

Le Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS) de France

D. Arrouays, Cl. Jolivet, L. Boulonne, G. Bodineau, C. Ratié, N. Saby et E. Grolleau

INRA, Unité Infosol, Avenue de la Pomme de Pin - BP 20619 – ARDON - 45166 OLIVET Cedex - FRANCE

RÉSUMÉ

Un réseau systématique de mesures de la qualité des sols (RMQS) est mis en place en France, à l'initiative du groupement d'intérêt scientifique Sol (GIS Sol), qui regroupe les ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement, l'Ademe, l'Ifen et l'INRA. Les préoccupations concernant la protection de l'environnement, l'adaptation de l'agriculture aux nouveaux contextes politiques et économiques, et les risques concernant la sécurité alimentaire, sont les principaux facteurs qui ont contribué à la prise de conscience de la nécessité d'élaborer des programmes de surveillance des sols. Le RMQS est fondé sur l'installation de sites sur la base d'une grille régulière de plus de 2000 points couvrant le territoire national. Le pas de temps adopté pour le suivi est de 7 à 8 ans. Les échantillons sont conservés au sein d'une pédothèque. Les investissements consentis pour cette opération sont très importants et font l'objet d'une coordination nationale. Cette implication forte de plusieurs partenaires, et les récentes prises de position de la commission européenne sur les sols, permettent d'espérer une pérennisation de cette opération sur le long terme.

Mots clés

Qualité des sols, réseau de mesures, France

SUMMARY

THE FRENCH SOIL MONITORING NETWORK

A systematic soil quality monitoring network (Réseau de Mesures de la Qualité des Sols: RMQS) is launched in France. A scientific interest group (Ministeries of agriculture and environment, Ademe, Ifen, Inra) is leading the project. This network has been driven by environment protection concerns, issues on food chain contamination risks, and the necessity to adapt agricultural production to new policies and economic conditions. The RMQS is based on a systematic grid covering the whole territory by more than 2000 sites. The time step is 7 to 8 years. Samples are stored and archived. Investissements are large, and a national coordination is in place. This large investissment and the recent communication on soils from the European Commission should help the long term development of this programme.

Key-words

Soil quality, monitoring network, France

RESUMEN**PRESENTACIÓN DE LA RED DE MEDIDA DE LA CALIDAD DE LOS SUELOS (RMQS) DE FRANCIA**

Una red sistemática de medidas de la calidad de los suelos (RMQS) se instala en Francia, a la iniciativa del grupo de interés científico suelo (GIS Sol) que agrupa los ministerios en carga de la agricultura y del medio ambiente, l'ADEME, l'IFEN, y l'INRA. Las preocupaciones sobre la protección del medio ambiente, la adaptación de la agricultura a los nuevos contextos políticos y económicos, y los riesgos sobre la seguridad alimentaria, son los principales factores que han contribuido a la toma de conciencia de la necesidad de elaborar programas de vigilancia de los suelos. El RMQS se funda sobre la instalación de sitios sobre la base de una reja regular de más de 2000 puntos que cubren el territorio nacional. El paso de tiempo adoptado para el seguimiento es de 5 años. Las muestras son conservados en el seno de una pedoteca. Las inversiones consentidas para esta operación son muy importantes y hacen el objeto de una coordinación nacional. Esta implicación fuerte de varias instituciones asociadas y las recientes tomas de posición de la comisión europea sobre los suelos permiten esperar una perennización de esta operación a largo plazo.

Palabras clave

Calidad de los suelos, red de medidas, Francia

Les sols évoluent constamment sous l'effet de grands facteurs naturels et sous l'effet des activités humaines (usages, aménagements fonciers, pratiques agricoles, épandages de boues, retombées atmosphériques, pollutions accidentelles...). Ces évolutions d'origine anthropique sont parfois très préjudiciables au maintien de la qualité des sols. Elles sont le résultat de processus longs et cumulatifs, souvent difficilement détectables et dont certains sont parfois irréversibles à l'échelle de temps humaine.

Il s'avère, par conséquent, nécessaire de détecter de façon précoce l'apparition et les tendances de ces évolutions, à l'aide de programmes d'observation et de suivi de la qualité des sols. Pour répondre à cette attente, un réseau de sites, dit « **Réseau de Mesure de la Qualité des Sols** » (RMQS) est mis en place sur le territoire français. Ce réseau constitue un cadre national pour l'observation de l'évolution de la qualité des sols. Il est le fruit d'une opération multi-institutionnelle dans le cadre du Groupement d'Intérêt Scientifique Sol (Ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement, INRA, IFEN et Ademe).

