

# La cartographie des sols à moyennes échelles en France métropolitaine

A. C. Richer de Forges<sup>(1\*)</sup>, M. Baffet<sup>(2)</sup>, C. Berger<sup>(3)</sup>, S. Coste<sup>(4)</sup>, C. Courbe<sup>(5)</sup>, S. Jalabert<sup>(6)</sup>, J.-C. Lacassin<sup>(7)</sup>, S. Maillant<sup>(8)</sup>, F. Michel<sup>(9)</sup>, J. Moulin<sup>(10)</sup>, J.-P. Party<sup>(11)</sup>, C. Renouard<sup>(12)</sup>, J. Sauter<sup>(13)</sup>, O. Scheurer<sup>(14)</sup>, B. Verbègue<sup>(15)</sup>, S. Desbourdes<sup>(1)</sup>, F. Héliès<sup>(1)</sup>, S. Lehmann<sup>(1)</sup>, N.P.A. Saby<sup>(1)</sup>, E. Tientcheu<sup>(1)</sup>, M. Jamagne<sup>(1)</sup>, B. Laroche<sup>(1)</sup>, M. Bardy<sup>(1)</sup> et M. Voltz<sup>(16)</sup>

- 1) INRA, Unité InfoSol, US 1106, F - 45075 Orléans Cedex 2
- 2) Chambre d'Agriculture de la Corrèze, immeuble consulaire, le Puy Pinçon, BP 30, 19001 Tulle Cedex
- 3) Chambre d'Agriculture du Loir-et-Cher, CS 1808 - 11-13-15 rue Louis Joseph Philippe, 41018 Blois
- 4) SIG L-R : Association Système d'Informations Géographiques en Languedoc-Roussillon, Maison de la télédétection, 500 rue Jean-François Breton, 34093 Montpellier Cedex 5
- 5) Chambre d'Agriculture de la Haute-Vienne, 2 avenue Georges Guingouin, CS 80912 Panazol, 87017 Limoges Cedex 1
- 6) Bordeaux Sciences Agro, Département "Sciences et Gestion du Végétal", Bâtiment Médoc, 1 cours du Général de Gaulle, CS 40201, 33175 Gradignan Cedex
- 7) Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la région provençale, le Tholonet CS 70064, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5
- 8) Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine, 9 rue de la Vologne, Batiment i, 54520 Laxou
- 9) SOLEST, 16 rue Emile Simon, 52000 Chaumont
- 10) Chambre d'Agriculture de l'Indre, 24 rue des Ingrains, 36000 Châteauroux
- 11) Sol-Conseil, 251 route de la Wantzenau, 67000 Strasbourg
- 12) Chambre d'Agriculture de la Vienne, BP 50001, 86550 Mignaloux-Beauvoir
- 13) ARAA, Association pour la Relance Agronomique en Alsace, 2 rue de Rome, BP 30022 Schiltigheim, 67013 Strasbourg Cedex
- 14) Institut Polytechnique LaSalle Beauvais, 19, rue Pierre Waguët, BP 30313, 60026 Beauvais Cedex
- 15) Chambre d'Agriculture du Loiret, avenue des droits de l'Homme, 45000 Orléans
- 16) Laboratoire sur les Interactions Sol-Agrosystème-Hydrosystème INRA - IRD - SupAgro UMR 1221 LiSAM labo, F - 34060 Montpellier Cedex, France

\* : Auteur correspondant : anne.richer-de-forges@orleans.inra.fr

## RÉSUMÉ

Le programme de cartographie des sols à moyennes échelles du territoire français ("Connaissance Pédologique de la France" : CPF) a débuté en 1968. Depuis, environ 24 % du territoire, soit environ 13 millions d'hectares, ont ainsi été couverts par une cartographie des sols au 1/100 000 et environ 18 % au 1/50 000, soit plus de 9 millions d'hectares. Sur le plan national, la priorité financière a toutefois été donnée au programme de cartographie de la France au 1/250 000, en voie d'achèvement (King *et al.*, 1999) afin d'aboutir le plus rapidement possible à une connaissance nationale des sols de France à une échelle supérieure au 1/1 000 000. Toutefois, le besoin de cartographie

des sols à moyennes échelles est toujours présent et de nouvelles cartes sont publiées chaque année dans le cadre de ce programme. De même, les cartes publiées sont progressivement informatisées (couche graphique et base de données). Cette cartographie joue un rôle essentiel dans l'enrichissement de nos connaissances sur les sols et notamment de leurs lois de répartition dans le paysage. L'informatisation de ces données permet de disposer d'un outil puissant qui constitue un atout précieux pour mieux prendre en compte la nature des sols au niveau local dans différents domaines (agronomie, environnement, aménagement des territoires...) et ainsi mieux répondre à des enjeux de durabilité des activités agricoles, de gestion et d'aménagement des territoires, ou encore de préservation des ressources et des écosystèmes. Elle apporte également une aide non négligeable à la cartographie au 1/250 000 avec notamment une utilisation de ces cartes pour décrypter l'organisation des sols et comme zone d'apprentissage pour de la cartographie numérique.

### **Mots clés**

Cartographie, sol, DoneSol, CPF, inventaire, base de données géographique et sémantique, France métropolitaine.

### **SUMMARY**

#### **MEDIUM SCALE MAPPING OF MAINLAND FRENCH SOILS**

*The French medium scales soil mapping programme ("Connaissance Pédologique de la France": CPF) began in 1968. Since this date, approximately 24 % of the territory, covering about 13 millions hectares, have been covered by soil maps at 1 :100, 000 scale. During the same period, approximately 18 % of mainland was covered by 1:50, 000 soil maps, that is more than 9 millions hectares. In the framework of national planning, financial priority was given to the programme of soil mapping at 1 :250,000 scale that is now nearly completed (King and al., 1999), in order to achieve as soon as possible a national coverage of French soils at a scale more detailed than the 1:1, 000, 000 one. However, the need for soil mapping on medium scales is still present and new maps are published each year within the framework of this program. At the same time, new and old maps are gradually computerized (graphic layer and database). This cartography plays a crucial role in enhancing our knowledge on soils, especially about their distribution rules in the landscape. The computerization of these data makes it possible to lay out a powerful tool which constitutes an invaluable asset for better taking into account the nature and properties of the soils at the local level for various applications (agronomy, environment, regional planning...) and thus to better tackle challenges of sustainable development. It also brings a useful tool to 1 :250, 000 scale soil mapping making it possible to use these detailed maps to decipher the rules of soil spatial distribution and to use them as training areas for digital soil mapping.*

### **Key-words**

Soil Map, soil, inventory, DoneSol, CPF, dataset, France.

