Bulletin de l'Académie Lorraine des Sciences 2006, 45 (1-4)
Imprimé en France (Printed in France) par Vagner graphic

PERSPECTIVES D'AVENIR POUR DES EXPLOITATIONS DE GRANDES CULTURES SITUEES EN LORRAINE SUR SOLS ARGILO-CALCAIRES SUPERFICIELS (RENDOSOLS)

FUTURE PROSPECTS FOR LARGE FARMS LOCATED IN LORRAINE ON CLAYED SOILS AND LIMESTONE COMPOUNDS (RENDOSOLS)

Fernand JACQUIN* et ADHEO 109**

*Correspondant de l'Académie d'Agriculture de France, (section ressources naturelles, aménagement de l'espace et environnement). Ancien professeur émérite de Pédologie et Chimie Agricole INPL–ENSAIA.
20 rue du haut Bourgomay, 54140 Jarville

**Association de gestion et de comptabilité, 5, rue de la Vologne 54524 Laxou Cédex

RÉSUMÉ

A partir d'un cas concret et localisé dans une petite région naturelle de Lorraine (Haye), il a été mis en évidence l'intérêt d'une étude agro-éco-pédologique. A la suite d'observations de terrain (cartes pédologiques à différentes échelles), d'analyses physico-chimiques et isotopiques et de la détermination des rendements par GPS, il devient possible : 1) de simuler les potentialités d'une exploitation ou d'une parcelle située dans cette région, 2) de déterminer l'importance de l'hétérogénéité parcellaire sur les rendements et donc de moduler les fertilisants, 3) d'esquisser les conséquences socio-économiques sur les exploitations en fonction des évolutions climatiques prévisibles.
Mots clés : Agro-éco-pédologie, rendosol, hétérogénéité parcellaire, développement durable

ABSTRACT

From a concrete case located in a small natural area of Lorraine (Haye), the interest of an agro-eco-pedological study was highlighted. After observations of the ground (pedological charts on various scales), physical-chemical and isotopic analyses and output analysis determined by GPS, it became possible : 1) to simulate the potentialities of a farm or of a piece of land located in this

---

Communication présentée à la séance du 7 décembre 2006, acceptée le 10 février 2007

area, 2) to determine the importance of compartmentalized heterogeneity on the outputs in order to modulate the use of fertilizers, 3) to outline the socio-economic consequences according to the foreseeable climate evolutions.
Key words : agro-eco-pedology, rendosol, compartmental heterogeneity, durable development

ZUSAMMENFASSUNG

Anhand eines konkreten Falles, der in einem kleinen natürlichen Bereich von Lothringen (Haye) befindet, hat sich gezeigt, dass Interesse an einer Studie über öko-pedologische Landwirtschaft besteht. Aufgrund von Beobachtungen des Terrains (pedologische Karten mit verschiedenen Maßstäben), physikalisch-chemischen und isotopischen Analysen und der Ertragsanalyse, die durch GPS festgestellt wurde, hat es sich gezeigt, dass es möglich ist : 1) die Möglichkeiten eines Bauernhofes oder des Stückes Landes zu simulieren, 2) das Gewicht der Heterogenität der Parzellen in Bezug auf den Ertrag zu bestimmen und Düngung darauf abzustimmen, 3) die sozioökonomischen Folgerungen aus dem zu erwartenden Klimawandel voraus zuberechnen.
Schlüsselwörter : Landwirtschafts-ecopedologie, Abteilungsuneinheitlichkeit, Rendosol, haltbare Entwicklung

INTRODUCTION

Au début des années quatre-vingts, lors d'un passage en Lorraine, Michel Cointat (Ministre de l'Agriculture), déclarait publiquement que se poserait le **problème des terres abandonnées dans l'Est de la France** : certes les écologistes y trouveront leur bonheur mais qui se chargera, financièrement, de l'entretien de ces vastes superficies transformées en pelouses calcaires ?

La durabilité d'une exploitation agricole est déterminée par de nombreux paramètres pédoclimatiques et socioéconomiques. Nous considérons que les deux séries de facteurs sont indissociables mais présentent des dynamiques d'évolutions différentes.

LES SOLS

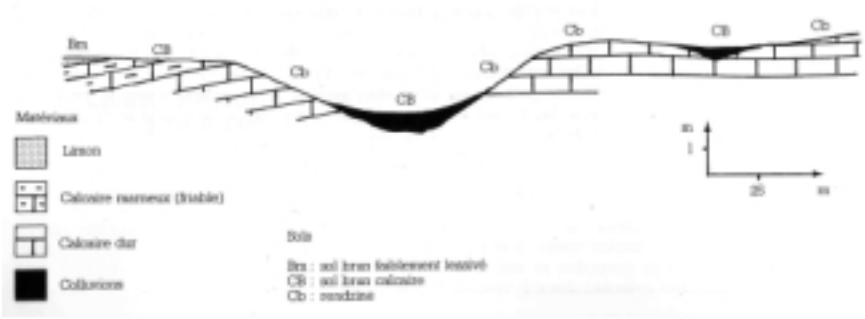
Pour les différents horizons d'un type de sol les caractéristiques physiques et la nature des éléments texturaux sont relativement stables. Par contre, leur organisation (structure) peut varier en fonction du climat, de l'environnement ionique (pH) et biologique (teneur et qualité des composés organiques, activité biologique).