Les objectifs de cet article sont :

- (i) d'expliquer les principales motivations actuelles qui ont justifié la mise en place de ce réseau ainsi que les intérêts des partenaires impliqués,
- (ii) de montrer les objectifs du réseau et ce qu'on en attend pour l'avenir,
- (iii) de montrer en quoi sa configuration permettra de répondre à ces objectifs,
- (iv) de présenter son état d'avancement.

LES SOLS : ENJEU ESSENTIEL POUR L'ENVIRONNEMENT ET LA DURABILITÉ DES AGRO-ÉCOSYSTÈMES

Dans un article récent, Boiffin et Stengel (2000) ont conclu à la nécessité de « réapprendre le sol ». Malgré une recherche scientifique très performante au niveau mondial, la France se caractérise aujourd'hui par la faiblesse de sa connaissance sur la répartition des sols et sur leurs évolutions. Le territoire n'est que très partiellement couvert par des études cartographiques (Bornand, 1997 ; King et al., 1999), et les dispositifs de surveillance systématique sont encore quasi inexistant à l'exception de ceux concernant les sols forestiers (Bornand, 1997 ; King et al., 1999 ; Landmann et Ulrich, 2002). Avec les progrès des techniques, les facteurs limitants de la productivité agricole ont été maîtrisés par les aménagements (drainage, irrigation), les amendements, la fertilisation et la mécanisation. Les rendements en blé tendre, par exemple, ont été en constante augmentation sous l'effet de ces facteurs, auxquels il faut ajouter la sélection variétale, et les progrès en matière de lutte contre la verse et en matière phytosanitaire... Ainsi, si l'on considère le sol au travers de sa fonction productive, ces progrès constants ont pu généraliser le sentiment d'une absence de contraintes pédologiques et

« occulter » d'autres aspects du rôle du sol (Boiffin et Stengel, 2000).

Toutefois, la fonction de production n'est pas la seule fonction de la couverture pédologique, et la notion de qualité d'un sol ne peut se définir per se, mais est relative aux fonctions que l'on désire lui voir assurer (Doran et al., 1994). Aussi certains auteurs (Sojka et Upchurch, 1999) préfèrent-ils parler de « qualité de la gestion des sols » pour un usage donné, que de « gestion de la qualité des sols » de façon générale. En effet, selon les fonctions que l'on privilégie, les processus qui se déroulent dans le sol peuvent avoir des conséquences contradictoires quand au jugement de leurs bénéfiques ou dommages. L'exemple type est un sol engorgé de zone humide qui peut avoir une fonction de dénitrification intense, bénéfique pour la qualité des eaux superficielles, mais préjudiciable en terme d'effet de serre (émissions de N₂O).

Durant la dernière décennie, ce sont ainsi les préoccupations environnementales, l'évolution de l'agriculture, et le contexte de crises concernant la sécurité alimentaire, qui ont amené à prendre en compte plusieurs fonctions du sol au-delà de leur rôle unique sur la production.

L'émergence de la prise en compte des fonctions environnementales du sol

C'est en grande partie à travers ses fonctions environnementales et donc son influence sur les autres ressources, sur les autres composantes de l'écosystème, ou sur la santé humaine, que la notion de qualité des sols revient aujourd'hui au premier plan de nos préoccupations. En raison de sa position d'interface le sol joue un rôle clé vis-à-vis de l'environnement : rôle dans le changement global par les flux de gaz à effet de serre, rôle d'épuration ou de filtre et de protection de la ressource en eau, rôle de transport de particules ou de polluants vers les eaux superficielles, rôle de recyclage des déchets, rôle de tampon vis-à-vis des eaux pluviales et des inondations, rôle de maintien de la biodiversité et de conservation d'un patrimoine génétique encore largement inconnu (micro-organismes).

Ainsi, nombre de processus qui n'ont pas toujours de conséquences notables sur les niveaux de production peuvent-ils désormais être vus comme des processus de dégradation des fonctions du sol.

La récente communication de la Commission Européenne sur les sols est un des faits marquants qui montre bien l'émergence nouvelle d'une volonté de politique environnementale de protection en ce qui concerne les sols (Commission Européenne, 2002).

L'évolution de l'agriculture, la politique agricole commune et les consommateurs

D'autres facteurs conduisent aujourd'hui à reconsidérer le sol comme un maillon essentiel dans l'ensemble des filières agricoles (Boiffin et Stengel, 2000) : la nécessité de raisonner la désintensification, liée à l'évolution du rapport entre le prix des intrants et des

produits due à la Politique Agricole Commune, la nécessité de mieux maîtriser les charges fixes de mécanisation et de main d'œuvre, le besoin de fournir des signes et des garanties de qualité (terroirs, appellations, labels...) allant de pair avec une sécurité accrue de l'alimentation.