### **RESUMEN**

#### **LA CARTOGRAFÍA DE SUELOS A ESCALA MEDIA EN FRANCIA METROPOLITANA**

*El programa de cartografía de suelos a escala media del territorio francés ("Conocimiento Pedológico de Francia": CPF) empezó en 1968. Desde entonces, alrededor del 24 % del territorio, sea alrededor de 13 millones de hectáreas, fue así cubierto por una cartografía de los suelos al 1/100 000 y alrededor de 18 % al 1/50 000, o sea más de 9 millones de hectáreas. Al nivel nacional, la prioridad financiera fue dada aún así al programa de cartografía de Francia al 1/250 000, en vía de finalización (King et al., 1999) a fin de llegar el más rápidamente posible a un conocimiento nacional de los suelos de Francia usando una escala inferior al 1/1 000 000. Aún así, la necesidad de cartografía de suelos a escalas medias está siempre presente y nuevos mapas se publican cada año en el cuadro de este programa. Los mapas están progresivamente informatizados (capa grafica y base de datos). Esta cartografía juega un papel esencial en el enriquecimiento de nuestros conocimientos sobre los suelos y especialmente de sus leyes de repartición en el paisaje. La informatización de estos datos permite disponer de una herramienta poderosa que constituye una baza preciosa para mejor tomar en cuenta la naturaleza de los suelos al nivel local para diferentes aspectos (agronomía, medio ambiente, planificación de los territorios...) y así responder a desafíos de sostenibilidad de las actividades agrícolas, de gestión y de planificación de los territorios, o aún de preservación de recursos y de ecosistemas. Aporta igualmente una ayuda sustancial a la cartografía al 1/250 000 con especialmente un uso de estos mapas para descifrar la organización de los suelos y como zona de aprendizaje para una cartografía numérica.*

### **Palabras clave**

Cartografía, suelo, Donesol, CPF, inventario, base de datos geográfica y semántica, Francia metropolitana.

Le programme CPF (Connaissance Pédologique de la France) du Groupement d'Intérêt Scientifique Sol (GIS Sol) est un programme de cartographie des sols à moyennes échelles (de 1/50 000 à 1/100 000). Ce programme permet de collecter des connaissances scientifiques sur la diversité et la distribution des sols en France. Il est sous la responsabilité de l'unité InfoSol de l'INRA, mais engage de nombreux autres partenaires (CNRS, Universités, collectivités territoriales, Chambres d'Agriculture, sociétés d'aménagement...). Son objectif est d'établir les lois de répartition des sols sur la base de leurs facteurs de formations, à savoir : le matériau géologique, la géomorphologie, le climat, la végétation, le temps (l'âge) et les actions anthropiques. Les zones d'étude sont choisies en fonction des problématiques scientifiques, agricoles et environnementales rencontrées. Les cartes de sols détaillées ainsi réalisées permettent de disposer de connaissances fondamentales nécessaires à des travaux thématiques à l'échelle régionale ou nationale. De nombreuses demandes parviennent d'ailleurs à l'unité InfoSol pour obtenir ces cartes de sols (Richer de Forges et Arrouays, 2010 ; Richer de Forges *et al.*, 2012). Les demandes d'accès à des documents cartographiques correspondent pour 30 % à des cartes pédologiques à moyennes échelles.

L'objectif de cet article est de faire le point sur l'état d'avancement du programme CPF : publication des cartes au 1/50 000 et au 1/100 000, état d'informatisation, quantité des données concernées et utilisation de ces données.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### Les cartes d'état d'avancement

La carte d'avancement de la cartographie au 1/100 000 existait jusqu'à présent sous un format image difficile à mettre à jour. Elle a été transférée sous Système d'Information Géographique (SIG) afin d'être actualisée facilement et de pouvoir réaliser des calculs de surface couverte.

Jusqu'à présent, aucune carte d'avancement de la cartographie des sols au 1/50 000 n'avait été réalisée sur la France métropolitaine. Pour la créer, nous avons utilisé plusieurs outils. Nous avons tout d'abord interrogé la base de données DoneSol (Grolleau *et al.*, 2004) afin de sélectionner les études pédologiques à l'échelle de 1/50 000, puis nous avons extrait les emprises de ces études pédologiques avec l'outil REFERSOLS (<http://refersols.gissol.fr/georefersols/>) qui stocke les contours d'une partie des études sous SIG. Les 85 Cartes Départementales des Terres Agricoles (CDTA) n'ont pas été prises en compte dans cette carte des cartes car elles n'ont pas toutes fait l'objet de relevés pédologiques. Selon Bornand (1997), elles couvrent 4,3 millions d'ha et ne seraient pas redondantes avec d'autres études. Ces premières cartes des cartes obtenues ont été soumises au réseau de partenaires engagés dans ce programme CPF pour validation ou complément. Indépendamment, la base de données DoneSol

nous a permis d'estimer la surface couverte par une cartographie des sols au 1/50 000 et au 1/100 000.

### Analyse de la représentativité des cartes au 1/100 000

Nous avons également repris le calcul de l'analyse de la représentativité d'une zone par rapport à un territoire plus large, présentée par King et Saby (2001). Pour cela, la couverture des limites des cartes au 1/100 000 a été superposée aux Unités Cartographiques de Sols (UCS) de la base de données géographique des sols de France au 1/1 000 000 (BDGSF). On a calculé la distance géographique entre les UCS de la BDGSF et la carte au 1/100 000 la plus proche où ces UCS sont présentes.

## ETAT DES LIEUX

### La cartographie des sols au 1/100 000

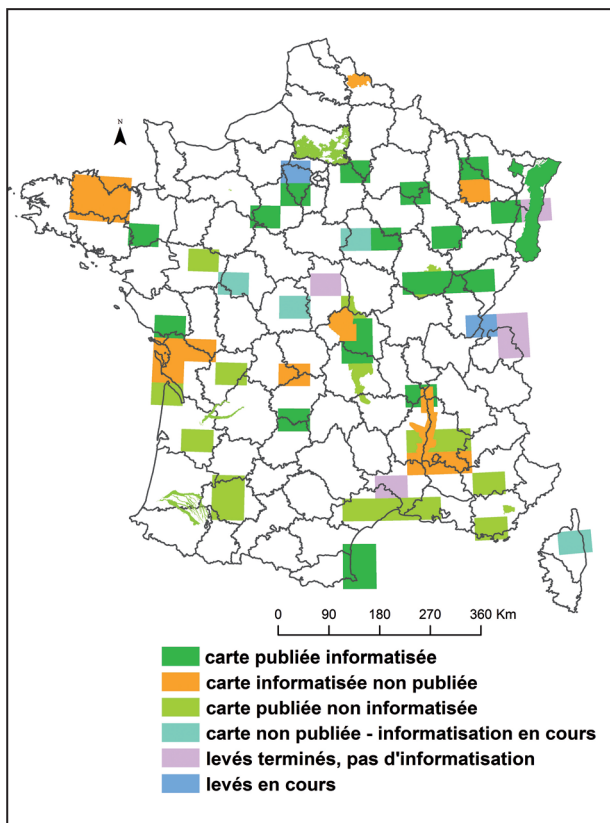
Le programme de cartographie des sols au 1/100 000 a débuté en 1968 avec la création du Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédologique de France (SESCPF) (Jamagne *et al.*, 1989). Il implique la collaboration de nombreux organismes et est coordonné par l'unité InfoSol de l'INRA depuis 2000. Ces cartes sont calées géographiquement sur les emprises des coupures IGN au 1/100 000. Trente-et-une coupures ont été réalisées et publiées avec leur notice explicative. Il en reste actuellement 9 en cours d'achèvement. En 2012, les coupures de Besançon (Gaiffe *et al.*, 2012) et de Langon (Wilbert *et al.*, 2012) ont été publiées, suivies en 2013 par les coupures d'Angers (Rossignol, 2013) et d'Auch (Bégon, 2013 ; dont la notice est en cours de rédaction).

