancien professeur émérite INPL - ENSAIA
20 rue du Haut Bourgomay, 54140 Jarville.

Correspondant national de l'Académie d'Agriculture de France

RÉSUMÉ

L'utilisation de capteurs de rendement conjointement à une localisation précise des potentialités pédoclimatiques devra permettre une optimisation du développement agricole, à la fois, sur les plans économique et écologique. Cette évolution du raisonnement et des actions sera à adapter à chaque exploitation en tenant compte de ses caractéristiques, mais aussi, des références agroécopédologiques antérieures obtenues dans sa petite région naturelle ou issues de protocoles expérimentaux implantés dans des conditions pédoclimatiques similaires

Mots clés

Capteurs de rendement, D.G.P.S., liaisons rendements-potentialités pédoclimatiques.

SUMMARY

PRECISION FARMING : Comparison between pedological map and yield maps

The use of remote sensing devices to measure yields as well as the precise localisation of pedoclimatic potentiality through Global Positioning System (known as « precision farming ») should lead to the optimisation of the development of agriculture on both economical and ecological aspects. Parcel yields obtained by DPGS have been mapped and compared with the corresponding 1/10 000 pedological map in a farmland mostly located on Rendosols and "Calcosols. The maps of pedoclimatic productivity clearly show the great tendencies deriving from agronomical potentialities (plate 1). During the three years observation corresponding to a three-yearly rotation of crops, the soil-plants interactions which were similar among crops express a good fit of the productivity shades with the pedological characteristics (plate 2). A more detailed graph can bring valuable information on an agronomical level particularly in order to modulate fertilizer inputs. A complementarity between agronomists and pedologists will allow to clarify the action of vegetation and of cultivation techniques on the various mechanisms of evolution of the soils and their level of anthropisation. This evolution of the management the crops will have to be adapted to each individual farm by taking into account the characteristics of the farmland and the agro-

pedological references from the corresponding pedoclimatic region. In case these data were not available in the region, data from a similar climatic region should be used.

Key-words

Precision farming, yield- pedoclimatic potentialities connections.

RESUMEN

AGRICULTURA AJUSTADA: Comparason entre mapas edafológicas y mapas de rendimiento

La utilización de captosres de rendimiento conjuntamente a una localización precisa de potencialidades edafológicas debera permitir una optimización del desarrollo agrícola, al mismo tiempo desde el punto de vista económico y ecológico. Esta evolución del pensamiento y de las acciones debería adaptarse a cada explotación teniendo en cuenta sus características, pero también, de las referencias agronómicas anteriores obtenidas en su región natural o derivadas de protocolos experimentales en condiciones climáticas y edafológicas similares.

Palabras claves

Captosres de rendimiento, G.P.S., relaciones rendimiento - potencialidades edafológicas y climáticas.

Il nous a paru souhaitable, lors de journées consacrées à l'anthropisation des sols, de souligner l'importance de la conduite des divers agrosystèmes sur ce mécanisme. Par définition toute agriculture est par essence **biologique** car toute croissance de la microflore, de la microfaune, donc à plus forte raison des végétaux cultivés relève du règne de la vie. **La finalité d'une agriculture raisonnée** consiste donc à **proposer des techniques culturales permettant la mise en valeur des sols en tenant compte à la fois des contraintes écologiques et économiques**. Cet état d'esprit correspondait à celui de certains universitaires nancéiens qui dès les années 1970 avaient mis en place, avec l'appui conjoint du C.N.R.S. et de l'I.N.R.A., deux formations doctorales : l'une en **Pédologie approfondie** (Duchaufour, 1975) l'autre complémentaire en **Agroécopédologie** (Jacquin *et al.*, 1975). Nous avons publié (Jacquin *et al.*, 1998) quelques idées sur les possibilités d'optimisation de la gestion d'une exploitation agricole en fonction de la nature de ses sols. En effet, la science des sols correspond à l'une des disciplines essentielles afin de mettre en œuvre le concept d'agriculture de précision dont la définition a été énoncée en 1997 par la National Research Council (National Research Council, 1997).

