

Quelques données sur les activités du Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédologique de France

M. Jamagne⁽¹⁾ et J. Boulaine⁽²⁾

(1) INRA, Unité Infosol, Centre de Recherche d'Orléans, BP 20619, 45166 Olivet Cedex

(2) Académie d'Agriculture de France, 18 rue de Bellechasse, 75007 Paris

RÉSUMÉ

Cette note retrace brièvement les principales étapes dans les activités du Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédologique de France depuis sa création en 1968 jusqu'à la fin des années 90 lorsque les programmes IGCS: Inventaire, Gestion et Conservation des Sols et CPF: Connaissance Pédologique de la France ont pris le relais dans le cadre de la nouvelle unité INFOSOL.

Les différentes périodes d'évolution intervenues y sont décrites: approches cartographiques, stockage et transmission des informations, élaboration des cartes de sols, valorisation des données acquises.

Les recherches associées à ces travaux d'inventaire y sont rappelées, tant dans le domaine fondamental que dans ceux des progrès méthodologiques et des actions plus appliquées.

La participation du Service aux principaux programmes européens, en tant que plate-forme de référence au plan national et international, y est également mentionnée.

Mots clés

Inventaire, cartographie, évaluation des ressources naturelles, gestion des sols, territoire français

SUMMARY

SOME DATA ON THE ACTIVITIES OF THE SOIL SURVEY STAFF OF FRANCE

(« Service de la Carte Pédologique de France »)

This paper traces briefly the most important stages of the activities of the « Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédologique de France » (Soil Survey Staff of France) since its creation in 1968 till the end of the 1990's, when the IGCS: "Inventaire, Gestion et Conservation des Sols" and CPF: "Connaissance Pédologique de la France" programmes have taken the handover in the framework of the new unit INFOSOL.

The different periods of evolution are described: mapping approaches, storage and transmission of informations, elaboration of soil maps, uses of acquired data.

The associated researchs to those inventory works are reminded : in fundamental domains, in methodological progress and in more applied actions.

Participation of the Service to the most important european programmes, as a national and international reference platform, are also mentioned.

Key-words

Inventory, mapping, natural resources evaluation, soil management, french territory

RESUMEN

ALGUNAS INFORMACIONES SOBRE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO DE ESTUDIOS DE LOS SUELOS Y DEL MAPA PEDOLÓGICO DE FRANCIA

Esta nota resume brevemente las principales etapas en las actividades del Servicio de Estudios de los Suelos y del Mapa Pedológico de Francia después de su creación en 1968, y hasta el final de la década de los 90, cuando los programas IGCS (Inventario, Gestión y Conservación de los Suelos) y CPF (Conocimiento Pedológico de Francia) se pusieron en marcha en la recién creada unidad INFOSOL. Los diferentes períodos de evolución acontecidos son descritos aquí: los enfoques cartográficos, la salvaguarda y la transmisión de las informaciones, la elaboración de los mapas de los suelos, la valorización de los datos adquiridos.

Las investigaciones vinculadas a estos trabajos de inventario son también citadas, tanto aquellas pertenecientes al dominio fundamental, como aquellas otras concernientes a los progresos metodológicos y a las acciones más aplicadas.

La participación del Servicio en los principales programas Europeos, como plataforma de referencia nacional e internacional, es también mencionada.

Palabras claves

Inventario, cartografía, evaluación de los recursos naturales, gestión de los suelos, territorio francés.

Dans le cadre de ce numéro spécial de notre revue, il est apparu intéressant de rappeler brièvement ce que furent la genèse de la classification des sols dite CPCS: « Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols », et la création du SESCOF: « Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédologique de France » qui y fut associée, et dont l'activité en tant que telle s'est étendue sur 30 ans, de 1968 à 1998.

La classification CPCS fut donc à la base de la fondation du SESCOF, et Jean BOULAINÉ a voulu tout d'abord évoquer quelques péripéties de sa création.

LA CRÉATION DE LA C.P.C.S. ET LA FONDATION DU S.E.S.C.P.F.

Jean BOULAINÉ

À la suite des événements d'Afrique du Nord, plusieurs pédologues français, ayant acquis une large expérience de la cartographie des sols, furent intégrés dans l'administration métropolitaine. À Grignon, Jean BOULAINÉ trouva en 1960 un poste de maître de conférences et commença à réunir des moyens de travail et des collaborateurs. Il chercha à utiliser ses techniques de terrain pour cartographier les sols français. Il chercha pour cela des appuis et des moyens auprès de la direction générale de l'INRA.

Le 7 décembre 1963, Gustave DROUINEAU, inspecteur général de l'INRA et adjoint du directeur de cette institution, confia à Jean BOULAINÉ une mission précise et psychologique : faire la démonstration que les pédologues au sens large étaient capables d'entente. Leurs travaux solitaires sur leurs terrains les amenaient lorsqu'ils rencontraient quelques collègues compétents à des échanges de vue souvent fort animés. Il est nécessaire et particulièrement utile dans ce genre de profession de se confronter à des collègues, pour améliorer les démarches individuelles. Ces discussions parfois vives et animées étaient mal comprises par des observateurs habitués aux conversations feutrées des couloirs et des bureaux. D'où la mauvaise réputation de nos collègues dans les milieux administratifs, ce qui empêchait toute attribution de crédits pour les cartes de sols. On décida de mettre en route une Commission de pédologie et de cartographie des sols (CPCS). Les deux secrétaires de cette commission, présidée par G. DROUINEAU, furent J. BOULAINÉ et R. BETREMIEUX. Les deux objectifs de cette commission étaient d'établir une classification des sols unanime et, d'autre part, un projet de service d'étude des sols. G. DROUINEAU, Inspecteur général de l'INRA, se faisait fort de faire accepter ce dernier à condition que la réalisation du premier démontre l'accord des chercheurs de la spécialité.

Dès la première réunion, R. MAIGNIEN et J. BOULAINÉ proposèrent d'adopter la Soil Taxonomy américaine, quitte à l'adapter à nos connaissances des sols de la métropole et de l'Union française. Les membres de la commission, à la quasi unanimité, rejetèrent cette proposition. La taxonomie américaine avait été proposée au Congrès de Madison (1960), elle était le résultat d'un travail très approfondi, sous la direction de Guy SMITH. Par la suite, dans les années 1970 / 1980, sa terminologie fut en partie adoptée par la FAO et celle-ci servit de base, conjointement à la classification CPCS, à l'enseignement de J. BOULAINÉ à l'INA Paris. La classification et la terminologie actuelle (2003) procèdent de cette évolution.

En trois ans (1964-1967), par des réunions conclaves (deux à trois par an) au centre de recyclage de Grignon et par de fréquentes circulaires et textes provisoires, une classification des sols fut construite, approuvée et signée par vingt-sept chercheurs, dont les noms suivent :

MM G. AUBERT, R. BETREMIEUX, P. BONFILS, M. BONNEAU, J. BOULAINÉ, J. DEJOU, J. DELMAS, G. DROUINEAU, P. DUCHAUFOUR, J. DUPUIS, P. DUTIL, H. FLON, F. FOURNIER, J. GELPE, B. GEZE, J. HEBERT, S. HENIN, P. HOREMANS, F. JACQUIN, M. JAMAGNE, R. MAIGNIEN, Mme S. MERIAUX, MM G. PEDRO, J. PORTIER, R. SEGALEN, E. SERVAT et J. VIGNERON.

Cette classification a permis des travaux homogènes pendant plus de vingt ans, avant d'être reprise et améliorée par Baize, Girard *et al.*, dans le cadre du Référentiel Pédologique.

Le texte original de 1967, publié en offset par le Centre de documentation de Grignon, comporte d'ailleurs un Avertissement qui traduit bien l'état d'esprit dans lequel ce travail a été réalisé (*voir encadré*).

Le second rapport concernant l'organisation et la structure du futur service fut rédigé en une matinée par G. DROUINEAU et quelques membres de la commission, bien au fait de ce genre de projet (1966).

DROUINEAU fut un président de commission discret. Il assura au secrétaire de celle-ci la plus grande liberté et n'intervint que tout à la fin. Il a très probablement garanti aux participants le grand intérêt du travail en cours et leur a fait savoir qu'il y attachait une grande importance et ce fut la raison probable de leur collaboration efficace.

Gustave DROUINEAU (INA 1928-1930) est surtout connu des agronomes pour sa direction de la station agronomique d'Antibes et pour l'aboutissement de sa carrière comme Inspecteur général de l'INRA, directeur adjoint de cet organisme auprès de BUSTARRET. Il avait été aussi, à ses débuts, le premier pédologue de l'INRA à Versailles.

DROUINEAU plaida avec succès la création du Service d'Étude des Sols et de la Carte Pédologique de France. La direction fut assurée pendant trente ans par Marcel JAMAGNE. Le service fonctionna d'abord à Versailles, puis le bâtiment d'Orléans-La Source fut construit et inauguré en 1983.

Texte figurant en deuxième page de la classification française des sols de 1967, dite CPCS.

AVERTISSEMENT

La classification présentée est un travail collectif. Chaque chapitre a été rédigé par un corrélateur d'après les propositions d'un groupe de travail et après plusieurs séances de discussion par l'ensemble de la commission.

Malgré tous les efforts du secrétariat, il n'est pas possible, dans l'état actuel des travaux de présenter cette classification sous une forme rigoureusement homogène. D'où des disparités d'une classe à l'autre.

Certaines classes, en particulier celles qui ont été définies en dernier (classe des andosols, classe des sols calcimagnésiques, classe des sols à sesquioxydes de fer et manganèse), sont moins élaborées que d'autres.