D'autres cartographies au 1/100 000 ont été réalisées dans le cadre d'études pédologiques avec des objectifs divers. Leurs emprises ne correspondent pas à des coupures IGN classiques mais à des zones où il y avait un intérêt fort de disposer d'une information pédologique. Il s'agit par exemple de la carte du Val d'Allier (Bornand *et al.*, 1966), utilisée pour dresser le bilan de questions sur l'irrigation et l'assainissement ; ou de la carte du département de l'Oise (Bégon *et al.*, 1977), dressée sur les surfaces agricoles afin de résoudre des problèmes d'aménagements agricoles et d'appréciation des potentialités agronomiques. On peut également citer, en Aquitaine, la carte des sols des vallées de l'Isle et de la Dronne, dont l'objectif était de fournir un outil d'aide à l'aménagement hydro-agricole de ces vallées. Généralement, les cartes au 1/100 000 réalisées dans le cadre de thématiques particulières et sur des zones différentes des coupures IGN ne sont pas informatisées du fait de leur ancienneté. Elles peuvent également présenter des qualités hétérogènes.

La figure 1 montre la répartition des cartes réalisées et en cours de réalisation ainsi que leur état de publication et d'informatisation.

**Figure 1** - Carte de l'état d'avancement des cartes pédologiques au 1/100 000 fin 2013.

**Figure 1** - Map of the state of progress of the soil maps at 1 :100 000 scale at the end of 2013.



L'informatisation comprend :

- la vectorisation de la couche graphique (au format shapefile) sous SIG. Celle-ci est constituée des polygones des Unités Cartographiques de Sol (UCS) identifiés par le numéro d'UCS ;
- la constitution de la base sémantique en format DoneSol (InfoSol, 2013). Cette base sémantique contient la description des données ponctuelles (fosses, sondages) et des analyses associées (pH, granulométrie, teneur en carbone, CEC...) ainsi que la description des données surfaciques. Ces dernières donnent des

informations sur la description des UCS, des Unités Typologiques de Sol (UTS) et des strates associées (avec des variables qualitatives et quantitatives – voir encadré « Qu'est-ce qu'une strate ? »).

La liaison entre la couche graphique et la base sémantique est faite via le numéro d'UCS.

La *figure 1* nous indique qu'environ 13 millions d'hectares du territoire sont ainsi couverts par une cartographie des sols au 1/100 000. Cette estimation ne comprend que les cartes dont l'emprise est vectorisée. Elle est donc sous-estimée. L'interrogation directe de la base de données DoneSol nous indique plus de 24 millions d'hectares cartographiés au 1/100 000, soit presque 44 % du territoire ; mais ce chiffre surestime la surface cartographiée au 1/100 000 car il ne tient pas compte des études se superposant géographiquement. De ce fait, le pourcentage des surfaces réellement cartographiées s'établit donc entre les 2 estimations, sans doute autour de 30-35 % du territoire.

Compte-tenu de leur distribution géographique (*figure 1*), les variables décrivant le milieu physique (pente, géologie, altitude, climat...) à l'échelle de l'ensemble de la France métropolitaine semblent bien représentées au sein des cartes publiées au 1/100 000. King et Saby (2001) ont montré qu'elles ne parvenaient à couvrir qu'une partie de la diversité pédologique. Un travail analogue a été mis en œuvre avec les données nouvellement acquises. Aujourd'hui, la représentativité des cartes publiées au 1/100 000 (*figure 2*) met toujours en évidence des domaines pédologiques non cartographiés.

Le tableau 1 traduit sous forme d'indicateur surfacique les *figures 2* et 3.

Depuis la mise en place de la base de données nationale DoneSol (Gaultier *et al.*, 1993 ; Grolleau *et al.*, 2004), un programme d'informatisation des données géographiques et sémantiques des cartes publiées a débuté. Les informations ponctuelles (description de fosses pédologiques et de sondages) et surfaciques (description des unités cartographiques de sols (UCS), des unités typologiques de sols (UTS) et des strates) viennent progressivement enrichir la base DoneSol. Elles peuvent ainsi être utilisées facilement pour les autres volets du programme Inventaire Gestion et Conservation des Sols (IGCS ; Arrouays *et al.*, 2004) et pour la réalisation de cartes thématiques (aptitude à l'épannage, diagnostics fonciers, délimitations de terroirs, délimitation de zones humides...).

**Tableau 1** - Surfaces des occupations du sol des UCS non présentes sur une carte au 1/100 000 se situant à moins de 100 km. Les pourcentages sont calculés par rapport à la surface du territoire métropolitain.

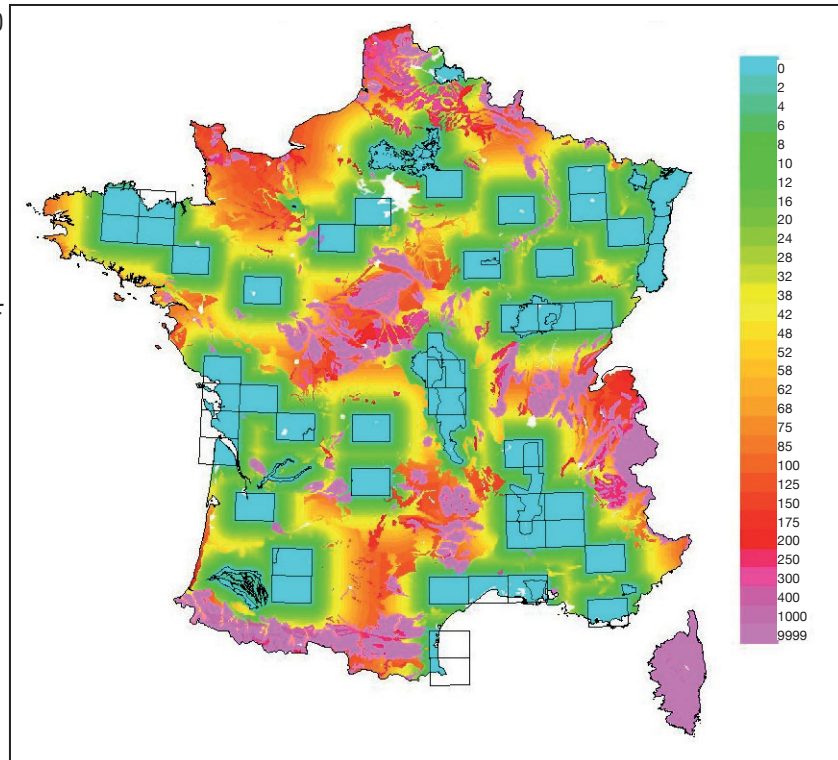
**Table 1** - Distribution soil mapping units (SMU) land cover for SMU occurring at less than 100-km apart from an existing 1 :100,000 soil map. The percentages are calculated compared to the surface of the mainland territory.

