

# L'artificialisation des sols : pressions urbaines et inventaire des sols

B. Laroche <sup>(1)</sup>, J. Thorette <sup>(2)</sup> et J.-Cl. Lacassin <sup>(3)</sup>

(1) INRA, Unité Infosol, 2163, Avenue de la Pomme de Pin - BP 20619 - ARDON - 45166 Olivet Cedex 2

(2) IFEN, 5, route d'Olivet, BP 16105 - 45061 Orléans Cedex 2

(3) Société du Canal de Provence - Le Tholonet, BP 100, 13603 Aix-en-Provence

## RÉSUMÉ

Le développement urbain constitue une menace pour le sol qui est considéré comme une ressource non renouvelable. Les politiques d'aménagement du territoire, en particulier dans les zones périurbaines, devraient tenir compte, lors de l'élaboration des documents d'urbanisme, de l'aptitude des sols à remplir certaines fonctions économiques ou écologiques.

Pour 23 pays de l'Union Européenne, 48 % des terres qui ont été artificialisées de 1990 à 2000, étaient des terres arables ou occupées par des cultures permanentes. Au niveau français, l'accroissement de l'artificialisation, de 1990 à 2000 (Corine Land Cover), qui s'élève à environ 4,8 %, est surtout dû à celle des zones industrielles et commerciales.

Il est possible de qualifier la nature des sols affectés par cette artificialisation en rapprochant via un Système d'Information Géographique les données pédologiques issues de l'IGCS (Inventaire Gestion Conservation des Sols) de celles de l'inventaire d'occupation du sol Corine Land Cover. Bien qu'il soit difficile d'attribuer à un sol un indice de qualité unique et de portée universelle, tant cet aspect est dépendant des usages et des fonctions des sols, nous avons estimé que la Réserve Utile (RU) pouvait être l'intégrateur de bon nombre de propriétés des sols (profondeur du sol, densité apparente, texture, éléments grossiers).

Un essai est effectué à partir de la carte IGCS de l'Île de France (1 / 250 000<sup>e</sup>) : les sols de qualité moyenne à bonne sont les plus concernés par l'artificialisation. Ils couvrent de grandes surfaces sur la région. Ce sont principalement des sols cultivés des plateaux.

L'exemple du SCOT (Schéma de Cohérence Territoriale) Provence Méditerranée montre qu'il est possible de prendre en compte des données sols dans un document d'urbanisme. Il utilise une carte au 1 / 50 000<sup>e</sup>, de l'aptitude des sols à la mise en valeur agricole dérivée de données pédologiques.

Ces travaux plaident pour le développement de bases de données de meilleure résolution et pour la mise au point de méthodes permettant de mieux appréhender les enjeux attachés à la conservation des sols, en particulier vis-à-vis de la pression urbaine.

## Mots clés

*Artificialisation, inventaires pédologiques, aménagement du territoire*

## SUMMARY

### SOIL SEALING: URBAN PRESSURES AND SOIL MAPPING

Soil sealing, as a consequence of the urban sprawl, is one of the major threats on the soils. When setting up land management policies, the ability of the soils to assume economic or ecologic functions should be taken in account. For 23 countries of the European Union, 48 % of the soils urbanised from 1990 to 2000, were occupied by arable lands or permanent crops. For France, the statistics from the Corine Land Cover land (Clc) occupation database show that soil sealed surfaces amounts about 4,8 %, and is especially due to the development of the commercial and industrial parks. By overlaying the pedological database IGCS (Inventory, Management, and Conservation of the soils) and Clc with a Geographic Information System (GIS), it is possible to calculate what kind of soils is sealed. Even if the soil quality is difficult to assess in a simple way, because it is highly depending of the uses and functions of the soils, the « usefull available water » seems to be a good integrator of many soil properties (depth, bulk density, texture, coarse fragments, etc.)

A test of this approach has been led on the « Ile de France » region (around Paris): the soils of medium to high quality, located on the plateaus, are the most concerned by the artificialisation. They cover larges area and are mainly used for the agricultural production. The SCOT example (Schéma de Cohérence Territoriale) « Provence-Méditerranée » (Var Departement, south of France) shows that it is possible to take into account soil information in a land management policy document. A map of the land cropping suitability (1 : 50 000 scale) is derived from a soil information base.

Progresses could be made by setting up better resolution data bases and by developing soils assessment methods leading to their conservation facing the urban pressure.

#### Key-words

Soil sealing, soil mapping, land-use planning

## RESUMEN

### ARTIFICIALIZACIÓN DE LOS SUELOS: PRESIONES URBANAS E INVENTARIOS DE SUELOS

El desarrollo urbano constituye una amenaza para el suelo que es considerado como un recurso no renovable... Las políticas de manejo del territorio, en particular en las zonas peri-urbanas, tendrán tener en cuenta, durante la elaboración de los documentos de urbanismo, la aptitud de los suelos a cumplir varias funciones económicas o ecológicas.

Para 23 países de la Unión Europea, 48 % de las tierras que fueron artificializadas de 1990 a 2000, eran tierras arables u ocupadas por cultivos permanentes. Al nivel francés, el aumento de la artificialización, de 1990 a 2000 (Corine Land Cover), que se eleva aproximadamente a 4,8 %, es debido sobre todo al de las zonas industriales y comerciales.

Es posible calificar la naturaleza de los suelos afectados por esta artificialización acercando, vía un sistema de información geográfico los datos pedológicos que vienen del IGCS de los del inventario de uso del suelo Corine land cover. Mientras que es difícil atribuir a un suelo un índice único de calidad y de portada universal, porque este aspecto es dependiente de los usos y de las funciones de los suelos, estimamos que la reserva útil (RU) podría ser el integrador de varias propiedades de los suelos (profundidad del suelo, densidad aparente, textura, elementos gruesos).

Se hizo un ensayo a partir del mapa IGCS de la región « Isla de Francia » (1/250 000): los suelos de calidad media a buena son los más afectados por la artificialización. Cubren grandes superficies en la región. Son principalmente suelos cultivados de las mesetas.

El ejemplo del SCOT Provence Méditerranée muestra que es posible tomar en cuenta los datos de suelos en un documento de urbanismo. Usa un mapa al 1/50 000, de la aptitud de los suelos al uso agrícola derivado de los datos pedológicos.

Estos trabajos abogan para el desarrollo de bancos de datos de mayor resolución y para la determinación de métodos que permiten comprender mejor las puestas ligadas a la conservación de los suelos, en particular frente a la presión urbana.

#### Palabras clave

Artificialización, artificialización pedológicos, manejo del territorio

La communication européenne « Vers une stratégie thématique pour la protection des sols » du 16 avril 2002 a réaffirmé la nécessité de la mise en place d'une politique de protection du sol et son rôle dans le développement durable. L'artificialisation des sols figure parmi les menaces identifiées par cette communication.

L'extension urbaine ou la mise en place de grandes infrastructures de transport ou industrielles, regroupées sous l'appellation « artificialisation », stérilisent de façon irréversible les sols. Si les documents de planification intègrent aujourd'hui des informations concernant la richesse du patrimoine naturel ou la qualité des eaux, en revanche ils ne prennent que très rarement en compte (sauf dans le cas de terroirs à forte valeur ajoutée) la « qualité » des sols. Pourtant les données issues des inventaires cartographiques des sols (bases de données) permettraient d'orienter régionalement ou localement les choix des aménageurs lorsque le développement nécessite de « consommer » des sols. Une des difficultés est cependant d'identifier les enjeux concernant les sols, c'est-à-dire d'en mesurer la « qualité », autrement dit les fonctions qu'ils sont aptes à remplir aujourd'hui ou... dans le futur...

L'artificialisation des sols se fait principalement au dépend de terres agricoles (Chéry *et al.*, 2004) et dans une moindre mesure, de forêts ou d'espaces naturels ou semi naturels. L'artificialisation annule le potentiel agricole des sols et affecte fortement leur biodiversité. À cela s'ajoutent, la perte de fonction de régulation des eaux météoriques, et la perte des fonctions d'épuration-filtration. Le développement des surfaces artificialisées réduit l'espace de vie de nombreuses espèces édaphiques et isole celles-ci en fragmentant le paysage. Si tous les sols ne sont pas économiquement

intéressants, d'un point de vue agricole, ils peuvent se révéler d'une grande importance dans le maintien d'écosystèmes, la gestion des écoulements ou leur capacité d'épuration.