Bien que le travail de révision soit déjà en cours, il a été jugé nécessaire par la commission unanime de publier cette classification sous sa forme actuelle. Ceci pour permettre à ceux de nos collègues pédologues qui pourraient apporter des améliorations de le faire en participant aux groupes de travail concernant chaque classe tout en ayant une vue d'ensemble. Par ailleurs, il devenait urgent d'avoir un texte de base pouvant servir de références pour certains contrats. Enfin, nous espérons que ce texte aidera dans leur travail les chercheurs, cartographes et enseignants en leur fournissant un langage commun.

J. Boulaine

LE SERVICE D'ETUDE DES SOLS ET DE LA CARTE PEDOLOGIQUE DE FRANCE ET SON EVOLUTION

1968 - 1998

Marcel JAMAGNE

Le SESCOF : « Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédologique de France », créé en 1968, et tout d'abord orienté presque exclusivement vers des travaux de cartographie des sols, a ensuite évolué sensiblement au cours des années.

Il n'a pas semblé nécessaire de revenir ici sur les approches classiques de l'époque, suffisamment connues de tous.

Par contre, de nouvelles approches, permises très fréquemment par l'apparition de nouveaux outils associés à de nouvelles conceptions ont vu le jour. Elles autorisent notamment une acquisition plus rapide et plus fiable des données et des connaissances, une meilleure structuration et une meilleure transmission.

D'autre part, devant l'émergence des problèmes liés au respect de notre environnement et à la protection des ressources naturelles d'une manière générale et du patrimoine sol en particulier, les programmes d'analyse spatiale semblent avoir reçu un certain regain d'intérêt ces dernières années.

Nous nous proposons de rappeler brièvement ce que fut le parcours du SESCOF, la conduite de l'inventaire des sols et la structuration des données recueillies dans les années passées, puis évoquer son évolution avec l'expérience et l'apparition d'outils nouveaux pour arriver aux conceptions actuelles.

RAPPEL DE QUELQUES ACQUIS

Vers 1960 les classifications constituaient la référence en matière de pédologie, et il est évident que les démarches respectives de cartographie et de taxonomie étaient alors très imbriquées. La majorité des expressions spatiales reposaient alors sur l'adoption implicite d'une équivalence entre unité taxonomique et unité cartographique.

Dans les années 60-70, cette imbrication entre cartographie et taxonomie s'est progressivement révélée difficile à interpréter par les différents utilisateurs. Une ambiguïté importante à lever était donc celle apparue entre les approches de l'analyse spatiale et les démarches de classification ou taxonomie.

De nombreux travaux de cartographie étaient basés à l'époque sur la notion de "Série de sols".

Cette notion avait été introduite par l'école américaine, et définie à l'origine par un nom de lieu correspondant à la première

observation effectuée de l'unité. La conception originelle considérait en effet que tous les sols faisant partie d'une même série constituaient une unité taxonomique correspondant à un ensemble de sols (polypédons) pouvant recevoir le même traitement agronomique. Servant de base aux travaux de "Soil Survey", la Série représentait donc à la fois une unité taxonomique et une unité cartographique.

Une évolution importante est intervenue peu à peu, au cours des années et par l'expérience acquise, dans les conceptions de la définition et du contenu des Unités Cartographiques.

L'évolution des conceptions concernant la notion de Série a alors conduit vers des essais de définition plus précise :

- d'une part en sélectionnant les caractéristiques les plus marquantes permettant de les différencier (texture, régime hydrique, horizons "diagnostiques"),
- d'autre part en proposant, régionalement, des classements adaptés pour les principales caractéristiques ainsi retenues.

Des combinaisons, non limitées, ont permis alors la définition d'un très grand nombre de séries de sols, et généralement sous une forme symbolisée (Jamagne, 1967).

Le grand intérêt de cette notion apparaît dès lors clairement : la Série est définie à un niveau d'investigation détaillé relativement indépendant des systèmes de taxonomie ou de référence généraux auxquels on envisage de la rattacher. Il est ainsi apparu une dissociation progressive entre les concepts de Taxonomie et de Cartographie, conduisant à celle, plus logique et plus rationnelle de "Typologie".

Ceci est, par ailleurs, une des raisons fondamentales qui ont conduit les pédologues cartographes à rendre relativement indépendants les principes de *Classification Générale* et de *Classification Régionale* des sols (Jamagne, 1967).

Il convient donc de rappeler qu'il est indispensable de bien dissocier les notions de cartographie proprement dite de celles de classification et de taxonomie, qui existent surtout pour structurer nos connaissances. Ce n'est qu'en un second temps qu'un rattachement des unités cartographiques à tel ou tel référentiel doit ou peut intervenir (Baize, 1986).

Les principes de classement, de taxonomie, de référence, peuvent être différents selon les écoles. Dans de nombreux ouvrages (Duchaufour, 1983) ont été exposées les bases de plusieurs systèmes de classification mondiale des sols. Un consensus général sur une taxonomie mondiale semble être intervenu maintenant autour du « WRB » : World Reference Base for Soil Resources (FAO, 1998).

L'école française de pédologie, partant de la classification « Aubert – Duchaufour » de 1956, a élaboré en 1967 la classification dite « CPCS » (CPCS, 1967 - Cfr note J. Boulaine). Cette dernière a été remplacée depuis par un nouveau système de référence: le Référentiel Pédologique (AFES, 1995).

MISE EN PLACE DU PROGRAMME SESCOF

Dans les années 60, différents travaux de cartographie des sols étaient réalisés en France, pour des objectifs très variés et avec des techniques parfois sensiblement différentes, et cela, à l'origine, essentiellement sous l'impulsion d'un certain nombre d'organismes: SES de l'INRA à Montpellier, Chambres d'agriculture dont tout particulièrement celle de l'Aisne, Sociétés d'aménagement régional...

La nécessité d'une harmonisation des conceptions et des réalisations est alors apparue. Le Groupe d'Etude pour les Problèmes de Pédologie Appliquée (GEPPA) en fut un des premiers moteurs. D'autre part, un besoin croissant de connaissances sur les sols incitait à l'établissement d'un inventaire plus systématique des sols du territoire français.

A la suite des travaux de la Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols (CPCS), l'INRA décida, en **janvier 1968**, la création du Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédologique de France (SESCPF).

L'organisation et le fonctionnement de cette unité furent alors assurés par un Comité Scientifique et un Comité Directeur comprenant nombre de personnalités de la pédologie: MM G. Aubert, R. Bétrémieux, J. Boulaine, P. Duchaufour, B. Gèze, S. Hénin, E. Servat, ..., et la direction confiée à M. Jamagne.

Le fonctionnement à l'échelon national impliquait la collaboration de différents organismes pour les mises au point méthodologiques et les travaux de levé cartographique: stations et laboratoires d'Agronomie puis de Science du Sol de l'INRA, équipes SESCOF à Versailles puis Orléans, SES à Montpellier, de l'INA PG et des ENSA, du CNRS, de l'Université, des Sociétés d'aménagement, des Chambres d'Agriculture, ...

Au niveau national, priorité fut donnée au départ au levé du territoire pour une présentation à 1/100 000, selon le découpage de l'IGN., les travaux eux-mêmes étant, bien entendu, réalisés à plus grande échelle (Jamagne, 1977; Boulaine, 1980). Chacune des feuilles de ce découpage couvre une superficie de plus de 200 000 ha, variant en fonction de la latitude.

Sur ces cartes, et dès l'origine, sont figurées des données sur la genèse des sols, c'est-à-dire leur degré de différenciation, qui induisent nombre de leurs propriétés, sur leur comportement hydrique et sur la nature et l'organisation des matériaux géologiques dont ils sont dérivés.

Le type de représentation avait été harmonisé, dans la mesure du possible, pour l'ensemble du territoire. Chaque unité cartogra-

pique était alors repérée sur la carte et dans la légende par un sigle alphabétique codifié à l'échelon national.

Par ailleurs, quatre esquisses à 1/500 000 fournissent les principaux éléments des autres composantes du milieu: pluviométrie - lithologie et géologie - géomorphologie - couvert végétal, ces données complémentaires permettant à l'évidence une meilleure interprétation de la valeur et des aptitudes des sols (figure 1).

Les documents cartographiques sont accompagnés de notices explicatives très complètes fournissant une description détaillée des différents types de sols représentés, et de leurs propriétés essentielles.

La Carte Pédologique de la France à 1/100 000 était donc avant tout un document à caractère scientifique, qui a été considéré davantage comme un outil de recherche que comme un but final par les collaborateurs eux-mêmes.

Ceci sans oublier cependant les objectifs fondamentaux de la cartographie:

- participer au bilan des ressources naturelles d'un territoire, en faisant un inventaire exhaustif des sols, objectif le plus général,
- aider à une meilleure orientation des recherches fondamentales et appliquées, pour en assurer une généralisation,
- répondre aux différents problèmes d'utilisation, d'amélioration et de conservation des sols.

La méthode utilisée, explicitée dans chacune des notices explicatives, a été diffusée plus largement à plusieurs reprises (Jamagne 1977; 1989; 1994)

ÉVOLUTION DE LA CARTE PÉDOLOGIQUE DE FRANCE

Au cours des années, en fonction de l'expérience acquise, une évolution est intervenue d'une part dans les approches de terrain, d'autre part dans l'expression cartographique des résultats.

Se sont en effet posés des problèmes d'adaptation et de coordination liés aux nouveaux paysages dont les sols étaient à inventorier.