Cartes	Toute occupation	Territoires agricoles (Corine land cover 2006)	Forêts et milieux semi-naturels (Corine land cover 2006)
Figure 2	114 591 (20 %)	56 788 (10 %)	52 164 (9 %)
Figure 3	74 295 (14 %)	40 431 (7 %)	29 797 (6 %)



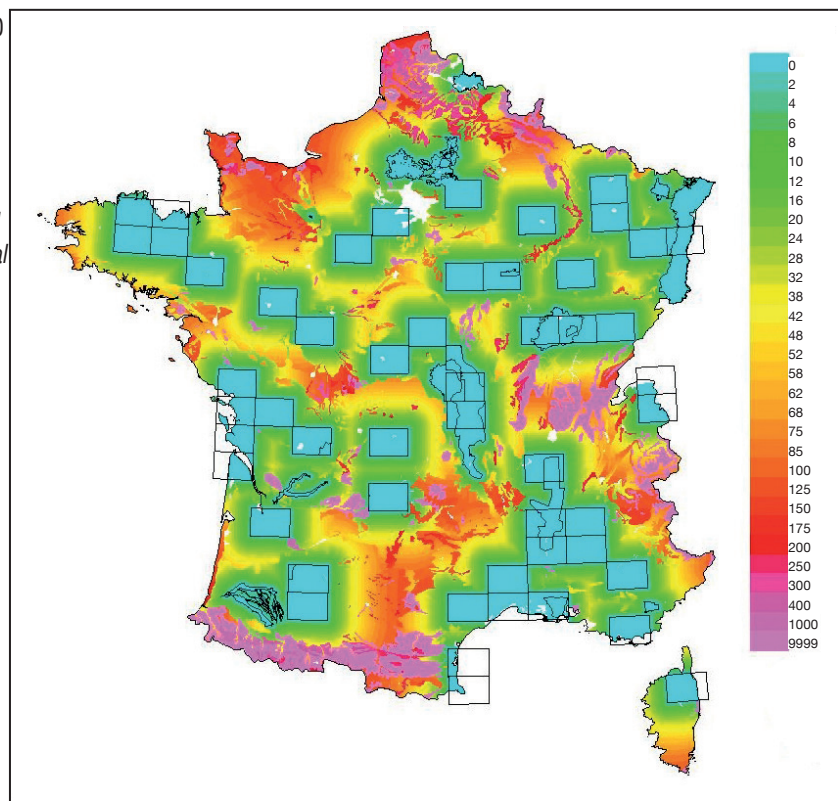
**Figure 2** - Distance en km à la carte 1/100 000 publiée et/ou informatisée la plus proche où l'unité cartographique de la BDGSF (1/1 000 000) est présente. 9999 signifie que l'UCS est non représentée et que la distance est infinie.

**Figure 2** - Distance in km between the nearest 1 :100, 000 soil map published and/or computerized and a soil mapping unit (SMU) of the French soil geographical database (BDGSF (1:1, 000,000)) is present. 9999 means that the SMU is not represented and that the distance is infinite.



**Figure 3** - Distance en km à la carte 1/100 000 (publiée ou non) la plus proche où l'unité cartographique de la BDGSF (1/1 000 000) est présente. 9999 signifie que l'UCS est non représentées et que la distance est infinie.

**Figure 3** - Distance in km between 1 :100 000 soil map (published or not) and the nearest soil mapping unit (SMU) of the French geographical database (BDGSF (1:1,000,000)). 9999 means that the SMU is not represented and that the distance is infinite.



L'absence des strates est souvent identifiée comme un point faible dans la majorité des cartes informatisées. La réalisation des strates est une étape importante qui nécessite le travail d'un expert et sa connaissance approfondie de la zone cartographiée. C'est un travail assez long à réaliser, ce qui explique le nombre de cartes encore en cours d'informatisation (tableau 2), mais qui est pourtant primordial. C'est sur ces données contenues dans les strates que s'appuient de nombreuses exploitations thématiques des bases de données (e.g. carte de réserve utile en eau qui prend en compte la texture, la teneur en éléments grossiers et la profondeur).

Si l'on analyse en détail l'état d'informatisation des cartes publiées (tableau 2), on s'aperçoit que les objets surfaciques (UCS, UTS, Strates) de 13 cartes n'ont pas été informatisés. Ces données sont disponibles uniquement sous format papier dans plus de 5 500 pages de notices explicatives incluant plus de 1 600 références bibliographiques. Seules 2 cartes ne possèdent pas de notice explicative : la carte de Die et celle d'Auch. Cette dernière est toutefois en cours de rédaction.

Concernant les données ponctuelles, si l'on compare le nombre de profils saisis dans DoneSol avec le nombre de profils présents dans les notices explicatives, il y a un potentiel d'environ 1 000 profils à saisir à partir des notices explicatives. Il reste également 7 cartes publiées sans couche graphique (au format shapefile) donc non valorisables par le SIG.

## La cartographie des sols au 1/50 000

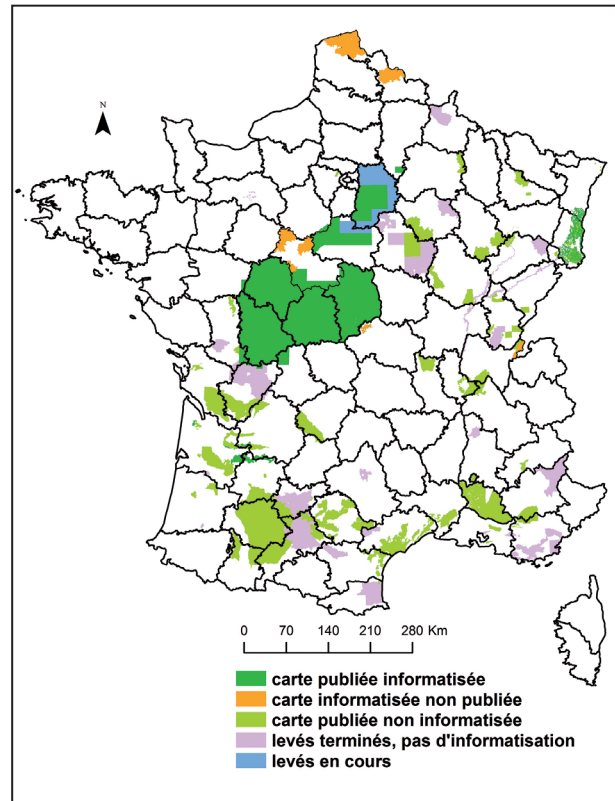
La cartographie au 1/50 000 a été initialement portée, dès les années 60, par l'INRA, les Chambres d'Agriculture et certaines compagnies d'aménagement (Sud-Ouest de la France). Cette cartographie a une finalité locale très appliquée (par exemple : zonages de contraintes majeures à la mise en valeur, études préalables à l'épandage de produits résiduels organiques). En 1980, la loi d'orientation agricole prévoyait la cartographie de la France au 1/50 000 avec les Cartes Départementales des Terres Agricoles (CDTA). Sa mise en œuvre a débuté dès 1981. L'objectif était l'obtention d'un outil pour la protection des terres agricoles qui devait être utilisé dans la gestion et la programmation des améliorations foncières. Bien que ce programme n'ait pas été achevé, son héritage a cependant enrichi notre connaissance des sols avec une qualité toutefois irrégulière.