Un contexte de crise sur la sécurité alimentaire

Les inquiétudes sur la sécurité alimentaire ont fortement augmenté avec les crises récentes d'épizooties (ESB, tremblante du mouton, fièvre aphteuse...). Elles ont montré la nécessité de mettre en œuvre des politiques de traçabilité des produits. Elles ont aussi introduit des questionnements quand à la conservation d'agents pathogènes ou plus généralement « à risque » dans le sol. Les débats autour de l'épandage des déchets dans les sols sont pour partie exacerbés par ce contexte sécuritaire : l'enjeu pourrait comporter des conséquences économiques immédiates très fortes, comme par exemple l'adoption de normes définissant des valeurs seuils d'interdiction de certains usages, ou d'obligation de réhabilitation pour certaines utilisations (voir par exemple l'ordonnance Suisse).

Il faut ajouter à cela les nombreuses incertitudes qui pèsent sur les conséquences que pourraient avoir des processus lents et cumulatifs (comme par exemple l'accumulation très lente d'éléments en traces par des dépôts atmosphériques ou des apports localisés) ou de nouveaux événements extrêmes imprévisibles (dépassements de seuils entraînant un événement imprévu, ou événement imprévu déclenchant un transfert de pollution par exemple). Dans ces cas, les principes de précaution et de prévention semblent s'imposer logiquement pour les sols. Il apparaît alors indispensable de se doter d'outils permettant la surveillance de leur évolution.

Le sol « propriété privée » ou enjeu pour la collectivité ?

Le sol n'est pas en règle générale un bien collectif, au même titre que l'eau ou l'air. Il n'est pas non plus directement consommé ou respiré. Ceci peut avoir parfois conduit le citoyen à considérer que l'utilisateur ou le propriétaire est libre de traiter son sol comme il l'entend. Dès lors que le sol est vu comme une interface environnementale, comme un maillon de la chaîne alimentaire, ou comme un patrimoine en tant que ressource non renouvelable, support de l'alimentation des générations futures ou gisement de diversité génétique, la vision politique que l'on peut en avoir change radicalement : il apparaît indispensable d'adopter une politique de prévention.

Le partenariat multi-institutionnel

L'ensemble des considérations citées plus haut explique la mise en place d'un partenariat multi-institutionnel. De façon très schématique, nous résumons ici les principales motivations des partenaires :

En raison du rôle environnemental du sol et de son importance

dans le cycle de l'eau, le Ministère en charge de l'Environnement doit mettre en place des outils permettant la surveillance et la protection des sols.

Les mutations de l'agriculture et les attentes des consommateurs sont au cœur des préoccupations du Ministère en charge de l'Agriculture.

L'Ademe est plus particulièrement impliquée dans les problématiques concernant le recyclage des déchets, les bilans de gaz à effet de serre, et les impacts de pollutions locales ou diffuses.

L'Ifen est en charge de la diffusion de l'information environnementale et de la mise en place de réseaux d'observation.

L'Inra doit contribuer à la connaissance des ressources naturelles et dispose des compétences et du savoir-faire nécessaires à une garantie scientifique de qualité en ce qui concerne l'acquisition et le traitement des données, ainsi que l'interprétation des résultats.

LA CONFIGURATION DU RÉSEAU POUR RÉPONDRE AUX ATTENTES FUTURES

Un réseau représentatif

Le dispositif de surveillance doit être conçu de façon à être représentatif des dégradations actuelles et futures des sols, ainsi que des grands types de pédopaysages. Une étude préalable de représentativité (Arrouays et al., 2001) a été réalisée afin de définir la configuration optimale du réseau au meilleur rapport qualité/prix. Cette étude a préconisé un réseau maillé de 16 X 16 km qui permet un échantillonnage sans biais, qui est représentatif des principales situations pédologiques et d'occupation, sans préjuger de l'origine de dégradations futures éventuelles encore inconnues (*figure 1*).

Cette configuration présente en outre l'avantage d'être parfaitement compatible avec le réseau existant de surveillance systématique de la santé des forêts (*figure 2*), qui comprend un volet de caractérisation des sols (Landmann et Ulrich, 2002).