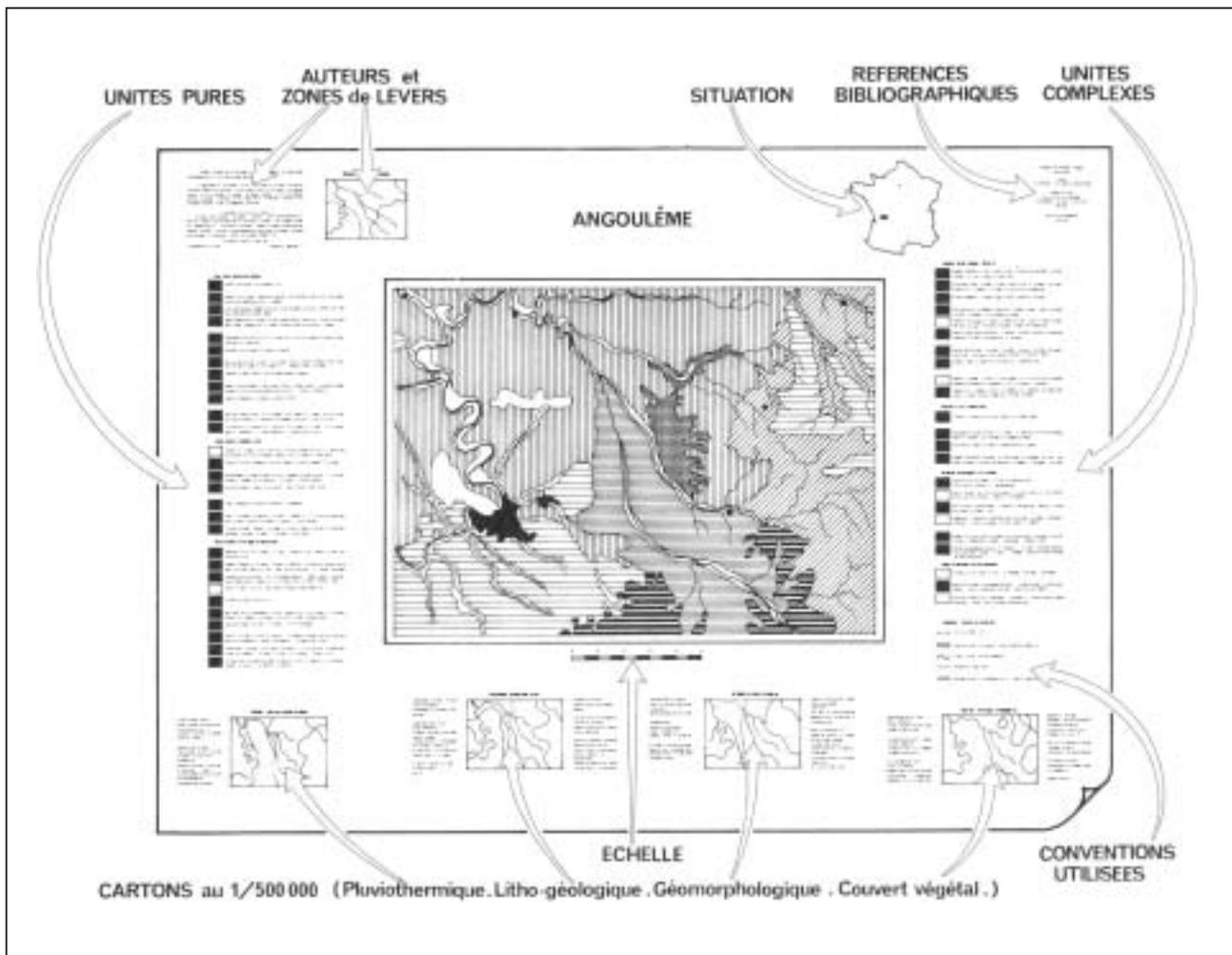
Des réflexions et concertations successives ont conduit à tenter de remédier à certaines insuffisances: - une harmonisation stricte sur l'ensemble du territoire est apparue trop difficile à maintenir car restrictive, et il convenait d'étudier des méthodes mieux adaptées aux différents paysages; - une perte d'information importante intervenait entre le recueil des données brutes de terrain et leur transcription sur les cartes et dans les notices; - il était nécessaire de valoriser au mieux toutes les informations dans les domaines de l'aménagement de l'espace rural et de la conservation des sols.

Plusieurs périodes, marquant des étapes dans l'activité du SESCOF sont de ce fait à mentionner.

■ **Une première, durant les années 70**, s'appuyant de manière importante sur des données acquises antérieurement.

Figure 1 - Disposition générale d'une feuille de la Carte Pédologique de la France à 1 / 100 000

Figure 1 - General presentation of a sheet of the Pedological Map of France at 1 / 100 000



antérieurement par d'autres programmes, et complétées au plan scientifique, a permis de lancer l'opération 1/100 000.

Les sols furent tout d'abord référencés par rapport à un schéma de classement taxonomique. La dénomination des unités cartographiques était basée sur la classification CPCS, et la présentation des unités dans la notice était également effectuée sur cette base, éventuellement après subdivision du territoire inventorié selon les grandes régions naturelles. Les feuilles de Vichy (Favrot, 1969), Argelès-Perpignan (Servant, 1970), Toulon (Portier, 1974), Dijon (Chrétien, 1976), Condom (Seguy, 1976), Lesparre (Wilbert, 1978) correspondent à cette méthode.

Une symbolisation permettant la coordination nationale avait alors été mise au point (GEPPA, 1969). L'introduction de termes vernaculaires, bien connus du milieu agricole et constituant un premier pas vers une typologie régionale, fut rapidement retenue.

La feuille de Condom est particulièrement représentative de cette démarche (figure 2).

Très rapidement cependant, la légende fut présentée en étant référencée par une numérotation des unités cartographiques carte par carte permettant un repérage plus aisé. La symbolisation était toutefois systématiquement reprise en référence dans la légende: feuilles de Moulins (Favrot, 1974), Angoulême (Callot, 1975), Brive (Bonfils, 1976), Tonnerre (D. Baize, 1978), St Dié (Bonneau *et al.*, 1978), Châteaudun (Isambert, 1978), Langres (Benoît-Janin, 1986).

■ Une deuxième étape est alors intervenue, durant les années 80.

Indépendamment du classement évoqué ci-dessus, il s'est avéré indispensable de faire mieux comprendre comment les sols s'organisaient en ensembles au sein des régions naturelles et des ter-

roirs agricoles, en proposant une logique explicative de distribution et avec le souci d'être plus accessible aux lecteurs et utilisateurs potentiels de la carte.

C'est pendant cette deuxième période que les notions de régions naturelles et terroirs prirent de plus en plus d'importance dans la présentation des unités cartographiques. Les feuilles de Privas (Borland *et al.*, 1977), Chartres (Crahet, 1981), Montpellier (Arnal, 1983) en sont par exemple assez caractéristiques. D'autres feuilles élaborées sur ces bases ne purent être publiées que plus tard : St Dizier (Dutil, 1992), Arles (Bouteyre et Duclos, 1994).

C'est durant cette période qu'un constat a dû être fait

Les travaux cartographiques conventionnels sont apparus trop statiques, constituant des états des lieux trop figés. Il convenait donc de concevoir l'inventaire des données du milieu physique de manière plus dynamique, à la fois dans leur variabilité spatiale et temporelle. Les approches nouvelles de la pédologie et de l'analyse spatiale ont alors tenté de prendre en compte simultanément l'extension dans l'espace et l'évolution dans le temps.

L'objectif principal n'apparaissait plus tellement comme le transfert de connaissances localisées géographiquement sur un support cartographique, mais consistait en l'étude des organisations spatiales des sols et de leurs modes de fonctionnement.

Des conceptions nouvelles se sont progressivement affirmées, d'une part sur l'analyse spatiale, d'autre part sur l'organisation de l'information pédologique (Jamagne *et al.*, 1989; Jamagne, 1993).

- Sur l'analyse spatiale.

Une vision plus moderne et plus dynamique est alors apparue, et de véritables recherches ont été menées sur l'hétérogénéité spatiale.

Des expérimentations ont été réalisées, avec études comparatives de différentes approches cartographiques en fonction des milieux physiographiques et des objectifs à atteindre, notamment : - approche par toposéquences - « isodifférenciation » - approche « géopédologique » - approche par « combinaisons »...

- Sur l'organisation de l'information.

Plusieurs éléments sont apparus fondamentaux, d'une part le principe de compartimentation, d'autre part celui de niveaux d'investigation.

- Le principe de *Compartimentation* de la Couverture Pédologique implique de définir les différents volumes élémentaires et structuraux emboîtés ou juxtaposés distinguables au sein de cette couverture.

- Le principe de *Niveaux d'investigation* fait appel à la sélection de sites représentatifs, et implique la recherche des organisations pédologiques selon plusieurs niveaux d'études emboîtés. Il convient de sélectionner des aires échantillons et des toposéquences dont l'étude détaillée fournit des résultats généralisables à des zones plus vastes. Les approches tendent tout d'abord à favoriser la compré-

hension fine des agencements structuraux, l'étude des relations géométriques entre volumes et les recherches sur l'importance relative des interfaces et des fronts de transformation caractéristiques de ces interfaces.

Généraliser à des zones plus vastes nécessite alors d'opérer par ajustements successifs et progressifs à partir de l'analyse de ces aires échantillons, jusqu'à couverture complète du paysage, en effectuant les compléments nécessaires dans certains secteurs ou en réalisant l'analyse d'autres zones tests, la notion d'*itération* prenant ici toute sa valeur (Jamagne *et al.*, 1993).