Sous l'égide de la chambre régionale d'agriculture de Lorraine (C.R.A.L.) en collaboration avec le service de science du sol de l'E.N.S.A.I.A. (1993), Florentin a établi une carte pédologique au 1/100 000 de la région de Metz, laquelle vient d'être publiée (2005). Pour ce travail il s'est aidé de précédentes cartes au 1/25 000 réalisées à la demande des milieux professionnels et de références issues de l'atlas des sols de Lorraine (Jacquin et Florentin 1988). Ces études sont réalisées selon les techniques préconisées dès 1967 et sont bien conformes aux deux objectifs du programme I.G.C.S. (King *et al.* 1999). Elles

ont permis la comparaison entre les cartes des sols déjà dressées et de la segmentation d'images satellitaires en vue de l'élaboration d'une carte des sols au 1/250 000 (Girard *et al.* 2003).

Il faut considérer que la Lorraine, en tant que région administrative, présente, au point de vue pédologique, une grande diversité liée à la nature de la roche mère et au relief. Dans une petite région naturelle comme la Haye, on peut souvent constater une hétérogénéité du type de sol à l'intérieur d'une même parcelle d'autant qu'actuellement, les parcelles sont souvent de grande taille et présentent généralement une topographie variée. Aussi la C.R.A.L. a effectué de nombreuses études en vue de déterminer les caractéristiques et les potentialités des différents types de sol lorrain (1993-1998) ; la dernière en date a bien mis en évidence l'hétérogénéité **intraparcellaire** (Hance 2003). A noter que l'utilisation du GPS correspond a un outil bien précieux pour déterminer cette hétérogénéité en fonction de la variation des rendements (Jacquin et Florentin 1998).

Figure 1 : Variations de l'hétérogénéité des sols à l'échelle de la parcelle d'après l'atlas des sols lorrains. Exemple de variation des sols en fonction du relief. Cette variation s'exprime très souvent à l'échelle de la parcelle. (Schéma tiré de l'Atlas des Sols Lorrains)



Il résulte de cette diversité de matériaux et de situations qu'il devient possible de constater, sur une même parcelle, divers types de sols allant d'une rendzine superficielle contenant plus de 30 % de cailloux à un sol brun lessivé dont la teneur en limons dépasse 50 % ; d'autre part le relief assez vallonné et une érosion plus ou moins intense ont entraîné la formation de sols colluviaux d'épaisseur variable. A noter que sur la frange située à l'Est de la Haye, les argiles de Woëvre peuvent engendrer des sols à deux couches hétérogènes voire des pélosols. De même des dépôts de limons entraînent la formation de sols bruns lessivés (blanches terres). Ces trois types de sol peuvent s'entrecroiser sur la même parcelle amenant ainsi des contraintes supplémentaires pour appliquer une fertilisation raisonnée.

Le tableau ci-dessous concerne **la réserve en eau utile qui est la caractéristique principale intervenant sur la potentialité culturale des sols les plus représentés dans cette petite région naturelle.**

*Tableau I : Variations de la **réserve en eau utile** (RU) et des rendements en blé*

Sols	RU (mm)	Rendement (q/ha)
Argilo-calcaires très caillouteux, superficiels < 40 cm	30-50	58-64
Argilo-calcaires, 40 à 70 cm	50-80	68-72
Argileux, très caillouteux, plus profonds 40 à 50 cm	80-120	83-86
Limono-argileux, profonds > 80 cm	120-160	89-93
Fonds de vallon, très profonds	120-180	101-113

Cette hétérogénéité entraine, en fonction de la profondeur et du volume de terre fine, et donc **des réserves en eau utile exploitables par le système racinaire**, des variations de flux considérables des éléments nécessaires au développement optimum des végétaux cultivés.

Les rendements enregistrés, par l'intermédiaire du système G.P.S. installé sur une moissonneuse-batteuse, peuvent varier du simple au double pour une même variété ayant reçu, sur une même parcelle, une fertilisation uniforme et ayant subi des techniques culturales identiques. Ces informations peuvent alors être regroupées pour chacune des parcelles afin de **déterminer la potentialité globale de l'exploitation** comme en témoigne le tableau ci-dessous (Jacquin 2001).

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

Profondeur moyenne du sol	**Rendement q/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 cm	65	20	30	20
> 60 cm	75	10	20	70
Rendement moyen de l'exploitation		51	62	71

Ces informations permettent donc de déterminer sur une ou plusieurs exploitations l'hétérogénéité des potentialités pédoclimatiques entre différentes parcelles pour une même variété cultivée dans des conditions identiques.

Il devient donc possible d'estimer la valeur foncière d'une exploitation par rapport à d'autres ayant le même agro-système et situées dans des conditions pédoclimatiques similaires. De ce fait, **un jeune agriculteur pourrait, en connaissance de cause, prendre une décision,** s'il n'existe pas de documents pédologiques à grande échelle, sur le bien où il engage son avenir.