PROTOCOLE

Lors d'une étude de terrain, nous avons comparé, au cours de trois années culturales successives, les représentations cartographiques des rendements à une carte pédologique dressée au 1/10 000 à partir d'un prélèvement par hectare et de photographies aériennes. L'exploitation retenue, localisée dans la petite région naturelle de la Haye - centre (Lorraine), se situe globalement sur Rendosols plus ou moins caillouteux et Calcosols plus ou moins profonds ; toutefois on y rencontre quelques îlots de Néoluvisols liés à la présence de limons acides. Un remodelage du parcellaire d'une superficie de 152 hectares de S.A.U. avait été réalisé en tenant compte autant que possible des caractéristiques principales du sol (Jacquin *et al.*, 1993). L'assolement triennal classique pratiqué correspondait à la succession suivante : colza, blé, orge.

La détermination numérique des rendements est obtenue à partir de capteurs volumétriques installés sur une moissonneuse-batteuse de 6,30 mètres de barre de coupe. La machine était munie d'un système de localisation géographique G.P.S. à corrections différentielles.

RÉSULTATS

Lors de cette étude, il a toujours été constaté une très bonne concordance spatiale (localisation et superficie) avec les documents cadastraux.

En premier lieu, la liaison entre rendements observés et rendements réels a été vérifiée ; celle-ci, si l'on tient compte des

variations de poids spécifique, présente une bonne corrélation. A titre indicatif les rendements en blé pour une même variété récoltée à la moisson 99 sur deux parcelles d'une superficie globale supérieure à 40 hectares présentent une différence excédentaire de 1,4 % par rapport aux poids bruts réels. Mentionnons néanmoins que les conditions climatiques n'avaient pas varié pendant la période de travail. En effet, si le degré de maturité n'est pas homogène, les variations du poids spécifique peuvent entraîner des écarts se situant entre 5 et 12 %. Une mise au point récente effectuée par le C.E.M.A.G.R.E.F. sur l'identification des principales sources d'erreur possibles lors de la détermination des rendements, signale une variation moyenne de l'ordre de 10 % en fonction de l'influence de l'humidité et du poids spécifique. D'autre part, d'après Blackmore (Blackmore, 1999) cité par Berducat (Berducat, 2000), le degré de précision dépend de la largeur effective du travail de la barre de coupe et de l'intervalle de temps écoulé entre le moment où la récolte est coupée et celui marquant le passage du grain au niveau du capteur de débit.

Nos observations personnelles et ponctuelles recueillies, *in situ*, révèlent des variations de débit en fonction de la pente, du dévers et du port de la culture (sens de la marche notamment en cas de verse plus ou moins accusée).

Notons que, dès 1998, Moore (Moore *et al.*, 1998) [cité par Berducat (Berducat, 2000)] invite à suivre un certain nombre de règles de « bonne pratique » lors de la récolte, à savoir :

- recalibrer le capteur de rendement volumétrique aussi souvent que possible,
- vérifier régulièrement l'encrassement du capteur de débit (ex : colmatage par la poussière ou résidus divers),
- travailler toujours au maximum de la coupe et en ligne droite,
- éviter le morcellement trop important de la parcelle (trop d'entailles) afin de réduire le nombre de bandes étroites en fin de travail,
- relever la coupe à chaque fin de raie afin de suspendre le cumul de surface,
- éviter le changement fréquent de vitesse d'avancement,
- éviter si possible les manœuvres marche avant-arrière pour récolter autour des arbres et poteaux électriques,
- abaisser la coupe toujours à la même distance du front d'attaque (répercussions sur le temps de montée en charge du capteur de débit).

Le traitement des données brutes suivant les méthodes géostatistiques du logiciel R.D.S. permet une représentation cartographique plus ou moins détaillée. Cependant, comme pour tous les logiciels actuels, les techniques d'interprétation permettent de lisser les erreurs, donc de minimiser leur poids sans cependant en supprimer tous les effets.

L'observation des *planches 1 et 2* montre nettement les imprécisions rencontrées en bordure de parcelles et en tournières. Il nous a paru intéressant de comparer les zonages obtenus après divers degrés de regroupements des rendements. Un regroupe-

ment permettant une analogie avec l'expression des divers sols exprimés sur la carte pédologique au 1/10.000 révèle une bonne concordance. Il est donc logique de considérer que les **représentations graphiques obtenues après trois années successives des rendements de trois espèces végétales cultivées montrent indiscutablement de fortes similitudes avec les systèmes pédologiques les supportant et ceci malgré les variations climatiques annuelles coutumières**. Il faut mentionner des pertes de rendement en blé occasionnées au mois de juin 1999 par une chute de grêle et estimées par l'expert entre 12 et 18 % suivant l'exposition aux précipitations; cette perturbation climatique localisée a entraîné des variations du rendement liées à la topographie de la parcelle.