De véritables Modèles d'Organisation Spatiale peuvent ainsi être élaborés, résultant de l'emboîtement de ces structures. Il s'agit de modèles répétitifs d'agencement sur des unités de modèle analogues, conduisant ainsi à la notion de *Pédopaysage* intégrant les éléments du milieu physique extrinsèques aux sols (King *et al.*, 1994).

De nouvelles approches sont alors intervenues sur la conduite des inventaires, sur la structuration des informations de base recueillies, sur la gestion et le traitement de ces données spatialisées caractéristiques de nos ressources en sols.

■ Ces éléments ont conduit à **une troisième période** d'évolution de la Carte Pédologique de France, **fin des années 80 et années 90**, pour laquelle la prise en considération du contexte géologique et géomorphologique est devenue prioritaire dès la présentation du document cartographique. En effet, les progrès de la pédologie et des approches de terrain ont alors permis de cartographier plus clairement la distribution des sols en séquences paysagiques selon des lois de répartition et d'organisation dans l'espace, basées sur la notion de « pédopaysage ».

Le repérage des unités est alors effectué exclusivement par numérotation indépendante, avec cependant référence au schéma taxonomique de la classification pédogénétique.

La symbolique n'existe plus qu'au niveau de la coordination nationale, et a été, par ailleurs, réadaptée aux nouvelles conceptions du référentiel pédologique (RPF).

Les notices explicatives reprennent alors clairement ces principes, et la présentation des unités de sols en toposéquences fonctionnelles y est privilégiée.

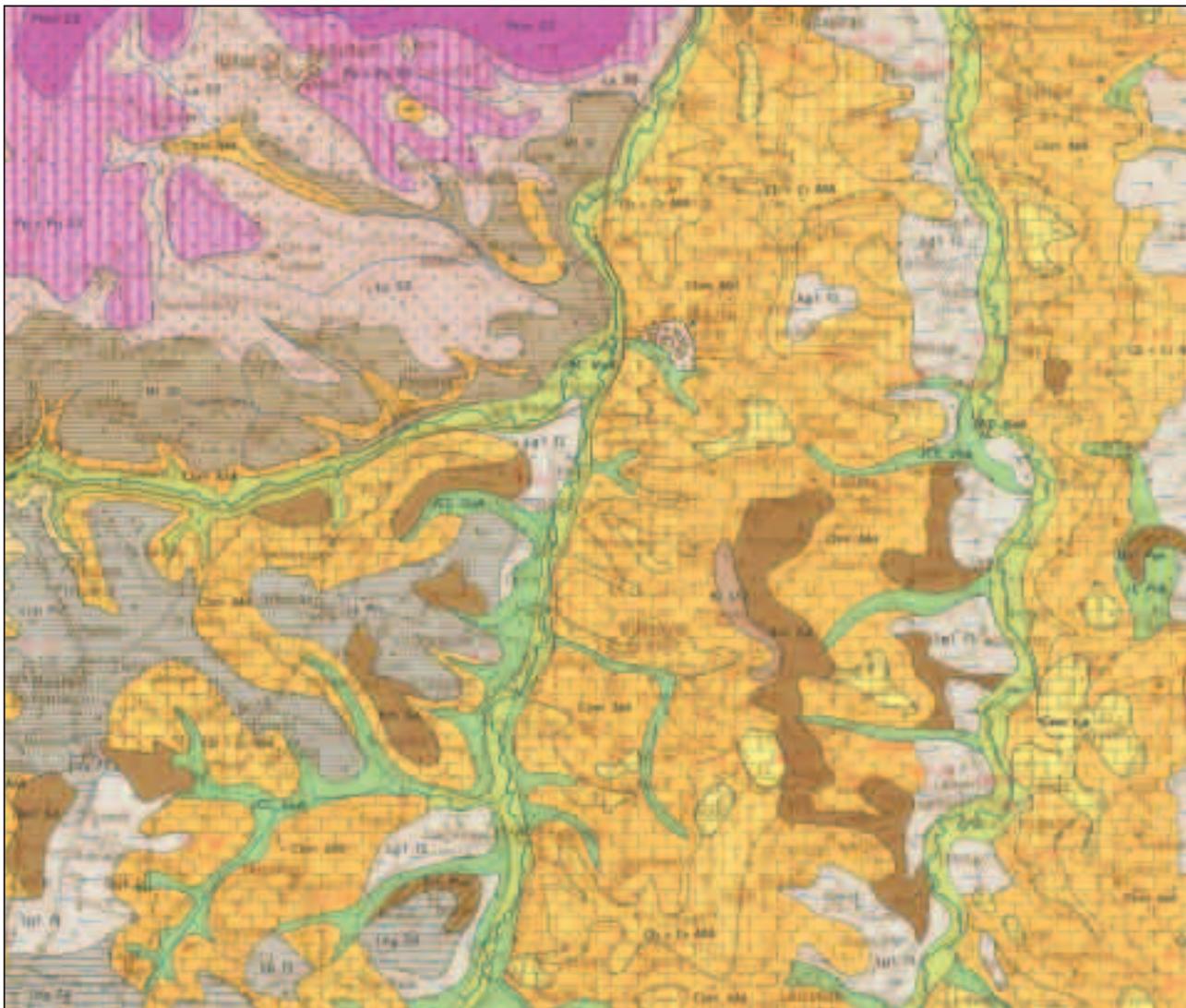
La feuille de Saint Etienne (Borland et Legros, 1986) est représentative de cette évolution, et représentait à l'époque un premier essai (*figure 3*).

Les publications ultérieures ont toutes suivi ce type de présentation : feuilles de Fontenay-le-Comte (Ducloux, 1986), Die (Barthès, 1991), Lodève (Bonfils, 1993), Beaune (Chrétien, 1996), et plus récemment Digne (Borland, 2000).

En 1998, 26 feuilles avaient été publiées, et 14 étaient en préparation dont deux actuellement sous presse : Metz (Florentin, 2004) et Meaux (Roque, 2005). D'autres sont à divers stades d'élaboration pour publication : Le Vigan, La Rochelle, Royan, St Jean d'Angely ; certaines dont les levés sont terminés sont encore à

Figure 2 - Extrait de la Carte Pédologique de la France – Feuille de Condom – J. Seguy, 1973

Figure 2 - Extract of the Pedological Map of France - Sheet of Condom – J. Seguy, 1973



Zone de transition entre boulbènes et terreforts du Sud-Ouest et sables des Landes, en passant par les sables de l'Armagnac.

La légende est pédogénétique et les unités cartographiques définies grâce à une symbolisation harmonisée.

Exemples (avec transfert CPCS / RP) :

SOLS PEU EVOLUES

JCC VcA Colluviosols argilo-limoneux des bas de versants et têtes de vallées

SOLS CALCIMAGNESIQUES

Crm KA Rendosols argilo-limoneux à argileux sur dalles calcaires : « peyrusquets »

Cbm MA Calcosols argilo-limoneux : « terreforts » profonds

SOLS BRUNIFIES

Bm SA Brunisols mésosaturés sur formations acides du Pontien

BI S/ Néoluviosols sablo-limoneux sur sables de l'Armagnac

SOLS LESSIVES

La SS Luvisols dystriques sur sables des Landes

Lg1 TL Luvisols rédoxiques limoneux à limono-sableux : « bouldbènes » profondes de terrasses

SOLS PODZOLISES

Phm SS Podzosols humiques, humo-duriques localement, sur sables des Landes

Pp + Pq SS Unité complexe : Sols podzoliques et podzols sur sables des Landes

Figure 3 - Extrait de la Carte Pédologique de la France – Feuille de Saint Etienne - M. Bornand et J.P. Legros, 1985

Figure 3 - Exarct of the Pedological Map of France - Sheet of Saint Etienne - M. Bornand and J.P. Legros, 1985



Vallée du Rhône avec à l'Ouest les contreforts du Vivarais, bordure du Massif Central, et à l'Est un ensemble caractéristique des terrasses quaternaires et des contreforts Bas Dauphinois.

La légende est structurée selon les régions naturelles, les unités cartographiques sont numérotées et référencées au plan pédogénétique.

Exemples (très simplifiés) :

SOLS DES PLAINES RHODANIENNES

- 1 Sols calcaires de texture variable, de plaines alluviales ou de bourrelets de berge. Fluviosols calcaires

SOLS DES PLAINES ALLUVIALES ANCIENNES ET RESEAU DE TERRASSES

- 6 Sols sablo-caillouteux en surface, saturés, des basses terrasses (Würm). Fersisols à réserve calcaire
- 8 Sols très caillouteux, moyennement désaturés, des hautes terrasses fluvio-glaciaires (Mindel). Fersisols luviques
- 9 Sols très caillouteux, très désaturés, des très hautes terrasses fluvio-glaciaires (Günz). Fersisols luviques, dystriques
- 16 Sols limoneux, saturés, de recouvrement des terrasses, sur loess ancien. Brunisols saturés, localement luviques

SOLS DES COLLINES ET CONTREFORTS BAS DAUPHINOIS

- 20 Sols caillouteux, fortement acidifiés, de la surface du Villafranchien. Fersisols rédoxiques, dégradés
- 21 Sols limoneux acides et hydromorphes des plateaux villafranchiens. Luvisols dystriques, rédoxiques, dégradés

SOLS DES RELIEFS CRISTALLINS ET CRISTALLOPHYLLIENS – PLATEAUX ET PENTES DU VIVARAIS

- 29 Sols sablo-argileux, caillouteux, peu profonds, sur pentes faibles. Brunisols oligosaturés
- 32 Sols sableux très peu profonds, des versants en pente forte, sur roche dure. Rankosols d'érosion

coordonner : Besançon, Colmar, Janzé, Langon, Nancy, St Léonard de Noblat, Versailles ; d'autres enfin, dont les levés sont presque terminés, pourraient faire l'objet d'un programme d'inventaire complémentaire pour les mener à terme : Angers, Auch et Chinon.