De ce fait, la cartographie au 1/50 000 couvre le territoire de manière très hétérogène (figure 4). Des travaux à cette échelle sont actuellement en cours de réalisation dans certains départements. Elle est très avancée notamment en région Centre, dans le Sud du département de Seine-et-Marne ou de la Vienne.

La surface cartographiée au 1/50 000 dépasse les 9 millions d'hectares soit environ 18 % de la surface du territoire métropolitain. Le calcul de cette surface étant faite d'après les emprises des études au 1/50 000 existantes sous SIG, il sous-estime la surface réellement couverte par une cartographie au 1/50 000.

**Figure 4** - Carte d'état d'avancement des cartes pédologiques au 1/50 000 (hormis les Cartes Départementales des Terres Agricoles (CDTA), non prises en compte).

**Figure 4** - State of progress of soil mapping at 1:50 000 scale (except the departmental maps of agricultural lands (CDTA) not shown).



En interrogeant directement la base de données DoneSol, la surface cartographiée au 1/50 000 couvre un peu plus de 30 % du territoire. Mais ce chiffre surestime la surface réelle cartographiée puisqu'il ne prend pas en compte les études se superposant géographiquement. Le pourcentage de surface réellement cartographiée s'établit donc entre les 2 estimations, sans doute autour de 20-25 % du territoire. Il est important de noter également qu'il existe des cartographies au 1/25 000 couvrant de vastes surfaces (département de l'Aisne...).

Dans la région Centre et certains départements limitrophes, le programme de cartographie des sols au 1/50 000 a débuté avant l'apparition de la base de données nationale DoneSol. L'Indre, l'Indre-et-Loire, le Cher et la Vienne disposent aujourd'hui d'une couverture totale de leur département au 1/50 000. La base de données associée est un format appelé « Studer » (du nom de son initiateur qui était chercheur à l'INRA de Châteauroux) contenant une dizaine de variables articulées sur l'ancienne classification des sols de France (CPCS). Ces cartographies des sols ont été utilisées pour de nombreuses appli-

**Tableau 2** - Liste des cartes au 1/100 000 publiées dans le cadre du programme CPF, triées par date de publication.**Tableau 2** - List of the maps at 1 :100 000 scale published within the framework of program CPF, sorted by publication date.

carte	date de début des levés	date de fin des levés	nb de pages de la notice	nb de réf. biblio.	informatisation dans DoneSol (2013)					shapefile
					nb d'UCS	nb d'UTS	nb de strates	nb de profils	nb de sondages	
Vichy (Favrot, 1969)	1965	1967	129	50	75	79	236	244	0	oui
Argelès - Perpignan (Servant, 1970)	1960	1968	92	26	61	61	132	33	0	oui
Toulon (Portier, 1973)	1965	1969	103	20	0	0	0	0	0	non
Condom (Séguy, 1973)	1961	1969	117	16	0	0	0	247	0	non
Moulins (Bornand <i>et al.</i> , 1974)	1965	1969	144	50	79	69	276	189	0	oui
Angoulême (Callot, 1974)	1966	1970	143	64	0	0	0	197	0	oui
Dijon (Chrétien <i>et al.</i> , 1975)	1967	1971	188	37	75	77	186	140	0	oui
Brive (Bonfils, 1976)	1965	1972	122	25	68	62	152	291	0	oui
Privas (Bornand <i>et al.</i> , 1976)	1964	1972	232	113	0	0	0	254	0	non
St Dié (Bonneau <i>et al.</i> , 1978)	1965	1970	142	44	152	137	490	272	6	oui
Lesparre (Wilbert, 1979)	1969	1971	195	80	70	0	0	110	0	non
Tonnerre (Baize, 1980)	1968	1976	195	68	60	88	203	36	0	oui
Châteaudun (Isambert, 1980)	1966	1972	220	35	111	81	309	162	0	oui
Chartres (Crahet, 1982)	1965	1976	192	31	92	111	398	233	0	oui
St Dizier (Dutil, 1982)	1968	1973	175	49	153	106	394	312	0	oui
Montpellier (Arnal, 1983)	1958	1975	139	64	0	0	0	0	0	non
Langres (Benoît-Janin, 1986)	1965	1975	118	24	40	47	127	50	0	oui
Lodève (Bonfils, 1988)	1977	1982	186	84	0	0	0	260	0	oui
Fontenay-le-Comte (Ducloux, 1989)	1970	1977	169	49	81	80	209	141	851	oui
Die (Barthes, 1991)	1977	1982	PAS DE NOTICE		0	0	0	0	0	non
Arles (Bouteyre et Duclos, 1994)	1957	1983	232	123	0	0	0	0	0	non
Beaune (Chrétien, 1996)	1967	1988	224	59	90	142	542	333	0	oui
Digne (Bornand <i>et al.</i> , 2000)	1978	1993	264	81	0	0	0	205	0	oui
Metz (Florentin, 2005)	1969	1990	207	39	76	72	200	195	0	oui
St Etienne (Legros et Bornand, 2007)	1968	1976	281	88	57	94	344	296	1	oui
Meaux (Roque, 2007)	1964	1998	196	105	86	166	601	283	6	oui
Janzé (Rivière <i>et al.</i> , 2011)	1966	1983	320	50	28	28	167	64	0	oui
Besançon (Gaiffe <i>et al.</i> , 2012)	1980	2012	200	66	77	50	235	186	26	oui
Langon (Wilbert <i>et al.</i> , 2012)	1971	2010	250	34	117	20	0	122	0	oui
Angers (Rossignol, 2013)	1975	2008	346	42	0	0	0	139	0	oui
Auch (Bégon, 2013)	1960	2012	PAS DE NOTICE		0	0	0	268	178	oui

cations thématiques (Moulin et Eimberck, 2011). Afin d'appuyer le programme Référentiel Régional Pédologique (RRP ; carte au 1/250 000), une migration progressive des données présentes dans la base « Studer » vers le format DoneSol est actuellement en cours (Eimberck et Joly, 2008). Ce passage permet d'enrichir la base nationale et de faire profiter les acteurs régionaux des modes opératoires de réalisation de cartes thématiques basés sur le modèle DoneSol (Moulin et Laroche, 2012).

## DISCUSSION

La surface couverte par les cartes de sols à moyenne échelle a été estimée sur les cartes des figures 1 et 4. Cette estimation est sous-évaluée car elle ne prend en compte que les études dont l'emprise a été vectorisée. En interrogeant directement les données sémantiques, on obtient une estimation de la surface cartographiée de 35 millions d'hectares soit en théorie un peu plus de 65 % du territoire (sans prendre en compte les surfaces qui se superposent). On peut sans doute estimer que l'ensemble des cartographies à moyennes échelles couvre vraisemblablement entre 50 et 60 % du territoire français.