Les documents de planification d'aménagement du territoire ou d'urbanisme (SCOT, PLU...) peuvent remettre en cause le mode de gestion des espaces (urbains, naturels, ruraux) et déboucher sur des recompositions de territoires et de nouvelles dynamiques territoriales affectant l'utilisation des sols (Temple, 2003). Il est, par conséquent, nécessaire de dresser l'inventaire des pressions exercées sur les sols mais aussi des fonctions et des services que ceux-ci peuvent rendre sur ces territoires, en fonction de leurs qualités. Cet article présente un bilan de la pression urbaine sur les sols d'Europe et de France puis quelques perspectives d'utilisation des inventaires pédologiques pour une problématique de l'aménagement du territoire : l'expansion urbaine.

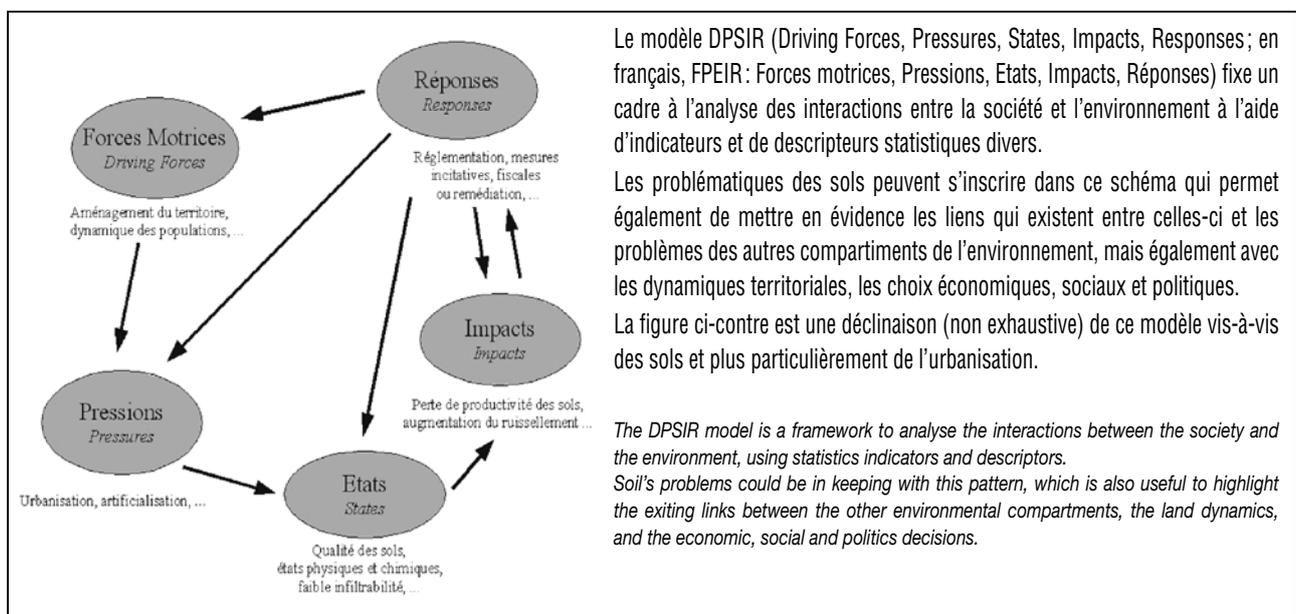
## CARACTÉRISATION DES PRESSIONS SUR LES SOLS EN EUROPE ET EN FRANCE

### L'expansion urbaine en Europe

L'extension des zones urbaines et de leurs infrastructures est la principale cause de l'artificialisation des sols au niveau européen. Selon le schéma DPSIR (*figure 1*) utilisé par la communauté européenne pour rendre compte de l'Etat de l'environnement,

**Figure 1** - Le modèle européen DPSIR appliqué à l'urbanisation des sols

**Figure 1** - The european model DPSIR applied to soil urbanisation



l'artificialisation est une pression qui découle de forces motrices telles que la démographie, l'économie (mondialisation), la politique agricole, etc.

L'Union Européenne dispose d'un inventaire d'occupation des sols, Corine Land Cover, à deux dates 1990 et 2000. Cette base fondée sur une nomenclature de 44 postes est téléchargeable, pour la France sur le site de l'Ifen ([www.ifen.fr](http://www.ifen.fr)). Elle peut être agrégée en 5 grands types d'occupation du sol :

- 1 : Espaces artificialisés
- 2 : Espaces agricoles
- 3 : Espaces naturels
- 4 : Zones humides
- 5 : Surfaces en eau.

L'Agence Européenne de l'Environnement, qui a fait le bilan des changements d'occupation des sols pour 23 pays de l'Union européenne (*figure 2*), dresse le constat suivant (EEA, 2005) :

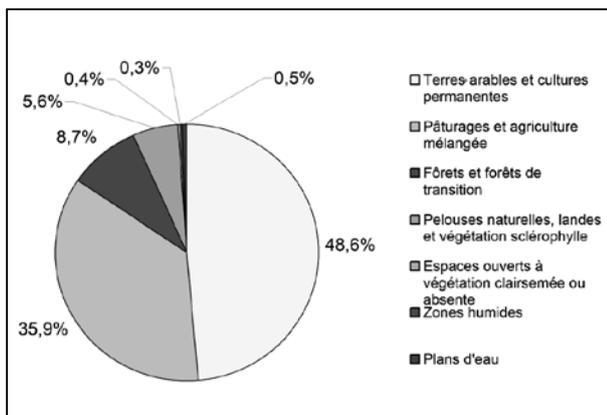
Pour ces pays, 48 % des terres qui ont été artificialisées de 1990 à 2000 étaient des terres arables ou occupées par des cultures permanentes, avec des proportions atteignant jusqu'à 80 % pour le Danemark et 72 % pour l'Allemagne. Les terres les plus affectées sont ensuite les pâturages ou les zones agricoles mixtes : 36 %. En revanche, ces dernières représentent les zones les plus artificialisées en Irlande et aux Pays-Bas. Dans les pays du sud de l'Europe on observe l'artificialisation plus fréquente des forêts et des territoires naturels : 35 % au Portugal, 31 % en Espagne et 23 % en Grèce.

De 1990 à 2000, environ 800 000 hectares de terres ont été artificialisés ce qui correspond à une croissance de 6,8 % des surfaces artificialisées. Cette artificialisation est due essentiellement au développement des espaces résidentiels, aux zones industrielles et commerciales (*figure 3*). Ces chiffres européens cachent cependant de grandes disparités (*figure 4*). On constate d'une façon générale

**Figure 2** - Répartition des différents types d'occupation du sol affectés par le développement de l'urbanisation et des territoires artificialisés en Europe

**Figure 2** - Relative contribution of land-cover categories uptaken by urban an other artificial land development.

(Source : Corine land cover, 2000 ; [www.eea.eu.int](http://www.eea.eu.int))



que l'extension des zones urbaines croît beaucoup plus vite que la population (*figure 5*).

## L'expansion urbaine en France

Au niveau français, l'accroissement de l'artificialisation selon les données Corine Land Cover s'élève à environ 4,8 % par rapport à 1990. La croissance des espaces artificialisés est surtout due à celle des zones industrielles et commerciales. Si l'on compare l'évolution de l'ensemble du territoire et de l'espace urbain, tel que défini par les aires urbaines de l'INSEE, on constate, sans surprise, que la croissance des surfaces artificialisées se fait en périphérie des villes mais qu'il existe également une artificialisation des sols dans l'espace rural, due principalement au développement de zones industrielles et commerciales (*figure 6*). Une base de donnée d'une résolution supérieure à celle de Corine Land Cover permettrait de détecter également un phénomène de mitage.

Cette pression sur les terres varie également en fonction des types de territoires : le littoral, les bordures de fleuve, où les zones méridionales se révélant plus attractives pour les populations.

Le développement des zones résidentielles induit un développement des infrastructures de transport et de zones d'activité, principalement commerciales. Cette tendance est conforme à ce qui est observable au niveau européen. La question est donc d'accompagner ou d'influer sur les changements d'usage des sols de façon à en préserver les fonctions : il faut pour cela mieux connaître le sol et en tenir compte dans les documents d'urbanisme.