L'état d'avancement actuel est repris dans une synthèse dans ce numéro (Arrouays et coll., 2004).

Ce qui vient d'être évoqué sur l'évolution des démarches montre, à l'évidence, l'adaptation indispensable des approches en fonction des caractéristiques des régions naturelles. Pour bien comprendre le fonctionnement et la variabilité des unités inventoriées, il s'est avéré indispensable de les analyser de manière plus détaillée, et des recherches sur diverses approches de terrain ont été développées à des niveaux paysagiques variés : bassins versants, terroirs, régions naturelles.

Ces conceptions ont pu être synthétisées récemment (Jamagne et King, 2003).

Quelques problèmes de coordination et orientation des travaux du programme

L'aspect le plus difficile, et sans doute le plus important, du rôle de coordination a été d'amener les personnes concernées à participer à une action commune, à parler un même langage, et à accepter un certain nombre de contraintes liées à tout travail d'harmonisation.

Cette coordination a consisté en fait en une succession continue d'arbitrages scientifiques et de choix techniques, en concertation constante avec des pédologues-cartographes d'origines très diverses et avec des centres d'intérêts parfois bien différents.

Une difficulté majeure à laquelle l'unité de coordination de l'INRA a toujours été confrontée, est celle d'avoir à concilier cette harmonisation, indispensable, avec le désir de faire progresser des recherches sur différentes approches de l'analyse spatiale. Ceci explique les évolutions et adaptations successives que nous avons évoquées plus haut, efforts importants qui ont pu faire évoluer la conception des documents pour les rendre plus accessibles aux utilisateurs et pour aborder la cartographie dans des secteurs encore peu explorés.

RECHERCHES ASSOCIÉES

C'est dans le cadre des activités du SESCPF, et plus particulièrement de la cartographie des sols à 1/100 000 qu'ont été réalisées différentes actions de recherches se rapportant à la compréhension de la distribution, du comportement et du fonctionnement des sols dans le milieu naturel.

Recherches exploratoires

Parallèlement aux recherches menées sur les démarches cartographiques proprement dites, d'autres études plus fondamentales fondées sur des travaux de cartographie se sont développées et ont constitué d'importantes bases de réflexion.

En un premier temps, grâce aux données fournies par l'inventaire des sols de certaines feuilles à 1/100 000, des études plus approfondies ont été réalisées et les chercheurs ont tenté de comprendre la formation, l'évolution et la distribution de certains grands systèmes pédologiques.

Ceci a notamment conduit à aborder de façon détaillée l'étude des principaux processus de la pédogenèse : lessivage, appauvrissement, acidification, aluminisation, dégradation, hydromorphie, podzolisation, fersiallisation, planosolisation...

Ces recherches ont été effectuées, fréquemment dans le cadre de thèses de doctorat, sur la mise en évidence des facteurs jouant un rôle prépondérant dans la distribution des sols, notamment :

- dans les zones de grandes couvertures quaternaires, où la succession de périodes climatiques contrastées a conditionné des phases d'évolutions pédologiques anciennes, d'érosion et de dépôt des sédiments, responsables du façonnement du modelé (Jamagne, 1973 ; Bornand, 1978 ; Ducloux, 1978),
- dans le milieu calcaire des Charentes et des Alpes sèches, où la lithologie, les structures liées à la tectonique et le modelé sont les facteurs essentiels (Callot, 1977),
- sur sables sédimentaires, où les conditions de genèse des phénomènes de podzolisation ont été bien définis (Righi, 1977),
- dans les paysages sur matériaux cristallins anciens, où les altérations et transformations parfois profondes de la couverture pédologique constituent le fil conducteur, ainsi que les relations entre l'altitude, la végétation et les types de sols associés (Legros, 1982).
- dans les paysages des marges des bassins sédimentaires dans lesquels des processus comme la planosolisation ont pu être identifiés (Baize, 1983).

L'installation du Service à Orléans en 1982 a permis un développement important des activités de recherches sur les propriétés des sols inventoriés : création des laboratoires de physique et minéralogie des sols, mise sur pied d'une unité informatique.

De nombreux travaux de recherche en ont découlé, notamment dans le domaine de la physique des sols (Bruand *et al.*, 1994 ; 1996) et de la minéralogie (Hardy M. *et al.*, 1999).

D'autres recherches, plus finalisées, ont fait l'objet de nombreux travaux.

Recherches sur la thématisation et la valorisation des données

Les premières activités du SESCPF en ce domaine furent réalisées dans le cadre du « Groupe d'Etude de Pédologie Appliquée » (GEPPA) créé à la fin des années 60 par les Sociétés mixtes d'aménagement et le Ministère de l'agriculture pour harmoniser les travaux pédologiques de ces organismes. Les principaux résultats furent diffusés entre 1970 et 1981, notamment une symbolisation des unités cartographiques, les classes d'hydromorphie et le très connu « tri-angle de texture » (GEPPA, 1981).

Des recherches appliquées ont très vite porté sur différents sujets dans le domaine de la valorisation des données recueillies, c'est-à-dire sur la thématisation des cartes de sols (Jamagne *et al.*, 1977).

Ces recherches ont été le plus souvent associées à des demandes de prestations cartographiques à différentes échelles, introduites par des organismes administratifs ou des collectivités locales : DDA, DDE, Chambres d'Agriculture, ... , à des fins d'aménagement, de détermination d'aptitudes ou de potentialités, de conservation des sols (Begon et Jamagne, 1994).

On peut citer notamment les importants travaux dans l'Oise (Begon *et al.*, 1977), qui ont débouché sur une méthodologie originale d'utilisation des cartes pédologiques à des fins agronomiques, ainsi que ceux du Sundgau (Roque et Hardy, 1981 ; Hardy et Maucorps, 1984).

Les travaux sur la valorisation des données acquises ont également été très importantes dans le domaine de l'érosion des terres de culture (Le Bissonnais *et al.*, 1998).

De très nombreuses expertises ont par ailleurs été réalisées pour des organismes publics ou privés.

Le SESCOF fut chargé par le Ministère (loi d'orientation agricole de 1980) de réaliser des essais sur l'élaboration de cartes départementales de la valeur des terres (CDTA : Cartes Départementales des Terres Agricoles) au début des années 80. Plusieurs tests furent réalisés, notamment sur les cartes de Molsheim (Hardy *et al.*, 1983) et La Ferté St Aubin (Begon et Berland, 1983), et un cahier des charges fut rédigé pour ce programme qui s'étala sur plusieurs années.

Un soutien méthodologique a d'autre part été apporté de manière continue à différentes Chambres d'Agriculture ayant entrepris la cartographie systématique de leur département. Il s'agit de l'harmonisation des cartes de sols, de la numérisation des données et de l'élaboration de cartes thématiques dans des départements comme ceux de la région Centre ainsi que de la Vienne, de la Haute-Vienne et de l'Yonne (Studer, 1982 ; Jamagne *et al.*, 1989 ; Eimberck, 1992).

Un constat relativement récent :

La majorité des demandes concernant les données sols sont maintenant liées à la nécessité d'élaboration de différents types de modèles. L'orientation prise aujourd'hui est de fournir aux praticiens, non plus des produits finis comme des cartes thématiques, mais des données d'entrée, des méthodes et des outils de traitement qui leur permettent de moduler une réponse en fonction de données conjoncturelles.

Une « base de connaissance » des sols de France a de ce fait été mise en chantier. Pour passer des données brutes acquises aux paramètres permettant de répondre à un problème thématique donné (érosion, pollution...), un certain nombre de règles, c'est-à-dire de relations, s'inspirant des fonctions dites de pédotransfert, ont été progressivement mises au point.

La réponse à donner implique généralement une pluridisciplinarité, c'est à dire le croisement de données intrinsèques aux sols avec des paramètres appartenant à des domaines disciplinaires différents (agronomie, climatologie, géomorphologie, etc.).

Recherches méthodologiques

D'autres recherches, d'ordre plus méthodologique, ont eu comme objectif l'amélioration des différentes phases des travaux : techniques de caractérisation, traitement et valorisation des données, expression des résultats, et ce à l'aide d'outils nouveaux tels que la télédétection et l'informatique.

Il faut rappeler que, de 1975 à 1982, le SESCOF a assuré le Secrétariat de la Commission de Télédétection de l'INRA. Ceci a conduit à participer de manière efficace à la campagne de 1976 sur le thème de la sécheresse, et en collaboration avec le CNES à caractériser les besoins de notre discipline pour la mise au point du satellite SPOT.

Dès 1983, l'équipe installée à Orléans s'est penchée sur l'utilisation des outils informatiques en constant développement, de manière à permettre de mieux gérer les ressources en sols afin de répondre aux différents objectifs assignés au service. L'informatique apportait en effet de nouvelles possibilités de stockage, de traitement de l'information et d'expression des résultats. Il faut noter ici la mise au point du logiciel KALEIDOS pour la numérisation et la restitution automatisée des cartes (King, 1984) et la bibliothèque LOGOS (King, 1989).

