

# Sciences Eaux & Territoires

La revue du Cemagref

Article hors-série numéro 1

## Pratiques agricoles et fertilité des sols en France

Jean-Jacques CHITRIT et Yvan GAUTRONNEAU

[www.set-revue.fr](http://www.set-revue.fr)

The screenshot shows the website interface for Sciences Eaux & Territoires. At the top, there are navigation links for 'English', 'Alertes mail', and 'Abonnement RSS'. A search bar is present with the text 'Recherche avancée' and a 'OK' button. The main content area is divided into several sections:

- Accueil**: A sidebar menu with links to 'Derniers numéros', 'Les éco-indicateurs au service de l'agriculture durable', 'Pratiques agricoles et biodiversité', 'Public policy and biodiversity', 'Risques agricoles en montagne', 'L'évaluation du risque biologique dans les milieux aquatiques', 'À propos de la revue', 'Présentation', 'Instructions aux auteurs', 'Archives', 'Sciences Eaux & Territoires', 'Ingénieries EAT', and 'Contacter la rédaction'.
- Politiques publiques et biodiversité**: A main article section with the sub-heading 'Problématiques scientifiques, enjeux politiques et actions locales'. It includes a 'Sommaire' section with bullet points: 'Éditorial : 2010, un nouveau départ pour la biodiversité?', 'Quelques réflexions sur la notion de biodiversité', 'Les valeurs de la biodiversité dans les milieux et corridors littoraux', and 'La construction de la biodiversité comme problème politique et scientifique, premiers résultats d'une enquête en cours'. Below this is a 'Voir le sommaire complet' link.
- Alertes mail**: A section for newsletter sign-ups with the text 'Pour un meilleur informé des nouveaux articles parus des leur mise en ligne...' and a 'S'inscrire' button.
- En ligne...**: A section for online numbers with the text 'Les numéros en ligne actuellement [lire la suite](#)'.
- Le Cemagref**: A section with the text '10 Mars 2011' and 'Le Cemagref a 30 ans'.
- Archives**: A section for past issues with the text 'Anciens numéros SET | Archives Ingénieries EAT' and a 'lire la suite' link.

### Sciences Eaux & Territoires, la revue du Cemagref

Article hors-série numéro 1 – 2011

Directeur de la publication : Roger Genet

Directeur éditorial : Nicolas de Menthiera

Comité éditorial : Jacques Bories, Sylvane Casademont, Denis Cassard, Camille Cédra, Catherine Fouchier, Jean-Joël Gril, Alain Hénaut, Bruno Hérault, Emmanuelle Jannès-Ober, Philippe Jannot, André Le Bozec, Éric Maillé, Gwenael Philippe, Christian Rigaud et Michel Vallance.

Rédactrice en chef : Caroline Martin

Secrétariat de rédaction et mise en page : Valérie Pagneux

Infographie : Françoise Peyriguer

Conception de la maquette : CBAT

Contact édition et administration :

Cemagref-DPV – BP 44 – 92163 Antony Cedex

Tél. : 01 40 96 61 21 – Fax : 01 40 96 61 64 – E-mail : [set-revue@cemagref.fr](mailto:set-revue@cemagref.fr)

Numéro paritaire : 0511 B 07860 – Dépôt légal : à parution – N°ISSN : 2109-3016

Photo de couverture : Goodshoot

## Pratiques agricoles et fertilité des sols en France

**Sous l'effet conjugué des mauvaises pratiques agricoles et de l'érosion, 5 % des sols disparaissent chaque année dans le monde. Qu'en est-il en France ?**

**Les pratiques culturelles évoluent-elles vers une amélioration de la qualité et de la fertilité des sols ou au contraire contribuent-elles à leur détérioration ?**

**Des éléments de réflexion sont présentés ici à travers l'étude de deux enquêtes.**



L'Écologie est aujourd'hui à la base de toute organisation rationnelle de la production ». Ainsi s'exprimait voici plus de soixante ans un des pères de la science du sol et de la pédologie en France, Albert Demolon (Demolon, 1949), ajoutant : « On a pu dire

de façon quelque peu paradoxale que la France ne possédait plus de sols, exprimant par là le fait qu'hormis les sols de forêts, les autres ont été plus ou moins profondément troublés dans leur évolution naturelle par l'Agriculture ». Qu'en est-il aujourd'hui, où les pédologues parlent de qualité des sols plutôt que de fertilité des sols ? Cet article est ciblé sur une des principales fonctions des sols, à savoir l'usage à finalité de production agricole et l'on parlera de fertilité des sols plutôt que de qualité des sols dont une définition a été donnée dans le cadre du programme GESSOL<sup>1</sup> (Citeau *et al.*, 2008).

Les sols, comme toute ressource naturelle non renouvelable à l'échelle humaine, ont une « évolution naturelle », et nos collègues suisses disent qu'ils sont « vivants » (Gobat *et al.*, 1998), c'est-à-dire qu'ils sont le siège d'une vie intense de microorganismes dont le rôle dans la fertilité des sols est reconnue (rôles de l'humus, de la matière organique...). Les agronomes français parlent plutôt de la vie dans le sol ou de la composante biologique du sol, et préfèrent le terme de « potentialités culturelles » à celui de fertilité... La définition de la « fertilité du sol » a évolué dans le temps, passant d'une notion de valeur à une notion d'état, et prenant en compte la complexité du sol et ses fonctions multiples : production alimentaire, production de biomasse, stockage de carbone, réservoir d'eau, réservoir de biodiversité, filtre pour la qualité de l'eau, etc. (Stengel *et al.*, 2009).