Elles devraient compléter les actions entreprises en vue de développer la pratique d'une agriculture raisonnée en adaptant des variantes de l'agro-système

aux caractéristiques du sol **:** choix des espèces, des variétés et des techniques culturales. De toute façon, dans les régions intermédiaires où l'hétérogénéité pédologique est courante, un apport d'intrants diversifié permettra un progrès non négligeable au point de vue économique tout en limitant d'éventuels risques environnementaux. Ce principe a guidé l'Enseignement et la Recherche Universitaire en **agroécopédologie** (Jacquin et Souchier 1975).

Ces types d'informations peuvent être utiles pour comparer des marges brutes à l'intérieur d'une région administrative notamment s'il n'existe pas de document pédologique à grande échelle.

Une **modulation intraparcellaire** 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 techniques du matériel présent sur l'exploitation. En effet, actuellement, malgré les recherches initiées et développées essentiellement par le service de radioagronomie du CEA (Guiraud et Fardeau 1977) puis par l'INRA, le degré d'interprétation des résultats analytiques concernant la fumure de certains éléments ne justifie pas une plus grande précision.

Pour des ajustements lors des derniers apports de fertilisants azotés, les critères, concernant la forme et la quantité, définis par l'un ou l'autre des tests reflétant l'état nutritionnel de la végétation , devront tenir compte des risques économiques et écologiques liés aux aléas climatiques prévisibles intervenant sur la qualité et sur le rendement.

Enfin pour les **agrosystèmes naturels, dénommés biologiques**, les interrogations et les incertitudes évoquées par Grammont en 2000 pour un bon usage des engrais chimiques ne devraient pas se poser. En effet, un document photographique, datant du début du vingtième siècle, concernant le niveau de productivité de ces sols argilo-calcaires superficiels, illustre indiscutablement la rentabilité d'un apport de sulfate d'ammonium. Il nous paraît également nécessaire de signaler la séance de l'Académie d'Agriculture organisée en 2003 par Tessier et Cheverry sur les pratiques de l'agriculture biologique.

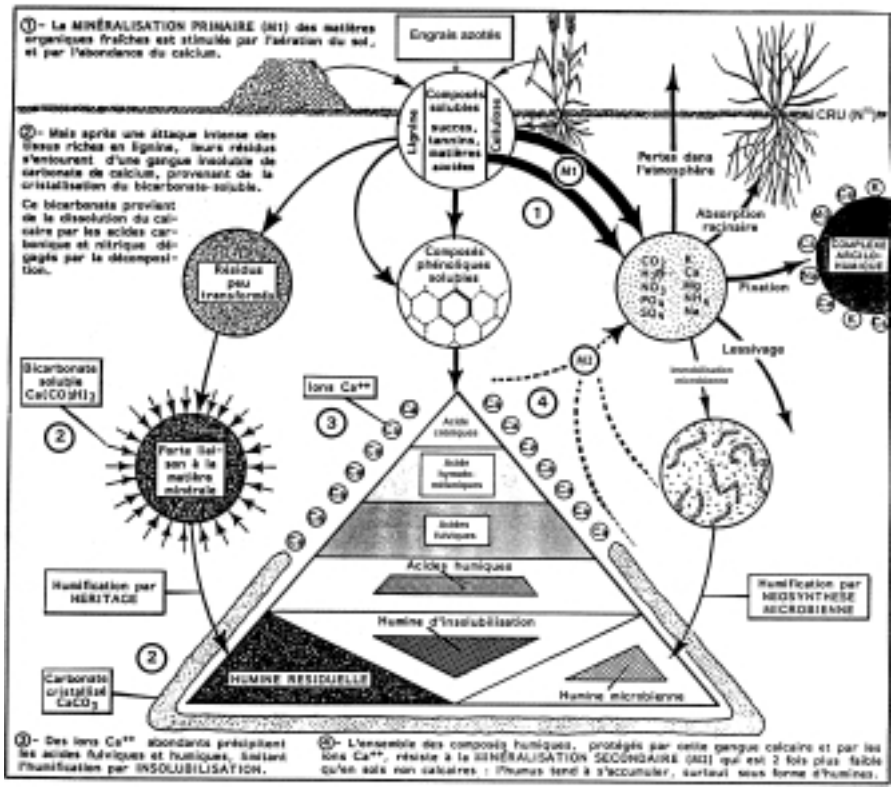
ETUDE DES COMPORTEMENTS BIOLOGIQUE ET BIOCHIMIQUE DU SOL

Dans les sols cultivés et saturés en ions Ca^{++}, il existe un **humus de type mull-carbonaté** dans lequel les matières organiques fraîches se décomposent rapidement sauf la lignine dont la dégradation est plus lente (Duchaufour et Jacquin 1957 et 1959, Jacquin et Le Tacon 1970). D'autre part l'adjonction de fertilisants azotés organiques ou minéraux modifie les cinétiques de transformation. Il existe donc, dans ce type d'humus, une spécificité des mécanismes par rapport à ceux rencontrés dans les sols sous milieux naturels, lesquels ont été très bien décrits par des auteurs ayant effectué une grande partie de leur carrière de chercheurs en Lorraine (Toutain 1981, Duchaufour 1983 et 2001, Bonneau et Souchier 1994).