Après les premiers travaux sur les systèmes de transfert de l'information sur les sols (STIPA, 1984), initiés par les Glossaires mis au point dans le cadre de la DGRST et de l'association « Informatique et Biosphère » (Inf. et Biosph., 1969 ; 1971), les premières fiches DONESOL (Gaultier *et al.*, 1993) furent testées vers 1990.

Le développement des Systèmes d'Information Géographique (SIG) date de cette époque. Grâce à ces systèmes, on pouvait désormais s'affranchir des contraintes graphiques et mémoriser un maximum de données de base ou élaborées, en décomposant l'information et en la structurant en « couvertures » indépendantes que l'on pouvait superposer librement.

L'analyse de l'information cartographique a donc conduit à élaborer un modèle informatique des données spatialisées comprenant deux ensembles : l'ensemble (ou base) géométrique (polygones) et l'ensemble (ou base) sémantique correspondant respectivement au contenant et au contenu des plages cartographiques (King *et al.*, 1989 ; Legros, 1991).

Un modèle relationnel a permis d'organiser les informations de façon à ce qu'elles reflètent le mieux possible la structure spatiale de la couverture pédologique, en permettant de décrire des relations de voisinage, donc de fonctionnement entre les unités spatiales (King *et al.*, 1994).

La gestion des données des ressources en sols par l'intermédiaire des SIG et des Bases de Données spatialisées permettait dès lors : soit une extraction simple de données, soit des combinaisons de ces

données et conduisait à de nombreuses possibilités de modélisations et simulations

Une « base de données géographique des sols de France » a alors pu être élaborée (Jamagne *et al.*, 1995 ; INRA, 1998).

Recherches sur le transfert d'échelle

Le transfert d'échelle, que les méthodologies évoquées nécessitent pour passer d'une démarche très analytique à une cartographie plus synthétique, implique de ne faire émerger que les grandes lois de répartition en abandonnant ce qui apparaît aléatoire ou trop conjoncturel.

Partant de la base représentée par la carte à 1/250 000 de Paris, élaborée à titre expérimental dès 1970 (Horemans, 1984), différents travaux ont permis d'esquisser une méthodologie généralisable à cette échelle pour l'ensemble du territoire (Bornand *et al.*, 1988 ; Arrouays *et al.*, 1989 ; Bornand *et al.*, 1989). Ils furent pris en compte pour la mise au point d'un inventaire systématique qui intervint plus tard (le programme IGCS).

L'inventaire systématique des sols dans les années 90 – Une période de transition

A la fin des années 80, il est apparu, malgré de nombreuses sollicitations au niveau ministériel, que le programme à 1/100 000 était trop lent et trop lourd à gérer, compte tenu des moyens mis à la disposition du SESCOF, pour envisager une couverture totale du territoire dans des délais raisonnables.

Une réflexion collective a alors débouché sur un projet de réalisation d'un inventaire à plus petite échelle, moins précis peut être, mais plus rapide et satisfaisant.

MISE AU POINT ET DÉMARRAGE DU PROGRAMME IGCS

Le programme "Inventaire, Gestion et Conservation des Sols" (IGCS) a ainsi été élaboré par l'INRA et le Ministère de l'Agriculture (DERF) et mis en place en 1990.

Il comportait deux volets complémentaires : d'une part au niveau régional (**Référentiels Pédologiques Régionaux**), d'autre part au niveau local (**Secteurs de Référence**).

Pour le premier, il s'agit d'élaborer dans chacune des grandes régions administratives françaises un document cartographique et une base de données (d'une précision correspondant à l'échelle du 1/250 000), de qualité suffisante pour permettre la prise de décisions à l'échelon régional.

Pour le second, il était prévu d'étudier très finement, à l'échelle du 1/10 000, des aires échantillons de petite superficie, dites Secteurs de Référence. Le suivi des fonctionnements pédo-agronomiques (drainage, irrigation...) de ces zones devrait permettre d'obtenir des "références" généralisables à des systèmes-sols ana-

logues, situés dans de petites régions naturelles, et répertoriés à l'échelle du 1/250 000 (Favrot, 1989).

Un certain nombre d'actions sont alors intervenues pour rendre le fonctionnement du programme opérationnel.

- Des premiers essais de faisabilité et de réalisation ont été effectués dans différents paysages français caractéristiques : en Ile-de-France et en Languedoc-Roussillon, dans le Loiret, la Côte-d'Or, l'Yonne et les Landes (Arrouays et Hardy, 1993 ; Bornand *et al.*, 1994). L'analyse des interactions lithologie-géomorphologie-pédologie a immédiatement montré qu'il était possible d'introduire à ce niveau la notion de pédopaysages significatifs pour la gestion de l'espace rural.

- Un premier « cahier des charges » fut rédigé en 1992, et diffusé (IGCS, 1992 ; Girard, 1994).

Une période de transition délicate a du alors être gérée par le SESCOF, des travaux d'analyse spatiale et de cartographie étant simultanément effectués à la fois au 1/100 000 et au 1/250 000, en fonction des possibilités et moyens régionaux, et ceci de 1992 à 1998.

Plusieurs travaux initiés durant cette période ont été publiés ultérieurement (Chrétien, 2000 ; Roque, 2003).

Les travaux se sont alors poursuivis et développés principalement dans le cadre du programme **IGCS**, le programme initial du SESCOF étant repris dans le cadre d'une structure traitant de la « **Connaissance Pédologique de la France** » (**CPF**).

Créée en 2000 auprès de l'unité INRA d'Orléans, l'Unité INFO-SOL gère depuis lors l'ensemble de ces programmes

PARTICIPATION AUX PROGRAMMES EUROPÉENS ET INTERNATIONAUX

Dès sa création, le SESCOF fut sollicité, en tant qu'organisme de référence nationale, pour participer à différents programmes européens et internationaux, dont beaucoup dans le cadre de collaborations avec la FAO, l'Unesco, la CCE puis l'UE, tout particulièrement par le canal du Centre Commun de Recherches (JRC : Joint Research Center) puis du Bureau Européen des Sols de Ispra.

En ce qui concerne les contributions, il faut mentionner la Carte des Sols du Monde à 1/5 M de la FAO (FAO, 1981), la Charte des Sols du Monde élaborée en 1985 par la FAO et l'Unesco, la Carte des Sols des Communautés Européennes à 1/1 M (CEC, 1985).

Indépendamment de l'apport de ses données nationales, le SESCOF s'est vu confier progressivement la coordination scientifique de plusieurs programmes importants dont essentiellement celui de la Base de Données Géographique des Sols de l'Europe : « Soil Geographical Database for Eurasia & the Mediterranean », travail qui a donné lieu à différentes publications (King et Daroussin, 1992 ; Jamagne *et al.*, 1994 ; EC-JRC, 1998 ; Le Bas *et al.*, 1998 ; King *et al.*, 1999b ; Jamagne *et al.*, 2001 ; EU-JRC, 2001 ; Jamagne *et al.*, 2002).

En ce qui concerne d'autres programmes internationaux, de nombreuses actions de coopération scientifique sont intervenues,

notamment de 1970 à la fin des années 90, avec l'Uruguay, la Colombie, la Bulgarie, Cuba, le Vietnam, la Pologne (Chrétien et Jamagne coord., 1992),..., et tout particulièrement l'URSS puis la Russie, par le canal de l'Académie Vasknil, ...

EN CONCLUSION

Le programme "**Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédologique de France**" (SESCPF), mis en place en 1968, a donc justifié la création d'une unité spécialisée. Il convenait ici de rappeler que durant plus de 30 ans cette action a permis l'acquisition de très nombreuses données sur les ressources en sols de notre territoire et de connaissances fondamentales sur la typologie et la variabilité spatiale des principaux systèmes pédologiques, ainsi que la constitution d'une plate-forme de coordination et de concertation au niveau national dans le domaine de l'analyse spatiale des sols.

Indépendamment de ses propres travaux, le SESCOPF a donc représenté une référence nationale pour de nombreux organismes tant publics que privés confrontés aux problèmes de gestion de l'espace rural. Il a d'autre part joué un rôle croissant au plan international, en particulier au plan européen.

Différentes synthèses ont été effectuées à plusieurs reprises sur l'ensemble des travaux réalisés (Jamagne *et al.*, 1991 ; King *et al.*, 1999b ; Stengel *et al.*, 2000).

D'autre part, la représentativité des Cartes Pédologiques de France réalisées sur la diversité des sols du territoire a été analysée sur la base des 26 cartes publiées et des cartes en cours de publication (King et Saby, 2001). Une représentativité satisfaisante a été mise en évidence, presque tous les types de sols constitutifs du territoire y étant représentés, mais plus d'un quart des pédopaysages français devrait cependant être encore inventoriés.

Une valorisation de tous les travaux cartographiques à 1 / 100 000 est en cours d'une part par la digitalisation des cartes pour intégration dans un SIG, d'autre part par la saisie informatique des unités cartographiques et des profils de sols représentatifs.

L'Unité **INFOSOL** de l'INRA peut donc être considérée comme l'héritière des acquis du Service de la Carte Pédologique de France dans le domaine de la cartographie, de l'évaluation et de la gestion des ressources en sols du territoire français.

REMERCIEMENTS

Les pages qui ont été rédigées ici retracent simplement quelques étapes dans l'évolution des travaux de cartographie des sols sur notre territoire. Ces travaux n'ont été rendus possibles que grâce à l'enthousiasme, la motivation, la compétence et l'esprit d'équipe d'un très grand nombre de chercheurs, ingénieurs et techniciens de diverses origines.