Les contours limitant les types de sols apparaissent moins rigides que ceux définis après des sondages tous les 100 mètres. **Les interactions sols-plantes traduisent des nuances de productivité à l'intérieur d'une plage pédologique**. Ces différences sont conformes aux réalités de terrain généralement rencontrées sur ces sols argilo-calcaires plus ou moins superficiels.

L'utilisation du système D.G.P.S. **démontre bien une diversité des rendements en fonction de l'hétérogénéité pédologique** et ceci dans le cadre de l'assolement triennal classique. **L'expression graphique des productivités pédoclimatiques**

confirme bien les grandes tendances des potentialités agronomiques. Il faut cependant regretter que des méthodes de traitement de bases, spécifiques à chaque logiciel commercialisé actuellement, conduisent à la production de cartes d'apparence générale similaire mais présentant des différences ne facilitant pas l'interprétation et surtout une utilisation normalisée. Des efforts quant à une standardisation sont actuellement en cours tant dans le domaine de la recherche que de la réalisation technique (Ariaux, 2000 et Fruleux *et al.*, 2000)

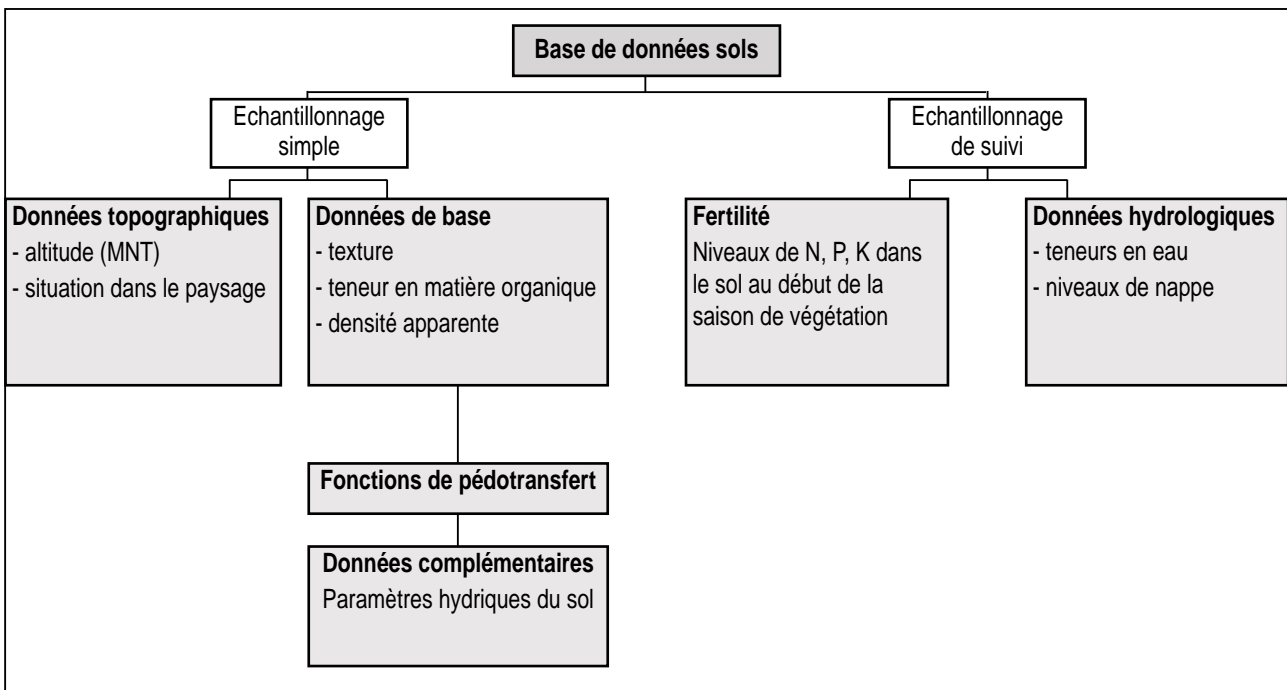
DISCUSSION

L'utilisation de capteurs de rendements jointe à une localisation spatiale précise par D.G.P.S. apporte incontestablement de nouvelles informations qui permettent de progresser dans les systèmes de conduite de diverses productions agricoles tant sur le plan quantitatif que qualitatif (Berducat, 2000). Cependant, la pratique de l'agriculture de précision est soumise à des verrous liés à la technologie et à la gestion agronomique (Robert, 2000).