Faut-il pour autant considérer que « la fertilité du sol est une notion héritée d'une époque où l'agriculture n'utilisait comme facteur de production que le travail... »

(Fardeau et Stengel, 1998)? Les agriculteurs utilisent fréquemment aujourd'hui le terme de « fertilité du sol » et certains affirment que la fertilité du sol baisse. Les chercheurs sont plutôt en désaccord avec cette affirmation : « La baisse de la fertilité (est) une préoccupation démodée » (Boiffin et Stengel, 2000).

Rappelons que les préoccupations des agronomes et des producteurs sur le maintien de la fertilité des sols sont anciennes (Boulaine, 1989). Dans les années 1950, Jacques Duche, biologiste des sols au Centre national de la recherche scientifique et au Muséum national d'Histoire naturelle, constatait que : « Le bilan des sols améliorés par l'homme et des sols qu'il détruit se solde par une destruction » (Duche, 1950), destructions qui ont pour noms : pertes de matières organiques, lessivages, salinisation, compactages, artificialisations, etc.

Six décennies plus tard, dirions-nous que les pratiques agricoles actuelles ont évolué de façon à améliorer la qualité des sols agricoles cultivés ou leur fertilité, ou au contraire ont-elles conduit à une détérioration de cette dernière ?

Nous proposons ici quelques éléments de réflexion au travers de deux outils : les enquêtes sur les pratiques culturelles réalisées par le Service de la statistique et de la prospective (SSP)<sup>2</sup> du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire (encadré ①, page 5) et une enquête DELPHI-Fertilité des sols (encadré ②, page 8).

**1.** La qualité des sols est définie par le programme GESSOL comme « la capacité pour un sol d'un type donné de fonctionner, dans les limites écosystémiques naturelles ou anthropisées où il se situe, pour assurer la productivité végétale et animale, maintenir ou améliorer la qualité de l'eau et de l'air et contribuer à la santé et aux activités humaines. »

**2.** Nouvelle appellation du SCEES, Service central des enquêtes et études statistiques.



❶ L'augmentation de la taille des parcelles agricoles et la simplification des rotations et assolements ne sont pas sans conséquences sur la fertilité des sols (érosion, baisse des teneurs en matière organique).

### Les enquêtes « pratiques culturales » du SSP/SCEES

Les résultats des enquêtes « pratiques culturales » du SSP/SCEES de 1994, 2001 et 2006 apportent un éclairage de la réalité des pratiques agricoles, les informations contenues dans ces enquêtes étant très riches d'enseignement.

L'analyse qui suit, est ciblée essentiellement sur le blé tendre (97 % de la sole française en 2006), complétée, pour certaines pratiques, par des résultats sur le maïs grain (92 % de la sole française en 2006).

Elle concerne les pratiques choisies entre autres pour leur influence directe ou indirecte sur la fertilité des sols dont les résultats, résumés dans l'encadré ❶, feront l'objet de commentaires succincts.

#### Assolements et rotations

Ces pratiques sont figurées par la place du blé tendre dans l'assolement et dans la rotation. Cette production augmente avec la taille de l'exploitation, ce qui se vérifie particulièrement pour 2001 et 2006, et ce qui ne va pas sans poser des problèmes de têtes d'assolement. Le blé tendre se succède à lui-même, en moyenne, pour plus d'un cinquième de la surface totale de l'exploitation, en 2006, soit trois fois plus qu'en 1994, confirmant ainsi cette observation de « simplification avérée des rotations » soulignée par les chercheurs (Expertise collective INRA-Cemagref, 2005). Cette situation entraîne des pertes de rendement bien connues, avec des problèmes phytosanitaires mal maîtrisés et un potentiel productif des sols pouvant être affecté (phénomène qualifié de « fatigue des sols » dans les années 1980 (Bouhot *et al.*, 1982).

Ces résultats confirment bien l'évolution vers l'agrandissement de la taille des exploitations agricoles (photo ❶). Dans ces grandes exploitations, on observe par ailleurs très souvent une augmentation de la taille des parcelles et la simplification des rotations et assolements, non sans conséquences sur la fertilité des sols (érosion, baisse des teneurs en matière organique).

#### Engrais verts et cultures intermédiaires (CIPAN)

L'utilisation des cultures intermédiaires piégées à nitrates (CIPAN, engrais verts) n'est pas vraiment entrée dans les pratiques agricoles courantes et reste cantonnée à moins de 1 % des surfaces de blé tendre en 2006, et moins de 20 % des surfaces en maïs, ceci malgré leurs avantages quant à l'amélioration de la fertilité des sols et à la réduction des pollutions par les nitrates. Cette observation rejoint ce que le SCEES pointait du doigt « Des terres trop souvent nues entre deux cultures », « Peu de pratiques alternatives en grandes cultures » (Ageste Primeur, 2004) en analysant la situation en 2001. En particulier, la part des sols nus pendant l'inter-culture en 2001 était estimée à 85 % pour le maïs grain et à 79 % pour le blé tendre. La situation en 2006 ne montre que peu de progrès par rapport à 2001, sauf pour le maïs (18 % de la sole). L'approche régionale est plus significative avec des régions comme la Bretagne, la Picardie, voire le Nord-Pas-de-Calais, plus concernées par l'implantation d'un engrais vert ou d'une CIPAN (cas du maïs). En fait, la faisabilité de ces cultures intermédiaires dépend principalement de la durée de l'inter-culture et donc de la rotation des cultures, mais on ne trouve pas cette information dans les enquêtes SCEES/SSP.