## UN EXEMPLE RÉGIONAL : PRESSION URBAINE ET SOLS EN ILE DE FRANCE

### Caractérisation de l'urbanisation

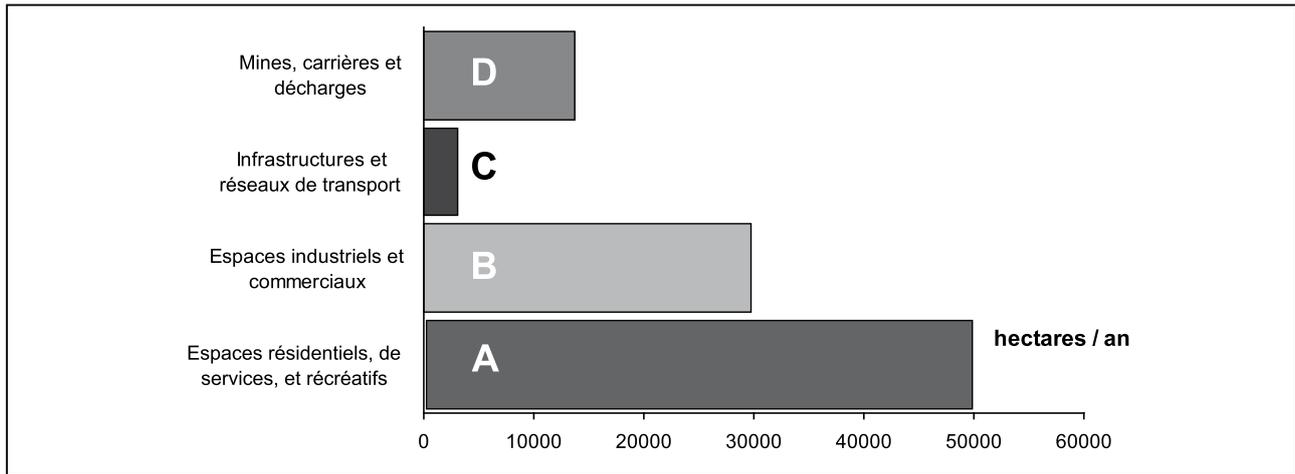
La région Ile de France a un taux d'artificialisation inférieur (3,1 %) à la moyenne nationale. Il s'agit là d'un minimum : Corine Land Cover, en raison de sa résolution limitée à 25 hectares, ne peut déceler les phénomènes de mitage. L'urbanisation se développe en périphérie de l'agglomération parisienne. Si l'on utilise, comme point de référence, un des polygones de Corine Land Cover (poste 111) composant le centre urbain dense (historique) de Paris, on constate que le maximum d'artificialisation est atteint dans un anneau de 25 à 30 km (*planches 1 et 2*). De 0 à 25 km du centre, l'artificialisation se fait essentiellement au dépend des terres agricoles et très peu au dépend des zones naturelles.

Nous avons construit un indicateur synthétique de pression sur les sols en combinant les données démographiques communales et le taux d'artificialisation sur dix ans.

Les pressions de l'urbanisation et de la démographie sont évaluées respectivement pour chaque commune par rapport à des seuils fixés en fonction de la moyenne et de la médiane des

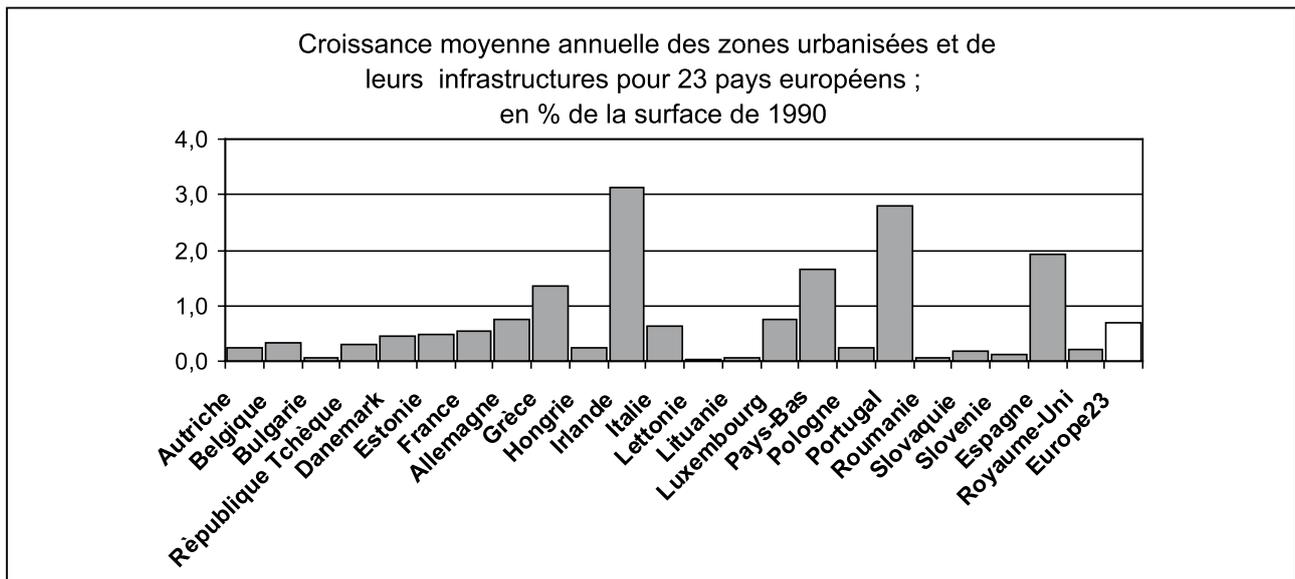
**Figure 3** - Nombre d'hectares artificialisés par an par quelque types d'occupation du sol en Europe de 1990 à 2000 (Source : Corine Land Cover, 2000 ; - www.eea.eu.int). Les lettres renvoient au regroupement des postes proposé dans le tableau 1.

**Figure 3** - Amount of hectares sealed by year for types of land use in Europe from 1990 to 2000 (Source : Corine Land Cover, 2000 ; - www.eea.eu.int). The letters are defined in the table 1.



**Figure 4** - Croissance des zones urbanisées (Source : Corine Land Cover, 2000 ; - www.eea.eu.int)

**Figure 4** - Mean growth by year of the urban area; % of the 1990'area. (Source : Corine Land Cover, 2000 ; - www.eea.eu.int)



évolutions régionales, puis combinées entre elles. Le raisonnement est par conséquent qualitatif et empirique.

Pour la population :

On calcule l'évolution de la population communale selon la formule suivante :

$$Ecom(1990,2000) = \frac{(Population\ 2000) - (Population\ 1990)}{(100 * (Population\ 1990))}$$

On calcule l'indice EvolPop = Ecom (1990,2000) / Moyenne (Ecom)

Avec Ecom (1990,2000) le taux de croissance de la population communale de 1990 à 2000

Moyenne (Ecom) : la moyenne d'évolution des populations communales de la région

On applique les règles suivantes :

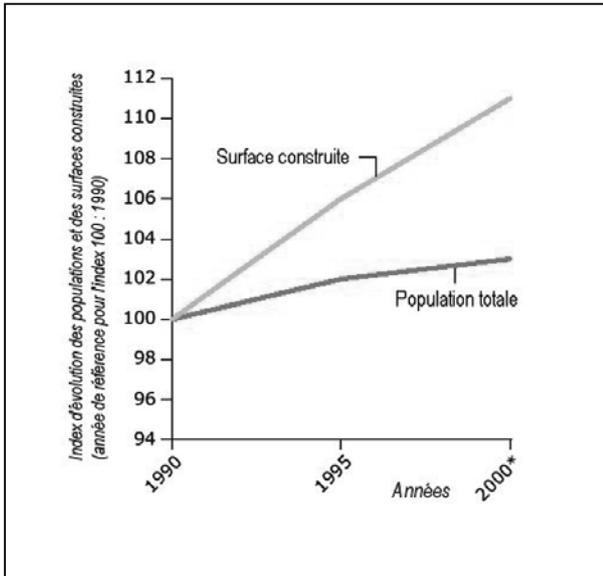
Si EvolPop ≥ 10 → pression démographique forte

Si EvolPop ≥ 3 et EvolPop < 10 → pression démographique moyenne

Si EvolPop < 3 → pression démographique faible

**Figure 5** - Les surfaces construites en Europe croissent beaucoup plus rapidement que la population ; consommant ainsi, de façon irréversible des sols dont certaines fonctions seront irrémédiablement altérées (Source : EEA, 2005)

**Figure 5** - Built-up surfaces in Europe, are growing faster than the population leading to an irreversible destruction of the soils (Source : EEA, 2005)



Pour l'urbanisation :

On calcule l'indice EvolUrb d'évolution de l'artificialisation (en %) des communes, à partir du poste 1 de Corine Land Cover (espaces artificialisés) selon la formule :

$$\text{EvolUrb} = ((\text{Surface artificialisée en 2000}) - (\text{Surface artificialisée en 1990})) / (100 * (\text{Surface artificialisée en 1990}))$$

On applique les règles suivantes :

Si  $\text{EvolUrb} \geq 10$  → pression urbaine forte

Si  $\text{EvolUrb} \geq 10$  et  $\text{EvolUrb} < 30$  → pression urbaine moyenne

Si  $\text{EvolUrb} < 10$  → pression urbaine faible

Les deux pressions sont combinées dans le *tableau 1*.