D'autre part, le raisonnement du concept agriculture de précision tel qu'il a été défini par le National Research Council en 1997 (National Research Council, 1997) correspond à une stratégie de « management » basée sur de multiples sources d'information

Figure 1 - Structure et contenu de la base de données sol inclus dans le logiciel du système de décision pour l'agriculture de précision d'après Bouma *et al.*, (1999)

Figure 1 - Structure and contents of the soil database included in the decision support system for precision agriculture d'après Bouma *et al.* (1999).



dont une connaissance approfondie des sols. Nous empruntons donc à Bouma (Bouma *et al.*, 1999) un schéma montrant les relations entre données de bases issues d'investigations pédologiques et une éventuelle prise de décision dans le cadre d'une agriculture raisonnée.

Les auteurs distinguent les références liées aux caractéristiques de la formation des sols (génoformes) de celles consécutives à leur gestion (phénoformes). Ils signalent également les différences du degré de précision souhaitable ou exigible pour répertorier un sol au niveau de la série ou pour définir ses potentialités agronomiques.

Les causes des hétérogénéités constatées ne sont pas obligatoirement liées aux seules potentialités agronomiques. En effet ces causes peuvent être diverses, voire se superposer : mentionnons les incidents liés aux techniques culturales, à l'emploi des produits phytosanitaires, à l'accoutumance de certaines plantes adventices ou tout simplement à une modulation des apports de fertilisants. Toutes ces interférences ignorées par l'informatique ou le pédologue peuvent être troublantes ou inhibitrices. Par contre pour l'agriculteur ayant noté avec précision les conditions de ses interventions et les phases du développement végétatif, l'observation directe sur le matériel de récolte, ou mieux, l'étude des documents cartographiques à plusieurs niveaux d'intégration sont, sans aucun doute, des éléments d'information pour raisonner avec précision la gestion de son exploitation à l'échelle parcellaire.

Dans la conjoncture actuelle, il n'est pas raisonnable d'envisager une transformation radicale à la fois du mode et du matériel d'exploitation mais ces nouveaux outils d'investigations apportent une aide substantielle à la réflexion avant de prendre une décision et ceci à différents niveaux. En effet il devient possible :

- d'estimer la valeur foncière d'une exploitation, celle-ci correspondant à ses potentialités pédoclimatiques par rapport à celle d'une ou plusieurs exploitations ayant le même agrosystème

et situées dans des conditions pédoclimatiques similaires. A titre d'exemple nous présentons une simulation concernant les différents rendements pouvant être obtenus sur trois exploitations situées dans la même région naturelle (Haye-centre) (tableau 1).

- de déterminer sur une ou plusieurs exploitations l'hétérogénéité des potentialités pédoclimatiques entre différentes parcelles s'il s'agit d'une même variété cultivée dans des conditions identiques. Ce constat devrait permettre de compléter les actions entreprises en vue de développer la pratique d'une agriculture raisonnée en adaptant des variantes de l'agrosystème aux caractéristiques du sol : choix des espèces, des variétés et des techniques culturales (labour ou semis direct). De toutes façons dans les régions intermédiaires où l'hétérogénéité pédologique entre parcelles est courante, un apport d'intrants diversifié entre parcelles permettra un progrès non négligeable au point de vue économique tout en limitant d'éventuels risques environnementaux.