Certaines enquêtes réalisées en 2004 dans l'Ouest de la France (Thareau *et al.*, 2008) ont montré que la proportion de sols nus a fortement chuté dans les zones d'action prioritaires (ZAC) entre 2000 et 2003, grâce notamment à des aides spécifiques (ICCS ou indemnité compensatoire de couverture des sols).

En Bretagne, la couverture hivernale des sols étant obligatoire, il ne devrait y avoir aucun sol nu (communication de la Direction régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt du 4 mars 2011), alors qu'au cours de la période 2000-2003, le potentiel de sols nus en hiver dans le grand Ouest représentait près du quart des surfaces cultivées (Thareau *et al.*, 2008). « L'objectif est d'atteindre 100 % en 2012 en fonction des conditions locales » (Objectif Terres 2020, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire, 2009).

### ► Mode d'implantation des cultures

La simplification du travail du sol (TCS, techniques culturales simplifiées ou TCSL, techniques culturales sans labour) est une pratique en nette progression, surtout après 2001 : pour le blé tendre, les surfaces implantées par TCS ont été multipliées par 2,5 entre 2001 et 2006 et représentaient presque la moitié de la sole. En septembre 2004, le SCEES (Agreste Primeur, 2004) soulignait que « le non-labour s'étend doucement » entre 1994 et 2001, mais avec « un tiers des grandes cultures semées en 2006 sans retournement des sols » (Agreste Primeur, 2008). Les techniques sans labour sont considérées comme ayant un impact important contre l'érosion des sols et sur la qualité de l'eau (Perspectives Agricoles, n° 348, septembre 2008). Du point de vue de la fertilité physique et biologique, les labours profonds sont en effet dommageables, entraînant une dilution de la matière organique et une réduction de l'activité des vers de terre. L'utilisation de ces techniques (TCSL) permettent aux agriculteurs de « redécouvrir les deux piliers de l'agronomie que sont le sol et la rotation des cultures » (Gautronneau, 2007). Mais elles n'ont pas que des avantages (par exemple, recours accru et systématique aux herbicides – Richard *et al.*, in Stengel *et al.*, 2009), et d'ailleurs, les agriculteurs pionniers de ces techniques en relèvent eux-mêmes les limites et s'orientent vers des techniques de semis direct sous couvert, incluant un recours réduit et non systématique aux herbicides, techniques difficilement maîtrisables, que certains agriculteurs ont abandonné.

⊗ Les labours profonds sont dommageables pour la fertilité des sols, car ils entraînent une dilution de la matière organique et une réduction de l'activité des vers de terre.



© C. Cétra (emagrif)

### Apports de matières organiques

Le blé tendre est une culture qui reçoit peu de matières organiques, moins de 10% de la sole cultivée. Par contre, les apports de fumure organique sur maïs concernaient près d'un tiers des surfaces en maïs grain et plus de 80% des surfaces en maïs fourrage, en progression sensible. Ici aussi, les différences régionales sont marquées selon l'importance des productions animales. Et ce qui compte vraiment, c'est l'apport total de matière organique sur l'ensemble de la rotation. L'importance de cette pratique sur la fertilité des sols et leur capacité à résister à l'érosion est bien connue (Teissier, in Stengel *et al.*, 2009).

### Méthodes d'ajustement de la fertilisation azotée

On peut remarquer l'importance de l'absence de tout ajustement, surtout en 1994 et 2006, ainsi que le développement des ajustements basés sur l'aspect visuel général des parcelles, et constater une utilisation d'outils de pilotage un peu plus fréquente, surtout en 2006, avec d'importantes disparités interrégionales en 2001 (Agreste Primeur, 2005). La présence de productions animales et l'apport de fumures organiques semblent intervenir dans le mode de gestion de l'azote. Les chercheurs de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) mettent l'accent sur les conséquences des « pratiques d'impasses » et du moindre recours aux analyses de terre (comme ceux de l'enquête DELPHI) risquant d'entraîner une réduction à moyen terme de la fertilité des sols (Pellerin *et al.*, in Stengel *et al.*, 2009).

### Niveau de fertilisation azotée minérale

L'évolution des apports de fumure azotée minérale selon la dose N/ha (azote par hectare) sur le blé tendre montre qu'en douze ans, il y a globalement stabilité des parts de la sole de blé tendre selon les apports d'azote. On peut cependant observer que pour des doses moyennes de plus de 160 N(kg/ha), en 2006, 1% des surfaces supplémentaires reçoivent en moyenne 2,5 kg N/ha de plus qu'en 1994 pour un rendement moyen supérieur de 2 kg/ha (tableau SCEES).