Sans qu'il soit possible de tous les nommer, nous les remercions vivement des efforts consentis et de leur collaboration efficace au cours de tant d'années de travail en commun.

Quelques références bibliographiques concernant les activités du SESCOPF

1960 - 1970

- C.P.C.S., 1967 - Classification des sols. INRA, 87 p.
 G.E.P.P.A - S.E.S.C.P.F. 1969. Codes de symbolisation. INRA SESCOPF. 35 p.
 Informatique et Biosphère - DGRST, 1969. - Glossaire de Pédologie. Description des Horizons en vue du traitement informatique. Publ. ORSTOM. Paris. 82 p.
 Favrot J.C., 1969 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - VICHY L15 - Notice explicative. INRA. 158 p.
 Jamagne M; 1967 - Bases et techniques d'une cartographie des sols. Annales Agronomiques. Vol.18. N° hors série.142 p.

1970 - 1980

- Baize D., 1978 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - Tonnerre M10 - Notice explicative. INRA. 243 p.
 Begon J.C., Hardy R., Mori A. et Roque J., 1977 - Les sols du Département de l'Oise à 1/100 000 . INRA - SESCOPF ; 178 p.
 Bonfils P., 1976 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - Brive J18- Notice explicative. INRA. 135 p.
 Bonneau M., Faivre P, Gury M., Hetier J.M., Le Tacon F., 1978 - Carte Pédologique de la France 1/100 000 - SAINT-DIE Q19- Notice explicative. INRA. 159 p.
 Bornand M., Legros J.P., Moinereau J., 1977- Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - PRIVAS N19- Notice explicative. INRA. 255 p.
 Bornand M., 1978 - Altération des matériaux fluvio-glaciaires, genèse et évolution des sols sur terrasses quaternaires dans la moyenne vallée du Rhône. Thèse ENSAM. INRA Montpellier. 329 p.
 Callot G., 1975 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - Angoulême H16 - Notice explicative. INRA. 171 p.
 Callot G., 1976 - Analyse d'un système géo-pédologique régional Nord-Aquitaine. Thèse Etat - USTL Montpellier. 107 p.
 Chrétien J., 1976 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - Dijon O12 - Notice explicative. INRA. 218 p.
 Ducloux J., 1978 - Contribution à l'étude des sols lessivés sous climat atlantique. Thèse Doc. Etat - Université de Poitiers, 200 p.
 Favrot J.C., 1974 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - Moulins L14 - Notice explicative. INRA. 177 p.
 Informatique et Biosphère, 1971. Glossaire de Pédologie. Description de l'Environnement en vue du traitement informatique. DGRST. Paris. 173 p.
 Jamagne M., 1973 - Contribution à l'étude pédogénétique des formations loessiques du Nord de la France - Thèse Doc. Sc. Agr. Fac. Gembloux - 475 p.
 Jamagne M., 1977 - Le Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédologique de France de l'INRA - Génie Rural - pp. 23-29
 Jamagne M., Begon J.C., Hardy R., 1977 - La cartographie des sols, élément fondamental de l'aménagement et de la conservation de l'espace rural. Pédologie XXVII 1, pp. 9-43.
 Portier J., 1974 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - Toulon P23- Notice explicative. INRA. 129 p.
 Righi D., 1977 - Genèse et évolution des podzols et des sols hydromorphes du Médoc. Thèse Etat. Univ. Poitiers. 150 p.
 Seguy J., 1975 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - Condom H21- Notice explicative. INRA. 152 p.
 Servant J., 1970 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - Argeles-Sur-Mer - Perpignan L pp. 24-25- Notice explicative. INRA. 114 p.
 Wilbert J., 1978 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - Lesparre F17- Notice explicative. INRA. 229 p.

1980 - 1990

- Arnal H., 1983 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - Montpellier M22 - Notice explicative. INRA. 179 p.
- Arrouays D., Duval O., Renaux B., 1989 - Esquisse des paysages pédologiques du Loiret à 1/250 000. INRA- Chambre d'Agriculture du Loiret. 1 carte + notice. 182 p.
- Baize D., 1983 - Les planosols de Champagne humide. Pédogénèse et fonctionnement. Thèse Doc. Etat. Université. Nancy. 358 p.
- Baize D., 1986 - Couvertures pédologiques, cartographie et taxonomie. Science du Sol. 24 (3). pp. 227-243.
- Begon J.C., Berland M., 1983 - CDTA - Feuille de La Ferté St Aubin - 1/50 000. Min. Agr. Diame - DDA Loiret.
- Benoit-Janin P., 1986 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - LAangres 010- Notice explicative. INRA. 130 p.
- Bornand M. et Legros J.P., 1985 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - St Etienne N17. INRA
- Bornand M., Barthès J.P., Bonfils P., Legros J.P., Coventi S., 1988- Région Languedoc-Roussillon. Carte régionale des sols et des contraintes du milieu à 1/250 000. Essai méthodologique. PIM CEE Régions.
- Bornand M., Arrouays D., Baize D., Jamagne M., 1989 - Cadre méthodologique d'une cartographie régionale des sols à l'échelle du 1/250 000. Science du Sol, 27, 1, pp. 17-20.
- Boulaine J., 1980 - Pédologie appliquée. Collection Sciences agronomiques, Paris, 220 p.
- CEC. 1985 - Soil Map of the European Communities at 1:1,000,000. CEC DG VI. Luxembourg. 124 p.
- Crahet M., 1981 - Carte Pédologique de la France 1/100 000 - Chartres J8 - Notice explicative. INRA. 233 p.
- Duchaufour P., 1983 - Pédologie. T 1. Pédogénèse et Classification. 2^e éd.. Masson. Paris.
- Ducloux J., 1989 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - Fontenay-Le-Comte C14. Notice explicative INRA. 204 p.
- FAO, 1981 - Soil Map of the World at 1:5,000,000. Volume V. Europe. Unesco-Paris. 201 p.
- Favrot J.C., 1989 - Une stratégie d'inventaire cartographique à grande échelle : la méthode des secteurs de référence. Science du Sol. 27. pp. 351-358
- G.E.P.P.A - S.E.S.C.P.F., 1981 -Synthèse des travaux de la commission « Cartographie » - INRA - 25 p
- Hardy R., Roque J., Mettauer H., 1983 - CDTA - Feuille de Molsheim 1/50 000. Min. Agr. Diame - DDA Bas Rhin.
- Hardy R., Maucorps J., 1984 - Etude des terres agricoles du Territoire de Belfort ; Secteur de référence du Sundgau. 2 cartes à 1/10 000. + 3 annexes 181 p. ONIC Min. Agr.. 125 p
- Horemans P., 1984 - Carte Pédologique de France 1/250 000 - Feuille de Paris NM 31-11. INRA 202 p.
- Isambert M., 1984 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - Chateaudun I9 - Notice explicative. INRA. 259 p.
- Jamagne M., Begon J.C., Bornand M., Hardy R. - 1989 - Evolution dans la conception et dans l'utilisation des données du milieu physique. C.R. Ac. Agr. Fr. n°9, pp. 33-46.
- Jamagne M., Bornand M., Hardy R. - 1989a - La Cartographie des Sols en France à moyenne échelle. Programme en cours et évolution des démarches. Science du Sol, 27, 4, pp. 14-29.
- Jamagne M., Bornand M., Hardy R., 1989b - La Carte Pédologique de France à 1/100 000. Science du Sol. 27 (1), pp. 21-24.
- King D., 1984 - Analyse de quelques concepts en cartographie des sols basée sur une automatisation des cartes thématiques dérivées. Agronomie, 5 (5), pp. 461-472.
- King D. et Duval O., 1988 - LOGOS. Logiciels pour l'étude de la géographie des

sols. Version 3.1. INRA - SESCPF, 112 p.

- King D., Daroussin J., Arrouays D., 1989 - Analyse cartographique et Systèmes d'Information Géographique. Science du Sol. 27, 1, pp. 89-92
- Legros J.P., 1982 - L'évolution granulométrique au cours de la pédogénèse. Approche par simulation sur ordinateur. Thèse Doc. Etat - USTL Montpellier. 402 p.
- Roque J., Hardy R., 1981 - Etude Agropédologique dans le Sundgau. Cartes à 1/25 000. INRA DDA Haut Rhin. 309 p.
- STIPA, 1984 - Bertrand R., Falipou P., Legros J.P. - Notice pour l'entrée des descriptions et analyses de sols en banques de données. ACCT. Paris, 136 p.
- Studer R., Servant J., Dupont J., Lafréchoux M., Nicoulaud B., 1982 - La carte des sols de la Région Centre. Bulletin Inf. IGN. n° 45.