Dans tous les cas, il se forme simultanément des composés carbonés de plus en plus condensés (**humification**) et libération de molécules simples (**minéralisation primaire**), ces dernières pouvant être absorbées directement par le système racinaire des végétaux. La cinétique de ces transformations est liée au rapport C/N ou plus précisément au rapport carbone cellulosique sur carbone lignifié par rapport à l'azote global y compris celui d'un apport récent de fertilisant. A noter que dans les horizons cultivés le rapport C/N oscille aux environs de 10. L'intensité de l'activité biologique dépend du pH, de l'état hydrique et de la température ambiante ; si toutes ces conditions sont à leur optimum, on assiste à une augmentation de l'activité microbienne. Or les microorganismes bactériens possèdent un rapport C/N voisin de 6, aussi lors d'un apport engrais, les microorganismes qui sont répartis dans tout le volume du sol, utilisent pour leur croissance l'azote engrais ; ce processus (de réorganisation) correspond à **l'immobilisation microbienne**. La durée de vie de ces microorganismes étant plus courte que celle des composés humifiés, il peut se produire une reminéralisation de la biomasse microbienne dénommée **minéralisation secondaire**. Il existe donc ainsi une nouvelle possibilité d'absorption d'azote par le système racinaire On assiste donc à une compétition entre plantes et sol. S'il se produit un déséquilibre entre ces mécanismes, il apparaît un risque de lessivage.

En utilisant les techniques isotopiques et analytiques, il a été possible d'étudier les variations qualitatives et quantitatives de ces transferts d'azote notamment ceux se produisant dans divers sols lorrains (Vong *et al* 1989, Vong *et al* 1990, Jacquin et Vong 1990, Jacquin *et al* 1992, Sulce *et al* 1996).

Figure 2 : Evolution de l'humus après apport de matériaux organiques et d'engrais azotés (Soltner 2003) établi d'après Jacquin (1996)



Une communication plus récente (Chéloufi et Jacquin 2003) a permis d'examiner les résultats obtenus à partir de deux sols lorrains, présentant à l'analyse des valeurs très différentes quant à la teneur en matière organique et de rapport C/N : ce dernier passe de 10,3 dans le rendosol pour une teneur en carbone de 2,83 % à 7,4 dans le néoluvisol où la teneur en carbone s'abaisse à 1,34 %. Le protocole a été réalisé sous paramètres contrôlés (humidité au voisinage de la capacité au champ et température du laboratoire). Après addition uniforme de sulfate d'ammonium marqué au N^{15}, ces sols ont été maintenus en incubation dans des vases pendant un mois. Après ce délai et plusieurs percolations afin d'éliminer tout l'azote minéral hydrosoluble, il a été constaté une immobilisation du N^{15} de 24,5 % dans le rendosol et de 21,7 % dans le néoluvisol. Ensuite une hydrolyse acide a permis de déterminer la fraction hydrolysable mais non distillable considérée comme englobant essentiellement la biomasse microbienne (Chaussod et Nicolardot 1982, Limaux *et al* 1998, Recous et Machet 1999). Cette fraction correspondait à 50 % pour le rendosol et 48,5 % pour le néoluvisol.

Afin de déterminer la stabilité de cet azote immobilisé, des grains d'orge ont été semés sur le sol des vases de végétation fortement lessivés. Après deux coupes successives de la végétation, les parties aériennes séchées à l'air libre ont été pesées puis le pourcentage d'azote total marqué absorbé par la plante test été déterminé. Celui-ci correspondait à 21,1 % pour le sol argilo-calcaire et il s'élevait à 59,2 % pour le sol brun lessivé. Indiscutablement les cinétiques de **reminéralisation** de l'azote engrais immobilisé sont très différentes suivant le type de sol soumis à des conditions climatiques et culturales similaires. Ces résultats permettent de mettre en évidence l'influence d'une même dose d'un apport d'engrais azotés sur les rendements et la qualité des productions végétales. Les apports de fertilisants devraient donc coïncider avec les périodes critiques des stades physiologiques des variétés végétales cultivées sur un type de sol déterminé. Ce constat se traduit par des contraintes difficiles à gérer lors d'emploi d'engrais solides sur des parcelles pédologiquement hétérogènes et de plus en plus soumises aux aléas climatiques locaux. Par exemple, si des précipitations orageuses se produisent après une période de sécheresse entraînant un ralentissement de la croissance des cultures, on assiste à un risque de lixiviation entraînant des conséquences financières et écologiques qui peuvent être importantes.

Quant au dégagement de protoxyde d'azote, il faut aussi le maîtriser par une fertilisation adaptée (Bichat 2006). Les constats de l'équipe de Dijon dans des cultures de colza sur sols argilo-calcaires sont significatifs (Germon *et al*. 1998).