- de constater et surtout de visualiser dans le temps, l'importance de l'hétérogénéité parcellaire afin d'envisager une modulation des intrants comme vient de le recommander l'Académie d'Agriculture de France, (Grammont, 2000, Thévenet, 2000). En effet une modulation de l'apport des divers fertilisants peut être actuellement réalisée sans investissement matériel conséquent. Le degré de précision dépendra à la fois des structures de l'exploitation mais aussi des connaissances techniques de l'agriculteur et de ses conseillers. Si nous prenons l'exemple de la fertilisation phospho-potassique, il est possible de moduler les doses d'apport de fertilisants en fonction d'un zonage établi d'après des résultats analytiques ; cette diversité d'épandage peut être réalisée par de simples variations de débit car actuellement le degré d'interprétation des résultats analytiques ne justifie pas dans la plupart des cas une plus grande précision. Dans le cas des ajustements du deuxième ou troisième apport de fertilisants azotés, le critère de modulation correspondra aux indications fournies par l'un ou l'autre des tests reflétant l'état nutrition-

Tableau 1 - Variations des rendements en blé sur trois exploitations situées sur sol argilo-calcaire du bajocien lorrain.

Table 1 - Yield variations for wheat for three farming concerns located on clay-chalky soils of the bajocien from Lorraine.

Profondeur du sol	Rendement qtx/ha	% de la superficie parcellaire en fonction de la profondeur du sol sur trois exploitations		
		A	B	C
< 30 cm	55	70	50	10
>30 <60	65	20	30	20
> 60	75	10	20	70
Rendement moyen de l'exploitation		59	62	71

Ces types d'informations peuvent être utiles lors de l'installation d'un jeune agriculteur ou pour comparer des marges brutes à l'intérieur d'une région administrative notamment s'il n'existe pas de documents pédologiques à grande échelle.

nel du végétal ayant été effectué **dans une plage pédologique prédéterminée en fonction des rendements observés les années précédentes**. Bien souvent une modulation visuelle provoquée par le conducteur d'engins de distribution entraînera une optimisation substantielle.

CONCLUSIONS

Depuis plusieurs années un certain nombre de protocoles expérimentaux de moyennes durées sont implantés en Lorraine afin de déterminer les potentialités pédoclimatiques parcellaires en vue d'optimiser les apports d'intrants. Sous l'impulsion de la C.R.A.L. (CRAL, ENSAIA, 1993) et après neuf années du programme O.P.A.L. des résultats très intéressants sont signalés notamment quant à la modulation des intrants azotés (CRAL, 1998). Les résultats obtenus sont essentiellement issus de parcelles situées dans les secteurs de références cartographiés au 1/10000, ces derniers ayant été définis par les milieux professionnels d'après la carte pédologique au 1/250000. Ces études sont bien conformes aux deux objectifs du programme I.G.C.S précisés dans une note de synthèse récente (King *et al.*, 1999).

L'emploi de nouvelles techniques regroupées sous la dénomination G.P.S. devrait permettre de développer rapidement les connaissances sur **l'hétérogénéité des potentialités pédoclimatiques au niveau de toute exploitation**. La mise en œuvre d'une agriculture de précision **au niveau de la parcelle** devrait être progressive comme le signalent des responsables d'organismes de développement (Boisgontier, 2000, Guiraud *et al.*, 2000).

Le raisonnement, les pratiques et les conséquences qui découleront de **l'interprétation des documents cartographiques** varieront entre une exploitation de grandes cultures d'un seul tenant située dans une plaine à fortes potentialités par opposition à une exploitation de polyculture-élevage morcelée et présentant une topographie chahutée. Il faut toutefois reconnaître que l'interprétation des documents cartographiques obtenus à partir de données de bases recueillies sur deux types de sol **ne peut certes être généralisée à tout un ensemble pédologique**.

Cette évolution technique s'imposera en priorité dans les zones vulnérables afin de pouvoir y maintenir un espace cultivé. Elle devrait s'étendre à tout système agraire raisonné et être mise en œuvre progressivement et à différents degrés de précision. L'investissement intellectuel rapprochera, chercheurs, techniciens et agriculteurs en vue d'une prise de décision par ce dernier comme en témoigne l'état d'esprit rencontré lors des opérations de prévention Ferti-Mieux (Sébillote, 1999). Elle **exigera une complémentarité entre agronomes et pédologues**, afin de préciser l'action de la végétation actuelle et des techniques culturales sur les divers mécanismes d'évolution des sols et leur degré d'anthropisation. Il leur sera même possible de transposer leurs réflexions de l'échelle locale à l'échelle régionale en fonction de la

diversité spatiale et temporelle du climat. Ces nouvelles relations permettront sans aucun doute d'optimiser le maintien d'agrosystèmes durables en préservant l'environnement et ceci dans un proche avenir comme dans le futur.