Qui plus est, entre 1994 et 2001, les apports supplémentaires d'azote (+ 12,5 kg N/ha en moyenne) ne sont pas traduits par de meilleurs rendements, les conditions climatiques se chargeant de faire chuter les rendements et d'alimenter les eaux en conséquence ! (Agreste Primeur, 2005). Or, en grandes cultures le poste engrais représentait en moyenne 12% des charges d'exploitation en 2006, comme en 2001 (source : RICA, Réseau d'information comptable agricole), ce qui est loin d'être négligeable dans un contexte de réduction des coûts de productions et d'augmentation importante des coûts des intrants (IPAMPA, indice des prix d'achat des moyens de production agricole).

En outre, on peut souligner que si les excédents azotés ont bien diminué entre 2001 et 2006 en Bretagne, il n'en reste pas moins que « (...) sur l'ensemble des parcelles de céréales, maïs et prairies, 43 kg d'azote par hectare (kgN/ha) sont épandus en trop par rapport aux besoins des plantes » (Agreste Bretagne, 2008).

De même, en apportant sur le maïs grain en moyenne 2 kg N/ql de maïs récolté, « c'est plus que les exportations de la plante » (Agreste Primeur, 2008).

## 1 L'ENQUÊTE « PRATIQUES CULTURALES » DU SCEES

Tous les cinq ou sept ans, le Service central des enquêtes et études statistiques (SCEES, désormais appelé SSP, Service de la statistique et de la prospective) du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire effectue des enquêtes dites « Pratiques culturelles » visant plusieurs objectifs (Agreste, 2008) : indicateurs agri-environnementaux, incidences sur la directive « Nitrate », mise en œuvre du code de bonnes pratiques agricoles et des programmes d'actions sur les zones vulnérables.

Cette enquête a concerné les campagnes culturelles 1994, 2001 et 2006 desquelles nous avons extrait quelques résultats et leurs évolutions sur douze ans, un survol en quelque sorte. L'enquête « cerne au plus près les rapports entre agriculture et environnement, puisque les pratiques culturales conditionnent largement l'intensité des pressions » (Rapport à la Commission des comptes et de l'économie de l'environnement, Réponses environnement, Agriculture et environnement, 2005).

Elle repose sur un échantillonnage de parcelles, statistiquement représentatif à l'échelle du département, pour une douzaine de productions agricoles parmi les plus importantes, en tenant compte de la qualité des zones au titre de la directive « Nitrate » (zones vulnérables ou non). Les résultats peuvent être regroupés au niveau régional, par production, ou par pratiques.

Les questions portent, entre autres, sur la place de la culture dans la surface agricole utile (SAU), les précédents (rotations), les cultures intermédiaires (engrais verts, cultures intermédiaires pièges à nitrates), le mode d'implantation de la culture (techniques culturales simplifiées ou labours), les apports de matières organiques, les fumures minérales azotées, phosphatées, potassiques, les rendements aux normes, les produits phytosanitaires, l'irrigation.

La base de sondage est l'enquête TERUTI (utilisation du territoire) et le champ couvert est donné par la surface et le nombre de parcelles concernées au niveau départemental comme le montre les tableaux 1 et 2.

### 1 Représentativité statistique de quelques cultures (Agreste, 2008).

	Blé tendre	Maïs grain	Maïs fourrage
Nombre de parcelles	3 859	1 932	1 625
Superficies extrapolées	4 630,5	1 348,4	1 260,8
Champs couverts (% de la surface totale cultivée)	97 %	92 %	

### 2 Quelques pratiques culturales en France d'après les enquêtes sur les pratiques culturales (EPC) 1994, 2001 et 2006 du SCEES (SCEES/Agreste).

Pratiques culturales (en % surfaces)/EPC	1994	2001	2006	Tendances (+/-)
Place du blé tendre dans l'assolement (%)				
- exploitations ≤ 50 ha SAU	16	11	10	-
- exploitations > 50 à 80 ha SAU	32	17	14	-
- exploitations > 80 ha SAU	52	72	76	+++
Précédent cultural du blé tendre				
- blé tendre	13	19	21	++
- maïs grain fourrage	21	21	24	=
- colza ou tournesol	22	34	30	+
- autres, y compris jachères	44	26	25	--
Cultures intermédiaires (CIPAN), engrais verts)				
- blé tendre	0,3	1	1	=
- maïs grain/fourrage	1/5	5	18	+++
Mode d'implantation de la culture : TCS				
- blé tendre	12	17	44	+++
- maïs grain	2	5	17	+++
- maïs fourrage	2	5	17	+++
Apports de matières organiques				
- blé tendre	6,3	6	8	+
- maïs grain	25	27	31	++
- maïs fourrage	74,5	79	82	+++
Méthodes d'ajustement de la fumure azotée du blé tendre				
- sans ajustement/réévaluation	77	38	75	+
- sur aspect visuel général des parcelles	15	46	54	+++
- mesures de peuplement	8	25	22	+
- modifications liées à d'autres facteurs (reliquats...)	9	20	-	
- outils de pilotage	-	22	57	+++
Apports de fumure azotée minérale sur blé tendre				
- pas d'apports	1	1	2	++
- moins de 120 N (kg/ha)	15	12	14	+
- de 121 à 160 N (kg/ha)	27	21	28	+
- de 161 à 240 N (kg/ha)	56	62	56	=
- 241 N et plus (kg/ha)	1	4	2	+
Dose moyenne N sur blé tendre (kg/ha)	162,5	175	165	++
rendements aux normes du blé tendre (qx/ha)	70,1	70	72	=/+