En 2001, une analyse de la représentativité des cartes pédologiques au 1/100 000 pour la connaissance des sols du territoire métropolitain a été réalisée (King et Saby, 2001). Cette analyse a démontré que 43 % de la surface française était alors insuffisamment représentée. Depuis, plusieurs cartes au 1/100 000 ont été publiées et informatisées, ce qui a permis d'enrichir nos connaissances. Si l'on compare la figure 3 avec la carte publiée par King et Saby en 2001, on observe que les zones où la connaissance des sols au 1/100 000 est faible ont diminué. Les nouveaux calculs démontrent qu'il reste 20 % du territoire encore mal connu dont 56 000 km<sup>2</sup> correspondent à des territoires agricoles. De plus, certaines de ces zones sont bien couvertes par des cartes pédologiques à des échelles plus détaillées (comme en région Centre). Les régions de montagne (Alpes, Pyrénées, Massif Central) sont assez peu couvertes par des cartes au 1/100 000, de même que la Normandie et le Nord-Pas-de-Calais. Ces dernières régions étant par ailleurs engagées dans le programme au 1/250 000, une des priorités du programme CPF devrait se focaliser sur les zones de montagne qui restent peu connues.

Il reste actuellement quelques cartes publiées non informatisées. Ce travail d'informatisation est important car il permet de sauvegarder les données pédologiques acquises dans le cadre de ce programme. Le budget qui a été nécessaire à l'acquisition de ces données est très important (Bornand, 1997) et il s'agit ici de les capitaliser et de les rendre disponibles et exploitables afin de valoriser cet investissement.

Les notices explicatives qui accompagnent les cartes présentent une information très riche. Elles permettent une compréhension des paysages et de l'organisation spatiale des sols. Sur

les 25 premières cartes publiées, il a été compté 132 topo-séquences et plus de 4000 pages de notices pour un travail citant 27 auteurs et co-auteurs, 130 collaborateurs et 10 dessinateurs (King et Saby, 2001). Ces notices, issues d'un travail colossal, expliquent l'organisation des sols dans le paysage et permettent la compréhension de la genèse de ces systèmes organisés et des clefs de leur évolution géomorphologiques et pédologiques dans l'espace et le temps (Jamagne, 2011) et de leur fonctionnement actuel. Les données contenues dans ces notices explicatives sont progressivement informatisées dans DoneSol afin de faciliter leur exploitation.

Ces travaux de cartographies à moyennes échelles ont permis de mettre en place la méthodologie actuelle de cartographie des sols en France. Les données issues du programme CPF sont maintenant couramment utilisées en cartographie numérique et pour l'extrapolation spatiale (Bornand et al., 1997 ; Grinand et al., 2008 ; Lehmann et al., 2007 et 2013 ; Lemerrier et al., 2013...). Ces techniques permettent d'extrapoler des classes de sols d'une carte existante sur une surface non connue adjacente dans le but de finaliser des cartes inachevées, de produire une première esquisse de la répartition des sols et d'optimiser la phase de terrain de la carte voisine. Elles sont également des supports pour la calibration ou la validation de modèles robustes pour la réalisation de cartes thématiques (prédiction d'hydromorphie, zonages de milieux particuliers tels que zones humides, garrigue..., estimation de stocks en carbone...). Ces applications thématiques et leur mode opératoire sont capitalisés dans la base Appicasol en cours de finalisation. Ainsi le choix actuel d'informatisation d'anciennes cartes au 1/100 000 s'appuie sur les besoins de connaissances sur les sols que l'on a dans certains secteurs et sur leur possibilité d'extrapolation *via* ces nouveaux outils.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

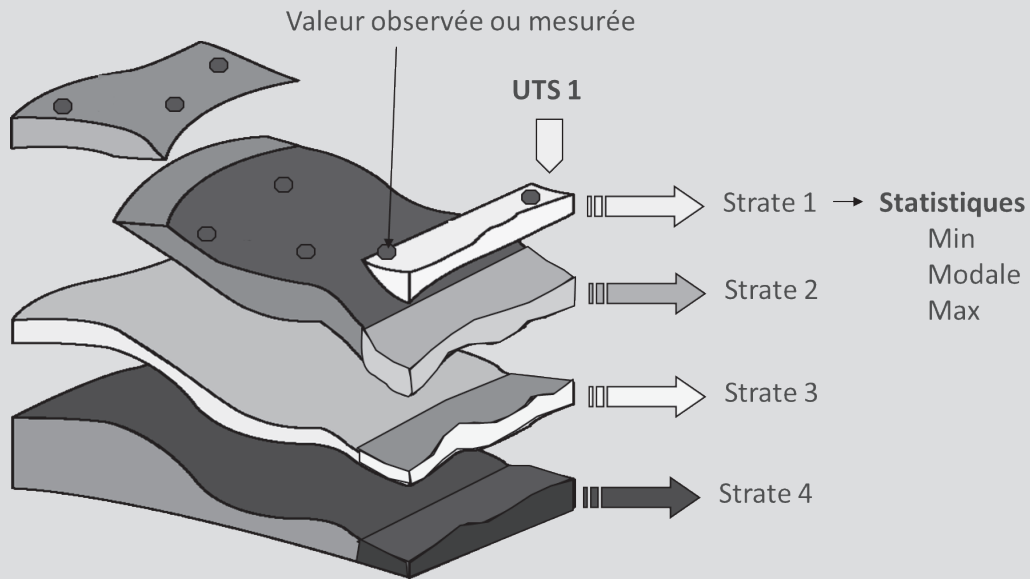
Le programme CPF permet de collecter de façon harmonisée un ensemble d'informations sur les sols. Ces dernières années, le programme a porté principalement sur la sauvegarde des connaissances acquises. Cela s'est traduit par la publication de nouvelles cartes déjà bien avancées, voire quasiment achevées (Besançon, Auch...), avec en parallèle la capitalisation de l'information par la mise en base de données DoneSol.

Un effort a aussi été fait sur l'informatisation de cartes publiées sous forme papier soit à partir de la notice papier, soit avec l'aide des archives de terrain lorsqu'elles étaient encore disponibles. Pour certaines cartes, il est déjà trop tard, les archives de terrain semblent, à notre connaissance, avoir disparu (départ à la retraite du pédologue en charge de la carte, déménagement de l'organisme assurant la cartographie de la coupe, destruction de ces vieux documents...). Cette informatisation est donc une course contre la montre pour capita-



### QU'EST-CE QU'UNE STRATE ?

La strate représente la variation spatiale d'un horizon de sol. Elle est rattachée à une Unité Typologique de Sol (UTS) qui représente une portion de la couverture pédologique ayant des caractères diagnostiques d'une pédogenèse identique et d'une différenciation identique. Dans une UTS, la succession d'horizons est la même en tout point de l'espace même si parfois l'un de ces horizons est absent.



Les variables de la strate sont décrites non pas par une valeur ou une occurrence observée ou mesurée mais par des statistiques. Pour les variables quantitatives, elle va contenir la valeur minimale, la valeur modale et la valeur maximale pour chaque variable. Pour les variables qualitatives, elle va présenter le mode principal (occurrence la plus souvent rencontrée), le mode secondaire (occurrence souvent rencontrée) et le mode mineur (occurrence peu rencontrée). Dans la base de données, on va donc trouver toutes ces informations par variable plus une information sur la quantité de données ponctuelles utilisée pour l'obtention des statistiques de chaque variable.