Le modèle reste assez empirique et simple, en raison de l'imprécision des informations (limites de Corine Land Cover notamment) (*planche 4*).

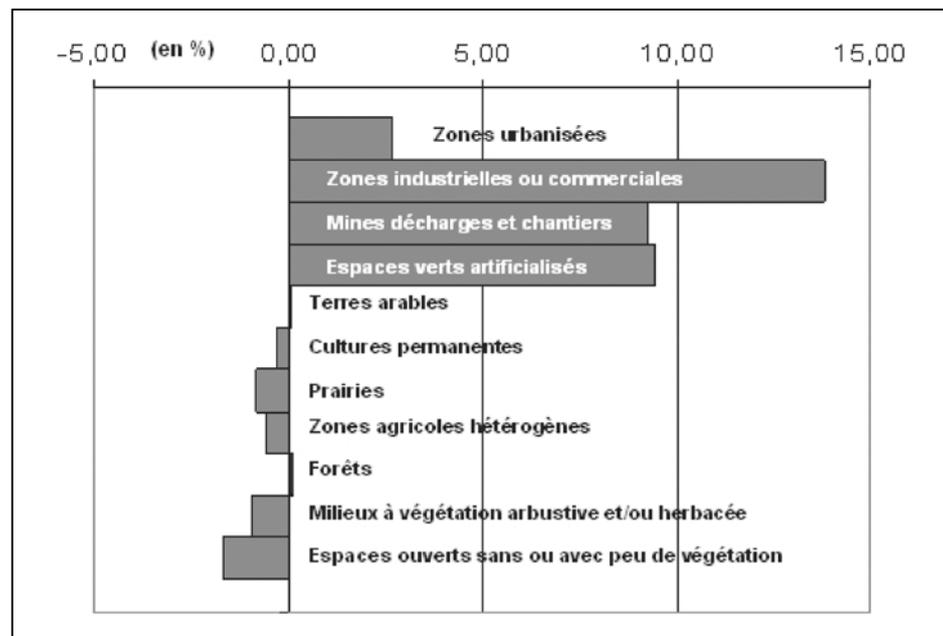
### Prise en compte des données pédologiques

Il est toujours difficile d'attribuer à un sol un indice de qualité, tant cet aspect est dépendant des usages et des fonctions des sols (valeur foncière, valeur agronomique, valeur écologique, valeur paysagère, valeur récréative, etc.). De plus, cette qualification des sols peut évoluer dans le temps en fonction des différentes orientations et des équilibres fragiles entre la préservation de milieux naturels, l'agriculture et le développement urbain.

L'estimation de la qualité d'un sol peut donc faire intervenir de nombreux indicateurs. Nous avons choisi la Réserve Utile (ou RU) qui permet d'intégrer bon nombre de propriétés des sols (profondeur du sol, densité apparente, texture, éléments grossiers), influant sur les rendements des céréales, culture majoritaire en Ile de France.

**Figure 6** - Variations des pourcentages de surface occupée par les différents types d'occupation du sol entre 1990 et 2000 (niveau 2 de Corine Land Cover) sur l'ensemble du territoire métropolitain

**Figure 6** - Change of area rates for various types of land use, in France, from 1990 to 2000 (level 2 of Corine Land Cover).



La RU est la quantité maximale d'eau retenue à un instant donné, accessible par la plante; elle dépend essentiellement de la texture, de la charge en éléments grossiers, de la structure du sol et de la profondeur du sol.

L'estimation de la teneur en eau a été le sujet de bon nombre de publications depuis de nombreuses années, proposant ainsi de nombreuses méthodes de calcul.

La méthode choisie pour la réalisation de ce travail s'appuie sur le calcul suivant :

$$RU = E * (Cc - Hf) * \% \text{ de terre fine}$$

RU : Réserve Utile en mm,

E : épaisseur du sol en mm,

Cc : teneur en eau volumique en  $\text{cm}^3$  à la capacité au champ,

Hf : teneur en eau volumique en  $\text{cm}^3$  au point de flétrissement

À ce premier résultat le pourcentage que représente la part des éléments grossiers dans le sol est retranché en supposant que la nature des éléments grossiers n'interagit pas sur le volume d'eau retenue, bien que de nombreuses publications aient démontré une interaction forte entre la nature des éléments grossiers et la rétention en eau des sols (Cousin *et al.*, 2003).

Ce calcul est fait pour chaque strate et l'ensemble des valeurs des RU des strates est sommé pour chaque Unité Typologique de Sol (UTS) (Infosol, 2005).

$$RU_{UTS} = \sum \text{strates (RU)}$$

Les données de RU sont réparties en différentes classes (GEPPA, 1981); elles sont adaptées en fonction de la distribution des valeurs.

L'humidité à la capacité au champ ( $\theta_{CC}$ ) et au point de flétrissement ( $\theta_{PF}$ ), variables ou très peu renseignées dans la base, a été estimée pour chaque strate à partir des fonctions de pédotransfert (Bruand *et al.*, 2004).

Cette formule d'estimation de la RU s'appuie sur les données contenues dans la base de données Donesol. Les paramètres nécessaires au calcul sont extraits principalement de la table « STRATE » décrite par le dictionnaire Donesol (Infosol, 2005).

Pour chaque strate de la base de données, les textures et le type de strate ont été reportées dans le triangle de texture de l'Aisne afin de leur affecter une valeur de teneur en eau à la capacité au champ et au point de flétrissement (Bruand *et al.*, 2004).

Une estimation de la RU a été établie pour chaque strate. Les valeurs des strates ont été sommées pour chaque Unité Typologique de Sol (U.T.S.) afin de calculer sa Réserve Utile.

La représentation de l'information au niveau des Unités Cartographiques de Sol (U.C.S.) a été réalisée par une agrégation en classe dominante (*planche 4*).

## Croisement des données sur les pressions et sur les sols

Corine Land Cover permet d'évaluer l'évolution de l'artificialisation des sols en fonction du découpage du Référentiel Régional Pédologique de la région Ile de France (Roque, 2003) et de l'estimation de la qualité des sols, définie ici avec l'indicateur RU.

Les cartes (*planche 5*) montrent le pourcentage de surface artificialisée au sein de chaque U.C.S. pour les deux dates disponibles de Corine Land Cover.

Les régions naturelles du Nord-Ouest de l'Ile de France (*planche 5*) présentent des unités à pourcentage élevé de territoire artificialisé, ce sont : Hurepoix, Pays de France, Multien et Goële, Vexin Français, Plaine de Versailles, Yvelines. La Brie semble aussi fortement concernée par cette artificialisation avec des évolutions variables surtout en fonction de la proximité ou non de pôles d'activité importants.

Les secteurs des plaines alluviales et des vallons périphériques (vallée de la Seine) semblent aussi subir une pression assez forte. Ces premières observations confirment les données exprimées par la *planche 3*.

Les plateaux de Bière et le pays de Fontainebleau semblent protégés de cette pression, malgré la proximité de centres urbains, avec des changements entre les deux années inférieurs à 200 ha. Ceci peut s'expliquer par le souci des collectivités de conserver des espaces naturels par leur rôle récréatif. Les mêmes remarques peuvent être faites sur la petite région naturelle du Vexin où l'évolution de l'artificialisation reste faible.

Dans un souci de biodiversité des sols, quelques unités très spécifiques et localisées seraient à préserver. Ce sont, par exemples, les zones de tourbes de certaines plaines alluviales, les sols sur grés, les falaises calcaires de la craie, les îlots sableux et les vestiges stampiens. L'évolution sur ces zones « sensibles » reste faible avec une pression sur ces secteurs qui semble contenue jusqu'à aujourd'hui.

Nous avons calculé un indice d'évolution de l'artificialisation comme suit :

$$\text{Indice d'évolution} = ((\text{Surface artificialisée en 2000}) - (\text{Surface artificialisée en 1990})) / (\text{Surface artificialisée en 1990})$$

La *figure 7* montre les valeurs de cet indice en fonction des classes d'occupation du sol et des classes morphologiques définies par Donesol.

Les plateaux, les zones de thalwegs et les versants sont les classes morphologiques où l'évolution est la plus forte depuis 10 ans. Certaines occupations, couvrant de faibles surfaces, semblent particulièrement menacées : arboriculture, jardinage et maraîchage.

Peu de caractéristiques naturelles apparaissent comme des véritables freins dans l'expansion urbaine, pour le cas précis de cette région.

**Tableau 1** - Table de combinaisons des pressions urbaines et démographiques**Table 1** - Combinations table of the urban and demographic pressures.