Pouvoir détecter précocement pour alerter

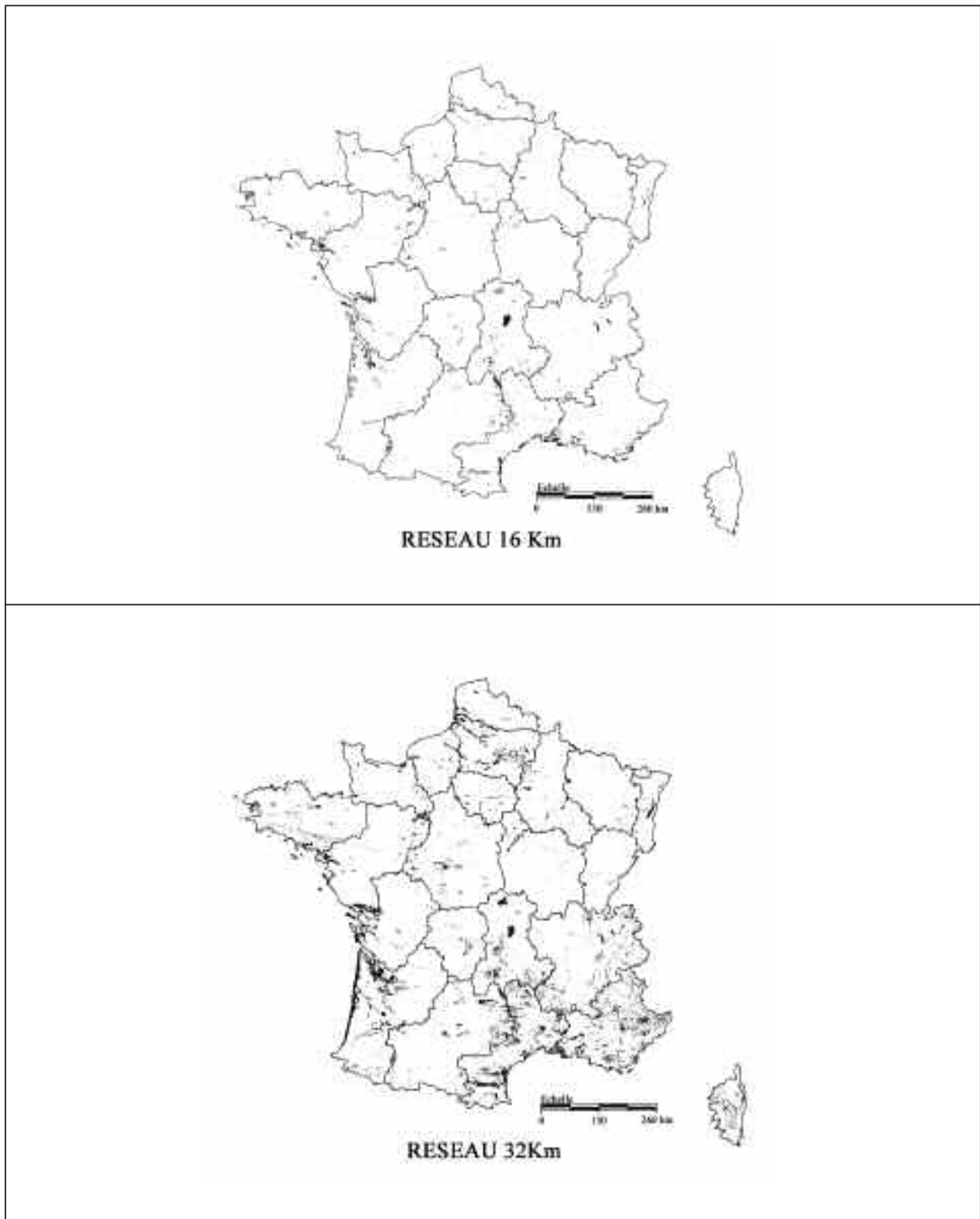
Bien qu'ils soient lents et parfois difficilement détectables, le caractère souvent irréversible des processus de dégradation des sols, rend nécessaire leur détection précoce. Cette nécessité entraîne trois conséquences majeures quand à la configuration du dispositif.

(i) le pas de temps doit être suffisamment court pour permettre une alerte précoce. Il doit cependant être compatible avec une détection significative de changements. Compte tenu des cinétiques attendues, en particulier en ce qui concerne la dynamique du carbone et celles des pollutions diffuses d'origine atmosphériques, le pas de temps nécessaire à une détection éventuelle de changements ne doit pas être inférieur à 10 années. C'est ce pas de temps de 7 à 8 ans qui est retenu.