BIBLIOGRAPHIE

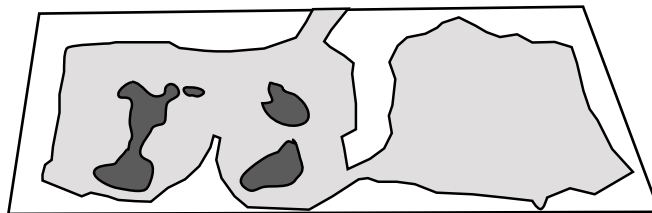
- Ariaux B., 2000 - Les SIG utilisés en agriculture de précision. Colloque Agriculture de Précision, Educagri, Dijon, p. 55-65.
- Berducat M., 2000 - Caractérisation du rendement et de la qualité de la récolte. Colloque Agriculture de Précision, Educagri, Dijon, p. 237-248.
- Blackmore M., 1999 - Remedial correction of yield map data. Precision Agriculture, Vol. 1, n° 1, p. 53-66.
- Boisgontier D., 2000 - La mise en œuvre de l'agriculture de précision. Colloque Agriculture de Précision, Educagri, Dijon, p. 365-374.
- Bouma J., Stoortvogel B.J., van Alphen and Booltink H.W.G., 1999 - Pedology, Precision Agriculture and the changing Paradigm of Agricultural Research, Soil Sci. Soc. Am. J., p. 1763-1768.
- CRAL, ENSAIA, 1993 - Connaître les sols lorrains et leur potentiel de production, 41 p.
- CRAL, 1998 - Caractérisation des sols et potentialités des productions : un outil pour le raisonnement de la fertilisation azotée, 45 p.
- Duchaufour P., 1975 - Habilitation D.E.A. et thèses en pédologie approfondie par l'Université Henry Poincaré Nancy.
- Frulieux A., Pouillard L., Schrifve Y., 2000 - Capteurs de débit sur moissonneuse-batteuse. Précision et post-traitement pour cartographie. Colloque Agriculture de Précision, Educagri, Dijon, p. 249-254.
- Grammont A., 2000 - Le bon usage des intrants en agriculture : les interrogations et les incertitudes. C.R. Acad. Agric. Fr., 86, p.161-167.
- Guiraud D., Lévêque E., 2000 - Utilisation du GPS en culture betteravière. Colloque Agriculture de Précision, Educagri, Dijon, p. 255-263.
- Jacquin F. et Souchier B., 1975 - Habilitation D.E.A. et thèses en agroécopédologie par l'I.N.P.L. Nancy.
- Jacquin F., Florentin L., Limaux F., 1993 - Pour une gestion de l'exploitation agricole respectueuse de l'environnement. C.R.Acad. Agric. Fr., 79, p. 51-59
- Jacquin F., Florentin L., 1998 - Le système GPS - outil d'aide à la connaissance des sols. C.R.Acad. Agric. Fr., 84, p. 43-45.
- King D., Jamagne M., Arrouays D., Bornand M., Favrot J.C., Hardy R., Le Bas C. et Stengel P., 1999 - Inventaire cartographique et surveillance des sols en France. Etat d'avancement et exemples d'utilisation. Etude et Gestion des Sols, 6, 4, p. 215-228.
- Moore, Kremmer, 1998 - An investigation into the factors influencing the accuracy of yield maps. The international Fertiliser Society, Proceeding, n°421, 60 p.
- National Research Council, 1997 - Precision agriculture in the 21st century. National Academy Press. Washington. DC.
- Robert P.C., 2000 - L'agriculture de précision : les verrous liés à la technologie et à la gestion agronomique. Colloque Agriculture de Précision, Educagri, Dijon, p. 11-29.
- Sébillote M., 1999 - Les voies de la prévention et les apports de l'expérience Ferti-Mieux. Courrier de l'environnement de l'I.N.R.A., 37, p. 11-22.
- Thévenet G., 2000 - Le bon usage des intrants en agriculture : les faits et les certitudes. C.R. Acad. Agric. Fr. 2000, 86, p. 139-159.
- Tintané S., Tintané L., Galloy S., 2000 - La cartographie de rendement : un service à la récolte. Colloque Agriculture de Précision, Educagri, Dijon, p. 395-403.