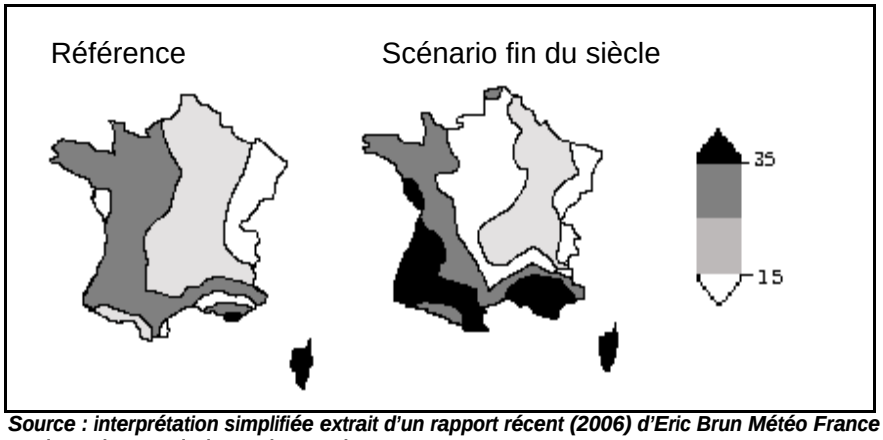
Aussi sur les sols argilo-calcaires superficiels situés en zone vulnérable et soumis à une réglementation des techniques culturales strictes, l'agriculture traditionnelle ne sera plus compétitive. D'autant plus que **dès 1973**, Schiavion et Jacquin ont démontré la présence dans les eaux de drainage et de percolation d'herbicides ou de leurs produits de dégradation largement plus nocifs qu'un enrichissement en ions nitrates.

LE CLIMAT

Les températures moyennes en France augmenteront. Elles devraient en été, passer de 18 à 23°C de moyenne.

Par ailleurs les cartes ci-dessous montrent que le nombre de jours consécutifs sans pluie en été devrait très sensiblement s'accroître d'ici la fin du siècle.

Figure 3 : Nombre maximum de jours consécutifs sans pluies en été



Source : interprétation simplifiée extrait d'un rapport récent (2006) d'Eric Brun Météo France repris par la commission parlementaire.

Lors de cette étude nous ne présenterons pas l'influence des variations climatiques locales car elles sont variables et aléatoires. Les prévisions à moyen et long termes viennent de donner lieu à de nombreux ouvrages. Entre autre citons ceux de Jancovici (2002) et le rapport récent par la mission parlementaire composée de Le Déhaut et de Kociuski-Morizet (2006).

ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES

Le centre de gestion de Meuse et Meurthe-et-Moselle, ADHEO 109 (2006), vient d'indiquer les chiffres moyens par hectare, pour l'année 2005, concernant, d'une part les primes PAC, et d'autre part l'excédent brut d'exploitation (EBE) pour de nombreux agro systèmes. Nous en présentons deux exemples :

- Ferme céréalière d'environ 155 hectares : primes = 327 _ ; EBE = 321 _ desquels pour obtenir le revenu, il faut soustraire les amortissements : 170 _ et les frais financiers : 30 _.
- Ferme mixte Lait céréales viande d'environ 160 hectares dont sensiblement la moitié est valorisée par de l'élevage (112 unités de gros bétail) : prime = 286 _ ; EBE = 516 _, desquels, pour obtenir le revenu, il faut soustraire les amortissements : 242 _ et les frais financiers : 45 _.

Ces deux exemples reflètent la tendance des structures d'exploitation actuelles. Les figures ci-dessous présentent l'évolution récente de l'excédent brut d'exploitation (EBE) au cours des neuf dernières années pour ces deux systèmes.

Deux groupes y sont comparés. Le premier rassemble les exploitations de deux régions naturelles : La Haye et le Barrois. Si les sols argilo-calcaires présentent des propriétés physico-chimiques analogues le régime pluviométrique est différent, le Barrois bénéficiant d'une pluviosité plus importante pouvant avoir un impact positif sur les rendements notamment si l'excédent de précipitations se produit en périodes printanière et estivale. Le deuxième est composé de l'ensemble des exploitations de Meuse et Meurthe-et-Moselle toutes régions naturelles confondues hors les 2 précédentes.

Figure 4 : Evolution depuis 1997 du EBE du système céréalier pur pour les exploitations de la Meuse et de la Meurthe et Moselle (en _/ha)

Pour le système céréalier, le graphe présenté montre une différence d'environ 50 _/ha sur la moyenne des neuf années étudiées, en défaveur des régions naturelles Haye et Barrois (soit –12,5 %).

Figure 5 : Evolution depuis 1997 du EBE du système lait-céréales pur pour les exploitations de la Meuse et de la Meurthe et Moselle (en _/ha)

Pour le système lait-céréales-viande, l'écart semble plus faible (16 _/ha sur la moyenne des 9 dernières années, soit – 3 %). La présence d'autres ateliers compense la baisse de résultat induite par les cultures de vente. De la même manière que pour le groupe céréalier, l'hétérogénéité de l'échantillon ne permet pas d'établir la signification statistique de cette différence.

En conclusion, il semblerait que les exploitations céréalières de la région Haye-Barrois subissent plus les effets pédo-climatiques que les autres régions naturelles, avec pour incidences, des résultats économiques plus faibles.