(ii) Le dispositif d'échantillonnage (*figure 3*) doit permettre de

Figure 1 - Combinaisons sol x occupation non représentées par les réseaux pour les mailles 16 et 32 km (d'après Arrouays et al., 2001)

Figure 1 - Unrepresented soil x land use combinations in the 16 and 32 km networks (after Arrouays et al., 2001)



nie par le maillage systématique du territoire (*figure 2*).

Disposer d'indicateurs

Le dispositif de surveillance devra permettre à terme de disposer de jeux d'indicateurs (de pression, d'état ou de réponse) qui soient utilisables par les instances chargées de l'information des politiques et du grand public (Ifen, Agence Européenne de l'Environnement...). Plusieurs indicateurs de pression pourront être construits, sur la base de l'enquête agronomique, de la description de l'environnement, ou de calculs à partir de bases de données externes (par exemple, nombre d'UGB/ha, densité routière, densité de population, pourcentage de surfaces autorisées pour l'épandage...). Ces indicateurs sont en cours de définition et de calcul et sont actuellement diffusés sur CD Rom. Un exemple de calcul d'indicateur de pression est présenté en *figure 4*.

Pouvoir remonter le temps *a posteriori*

Pour pouvoir répondre à des questions qui ne sont pas encore posées (par exemple, teneur en un élément dont on ne connaît pas encore l'importance environnementale, ou bien dont on ne sait pas encore mesurer la teneur), il est nécessaire que le réseau ait une fonction de mémoire des états passés du sol. Un conservatoire national d'échantillons de sols est mis en place. Il devra permettre un retour par une analyse *a posteriori* des échantillons. Ce conservatoire remplit la fonction de « mémoire » du réseau, il présente trois grandes fonctions.

(i) répondre à des questions susceptibles de se poser dans l'avenir : nous ne savons pas quelle question sera posée dans trente ans (intérêt vis-à-vis d'un nouvel élément indésirable par exemple). Conserver les échantillons en préservant autant que faire se peut leur intégrité pourrait permettre d'apporter des réponses *a posteriori* sur des évolutions. Il est également possible que les progrès techniques permettent des mesures de teneurs en certains éléments actuellement en dessous des seuils de détection.

(ii) Repérer et corriger des dérives analytiques à long terme : sur le long terme, les laboratoires, les opérateurs, et les techniques analytiques sont susceptibles de changer. Il importe alors de pouvoir ré-analyser les échantillons prélevés aujourd'hui avec les techniques de demain.

(iii) Fournir des matériaux à la recherche : la collection d'échantillons de caractéristiques connues pourra être utilisée par la recherche. Il sera par exemple possible d'extraire du conservatoire une gamme de sols ayant des caractéristiques spécifiques [par exemple une gamme de teneurs en éléments traces, ou des teneurs identiques avec d'autres paramètres (pH, taux de saturation en bases, CEC...) variables] pour étudier la spéciation en tel ou tel élément.

S'inscrire dans le long terme

Compte tenu de la dynamique temporelle parfois lente des processus en jeu, le dispositif de surveillance devra pouvoir s'inscrire dans une perspective à long terme. Plusieurs éléments permettent d'espérer que cette inscription dans un projet à long terme sera effective.

(i) les engagements institutionnels forts : les partenaires sont engagés au travers d'une convention pluri-annuelle, l'Inra a réalisé un investissement à long terme très important en créant une unité spécifique (Infosol), en recrutant de nouveaux agents (pédologues, informaticiens, spécialistes de systèmes d'information géographique), et en investissant en immobilier (conservatoire, extension des bâtiments existants en prévision) et en équipement (matériel informatique, véhicules, matériels d'équipement de la bibliothèque, etc.).

(ii) La position de la commission européenne sur les sols dans sa communication récente « Towards a thematic strategy for soil protection » (Commission Européenne, 2002) inclut le développement de réseaux de surveillance : « the commission will prepare the ground for a proposal for soil monitoring legislation to be made also in 2004 », et fait référence explicite au système français RMQS.

ETAT D'AVANCEMENT

Le réseau de mesures de la qualité des sols a été installé tout d'abord sur deux départements pilotes (Indre et Loire, Loiret) par Infosol. Cette mise en place a permis de tester la faisabilité des opérations et de bâtir un cahier des charges opérationnel (Jolivet et al., 2002). Ce cahier des charges est en cours de test par les partenaires d'Infosol chargés de l'installation des sites. Pour cette installation des conventions de partenariat sont signées ou en cours de signature avec des partenaires régionaux ou départementaux. Ces partenaires sont des organismes ayant des compétences en pédologie et trouvant un intérêt à une collaboration scientifique sur ce thème. Ils peuvent avoir différents statuts (Chambres d'Agricultures, Etablissements d'enseignement, Sociétés d'Economie mixte...). Les régions les plus avancées en 2003 sont les régions Centre, Poitou-Charentes, Ile de France, Pays de Loire, Nord Pas de Calais, Picardie. L'objectif est d'installer la totalité du réseau en 7 à 8 ans (*figure 5*).