1990 - 2000

- AFES - INRA, 1995 - (Baize D. et Girard M.C., coord.) - Référentiel Pédologique, principaux sols d'Europe. INRA, Paris. 222 p.
- Arrouays D., Hardy R., 1993 - Le programme Inventaire, Gestion et Conservation des sols. Application dans la région landaise. In : La gestion des sols. Pour une agriculture durable. 2-3/02/1993, Toulouse. Revue Purpan, 166, pp. 5-14.
- Barthès P, 1991 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - DIE O19. - INRA.
- Begon J.C., Jamagne M., 1994 - Genèse, typologie et utilisation des sols. Techniques agricoles. 1110, 3, pp. 1-24
- Bonfils P., 1993 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - Lodeve L22 - Notice explicative. INRA. 206 p.
- Bornand M., Legros J.P., Rouzet C. 1994 - Les banques régionales de données-sols. Exemple du Languedoc-Roussillon. - Etude et Gestion des Sols, n°1, pp. 67-82.
- Bouteyre G. et Duclos G., 1994 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - ARLES N22. Notice explicative. INRA. 302 p.
- Bruand A., Baize D., Hardy M., 1994 - Prediction of water retention properties of clayey soils : validity of relationships using a single soil characteristic. Soil Use and Management. 10, 3, pp. 99-103
- Bruand A., Duval O., Gaillard H., Darthout R., Jamagne M., 1996 - Variabilité des propriétés de rétention en eau des sols : importance de la densité apparente. Etude et Gestion des Sols, 3, 1, pp. 27-40
- Chrétien J., Jamagne M., (coord ;) 1992 - Etude et mise en valeur des sols sableux de Pologne et de France. SESCPF - INRA. 214 p.
- Chrétien J., 1996 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - BEAUNE N12- Notice explicative. INRA. 286 p.
- Dutil P., 1992 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - SAINT DIZIER N8 - Notice explicative. INRA. 220 p.
- EC-JRC, 1998 - Georeferenced Soil Database for Europe. Manual of Procedures. Version 1.0. European Soil Bureau. JRC. Ispra. 184 p.
- Eimberck M., 1992 - Carte des sols de la Région Centre à 1/ 50 000 - Feuille de MONTARGIS- Notice explicative. INRA.SESCPF - CA du Loiret. 206 p.
- FAO - ISRIC - ISSS, 1998 - World Reference Base for Soil Resources - FAO, Rome. 161 p.
- Gautier J.P., Legros J.P., Bornand M., King D., Favrot J.C., Hardy R., 1993 - L'organisation et la gestion des données pédologiques spatialisées : le projet DONESOL. Revue de Géomatique, 3, pp. 235-253.
- Girard M.C., 1994 - Présentation du programme Inventaire, Gestion et Conservation des Sols - Séminaire IGN/IFEN. Information environnementale et géographique. pp. 89-93
- Hardy R., Favrot J.C., Couturier A., Moulard N., 1999 - REFERSOLS, répertoire pour la France d'études pédologiques avec cartographie des sols aux petites et moyennes échelles (du 1/50 000 au 1/500 000). INRA Orléans. 146 p.
- Hardy M., Jamagne M., Elsass F., Robert M., Chesneau D., 1999 - Mineralogical

- development of the silt fraction of a Podzoluvisol on loess in the Paris Basin (France) - *Eur. Journal of Soil Science*. 50, pp. 443-456
- IGCS, 1992. Inventaire, Gestion et Conservation des Sols. Ministère de l'Agriculture (DERF) - INRA. Paris. 9 p.
- INRA, 1998 - La base de données géographique des sols de France à 1/1 000 000. INRA SESCOF Orléans. CR ROM.
- Jamagne M., Bornand M., and Hardy R., 1991 - Soil mapping in France and its application. In "Soil Survey, a Basis for European Soil Protection" (Ed: J.M. Hodgson). CEC, pp. 7-16.
- Jamagne M., 1993 - Evolution dans les conceptions de la cartographie des sols. *Pédologie*, XLIII, 1, pp. 59-115.
- Jamagne M., King D., Girard M.C., Hardy R., 1993 - Quelques conceptions actuelles sur l'analyse spatiale en pédologie. *Science du Sol*, 31, 3, pp. 141-169.
- Jamagne M., 1994 - L'analyse spatiale en pédologie. La cartographie des sols. In: *Pédologie*, tome 2 (2e éd.) Masson. Paris. pp. 587-618
- Jamagne M., King D., Le Bas C., Daroussin J., Burrill A., Vossen P., 1994 - Creation and use of a European Soil Geographic Database. 15th International Congress of Soil Science. Transactions - Vol. 6a - Commission V - Symposia - Acapulco - Mexico, pp. 728-742.
- Jamagne M., Hardy R., King D., Bornand M., 1995 - La base de données géographique des sols de France. *Etude et Gestion des Sols*, 2, 3, pp. 153 - 172.
- King D. and Daroussin J., 1992 - A geographical data base for the pedological landscapes of the European Communities. Data base version 2.0. INRA-JRC, Orléans, 63. p.
- King D., Jamagne M., Chrétien J., Hardy R., 1994 - Soil-space organization model and soil functioning units in Geographic Information Systems. 15th International Congress of Soil Science, Transactions - Vol. 6a - Commission V - Symposia - Acapulco - Mexico, pp. 743-757.
- King D., Jamagne M., Arrouays D., Bornand M., Favrot J.C., Hardy R., Le Bas C., Stengel P., 1999a - Inventaire cartographique et surveillance des sols en France. Etat d'avancement et exemples d'utilisation. *Etude et Gestion des sols*. 6, 4, pp. 215-228.
- King D., Stengel P., Jamagne M., 1999b - Soil mapping and soil monitoring. State of progress and use in France. In: *Soil Resources of Europe - Proc. of the advisory committee of the European Soil Bureau*. London, UK, pp. 63-73.
- Le Bas C., King D. Jamagne M., Daroussin J., 1998 - The European Soil Information System. In: *Land Information Systems: Developments for planning the sustainable use of land resources*. ESRB Report n°4, EUR 17729, pp. 33-42.
- Le Bissonnais Y., Montier C., Jamagne M., Daroussin J., King D. 1998 - Aspect cartographique de l'érosion des sols en France - *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 84, 7, pp. 117-130.
- Legros J.P., 1991 - Computerized data sets for soils maps in geographical information technology in the field of environment. UNED/UNITAR and EPFL. Training programme in GIS. pp. 309-456.
- 2000**
- Arrouays D., Hardy R., Schnebelen N., Le Bas C., Eimberck M., Roque J., Grolleau E., Pelletier A., Doux J., Lehmann S., Saby N., King D., Jamagne M., Rat D., Stengel P., 2004 - Le programme Inventaire Gestion et Conservation des Sols de France - *Etude et Gestion des Sols*, Vol 11, 3, pp. 187-198
- Bornand M., Fléché C., Guyon A., 2000 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - DigneP21 - Notice explicative. INRA. 256 p.
- Chrétien J., 2000 - Référentiel Pédologique de Bourgogne à 1 / 250 000. Régions naturelles, pédopaysages et sols de la Côte-d'Or. INRA Infosol. 194 p.
- EU-JRC, 2001 - Instructions Guide for the elaboration of the Soil Geographical Database of Euro-Mediterranean Countries. Version 4.0. Ispra. 53 p.
- Florentin L., 2004 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - Metz P7 - Notice explicative. INRA (sous presse)
- Jamagne M., Montanarella L., Daroussin J., Eimberck M., King D., Lambert J.J., Le Bas C., Zdruli P., 2001 - Methodology and experience from the Soil Geographical Database of Europe at scale 1:1 M. *Options Méditerranéennes*. CIHEAM - Bari. Série B: studies and research n°34. pp. 27-47.
- Jamagne M., Daroussin J., Eimberck M., King D., Lambert J.J., Le Bas C., Montanarella L., 2002 - Soil Geographical Data Base of Eurasia and Mediterranean Countries at 1:1 M. - 17th World Congress of Soil Science. Bangkok.
- Jamagne M. and King D., 2003 - The Current French Approach to a Soilscape Typology. In: *Soil Classification. A Global Desk Reference*. Chapter 13. CRC Press. Boca Raton. pp. 157-178
- King D. et Saby N., 2001 - Analyse de la représentativité des cartes pédologiques au 1/100 000 pour la connaissance du territoire français - *Science du Sol*, 8, 4, 31, 3, pp. 247-267
- Roque J., 2003 - Référentiel régional pédologique de l'île de France à 1 / 250 000. Régions naturelles, pédopaysages et sols. INRA - Infosol. 244 p.
- Roque J., 2005 - Carte Pédologique de la France à 1/100 000 - Meaux L7- Notice explicative. INRA. (sous presse)
- Stengel P., King D., Jamagne M., 2000 - Knowledge and monitoring of soil resources in France. In: *The European Soil Information System*. ESB - FAO. World Soil Resources Report n° 91. Rome. pp. 71-80.

PUBLICATIONS ET DOCUMENTS PUBLIÉS PAR L'AFES

REVUES

SCIENCE DU SOL

Revue scientifique publiée de 1952 à 1993.

Elle comporte 300 à 400 pages par an. Un index est présenté tous les ans dans le quatrième numéro.

A cessé de paraître fin 1993. Certains numéros disponibles.

LA LETTRE DE L'ASSOCIATION

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

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

Rédacteur en chef : F. Féder, CIRAD, La Réunion

ÉTUDE ET GESTION DES SOLS

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

Rédacteur en chef : M. Jamagne.

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

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

OUVRAGES

LE LIVRE JUBILAIRE (1984)

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

FONCTIONNEMENT HYDRIQUE ET COMPORTEMENT DU SOL (1984)

PODZOLS ET PODZOLISATION

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

MICROMORPHOLOGIE DES SOLS/SOIL MICROMORPHOLOGY

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

CARTE MONDIALE DES SOLS ET SA LÉGENDE

Présentée sous forme de deux diapositives (1984).

LE RÉFÉRENTIEL PÉDOLOGIQUE

Principaux sols d'Europe, deuxième édition 1995.

Ouvrage collectif publié par l'AFES et l'INRA.

SYNTHÈSE NATIONALE DES ANALYSES DE TERRE : PÉRIODE 1990-1994

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

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