### ► L'enquête DELPHI-Fertilité des sols (mai 2005-décembre 2006)

Entre mai 2005 (1<sup>er</sup> « tour ») et octobre 2006 (2<sup>e</sup> « tour »), une enquête DELPHI simplifiée a été lancée, à titre de test, auprès d'une vingtaine d'experts sur l'état actuel et futur de la fertilité des sols. Ces experts ont été choisis parmi des agronomes ou des pédologues connus pour être très concernés par les sols et travaillant dans des structures très diverses afin de recueillir une large gamme de points de vue, parmi des « prescripteurs » et des exploitants agricoles. Ainsi, bien que le nombre d'experts soit restreint, elle permet d'obtenir des résultats à caractère générique. Les principaux résultats de cette enquête d'un type particulier, basée sur une recherche de consensus sinon de convergences sur les questions posées (définition, état actuel et futur) figurent dans l'encadré 2 et ont fait l'objet d'une restitution lors d'un salon agricole (Chitrit, 2008).

Et elle a donné une réponse plutôt négative sur l'état actuel et futur de la fertilité des sols, tout en mettant l'accent sur l'importance de pratiques agricoles adéquates pour le maintien et l'amélioration de cette qualité fondamentale des sols agricoles qu'est leur fertilité.

La dégradation des sols en France, rappelée à cette occasion, et confirmée par ailleurs par des analyses beaucoup plus poussées (Girard *et al.*, 2005), s'explique principalement par des pratiques agricoles inadéquates et trop axées sur la composante chimique de la fertilité. L'agriculture dite conventionnelle se focalise en effet sur la recherche de rendements maximum *via* une fertilisation minérale soutenue ciblée sur les besoins de la plante et négligeant souvent les fournitures du sol, faute d'analyses fréquentes. Le sol est alors considéré simplement comme un support inerte. Cette démarche a été mise en cause par les agronomes dès les années 1980, avec des préconisations intégrant le rôle central du sol dans une démarche systémique d'interactions des trois composantes physique, chimique et biologique. Une opération nationale a même été mise en place en France (appelée « La relance de l'agronomie » et initiée par Michel Sebillotte (1980-89). Les chambres d'agriculture ont presque toutes recruté des agronomes à cette fin. Puis très vite, la réforme de la PAC (Politique agricole commune) de 1992 est arrivée et a stoppé net cette relance de l'agronomie pour faire la place à la prédominance des considérations économiques à court terme. Les chambres d'agriculture ont très vite reconverti leurs agronomes soit en « spécialistes des primes PAC » ou en « spécialistes de l'environnement » (au sens réglementaire). Dans le même temps, le conseil technique aux agriculteurs est passé aux mains de techniciens appartenant au secteur de l'agrofourniture. L'approche systémique de l'agronomie a ainsi été vite oubliée et les agronomes correspondant à cette approche ont dû, pour la plupart, se reconvertir.

Aujourd'hui, l'Union européenne se préoccupe de la qualité des sols (Commission européenne, 2009). Les chercheurs de l'INRA ont longtemps considéré comme alarmistes les positions de certains intervenants de terrain qui, comme Claude Bourguignon (première édition de son livre en 1989), s'inquiétaient à cette époque de

la baisse de la teneur en matière organique des sols en France. Aujourd'hui, les chercheurs adoptent une position plus nuancée en prenant conscience d'une « dérégulation » des pratiques, avec une réduction du recours à l'analyse de terre et des « pratiques d'impasse » (Stengel *et al.*, 2009). Ils rejoignent ainsi les propos de Claude Bourguignon, parlant du « rôle incontournable de la faune et des champignons dans la fertilité des sols agricoles » (Bourguignon *et al.*, 2008). Mais ce dernier est néanmoins peu crédible lorsqu'il affirme que « les sols français sont tous morts ». Dans cette enquête, 63 % des experts considèrent la fertilité des sols (question 3) comme « dégradée », « état critique », ou « artificielle ».

À l'issue de cette enquête, une liste indicative de pratiques agricoles adaptées au maintien ou à l'accroissement de la fertilité des sols a été établie sur la base des arguments les plus fréquemment cités par les experts : **rotations longues, apports réguliers de matières organiques, TCS ou TCSL, cultures associées, engrais verts et couverts végétaux durant les inter-cultures longues, semis direct sous couvert vivant, décompactages de limons hydromorphes** (dont le pilier physique est bloqué par une compaction excessive), **maintien et plantations de haies, agroforesterie, parcellaire de taille optimum**. Dans notre enquête, les tailles citées variaient entre cinq et dix hectares (en production intégrée, on parle d'une quinzaine d'hectares, dans un maillage d'infrastructures écologiques – Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 2009). Cette liste n'est bien sûr qu'indicative, mais elle rejoint ce qui se fait en agriculture biologique ou en agriculture de conservation, et ce qui s'élabore dans les démarches de type agriculture écologiquement intensive.