Ces résultats militent pour inciter les exploitations des régions sensiblement défavorisées en potentialité culturale à :

- adapter les apports d'intrants en fonction de cette potentialité,
- limiter les frais de mécanisation en ayant recours à des stratégies de techniques de cultures simplifiées, ou de recours à des prestations de service pour certains chantiers culturaux.

DISCUSSION

De nombreux facteurs interviennent sur la formation, puis, sur l'évolution des sols, donc sur leur potentialité et leur vulnérabilité (Duchauffour 2001). D'autre part le cycle biogéochimique naturel sous forêt (Toutain 1981) se différencie en fonction de l'exploration d'une certaine roche mère par le système racinaire. Il se forme des humus aux propriétés nutritives très différents (mull, moder, mor). Or le type d'humus résultant de l'apport de matériaux organiques dans ou sur un sol, conditionne toute l'activité biologique, que cette dernière intervienne sur les propriétés physiques ou sur le pouvoir nutritionnel.

Toute activité biologique possède une cinétique régie par deux facteurs essentiels l'humidité et la température. Les relations sol-eau-plante sont dépendantes de la réserve en eau utile du sol. Les variations climatiques prévisibles ne vont pas être régulières, mais elles sont inévitables tout en étant variables en intensité pour les diverses régions de l'hexagone. Pour l'agriculture, les situations géographiques locales et l'hétérogénéité du parcellaire engendreront des baisses de rendement et des fluctuations de qualité.

Il devient donc indispensable et urgent que, dans le cadre d'une liaison recherche-développement durable, des constats suivis de propositions concrètes

s'établissent localement. En effet les divers systèmes agro-sylvopastoraux sont déjà soumis aux variations climatiques actuelles (rendements, grêle, état sanitaire, maturité et qualité des productions sans oublier celle des eaux de consommation). Les milieux professionnels agricoles sont et seront les premiers touchés quant à leur revenu et leur niveau de vie.

L'Académie d'Agriculture de France se préoccupe de ces problèmes et je me suis permis de poser à J. M. Meynard responsable de la séance du 9/11/2005 (agronomie et développement durable) une double question :

1. Quel modèle de systèmes de productions végétales durables proposeriez-vous à un jeune agriculteur dont l'exploitation serait sur des sols argilo-calcaires superficiels ?
2. Quelle suggestion pouvez-vous proposer pour le futur aménagement de l'espace rural des vastes territoires cultivés sur ces types de sol aux potentialités très hétérogènes ?

Réponse de J. M. Meynard : « *Je n'ai pas de modèle clé en main à proposer. L'agronomie propose un ensemble de méthodes d'approche qui peuvent être mobilisées pour adapter les systèmes innovants. Il faudra les mettre en œuvre localement. Les faibles potentialité des sols argilo-calcaires superficiels de Lorraine et leur sensibilité au lessivage devrait conduire à s'engager vers des systèmes à niveau d'intrant très réduit, valorisant les autorégulations de l'agro système mieux que nous avons pu le faire jusqu'à présent mais qu'il serait présomptueux de ma part d'essayer de définir plus précisément.* »

Je me suis exprimé sur ce problème, par lettre, auprès de Guy Paillotin président de l'agence française de sécurité sanitaire environnementale et secrétaire perpétuel de l'Académie d'Agriculture de France. Il me répondit le 16/04/2006 : *« Je partage vos vues, même si elles ne sont pas totalement réjouissantes ; la production de biomasse énergétique peut jouer aussi un rôle, mais sera-t-elle un minimum rentable dans les zones peu favorables aux cultures ?* ».

CONCLUSION

Nous ne sommes plus à l'ère des moines mais à celle de la consommation et des loisirs de plus en plus sophistiqués. Il faudra donc s'en tenir à la trilogie : liberté-équité-solidarité pour maintenir un environnement durable mais viable pour tous.

Que proposer pour favoriser le maintien d'exploitations céréalières situées sur des sols à faible potentialité ?

1. Tenir compte des conseils de Marc Benoit, directeur de recherche au SAD de Mirecourt :
   « Deux enjeux se dessinent : 1) Contribuer à la protection de ressources rares : protéger l'eau potable plutôt que traiter une eau chargée en nitrate et résidus phytosanitaires, contribuer à diminuer drastiquement les gaz à effet de serre lorrains voire stocker du carbone à long terme, protéger et réintroduire des traits de biodiversité tant végétale qu'animale. 2) Contribuer à produire des biens nouveaux : fibres végétales dont les futurs usages et enjeux se dessinent au sein du

pôle fibres lorrain, paysages et chemins de découvertes de «mise au vert » des urbains, fermes pédagogiques pour expliquer un métier pratiqué par un nombre décroissant d'agriculteurs. »