	EvolUrb →	< 10	10 ≤ < 30	≥ 30
EvolPop	< 3	Faible	Moyenne	Forte
	3 ≤ < 10	Moyenne	Forte	Forte
	10 ≤	Forte	Forte	Très forte

Les unités des plateaux limoneux, généralement en culture et qui sont typiques de la région, semblent être les zones les plus artificialisées avec une transformation qui peut atteindre parfois 10 % de la surface totale en 10 ans.

La mise en parallèle de l'indice d'évolution de l'artificialisation, calculé précédemment, et la réserve utile, indicateur de la qualité des sols, ne permettent pas de définir de corrélations évidentes (planche 6).

L'artificialisation est importante sur la partie nord qui présente des sols de bonne qualité. Les sols des classes 3 et 4 sont les plus consommés par l'artificialisation. Ils couvrent de grandes surfaces sur la région (environ les ¾), ce sont principalement des sols cultivés des plateaux.

La consommation de sols se fait principalement sur des sols de bonne et de moyenne qualité parce qu'ils sont présents sur de plus vastes surfaces et qu'ils présentent des conditions favorables, naturelles ou non (grandes surfaces, proximité des centres, terres disponibles et facilement viabilisables...). En résumé, on peut constater que la qualité des sols ne semble pas avoir été prise en compte dans l'expansion urbaine.

## PRISE EN COMPTE DES SOLS DANS UN DOCUMENT D'URBANISME : EXEMPLE DU SCOT DE TOULON

La région méditerranéenne est tout particulièrement confrontée à une urbanisation intense (7,2 % de terres artificialisée pour la région PACA de 1990 à 2000 selon Corine Land Cover) qui se traduit par la destruction de sols mettant en péril, notamment, l'activité agricole. À l'initiative de la Chambre d'Agriculture du Var, qui constatait une régression des terres agricoles, les données issues des cartes de sol ont été utilisées dans le cadre de l'élaboration du Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) PROVENCE MEDITERRANEE. Un SCOT est un document d'urbanisme qui définit la stratégie pour le développement d'un territoire, à moyen et long termes, en se basant à la fois sur des ambitions pour le devenir de ce territoire et en proposant des politiques d'accompagnement.

**Tableau 2** - Répartition des valeurs de Réserve Utile en classes**Table 2** - Distribution of the values of Available water capacity

Classe	RU correspondante
1	0-50 mm
2	50 - 75 mm
3	75 - 100 mm
4	100 - 150 mm
5	150 - 225 mm
6	> 225 mm

Le syndicat mixte créé dans le cadre du présent SCOT, a souligné, d'une part, la nécessité de maîtriser la consommation d'espace et le mode de développement urbain, et, d'autre part, la nécessité de protéger les espaces naturels, agricoles et les paysages...

Le territoire du SCOT PROVENCE MEDITERRANEE regroupe 32 communes autour de Toulon (Var), représentant une superficie de 124000 hectares. Les surfaces artificialisées de ce secteur ont été multipliées par quatre, et sa population multipliée par 1,6 entre 1962 et 1999, ce qui n'est pas sans poser de problèmes pour le maintien de l'activité agricole.

Face à la perte en sols agricoles une charte a été rédigée, à l'instigation de la Chambre d'Agriculture et édicte deux principes :

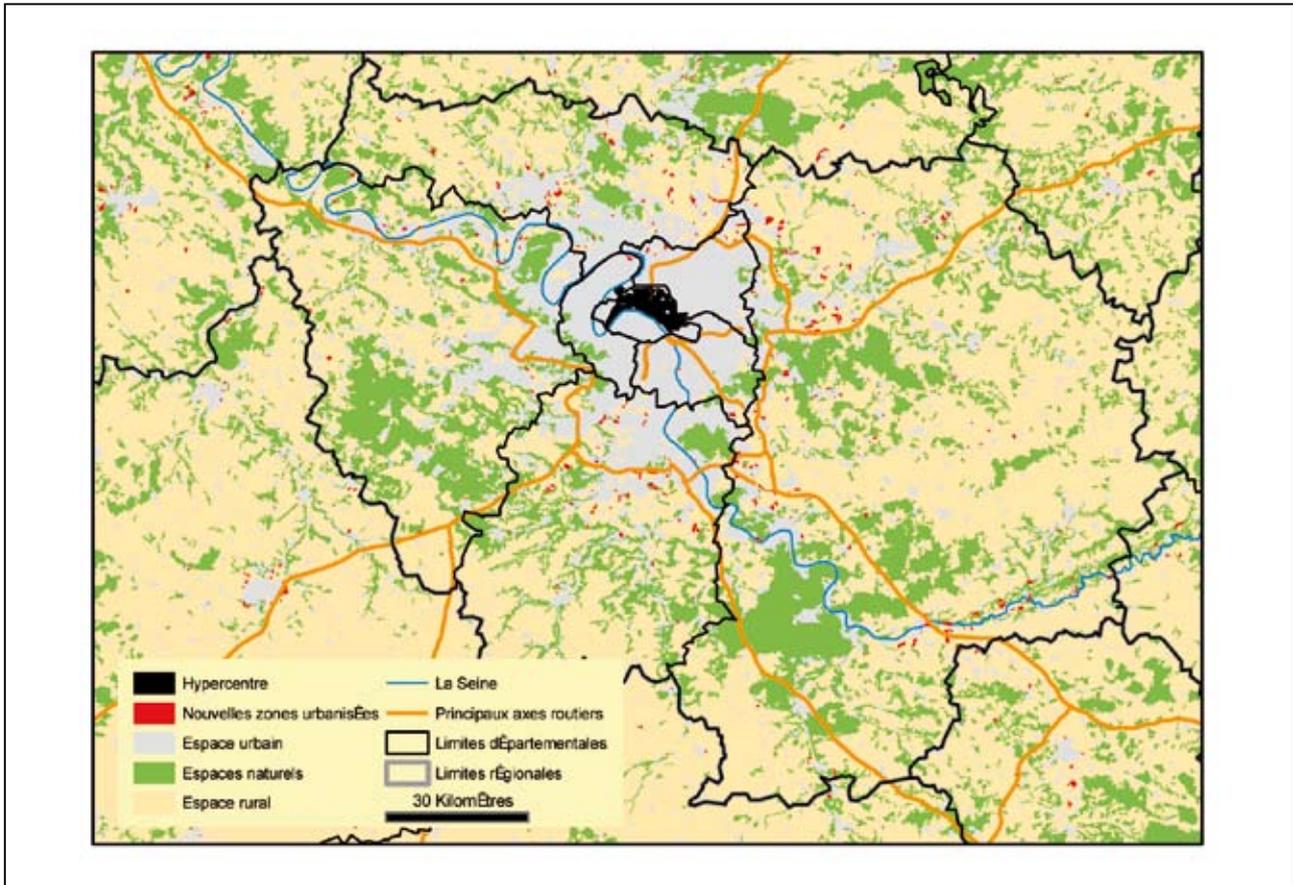
- Prise en compte de l'activité agricole lors de toute modification de document d'urbanisme,
- Obligation de recomposer les terres agricoles perdues dans des espaces naturels de même valeur « pédo agronomique ». La recomposition de terres agricoles est une idée novatrice mais qui exige :

- un engagement fort de l'ensemble des acteurs.
- l'existence ou la réalisation rapide d'une carte pédologique.
- la maîtrise du foncier et la disponibilité de terres de même valeur pédoagronomique à une distance raisonnable des terres perdues pour l'agriculture.