### Conclusions

Les pratiques culturales permettant une meilleure gestion de la fertilité des sols et une amélioration de cette « qualité native » d'un sol (Ranger in Stengel *et al.*, 2009) n'ont pas connu en France de progrès décisifs ces dernières décennies, à l'exception :

- **du développement des TCS**, considérées comme bénéfiques comparativement au labour profond, mais par ailleurs non exemptes de critiques. D'ailleurs, ce mouvement appelé « Agriculture de conservation » prône aujourd'hui le semis direct sous couvert vivant (avec absence totale de travail du sol) et les producteurs sont de plus en plus nombreux à s'y intéresser, mais du fait des difficultés techniques de mises en œuvre, il y a encore peu de concrétisations (DRRAAF Bretagne/SRISE, 2009) ;
- **des pratiques utilisées par les agriculteurs biologiques** (Solana, 1999).

La dégradation de la fertilité des sols n'est pas un mythe. Les experts la constatent pour plus de 60 % d'entre eux dans notre enquête DELPHI. Ce concept de fertilité n'est pas non plus une « relique » de temps révolus, et le sol est bel et bien une ressource naturelle non ou difficilement renouvelable, et comme pour toute ressource naturelle (eau, air, sols), il n'existe pas de produits de substitution qui puissent être durable sans conséquences écologiques et économiques !

Il y a quelques soixante ans, Jacques Duché (1950) soulignait l'importance des résultats pratiques déjà obtenus par cette discipline de la biologie des sols (possibilités de réussite des reboisements en conifères, de cultures de légumineuses sur de nouveaux sols, d'amélioration de la teneur des sols en azote...). Il entrevoyait d'autres applications des symbioses des plantes et des micro-organismes. Ces avancées scientifiques n'ont pas eu l'impact économique notable qu'on était alors en droit d'espérer. Aujourd'hui, la recherche consacrée à la microbiologie des sols se développe et a mis au point de nouveaux outils qui permettent de mieux cibler les pratiques agricoles favorables au développement de la vie du sol (Stengel *et al.*, 2009).

Les pouvoirs publics appellent à « plus d'agronomie » et à une « nouvelle agriculture » (« Objectif Terres 2020 » : Pour un nouveau modèle agricole français, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire, 2009). La demande de la société est de plus en plus forte pour une agriculture respectueuse de l'environnement, ce qui a conduit au « Grenelle Environnement » et à la « Loi Grenelle 2 ».

Il reste à l'ensemble des agriculteurs à mettre en œuvre cette rupture attendue (certains l'ont fait depuis longtemps). Ce sera plus facile si l'appareil d'encadrement de l'agriculture les aide dans cette immense tâche et si les entreprises de l'agrofourmiture intègrent bien les trois composantes d'un développement durable (l'économique, le social et l'environnement). ■

### Les auteurs

#### Jean-Jacques CHITRIT

ancien ingénieur de recherche  
Institut de la recherche agronomique,  
département d'économie rurale et gestion,  
jeanjacques.chitrit@wanadoo.fr

#### Yvan GAUTRONNEAU

retraité de l'ISARA-Lyon,  
École d'ingénieurs en alimentation, agriculture,  
environnement et développement rural,  
département AGEF  
(AGrosystèmes-Environnement-Productions)  
équipe de recherche SCAB  
(Systèmes Céréalières en Agriculture Biologique)  
yvan.gautronneau@isara.fr