2. Moduler les apports d'intrants en fonction de l'état du couvert végétal et en tenant compte de l'hétérogénéité intraparcellaire. Il faut noter que suivant ou précédant les conseils nationaux de Sebillote (1999) et de Thevenet (2000) de nombreuses actions avaient été entreprises et se poursuivent en Lorraine. Citons entre autres celles réalisées par Messmer (1997), la CRAL (1998), Simonin (2002), Hance (2003).
3. Acheter des terres superficielles au prix du marché actuel semble peu pertinent vu l'évolution climatique prévisible à court terme et la diminution des primes P.A.C.
4. Se diversifier sur la ferme par création d'atelier de transformation ou à l'extérieur en changeant partiellement d'orientation professionnelle.
5. S'investir dans une entreprise de travaux agricoles, forestiers ou publics.
6. Envisager le pâturage des pelouses calcaires par des ovins ou des caprins.
7. Remplacer une partie des cultures par de la forêt (hêtres, chênes mycorhizés pour la production de truffes). Bonneau (2006, com. pers.), directeur émérite de l'INRA, considère que sur les sols les plus superficiels surtout sur calcaire dur non fissuré, il n'y a pas d'exploitation économiquement valable. La forêt joue surtout un rôle de protection et son état peut se perpétuer sans problème. Dès que la couche d'argile de décarbonatation mêlée plus ou moins de limons atteint 30 cm, le hêtre est de très bonne qualité technologique et sa production suffisante pour que sa culture soit économiquement intéressante. Il n'existe pas de difficultés particulières de régénération et la fertilité des sols se maintient. Dans l'hypothèse d'un changement climatique, si les périodes de sécheresse édaphique et atmosphériques deviennent plus longues et plus sévères la hêtraie devrait céder la place à la chênaie mais le chêne n'est pas de bonne qualité sur les sols superficiels. Il n'y aurait guère que le recourt à des résineux assez xérophiles, par exemple le pin Laricio de Corse ou le cèdre. Chevalier (INRA Clermont-Ferrand) suggère que des plantations de chênes verts mycorhizés par la truffe soit une solution partielle (com. pers.).
8. Enfin au point de vue social, s'il n'existe pas de système capable de **faire vivre** une famille sur ses terres tout en respectant l'environnement, ne faut-il pas mieux arrêter l'agriculture dans ces zones ?

Je me permets une **suggestion provisoire** : effectuer la modulation des aides en fonction du bénéfice réel déterminé par des centres agréés de gestion auxquels font confiance un grand nombre d'agriculteurs (liberté). Cela ne devrait poser aucun problème administratif. Cette modulation devrait tenir compte des

potentialités du territoire, des contraintes environnementales, de l'âge et du nombre d'actifs sur l'exploitation (équité et solidarité).

BIBLIOGRAPHIE

ADHEO 109, 2006 - Comment typer votre entreprise par rapport à la typologie Lorraine ? Mémento agricole. Centre d'Economie Rurale du Grand-Est, 48 pages.

BICHAT H., 2006 - Intervention table ronde sur le rôle de l'agriculture dans la lutte contre le changement climatique, tome 2, 245-256. Editions de l'Assemblée Nationale.

BONNEAU M., SOUCHIER B., 1994 - Pédologie : constituants et propriété du sol. Edition Masson, tome 2, 665 pages.

CHAMBRE REGIONALE D'AGRICULTURE, 1998 - Caractérisation des sols et potentialités des productions : un outil pour le raisonnement de la fertilisation azotée, 45 pages.

CHAMBRE REGIONALE D'AGRICULTURE, ENSAIA, 1993 - Connaître les sols Lorrains et leur potentiel de production, 41 pages.

CHAUSSOD R., NICOLARDOT B., 1982 – Mesure de la biomasse microbienne dans les sols cultivés. 1. Approche cinétique et estimation simplifiée du carbone facilement minéralisable. *R. Ecol. et Bio du Sol* 19, 501-512.

CHELOUFI H., JACQUIN F., 2003 - Influence du pédoclimat sur l'évolution des composés azotés présents dans les sols Lorrains : conséquences sur la qualité des eaux. *Bull. Acad. Lor. Sc.*, 42 (1-4), 63-79.

DUCHAUFOUR P., 1983 - Pédologie : pédogenèse et classification. Masson, 491 pages.

DUCHAUFOUR P., 2001 - Abrégé de pédologie, introduction à la science du sol : sol, végétation, environnement, 6ème édition Dunod, 331 pages.

DUCHAUFOUR P., JACQUIN F., 1957 - De l'influence comparée de deux légumineuses sur la teneur en azote d'un sol calcaire. *C. R. Acad. Sci.*, 244, 1256-1258.

DUCHAUFOUR P., JACQUIN F., 1959 - Note sur l'évolution de la matière organique dans les sols, *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 45 (10), 516-519.

FLORENTIN L., 2005 - Carte pédologique de Metz, feuille 7. INRA-SESCP, INFOSOL, Orléans.

GERMON J.C., HENAULT C., PAGE S., LUCAS J.L., REAU R., 1998 - Les émissions de protoxydes d'azote sous culture de colza. *O.C.L.*, 5, 5-11.

GIRARD M. C., GURY M., FLORENTIN L., 2003 - Comparaison de la synthèse de cartes de sols et de la segmentation d'images satellitales pour l'élaboration d'une carte des sols au 1/250 000, application à une zone de la Lorraine. *Etude et gestion des sols*, 10, 1, 43-60.