La mise en oeuvre de la charte dans le cadre du diagnostic territorial réalisé par le SCOT a été l'occasion de mettre au point une méthode tenant compte des aspects fonciers, agricoles et de la gestion des territoires. Une carte à 1 / 50 000<sup>e</sup>, définissant les classes d'aptitudes des sols à la mise en valeur agricole, a été établie et numérisée à partir des cartes pédologiques dressées par les pédologues de la Société du Canal de Provence (Finiez *et al*, 1965) (Portier, 1974) (Duclos, 1975, 1976, 1979, 1986, 1990). La qualité des sols a été appréciée, ici, par le classement des unités de sols à partir de leurs propriétés intrinsèques jugées favorables ou défavorables du point de vue de la production agricole locale (exemples : texture de l'horizon de surface, réserve en eau, charge

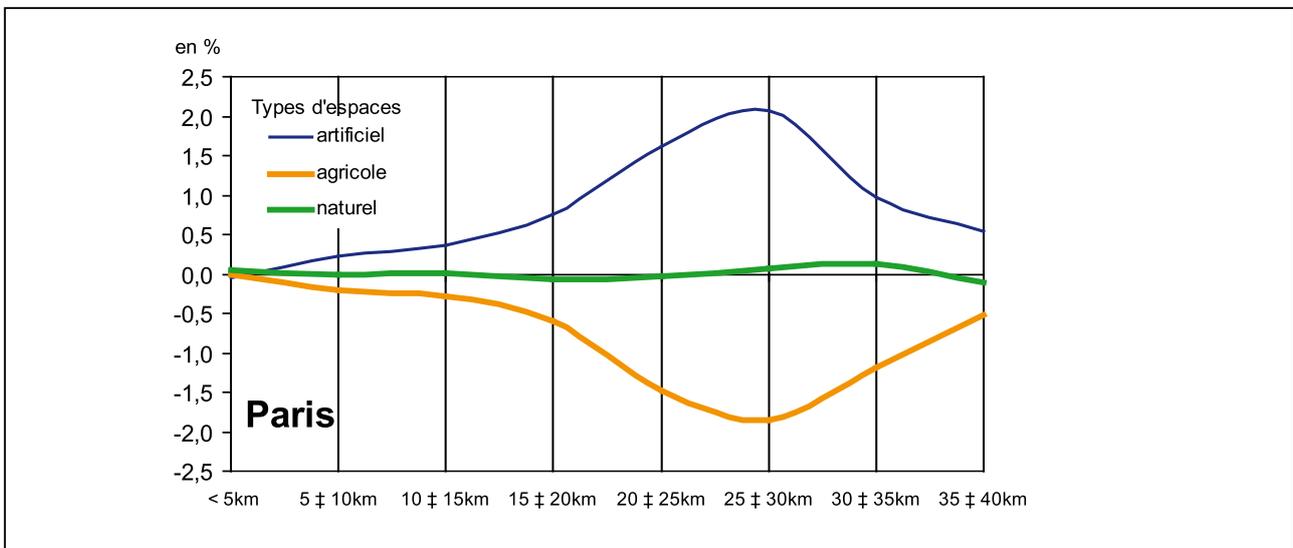
**Planche 1** - Les zones urbanisées (en rouge sur la carte) de 1990 à 2000 (Source : Corine Land Cover 1990 et 2000)

**Plate 1** - The area urbanised (in red on the map) from 1990 to 2000; (Source : Corine Land Cover 1990 and 2000)



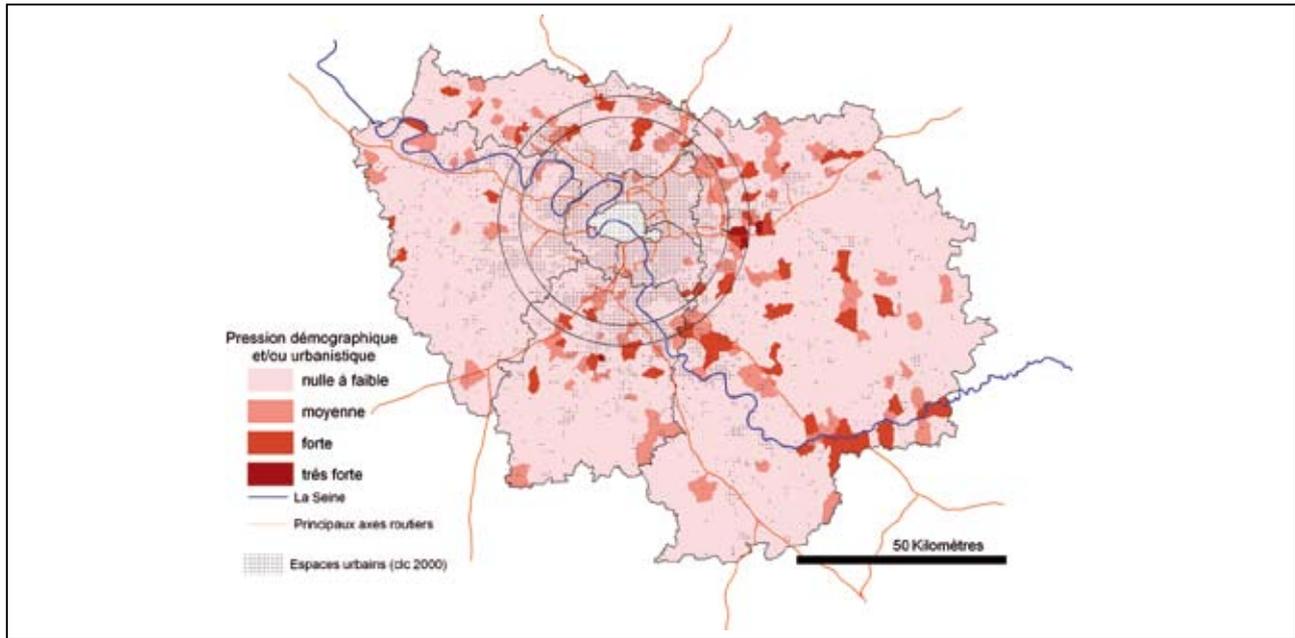
**Planche 2** - Taux d'évolution des types d'occupation du sol (niveau 1 de Clc), selon des anneaux concentriques de 5 km de large

**Plate 2** - Evolution rate of the area occupied by different types of land use (level 1 of Clc), calculated for 5 km wide concentric rings.



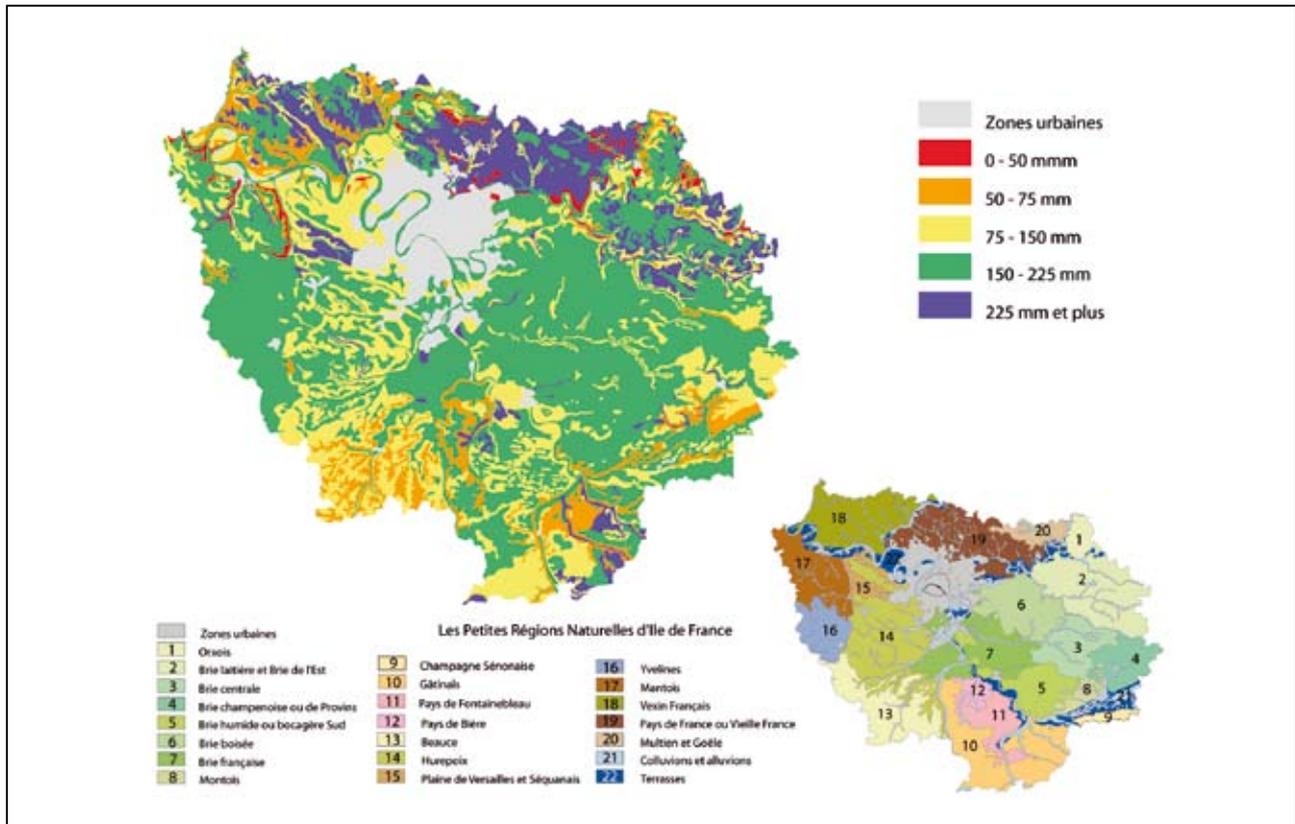
**Planche 3** - Indicateur de pression combinant la démographie et l'urbanisation

**Plate 3** - Pressure indicator combining demography and urbanisation



**Planche 4** - Réserve Utile dominante sur la région Ile de France

**Plate 4** - Available water capacity in Ile de France



en cailloux, etc.), ou selon l'importance de leur pente (figure 8).