## QUELQUES RÉFÉRENCES CLÉS...

- **AGRESTE**, *Chiffres et Données Agriculture, Enquêtes « Pratiques culturales »*, EPC 2001, n° 159, juin 2004, EPC 1994, n° 85, août 1996, EPC 2006, n° 200, août 2008.
- **AGRESTE BRETAGNE**, 2008, *Concentration de l'excédent azoté sur les prairies et le maïs*, EPC 206, 4 p.
- **AGRESTE PRIMEUR**, 2008, *Prééminence des terres nues en hiver, fertilisation minérale azotée du maïs grain : des progrès attendus*, n° 216, 4 p.
- **AGRESTE PRIMEUR**, 2008, *Dans le sillon du non-labour*, n° 207, 4 p.
- **AGRESTE PRIMEUR**, 2005, *Gestion de l'azote sur blé : une affaire de spécialistes*, n° 159, 4 p.
- **AGRESTE PRIMEUR**, 2004, *Peu de pratiques alternatives en grandes cultures*, n° 149, 4 p.
- **BOIFFIN, J., STENGEL, P.**, 2000, *in* : DEMETER, INRA Paris, p. 147-211.
- **BOUHOT, D. et al.**, 1982, *La fatigue des sols, diagnostic de la fertilité dans les systèmes culturaux*, 23<sup>e</sup> Colloque de la Société Française de Phytopathologie, Versailles, 21-22 octobre 1982, INRA, 205 p.
- **BOULAIN, J.**, 1989, *Histoire des pédologues et de la science des sols*, INRA Éditions, Paris, 285 p.
- **BOURGUIGNON, C., BOURGUIGNON, L.**, 2008, *Le sol, la terre et les champs : pour retrouver une agriculture saine*, Éd. Sang de la Terre, 221 p. (1<sup>re</sup> édition : 1989).
- **CHITRIT, J.-J.**, 2008, *Fertilité des sols agricoles : exemples de pratiques agricoles adaptées, à partir d'une enquête DELPHI*, communication SPACE Rennes, 11/09/2008, 12 p.
- **CITEAU, L., BISPO, A., BARDY, M., KING, D.**, 2008, *Gestion durable des sols*, Éditions Quae, 320 p.
- **COMMISSION EUROPÉENNE**, 2009, Rapport sur la proposition de Directive cadre pour la protection des sols, en ligne sur [http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?Directive\\_cadre\\_pour\\_la\\_protection\\_des\\_sols](http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?Directive_cadre_pour_la_protection_des_sols)
- **DEMOLON, A.**, 1949, *La génétique des sols*, PUF, Paris, 131 p.
- **DRAAF BRETAGNE/SRISE**, 2009, *Le non-labour en Bretagne*, Forum AGROFUTUR 2009, TCSL, Pontivy, 4 p.
- **DUCHÉ, J.**, 1950, *Biologie des sols*, PUF Paris, 133 p.
- **FARDEAU, J.-C., STENGEL P.**, 1998, *in* : STENGEL P., GELIN, S., *Sol interface fragile*, INRA, Paris, Éditions Quae, 222 p.
- **FARDEAU, J.-C.**, 2006, *Des indicateurs de la fertilité des sols*, communication, 33 p.
- **GAUTRONNEAU, Y.**, 2007, *En non-labour, l'observation du sol est encore plus nécessaire*, Entraid, 12 p.
- **GIRARD, M.-C., WALTER, C., RÉMY, J.-C., BERTHELIN J., MOREL, J.-L.**, 2005, *Sols et Environnement*, ouvrage collectif, Éditions Dunod, Paris, 816 p.
- **GOBAT, J.-M., ARAGNO, M., MATHEY, W.**, 1998, *Le sol vivant*, Presses Universitaires Romandes, Lausanne, 518 p.
- **INRA-CEMAGREF**, 2005, *Pesticides, agriculture, environnement, expertise collective*, Éditions Quae, 136 p.
- **MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PÊCHE, DE LA RURALITÉ ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE**, 2009, *Objectif Terres 2020, Pour un nouveau modèle agricole français*, 45 p.
- **MOREL, R.**, 1989, *in* CHAUSSOD, R., 1996, *La qualité biologique des sols : évaluation et implications, Étude et Gestion des sols*, 3,4, p. 261-278.
- **PERSPECTIVES AGRICOLES**, 2008, numéro 148.
- **STENGEL, P., BRUCKLER, L., BALESSENT, J.**, 2009, *Le Sol*, Dossier INRA, Éditions Quae, Paris, 183 p.
- **THAREAU, B., CONGY, E., BOLO, P.**, 2008, L'appropriation de l'obligation de couverture hivernale des sols par les agriculteurs, *Courrier de l'environnement de l'INRA*, n° 56, p. 105-118.
- **SOLANA, P.**, 1999, *La bio, De la terre à l'assiette*, Ed. Sang de la terre et BORNEMAN, Paris, 252 p.

## 2 ENQUÊTE DELPHI-FERTILITÉ DES SOLS – MÉTHODOLOGIE ET PRINCIPAUX RÉSULTATS

**Choix des experts** : prospection téléphonique, choix raisonné et au hasard.

**Liste des experts** : dix scientifiques/chercheurs, cinq prescripteurs, quatre producteurs agricoles).

- Scientifiques/chercheurs (privé/public) : FARDEAU J.-C. (INRA-Versailles), JOUAN B. (INRA Rennes), GAUTRONNEAU Y. (ISARA Lyon), MOUCHET Ch. (AGROCAMPUS Rennes), RIVIERE J.-M. (AGROCAMPUS Rennes), PLENQUETTE Ch. (INRA Dijon), BERTHELOT M. (Agrobio35), CALAME M. (FPH Paris), LECLERC B. (ITAB Paris), VIAUX Ph. (Arvalis Paris).
- Prescripteurs (public/privé) : BUSON Ch. (Labo analyses des sols, NOYAL Vilaine), EVEILLARD Ph. (UNIFA Paris), MATTHES I. (Agriquantessenz, TRESBOEUF, 35), ROPERT A.-M. (DIREN Bretagne), THIBIERGE J. (IN VIVO Paris).
- Producteurs agricoles : Jean-Marie et Martine BENTZ, (lait biologique), Dominique TRUBERT (porc, agriculture raisonnée), Patrice RENARD (céréales biologiques), Marie-Odile SIMONNEAUX (retraitée).

### Procédure originelle DELPHI

fontguyo@ivry.inra.fr, 21/10/2004, par François Porin, INRA Nantes.