GRAMMONT A., 2000 - Le bon usage des intrants en agriculture : les interrogations et les incertitudes. *C. R. Acad. Agri. Fr.*, 86, 161-167.

GUIRAUD G., FARDEAU J.C., 1977 - Dosage par la méthode Kjeldahl. des nitrates contenus dans les sols et les végétaux. *Ann. Agron.* 28, 329-333.

HANCE E., 2003 - De la caractérisation des sols au raisonnement de la fertilisation azotée. 11 pages. Editions Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine.

JACQUIN F., 1996 - Evolution rôle et gestion de la matière organique en sols cultivés sous climats tempérés. Réalisation Médiacom déposée à Educagri, Dijon, accompagnée d'un livret de 20 pages.

JACQUIN F., 2001 - Agriculture raisonnée : comparaison entre carte pédologique et cartes de rendement. *Etude et gestion des sols*, 8 (2), 149-156.

JACQUIN F., FLORENTIN L., 1988 - Atlas des sols de Lorraine, 113 pages. Presse Universitaire de Nancy Ed.

JACQUIN F., FLORENTIN L., 1998 - Le système GPS : outil d'aide à la connaissance des sols. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 64, 43-46.

JACQUIN F., LE TACON F., 1970 – Influence des formes de calcium sur l'évolution des résidus ligneux sous climat tempéré. *Bull. ENSA*, 11, 1-11, 12-20.

JACQUIN F., SOUCHIER B., 1975 - Habilitation D.E.A. et Thèses en Agroécopédologie par l'I.N.P.L. Nancy.

JACQUIN F., VONG P.C., 1990 - Quantification des mécanismes d'organisation et de minéralisation de l'azote en sols cultivés. *Science du sol*, 28 (4), 349-362.

JACQUIN F., CHELOUFI H., VONG P.C., 1992 - Immobilisation and mineralisation kinetics of a nitrogen fertilizer in calcareous clayed soil (rendzina). *Sciences of the Total Environnement*, 117-118, 271-278.

JANCOVICI J.M., 2002 - L'avenir climatique, Edition du seuil, 284 pages.

KING D., JAMAGNE M., ARROUAYS D., BORNAND M., FAVROT J.C., HARDY R., LE BAS C., STENGEL P., 1999 - Inventaire cartographique et surveillance des sols en France. Etat d'avancement et exemple d'utilisation. *Etude et gestion des sols*, 6 (4), 215-228.

LE DEAUT J. Y., KOSCIUFKO-MORIZET N., 2006 - Changements climatiques : le défi majeur. Rapport 3021, tomes 1 et 2.

LIMAUX F., BENOIT M., JACQUIN F., RECOUS S., 1998 - Le devenir des fertilisants azotés : Utilisation par la plante, immobilisation, lixiviation et pertes par voies gazeuses. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 84 (5), 95-117.

MEYNARD J. M., 2005 - Agronomie et développement durable. *C. R. Acad. Agri. Fr.*, 91, 5, séance du 9 novembre.

MESSMER Y., 1997 - Fertilisation P-K en Lorraine : le cahier des doses. Arvalis-Nancy 47 pages.

RECOUS S., MACHET J.M., 1999 - Short term immobilisation and crop uptake of fertiliser nitrogen applied to winter wheat: effect of application in spring. *Plant and Soil*, 206, 137-149.

SCHIAVION M., JACQUIN F., 1973 - Etude sur la présence d'atrazine dans les eaux de drainage. Compte-rendu d'une journée d'étude sur les herbicides, pages 35–43. COLUMA.

SEBILLOTE 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, 11-12.

SIMONIN P., 2002 - Réédition de la Réglette Azote en vue de la fertilisation du Colza, 6 pages.

SOLTNER D. 2003 - Les bases de la Production végétale, tome 1, le sol et son amélioration. Sciences et Techniques Agricoles, page 36.

SULCE S., PALMA–LOPEZ D., JACQUIN F., VONG P. C., GIRAUD G., 1996 - Study of immobilization and remobilization of nitrogen fertilizer in cultivated soils by hydrolytic fractionation. *Eur. J. Soil Sc*., 47, 249-255.

TESSIER D., CHEVERRY C., 2003 - Les pratiques de l'agriculture biologique : gestion d'une exploitation et bilan des éléments. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 89, 1.

THEVENET G., 2000 - Le bon usage des intrants en agriculture : les faits et les certitudes. *C. R. Acad. Agri. Fr*., 2000, 86, 139-159.

TOUTAIN F.. 1981 - Les humus forestiers, structure et modes de fonctionnement. *Rev. Forest. Fr*., 23, 449-477.

VONG P.C., BOUCHAMA J., JACQUIN F., 1989 - Contribution à l'étude du potentiel de minéralisation de l'azote en sols cultivés lorrains. *Science du sol*. 27 (3), 215-226.

VONG P.C., KABIBOU I., JACQUIN F., 1990 - Etude des corrélations entre biomasse microbienne et différentes fractions d'azote organique présentes dans deux sols lorrains. *Soil Biol. Biochem.* 22 (3), 385-392.