La carte d'aptitude des sols (planche 7) a été intégrée dans les SIG de la Chambre d'Agriculture et de l'Agence d'Urbanisme de l'Aire Toulonnaise et permettra un suivi des objectifs affichés du SCOT en ce qui concerne la préservation des sols agricoles.

Cette base de données cartographiques de l'aptitude des sols à la mise en valeur agricole constitue un atout essentiel pour l'évaluation d'un territoire et l'élaboration de scénarios d'aménagement. L'utilisation d'un tel outil pour la recombinaison des terres agricoles perdues ou menacées reste à mettre en œuvre et à tester. Il faudra, également, en évaluer la pertinence par rapport à la problématique

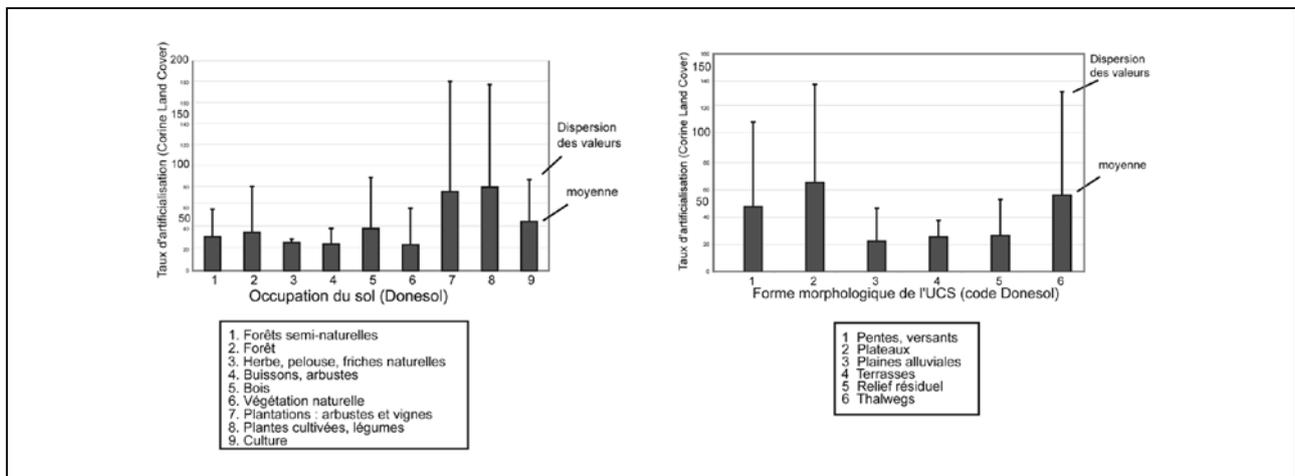
de conservation des sols « naturels » assumant d'autres fonctions telles que le support d'écosystèmes à forte valeur écologique.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les inventaires pédologiques ont un fort potentiel informatif vis-à-vis des problématiques d'aménagement du territoire et du développement périurbain lorsqu'ils sont combinés à des bases de données externes, susceptibles de rendre compte des pressions exercées sur les sols. Le choix d'indicateurs, qu'il s'agisse de l'appréhension de la qualité des sols ou de la définition des

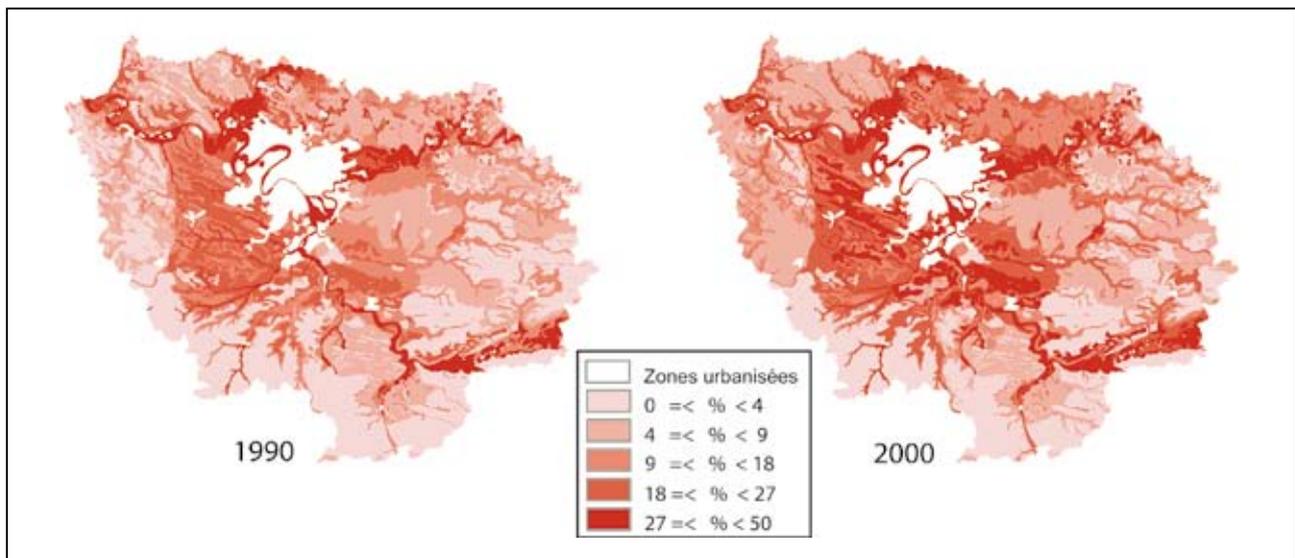
**Figure 7** - Taux d'artificialisation en fonction de critères morphologiques et d'occupation des sols