« Elle s'effectue en 4 tours. Le 1<sup>er</sup> est un inventaire : le modérateur précise aux experts le domaine d'intérêts et l'horizon temporel de la prospective. La tâche des experts est de choisir des événements, des tendances qui leur paraissent importants. Le modérateur les compile pour aboutir à une synthèse (liste de 25 à 40 événements). Le 2<sup>e</sup> tour soumet aux experts cette liste d'événements. Ils doivent estimer une date d'apparition de chaque événement. Le troisième tour soumet aux experts un traitement statistique des réponses précédentes pour chaque événement (médiane, 1<sup>er</sup> et 4<sup>e</sup> quartiles). Chaque expert maintient ou modifie son jugement en explicitant leur position si cette dernière ne se situe pas dans la médiane. Le modérateur refait un calcul statistique et synthétise les arguments fournis par les experts hétérodoxes. Le 4<sup>e</sup> tour demande aux experts de reconsidérer la prévision de chaque événement en intégrant les arguments avancés, d'expliciter les positions hétérodoxes pour les experts se situant dans les 1<sup>er</sup> ou 4<sup>e</sup> quartiles, un commentaire sur les arguments hétérodoxes. Le résultat final comprend une prévision pour chaque événement (avec caractéristiques statistiques des réponses), le degré de consensus ou de désaccord, une synthèse des arguments clés ».

*Dans le cas présent, compte-tenu du temps imparti (test de la méthode et du concept « fertilité des sols » avec des étudiants disposant d'un mois) ainsi que du faible nombre d'experts concernés, cette procédure a été adaptée au sujet et simplifiée.*

### Définition de la fertilité - 1<sup>er</sup> tour (juin/novembre 2005)

« Facilité avec laquelle la racine peut bénéficier des différents facteurs de croissance : chaleur, eau, éléments chimiques nécessaires à la plante, substances organiques de croissance » (Morel, 1989, *in* : Chaussod, 1996).

Question 1 : êtes-vous d'accord sur cette définition ?

Résultats 1<sup>er</sup> tour : OUI : 4 experts, NON : 6 experts, OUI avec réserves : 9 experts.

### Définition de la fertilité - 2<sup>e</sup> tour (octobre 2006/janvier 2006)

« Le sol est fertile lorsqu'il présente une faune et une flore variées et biologiquement actives, une structure typique et une capacité de dégradation intacte ; lorsqu'il permet une croissance normale des végétaux sans nuire à leurs propriétés ; lorsqu'il garantit une bonne qualité des produits » (Haberli *et al.*, 1991, *in* : Gobat *et al.*, 1998).

Question : êtes-vous en accord total, en accord avec réserves, en désaccord total ?

Résultats 2<sup>e</sup> tour : OUI : 8 experts, NON : 2 experts, OUI avec réserves : 6 experts (+ sans réponse : 3 experts).

**Il y a donc convergence sur cette deuxième définition bien que les accords avec réserves restent importants, reflétant la difficulté d'un consensus plus large (doublement des experts en accord, le nombre des experts en désaccord ayant été divisé par trois).**

### Autres principaux résultats (questions 2 et 3)

Les principaux facteurs de dégradations de la fertilité des sols (question 2) : réduction des taux de matière organique et/ou d'humus, érosion, sur-fertilisation NPK (azote, phosphore, potassium), sol-support « minier », analyses de sols insuffisantes, pollutions par les métaux lourds, facteurs économiques de la Politique agricole commune.

### L'état actuel de la fertilité des sols (question 3) :

- « dégradée », « état critique », « artificielle » : 63 % des avis,
- « contrastée, hétérogène » : 10 % des avis,
- « bonne, correcte ou excellente » : 16 % des avis,
- « sans réponse » : 11 % des avis.

### Les événements actuels et/ou futurs favorisant (question 4) :

- **le maintien de la fertilité** (ou son augmentation) : des pratiques agricoles « adéquates », une véritable prise de conscience de la nature de cette fertilité, un contexte PAC plus favorable ;
- **la poursuite de la baisse de cette fertilité** : des pratiques agricoles inadéquates, désapprentissage agronomique, un contexte économique PAC non favorable.

Exemples de « bonnes pratiques agricoles » le plus souvent citées : rotations longues, techniques culturales simplifiées, apports de matière organique/composts/résidus de récoltes/engrais verts ou cultures intermédiaires pièges à nitrates, cultures associées/sous couvert, plantations de haies, agroforesterie, taille du parcellaire selon les systèmes de productions, apports d'amendements calcaires/décompactage de limons hydromorphes (deux millions d'hectares de sols drainés en zones humides, le quart des zones humides du territoire ; Solana, 1999).

**Les bios et le sol** (Solana, 1999) : « (...) la dynamique des sols et son rôle dans la fertilité, l'intérêt des légumineuses ou les effets du compostage, certains mélanges céréaliers, toutes pratiques tombées en désuétude pourraient être à nouveau développées dans le cadre d'une extension des surfaces cultivées en bio (...)».

### Fertilité ou qualité des sols

J. Ronger, INRA Nancy, donne la définition suivante, pour le cas des sols forestiers :

« La qualité « native » d'un sol correspond à une somme de facteurs physiques, physico-chimiques, chimiques et biologiques déterminant son aptitude à assurer diverses fonctions. On parle de fertilité quand il s'agit de la production sylvicole (ou agricole, NDLR). Ces diverses composantes ne sont séparées que pour des raisons didactiques mais sont en réalité en forte interaction » (dossier INRA, Le Sol, janvier 2009).

J.-C. Fardeau (2006) : « La qualité des sols est une notion plus large que la fertilité, laquelle ne concerne que la fonction de production, soit un tiers de l'ensemble », « La fertilité native des sols rend compte actuellement de l'ordre de 20 % à 25 % du rendement, et le génie humain (énergie injectée) rend compte de 75 à 80 % ».