L'unité Infosol assure la formation des partenaires par la réalisation de sites de démonstration et met en place un suivi régulier (présence d'Infosol tous les 6 à 7 sites) afin d'éviter les dérives méthodologiques. Au-delà de ce travail de coordination, l'Unité Infosol continue d'assurer le prélèvement de sites dans certaines régions (par exemple en 2002 pour la partie ouest de l'Ile de France, et programmé en 2003 sur des départements du nord de l'Auvergne).

La base de données du RMQS est conçue sur la base du modèle conceptuel Donesol utilisé pour les données d'inventaire (Gaultier et al., 1992) et les écrans de saisie sont en cours de construction. Un CD Rom sur les indicateurs de pression est disponible.

Pour l'ensemble des sites un jeu minimal de données analytiques

Figure 4 - Exemple de calcul d'un indicateur de pression. Population 1999 recalculée sur la base de la maille du réseau.

Figure 4 - Example of a pressure indicator. 1999 population calculated on the RMQS grid.

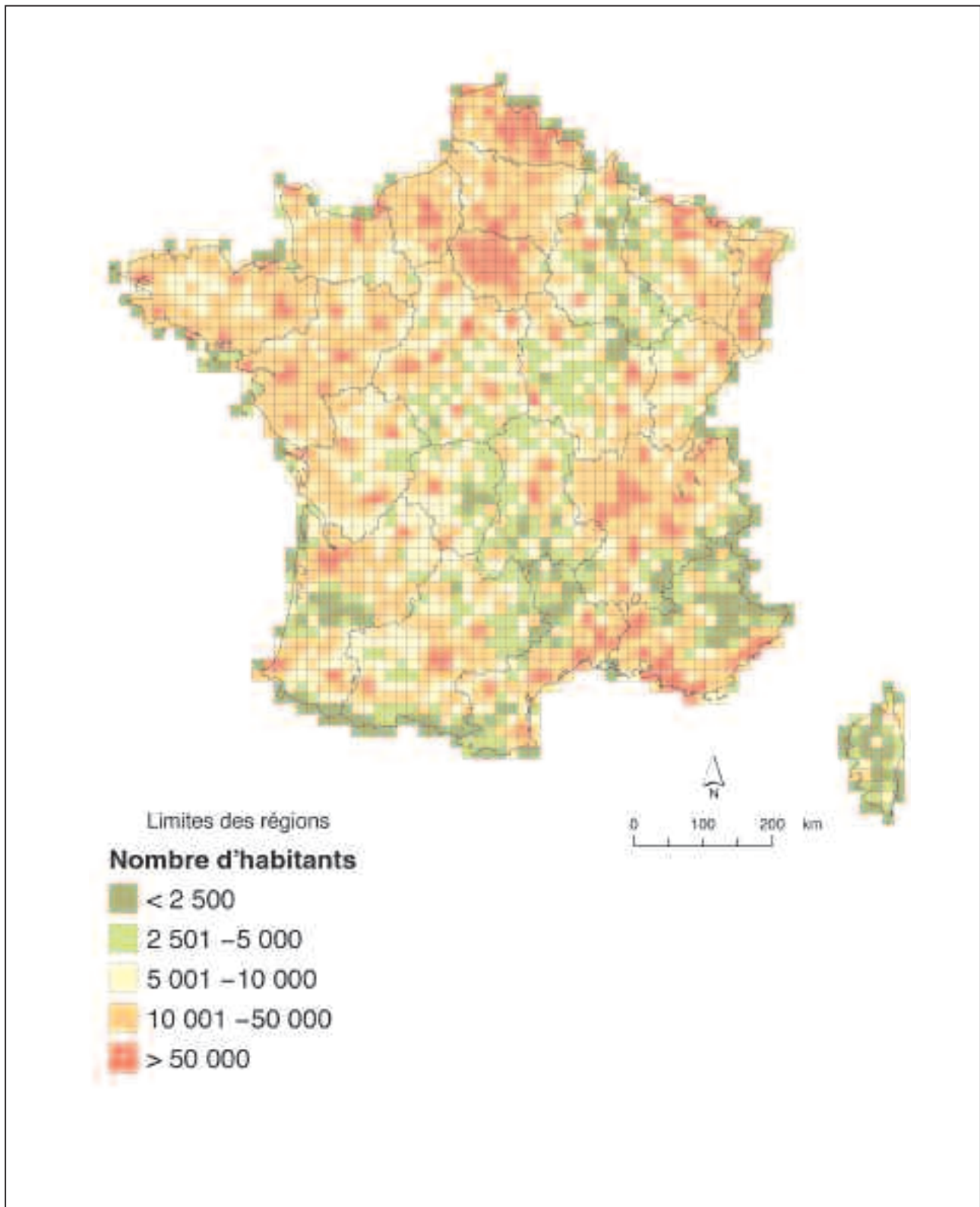


Figure 5 - Etat d'avancement du RMQS en novembre 2003
Figure 5 - State of progress of the RMQS in november 2003

