



Direction Régionale  
de l'Alimentation,  
de l'Agriculture  
et de la Forêt  
du Languedoc-Roussillon



## **ANALYSE DU POTENTIEL AGRONOMIQUE AFFECTE PAR L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE EN LANGUEDOC-ROUSSILLON**

**PHASE 2 – 2009 / 2010**

**APPLICATION DES METHODOLOGIES DE QUANTIFICATION DES TERRES ARTIFICIALISEES  
ET DE CARACTERISATION DES DYNAMIQUES DE CONSOMMATION DES TERRES SUR LES  
DEPARTEMENTS LITTORAUX DU LANGUEDOC ROUSSILLON**



**ANNEXES**

**MAUD BALESTRAT, ERIC BARBE, STEPHANE DUPUY**

Février 2011



Ce document regroupe toutes les annexes du rapport d'étude « Analyse du potentiel agronomique des terres affectées par l'aménagement du territoire en Languedoc-Roussillon » / Phase 2 (2009/2010) « Application des méthodologies de quantification des terres artificialisées et de caractérisation des dynamiques de consommation des terres sur les départements littoraux du Languedoc-Roussillon ».

## Sommaire

Annexe 1- Illustration des taches artificialisées des départements de l'Aude, du Gard, de la Lozère et des Pyrénées Orientales.....	5
Annexe 2- Occupation du sol 2009 du Languedoc-Roussillon – évaluation de la qualité .....	15
Annexe 3- Traitements spécifiques pour le département de la Lozère.....	23
Annexe 4- Rappel de la méthode de qualification - construction et mise en œuvre d'un indice de qualité des sols (UMR LISAH) .....	29
Annexe 5- Notice d'utilisation de l'interface (outil de consultation en ligne).....	35
Annexe 6- Articles et communications scientifiques en lien avec le projet .....	55
Annexe 6- Carte des zones artificialisées en Languedoc Roussillon (2009) .....	89



## **Annexe 1**

### **Illustration des taches artificialisées des départements de l'Aude, du Gard, de la Lozère et des Pyrénées Orientales**