Les variables les plus courantes dans les strates des cartes au 1/100 000	
Variables quantitatives	Variables qualitatives
taux d'argile	effervescence
taux de sable	abondance des taches d'oxydation
calcaire total	abondance des taches de réduction
abondance des éléments grossiers	type de structure
taux de matières organiques (mesuré)	porosité
pH eau	couleur
taux de limon	classe de texture dans le triangle du GEPPA
Capacité d'Echange Cationique (CEC)	taille des éléments grossiers principaux
limons fins/limon total	abondance de la matière organique (estimation terrain)
potassium échangeable	classe de texture dans le triangle de l'Aisne

liser les anciennes données papier avant d'autres disparitions potentielles.

Ce programme est aussi une aide capitale en appui au programme de cartographie au 1/250 000 des sols de France. Par exemple, de nouveaux outils permettent actuellement d'utiliser les cartes informatisées issues du programme CPF comme zone d'apprentissage, en cartographie numérique des sols, afin d'orienter le plan d'échantillonnage de cartographie au 1/250 000 et d'optimiser ainsi l'acquisition de données nouvelles. Plus généralement, ce programme permet de capitaliser sous forme de bases de données les investissements financiers très importants qui ont été consentis pour l'étude des sols en France depuis de nombreuses années (Bornand, 1997), et de les mettre à disposition de futurs utilisateurs.

Actuellement, le programme RRP (Référentiel Régional Pédologique au 1/250 000) est financièrement prioritaire afin d'obtenir à court terme une couverture de la France entière au 1/250 000, autre que la Base de Données Géographique des Sols de France au 1/1 000 000 (BDGSF). En effet, pour la réalisation de cartes thématiques France entière, la BDGSF est toujours la seule donnée disponible avec une résolution bien insuffisante pour un grand nombre de traitements thématiques dont nous avons besoin à l'échelle nationale. La couverture au 1/250 000 de la France entière permettra d'aborder beaucoup plus de thématiques. Cependant, et c'est déjà une évidence dans les régions ayant terminé leur carte au 1/250 000, le programme CPF se pose comme une alternative pour de très nombreuses thématiques. De par leur précision plus importante, les cartes à moyennes échelles issues du programme de cartographie CPF ont un potentiel de valorisation énorme et dans des domaines très divers (aménagement du territoire, protection d'une ressource environnementale, potentialité agricole...). Par ailleurs, les données déjà acquises dans le cadre de ce programme apportent des éléments de connaissance des lois de distribution des sols sur plus de 60 % du territoire national. Il ne paraît donc pas illusoire, en s'appuyant sur des outils comme la cartographie numérique, de faire face à ce besoin en connaissances des sols à des échelles plus fines, en donnant au programme CPF l'envergure nécessaire pour finaliser la couverture de la France au 1/100 000, voire au 1/50 000, comme c'est le cas dans certains pays voisins (Belgique, Pays-Bas, Luxembourg par exemple). Cela augmenterait considérablement le potentiel d'exploitation des données pédologiques en réponse à des enjeux majeurs, comme la gestion des ressources en eau, l'aménagement du territoire ou l'appui à la mise en œuvre de l'agro-écologie.

## REMERCIEMENTS

Le programme CPF fait partie du programme Inventaire Gestion et Conservation des Sols soutenu par le ministère en charge de l'agriculture et l'INRA dans le cadre du Groupement d'Intérêt Scientifique Sol. Nous remercions Dominique Arrouays pour sa relecture attentive et constructive des versions initiales de cet article. Nous remercions également les lecteurs anonymes de ce manuscrit. Enfin, nous remercions collectivement tous les pédologues qui ont contribué à l'avancement de ce programme sur notre territoire.

## BIBLIOGRAPHIE

- Arnal H., 1983 - Carte des sols de Montpellier au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAE. 139 p. (<http://www.quae.com/fr/r463-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html> ; dernier accès le 21/02/2014).
- 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. et Stengel P., 2004 - Le programme Inventaire Gestion et Conservation des Sols de France. *Etude et Gestion des Sols*, 11 (3), 187-197.
- Baize D., 1980 - Carte des sols de Tonnerre au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAE. 195 p. (<http://www.quae.com/fr/r585-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html> ; dernier accès le 21/02/2014).
- Barthes J.-P., 1991 - Carte des sols de Die au 1/100 000. INRA.
- Bégon J.-C., 2013 - Carte des sols d'Auch au 1/100 000. INRA.
- Bégon J.C., Berlan M., Hardy R., Jamagne M., Mori A. et Roque J., 1976 - Les sols du département de l'Oise au 1/100 000. INRA. 315 p. + carte.
- Benoît-Janin P., 1986 - Carte des sols de Langres au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAE. 118 p. (<http://www.quae.com/fr/r1193-langres-carte-pedologique.html> ; dernier accès le 21/02/2014).
- Bonfils P., 1988 - Carte des sols de Lodève au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAE. 186 p. (<http://www.quae.com/fr/r530-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html> ; dernier accès le 21/02/2014).
- Bonfils P., 1976 - Carte des sols de Brive au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAE. 122 p. (<http://www.quae.com/fr/r607-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html> ; dernier accès le 21/02/2014).
- Bonneau M., Faivre P. et Hétier J., 1978 - Carte des sols de Saint-Dié au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAE. 142 p. (<http://www.quae.com/fr/r1168-saint-die-carte-pedologique.html> ; dernier accès le 21/02/2014).
- Bornand M., Fléché C. et Gouyon A., 2000 - Carte des sols de Digne au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAE. 264 p. (<http://www.quae.com/fr/r723-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html> ; dernier accès le 21/02/2014).
- Bornand M., Robbez-Masson J.M., Donnet A. et Lacaze B., 1997 - Caractérisation des sols et paysages des garrigues méditerranéennes. Typologie et extrapolation spatiale par traitement d'images satellitaires. *Etude et Gestion des Sols*, 4 (1), 27-42.
- Bornand M., 1997 - Connaissance et suivi de la qualité des sols en France. MAPA-MATE-INRA. INRA Montpellier. 176 p.
- Bornand M., Legros J. et Moinereau J., 1976 - Carte des sols de Privas au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAE. 232 p. (<http://www.quae.com/fr/r1221-privas-carte-pedologique.html> ; dernier accès le 21/02/2014).
- Bornand M., Bonfils P., Favrot J.-C., Callot G. et Servat E., 1974 - Carte des sols de Moulins au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. 144 p.