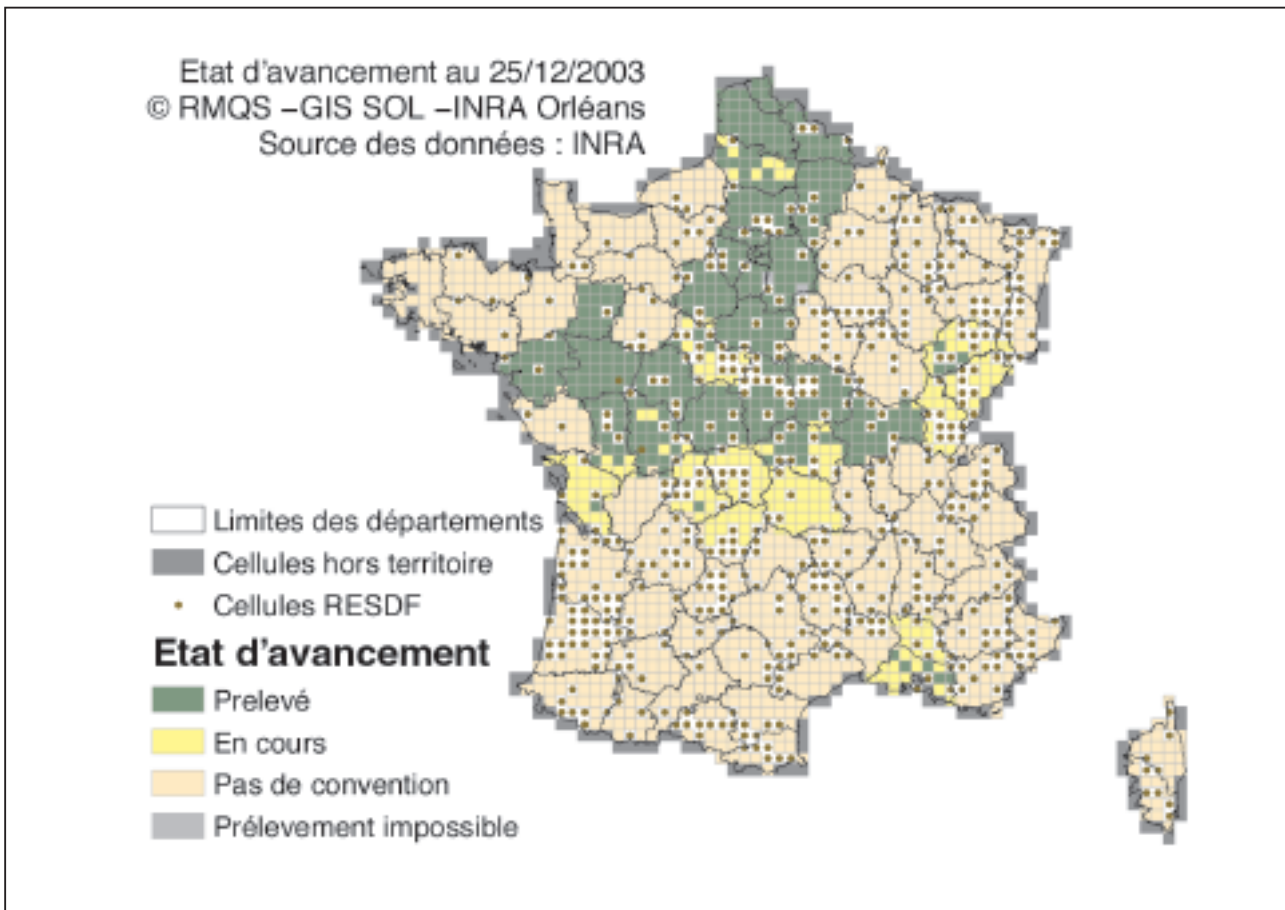


Tableau 1 - Paramètres mesurés
Table 1 - Parameters measured

- Granulométrie (NF X 31-107)
- Carbone et azote total (NF ISO 10694 et 13878),
- CEC (cobalthexamine),
- Cations échangeables (cobalthexamine),
- P₂O₅ (Olsen),
- pH (NF ISO 10390),
- Bore (NF X 31-122),
- Eléments majeurs totaux,
- Eléments Traces Métalliques totaux (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Tl, Zn, NF X 31-151),
- Eléments Traces Métalliques EDTA en milieu non tamponné
- Calcaire total (si pH > 6,5; NF ISO 10693),
- Aluminium échangeable (si pH < 6,5)

a été défini (tableau 1). Les régions peuvent décider d'y ajouter des caractérisations complémentaires, ou des horizons supplémentaires. D'ores et déjà, des réflexions sont en cours au sein du GIS Sol, en ce qui concerne l'ajout de caractérisations complémentaires (par exemple radio-éléments, tests de stabilité structurale, fractionnement granulométrique des matières organiques) sur la totalité ou une partie des échantillons.

CONCLUSION

La mise en place du réseau de mesure de la qualité des sols correspond à des besoins dont l'émergence a été particulièrement forte durant la dernière décennie.

Les préoccupations concernant la protection de l'environnement, l'adaptation de l'agriculture aux nouveaux contextes politiques et économiques, et les risques concernant la sécurité alimentaire, sont les principaux facteurs qui ont contribué à la prise de conscience de la nécessité d'élaborer des programmes de sur-

veillance des sols.

La mise en place effective de ces programmes s'est réalisée grâce à la convergence d'intérêts, de missions, et de compétences entre plusieurs organismes. Les investissements consentis pour cette opération sont très importants et font l'objet d'une coordination nationale.

Cette implication forte de plusieurs partenaires, et les récentes prises de position de la commission européenne sur les sols, permettent d'espérer une pérennisation de cette opération sur le long terme.

REMERCIEMENTS