Planche 1**VARIATIONS ANNUELLES DU RENDEMENT - YEARLY YIELD VARIATIONS**

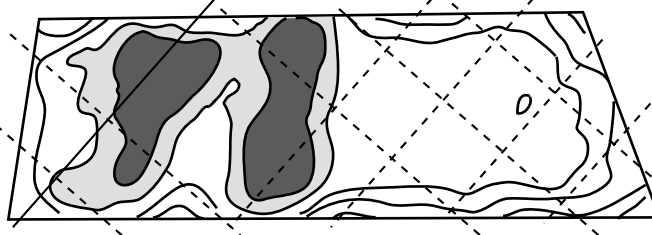
Avec la participation de :
la S.C.E.A de Remenauville, (54470 - Limey)
la C.A.L. (rue de la Vologne, 54520 - Laxou)
de l'E.T.A. Lefort (9 rue des trois Maisons, 54530 Prény)




Orge d'hiver 1997

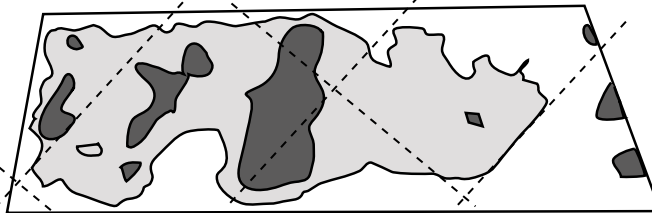
-  > 8,0 T/ha
-  intermédiaire
-  < 5,0 T/ha

**Colza 1998**

-  > 4,0 T/ha
-  intermédiaire
-  < 3,4 T/ha

**Blé d'hiver 1999**

-  > 8,0 T/ha
-  intermédiaire
-  < 6,0 T/ha



Plans réalisés après regroupement de données cartographiques
obtenues par le système R. D. S.
Surface de la parcelle : 19,60 ha