- Bornand M., Favrot J.-C., Callot G. et Servat E., 1966 - Etude pédologique du Val d'Allier au 1/100 000.
- Bouteyre G. et Duclos G., 1994 - Carte des sols d'Arles au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAÉ. 232 p. (<http://www.quae.com/fr/r534-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html>) ; dernier accès le 21/02/2014).
- Callot G. (1974 - Carte des sols d'Angoulême au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAÉ. 143 p. (<http://www.quae.com/fr/r605-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html>) ; dernier accès le 21/02/2014).
- Crahet M., 1982 - Carte des sols de Chartres au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAÉ. 192 p. (<http://www.quae.com/fr/r492-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html>) ; dernier accès le 21/02/2014).
- Chrétien J., 1996 - Carte des sols de Beaune au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAÉ. 224 p. (<http://www.quae.com/fr/r539-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html>) ; dernier accès le 21/02/2014).
- Chrétien J., Vermi P., Meriaux S., Perrey C. et Waitzmann S., 1975 - Carte des sols de Dijon au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAÉ. 188 p.
- Ducloux J., 1989 - Carte des sols de Fontenay-le-Comte au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAÉ. 169 p. (<http://www.quae.com/fr/r481-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html>) ; dernier accès le 21/02/2014).
- Dutil P., 1982 - Carte des sols de Saint-Dizier au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAÉ. 175 p. (<http://www.quae.com/fr/r516-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html>) ; dernier accès le 21/02/2014).
- Eimberck M. et Joly B., 2008 - Numérisation d'études pédologiques à moyennes échelles : méthodologie et estimation des coûts. *Etude et Gestion des Sols*, 15 (1), 51-68.
- Favrot J., 1969 - Carte des sols de Vichy au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAÉ. 129 p. (<http://www.quae.com/fr/r1169-vichy-carte-pedologique.html>) ; dernier accès le 21/02/2014)
- Florentin L., 2005 - Carte des sols de Metz au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAÉ. 207 p. (<http://www.quae.com/fr/r948-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html>) ; dernier accès le 21/02/2014).
- Gaiffe M., Brukert S. et Eimberck M., 2012 - Carte des sols de Besançon au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAÉ. 200 p. (<http://www.quae.com/fr/r2115-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html>) ; dernier accès le 21/02/2014).
- Gaultier 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. 235-253.
- Grinand C., Arrouays D., Laroche B. et Martin M.P., 2008 - Extrapolating regional soil landscapes from an existing soil map : Sampling intensity, validation procedures, and integration of spatial context. *Geoderma*, 143 (1-2), 180-190.
- Grolleau E., Bargeot L., Chafchafi A., Hardy R., Doux J., Beaudou A., Le Martret H., Lacassin J.-Cl., Fort J.-L., Falipou P. et Arrouays D., 2004 - Le système d'information national sur les sols : DoneSol et les outils associés. *Etude et Gestion des sols*, 11 (3), 255-269.
- InfoSol (2013 - Dictionnaire de données – DoneSol version 3.4. 466 pages. Disponible en ligne sur : <https://dw3.gissol.fr/login> (dernier accès 19/02/2013).
- Isambert M., 1980 - Carte des sols de Châteaudun au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAÉ. 220 p. (<http://www.quae.com/fr/r462-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html>) ; dernier accès le 21/02/2014).
- Jamagne M., 2011 - Grands paysages pédologiques de France. Editions QUAÉ. 598 pp.
- Jamagne M. et Boulaine J., 2004 - Quelques données sur les activités du Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédologique de France. *Etude et Gestion des Sols*, 11 (3), 353-366.
- Jamagne M., Bornand M. et Hardy R., 1989 - La cartographie des sols en France à moyenne échelle. Programmes en cours et évolution des démarches. *Science du Sol*. Vol. 27, 4. 301-318.
- King D. et Saby NPA (2001 - Analyse de la représentativité des cartes pédologiques de France au 1/100 000 pour la connaissance des sols du territoire. *Etude et Gestion des Sols*, 8 (4), 247-267.
- King D., Jamagne M., Arrouays D., Bornand M., Favrot J.-C., Hardy R., Le Bas C. et Stengel P., 1999 - Inventaire cartographique et surveillance des sols en France. Etat d'avancement et exemples d'utilisation. *Etude et Gestion des Sols*, 6 (4), 215-228.
- Legros J. et Bornand M., 2007 - Carte des sols de Saint-Etienne au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA ; Editions QUAÉ. 281 pages. (<http://www.quae.com/fr/r57-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html>) ; dernier accès : 21/02/2014).
- Lehmann S., Bégon J.-C., Eimberck M., Daroussin J., Wynns R. et Arrouays D., 2007 - Utilisation du logiciel CLAPAS pour l'aide à la délimitation de pédopaysages. *Etude et Gestion des Sols*, 14 (2), 135-151.
- Lehmann S., Eimberck M.; Martin M.P. et Arrouays D., 2013 - Cartographie numérique d'une carte pédologique au 1/50 000 dans le Doubs, France. *Etude et Gestion des Sols*, 20 (1), 27-46.
- Lemerrier B., Lacoste M., Loum M., Berthier L., Le Bris A.-L. et Walter C., 2013 - Apport de la cartographie numérique des sols pour prédire l'hydromorphie et l'extension des zones humides potentielles à l'échelle régionale. *Etude et Gestion des Sols*, 20 (1), 47-66.
- Moulin J. et Laroche B., 2012 - L'apport des SIG dans les procédures de transfert d'échelle ; exemple en Région Centre. Présentation orale dans le cadre des JES : (disponible sur le site du RMT Sols et Territoires (<http://www.sols-et-territoires.org/>) ; dernier accès : 21/02/2014).
- Moulin J. et Eimberck M., 2011 - La cartographie des sols de l'Indre pour des applications thématiques diversifiées. *Etude et Gestion des Sols*, 18 (2), 75-89.
- Portier J., 1973 - Carte des sols de Toulon au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA ; Editions QUAÉ. 103 pages. (<http://www.quae.com/fr/r1227-toulon-carte-pedologique.html>) ; dernier accès : 21/02/2014).
- Richer de Forges A.C. et Arrouays D., 2010 - Analysis of requests for information and data from a national soil data centre. *Soil Use and Management*, 26, 374-378.
- Richer de Forges A.C., Arrouays D., Héliès F., Laroche B. et Bardy M., 2012 - Quelles demandes sur les sols reçoit-on aujourd'hui au niveau d'un pays comme la France ? *Etude et Gestion des Sols*, 19 (2), 119-128.
- Rivière J., Lemerrier B., Dupont C., Rouxel M., Walter C., Edeline P., Quidu O., 2011 - Carte des sols de Janzé au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAÉ. 320 p. (<http://www.quae.com/fr/r1368-janze-carte-pedologique.html>) ; dernier accès le 21/02/2014).
- Roque J., 2007 - Carte des sols de Meaux au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA ; Editions QUAÉ. 196 pages. (<http://www.quae.com/fr/r1290-meaux-carte-pedologique.html>) ; dernier accès : 21/02/2014).
- Rosignol J.-P., 2013 - Carte des sols d'Angers au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAÉ. 350 p.
- Séguéy J., 1973 - Carte des sols de Condom au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA ; Editions QUAÉ. 117 pages. (<http://www.quae.com/fr/r608-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html>) ; dernier accès : 21/02/2014).
- Servant J., 1970 - Carte des sols d'Argelès-sur-mer et de Perpignan au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA ; Editions QUAÉ. 92 pages. (<http://www.quae.com/fr/r606-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html>) ; dernier accès : 21/02/2014).
- Wilbert J., Arrouays D. et Richer de Forges A.C., 2012 - Carte des sols de Langon au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAÉ. 250 p. (<http://www.quae.com/fr/r2116-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html>) ; dernier accès le 21/02/2014).
- Wilbert J., 1979 - Carte des sols de Lesparre au 1/100 000 et sa notice explicative. INRA. Editions QUAÉ. 250 p. (<http://www.quae.com/fr/r610-carte-pedologique-de-france-a-1-100-000.html>) ; dernier accès le 21/02/2014).