Le RMQS est en grande partie financé par le Groupement d'Intérêt Scientifique Sol (MAAPAR, MEDD, ADEME, IFEN, INRA). Nous remercions l'ensemble des partenaires régionaux de ce programme.

BIBLIOGRAPHIE

- Arrouays D., Thorette J., Daroussin J. et King D., 2001 - Analyse de représentativité de différentes configurations d'un réseau de sites de surveillance des sols. *Etude et Gestion des Sols*, 8 (1), 7-17.
- Boiffin J. et Stengel P., 2000 - Réapprendre le sol: nouvel enjeu pour l'agriculture et l'espace rural. *In: Déméter 2000, Economie et stratégies agricoles*. Pp. 147-198. Armand Colin, Paris.
- Bornand M., 1997 - Connaissance et suivi de la qualité des sols en France. Etat des lieux. Enjeux. Besoins en données. Propositions pour une gestion raisonnée de la ressource en sol. Rapport MAPA-MAE-INRA, INRA Montpellier.
- Commission européenne, 2002 - Communication 179: Towards a thematic strategy for soil protection.
- Doran JW., Coleman DC., Bedzicek DF. et Stewart BA., 1994 - Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA special publication. N° 35. Soil Sci. Soc. Am. Et Am. Soc. Agron. Madison, WI, USA.
- Gaultier JP., Legros JP., Bornand M., King D., Favrot JC. et Hardy R., 1992 - L'organisation et la gestion des données pédologiques spatialisées: le projet DONESOL. *Revue de Géomatique*, 3 (3), 235-253.
- Jolivet C., Boulonne L., Bodineau G., Lehmann S., Berché Ph. et Arrouays D., 2002 - Réseau de mesure de la qualité des sols. Cahier des charges destiné à la mise en place et au suivi des sites du réseau 16x16 km. Inra Infos Orléans, 37 p.
- King D., Jamagne M., Arrouays D., Bornand M., Favrot JC., Hardy R., Le Bas C., 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) : 215-228.
- Landmann G. et Ulrich E., 2002 - La surveillance des sols forestiers. Forum « Qualité des sols » Association Française pour l'Etude des Sols, Ministère de l'Environnement, Paris, 15-16 mai 2002.
- Sojka RE. et Upchurch DR., 1999 - Reservations regarding the soil quality concept. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63; 1039-1054.