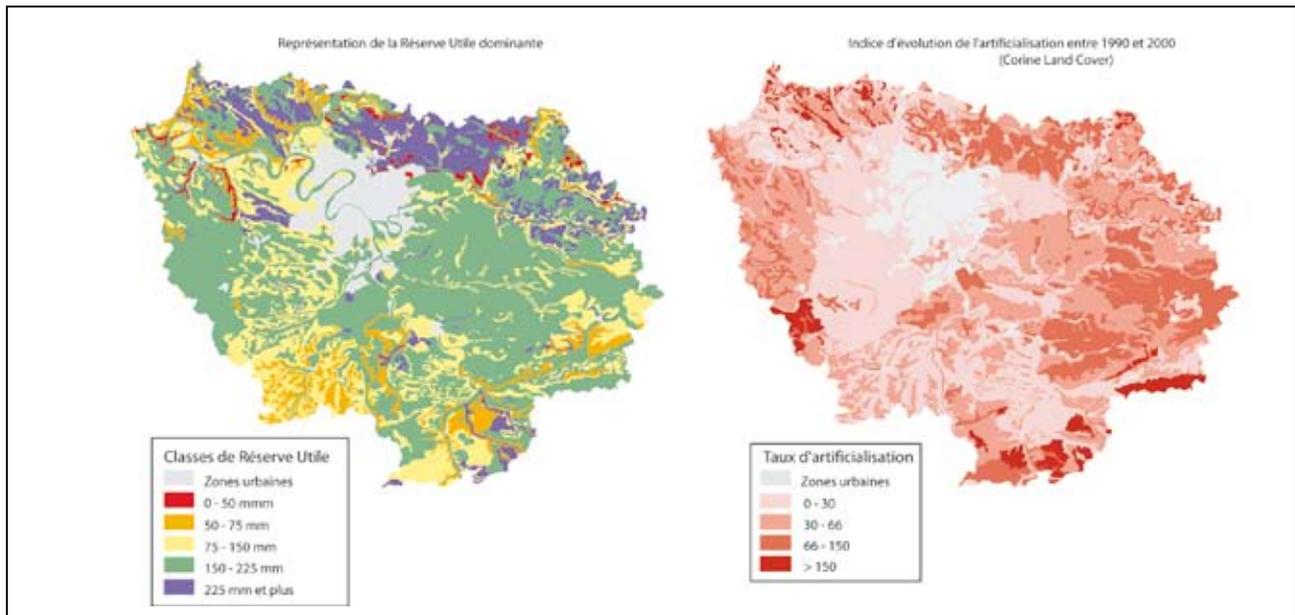
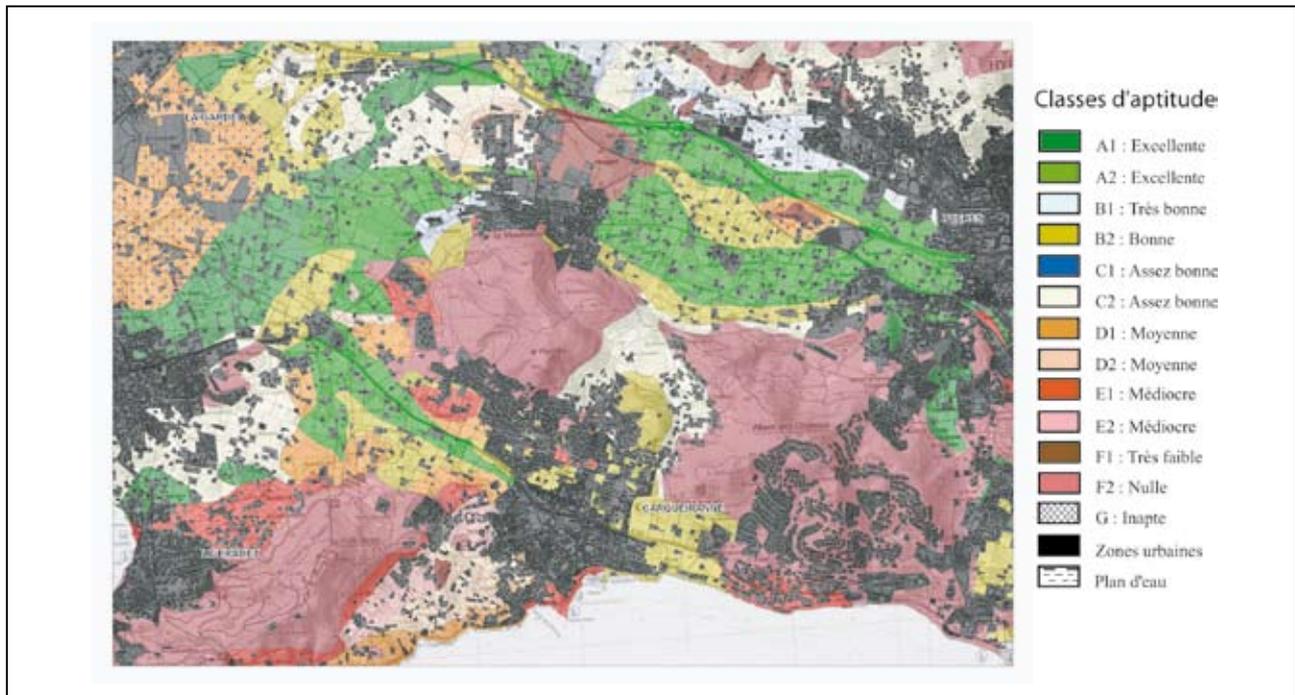
**Figure 7** - Sealing rate according to geomorphological classes and land cover typologies

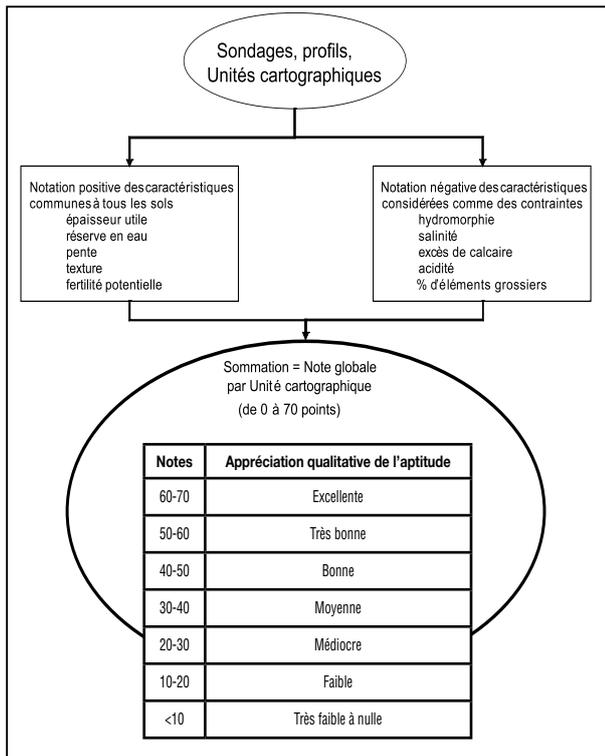


**Planche 5** - Pourcentage des surfaces artificialisées au sein de chaque UCS en 1990 et 2000

**Plate 5** - Ratio of sealed area for each soil map unit (SMU) in 1990 and 2000



**Planche 6** - Estimation de la R.U. et évolution de l'artificialisation en l'Ile de France**Plate 6** - Available water capacity estimation and evolution of sealing in Ile de France**Planche 7** - Extrait Carte d'aptitudes des sols à la mise en valeur agricole**Plate 7** - Subset of land cropping suitability map

**Figure 8** - Attribution de la note d'aptitude par unité de sol**Figure 8** - Scoring suitability method for soil unit

modes de calculs des pressions dont ils sont l'objet, est particulièrement important dans ce type d'étude. Ce choix devrait résulter de collaborations larges entre les acteurs de l'aménagement du territoire : géographes, urbanistes, pédologues, démographes, sociologues...

Un autre aspect du problème réside dans le développement, la cohérence et la complémentarité des bases de données utiles à la gestion du territoire, qui ont été développées jusque-là sans souci de complémentarité sémantique. Enfin, une réflexion doit être engagée sur la pertinence de la résolution des données de ces bases : le développement d'une couche d'occupation du sol de type Corine Land Cover (au moins pour les postes relatifs à l'artificialisation) à une résolution de 5 ha présenterait un grand intérêt pour ce type d'étude, ainsi que la réalisation d'inventaires des sols à plus grande échelle dans les zones périurbaines.

## BIBLIOGRAPHIE

- Agence Européenne de l'Environnement, 2005 - The European environment - State and outlook 2005, EEA, Office for Official Publications of the European Communities; 570 pages,
- Bruand A., Duval O. et Cousin I., 2004 - Estimation des propriétés de rétention en eau des sols à partir de la base de données SOLHYDRO : Une première proposition combinant le type d'horizon, sa texture et sa densité apparente. *Etude et Gestion des Sols.*, 11, pp. 323-332.
- Chery P., Lee A., Commagnac L., Slak M-F., 2004 - Compétition entre espace urbain et viticole sur les terroirs bordelais : une démarche de protection des terroirs viticoles. Exemple sur une commune de l'Entre-Deux-Mers, Actes des 8es Journées Nationales de l'Etude des Sols, Association Française pour l'Etude des Sols. 291 p.
- Cousin I., Nicoulaud B., Coutadeur C., 2003 - Influence of rock fragments on the water retention and water percolation in a calcareous soil, Elsevier Science, *catena53* - pp. 97-114
- Duclos G., 1975 - Etude pédologique des plaines de la région hyéroise; Société du Canal de Provence
- Duclos G., 1976 - CARTE des Aptitudes à la mise en valeur Planche 21 CUERS; Société du Canal de Provence.
- Duclos G., 1979 - Etude pédologique et d'aptitude des sols à la mise en valeur agricole et à l'irrigation Dépression de CUERS au Muy; Société du Canal de Provence.
- Duclos G., 1986 - Etude pédologique et des aptitudes à l'irrigation LA MOLE BORMES; Société du Canal de Provence.
- Duclos G., 1990 - Etude pédologique et des aptitudes à l'irrigation CUERS CARNOULES; Société du Canal de Provence.
- Duclos G., 1990 - Etude pédologique et des aptitudes à l'irrigation SIGNES; Société du Canal de Provence.
- Finiez H., Portier J; 1965 - Etude pédologique de la région du Beausset; Société du Canal de Provence.
- Groupe d'Etude des Problèmes de Pédologie Appliquée, 1981 - G.E.P.P.A., Synthèse des travaux de la commission de cartographie (1971-1981), 16 pages.
- Infosol, 2005 - Donesol version 2.0: Dictionnaire de données, 357 pages.
- Portier J., 1974 - Carte pédologique de France au 1/100000 TOULON; Inra éditions; 130 pages.
- Roque J., 2003 - Référentiel Régional Pédologique d'Ile de France. Inra éditions, 244 pages.
- Templé Ph., 2003 - Les sols dans l'aménagement du territoire, in « Les enjeux de l'utilisation des sols »; Actes de la journée Ecrin de l'Environnement du 6 février 2003 »; ECRIN; pp 51-60
- Thorette J., Laroche B., 2006, - Bases de données géographiques pour évaluer la pression urbaine sur les sols; in « Sous les pavés le sol », ECRIN, 14 pages, *sous presse*.