Echelle :
1: 10 000

Nord

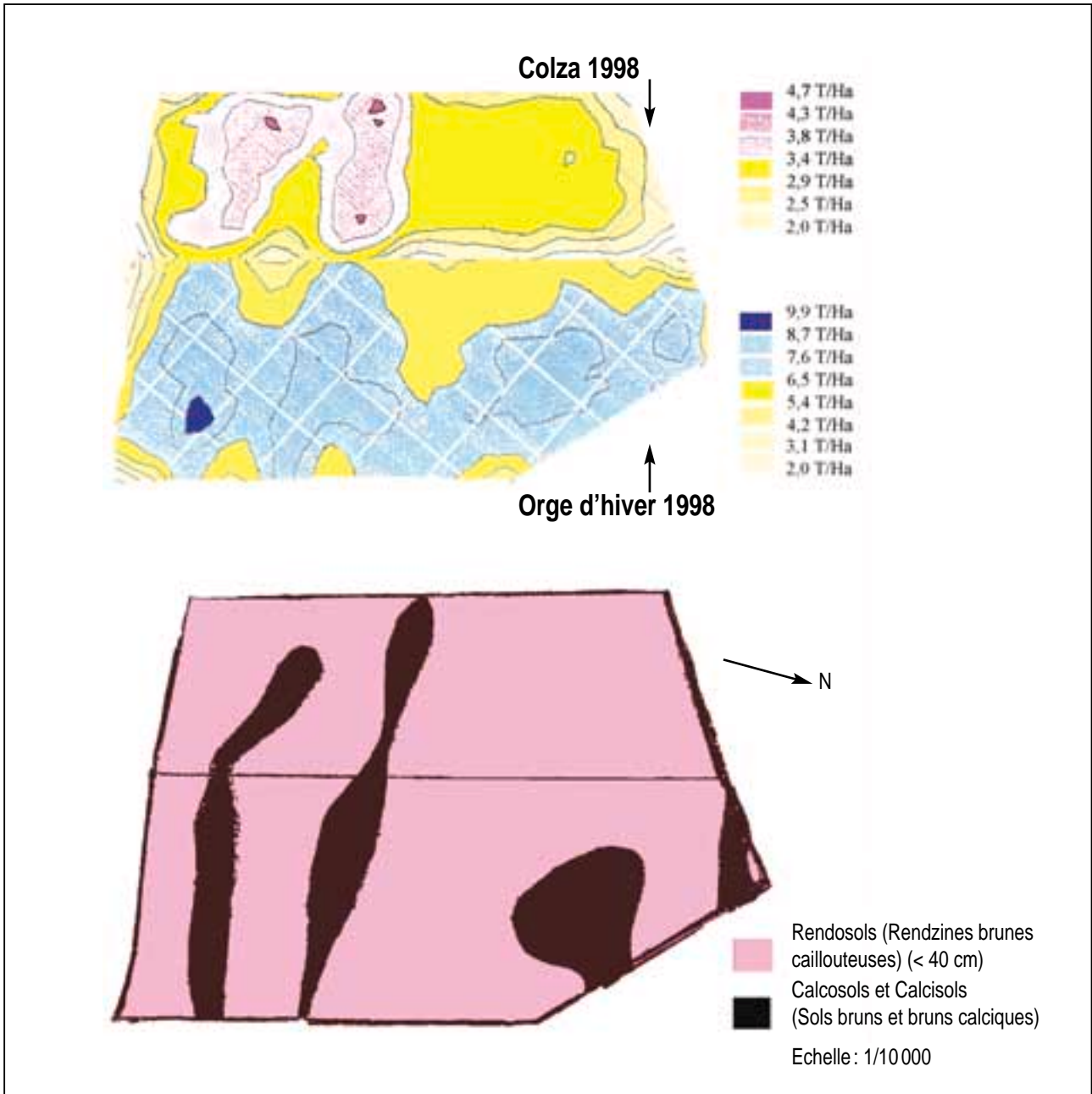

Planche 2

VARIATIONS ANNUELLES DU RENDEMENT - YEARLY YIELD VARIATIONS

Comparaison avec l'hétérogénéité pédologique.

Study of Yield Variations on two Plots.

Comparison with the pedological heterogeneousness.



PUBLICATIONS ET DOCUMENTS PUBLIÉS PAR L'AFES

REVUES

SCIENCE DU SOL

Revue scientifique publiée de 1952 à 1993.
Elle comporte 300 à 400 pages par an. Un index est présenté tous les ans dans le quatrième numéro.
A cessé de paraître fin 1993. Certains numéros disponibles.

LA LETTRE DE L'ASSOCIATION

Publiée quatre fois par an, ce journal annonce les nouvelles de l'association, les réunions nationales et internationales ; il donne des critiques d'ouvrages, de thèses, de la documentation, etc.

La Lettre est envoyée à chaque adhérent de l'association : elle accompagne l'adhésion.

Rédacteur en chef : J.-P. Rossignol, ENITH, Angers.

ÉTUDE ET GESTION DES SOLS

Revue trimestrielle, francophone traitant de la connaissance et de l'usage des sols.

Rédacteur en chef : M. Jamagne.

Secrétariat de rédaction : Micheline Eimberck et J.-P. Rossignol.

Le Comité Éditorial est composé de trente membres de France et de pays francophones.

OUVRAGES

LE LIVRE JUBILAIRE (1984)

Point sur les acquis à cette date en matière de science du sol et de pédologie.

FONCTIONNEMENT HYDRIQUE ET COMPORTEMENT DU SOL (1984)

PODZOLS ET PODZOLISATION

par D. Righi et A. Chauvel : ouvrage publié en coédition par l'AFES et l'INRA, avec le concours du CNRS, de l'ORSTOM, et de la région Poitou-Charentes (1987).

MICROMORPHOLOGIE DES SOLS/SOIL MICROMORPHOLOGY

par N. Fédoroff, L.-M. Bresson, Marie-Agnès Courty, publié par l'AFES avec le concours du CNRS, de l'INAPG, de l'INRA, du Ministère de l'Environnement et de l'ORSTOM (1985) (épuisé).

CARTE MONDIALE DES SOLS ET SA LÉGENDE

Présentée sous forme de deux diapositives (1984).

LE RÉFÉRENTIEL PÉDOLOGIQUE

Principaux sols d'Europe, deuxième édition 1995. Ouvrage collectif publié par l'AFES et l'INRA.

SYNTHÈSE NATIONALE DES ANALYSES DE TERRE : PÉRIODE 1990-1994

par C. Walter, C. Schvartz, B. Claudot, P. Arousseau et T. Bouedo, avec le concours du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche.

ACTES DU XVI^E CONGRÈS MONDIAL DE SCIENCES DU SOL, MONTPELLIER - AOÛT 1998