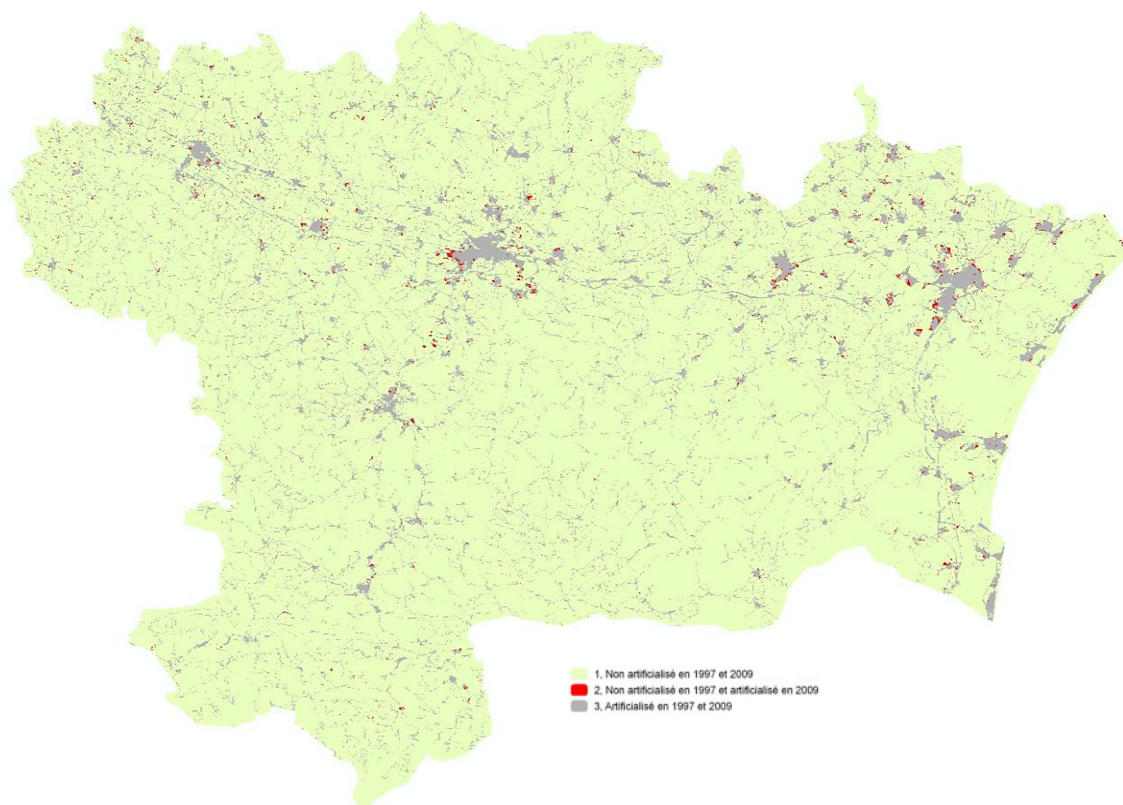


Figure 1 : tache artificialisée intégrant toutes les routes (département de l'Aude)

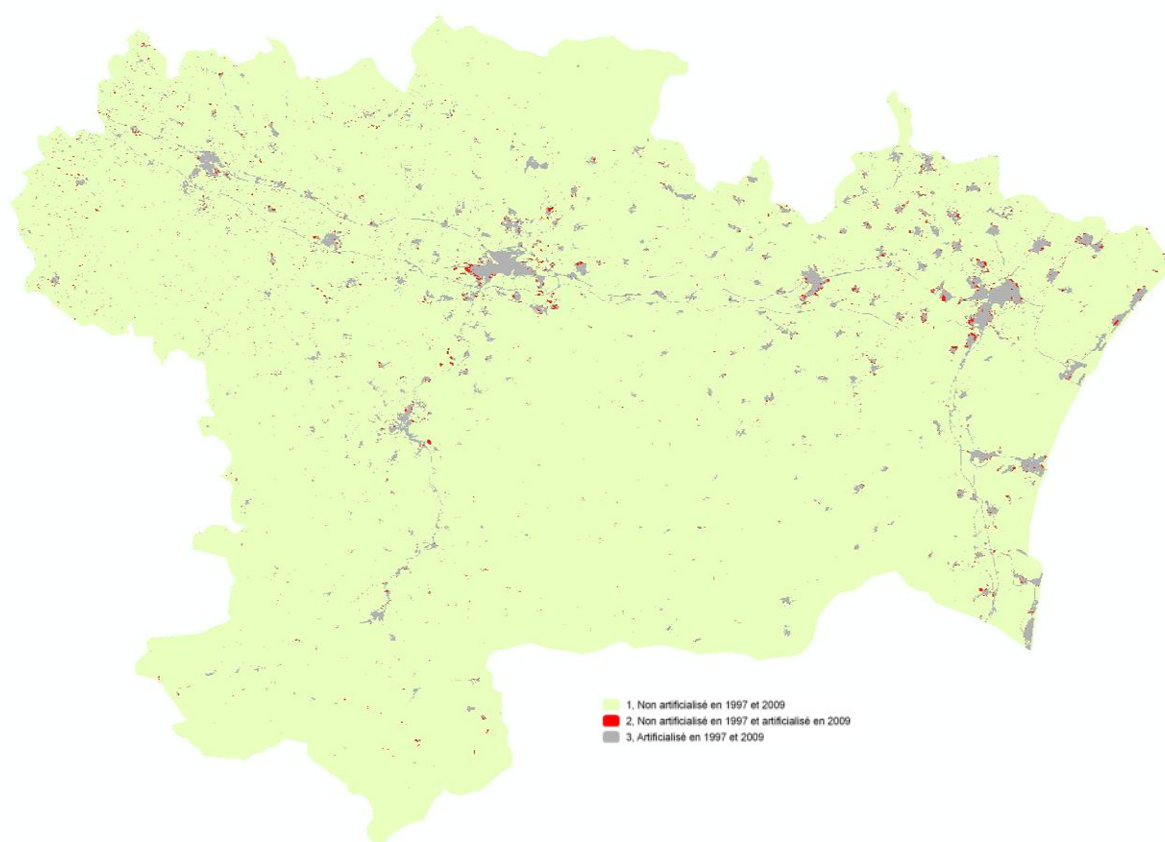


Figure 2 : tache artificialisée intégrant les grandes routes (département de l'Aude)

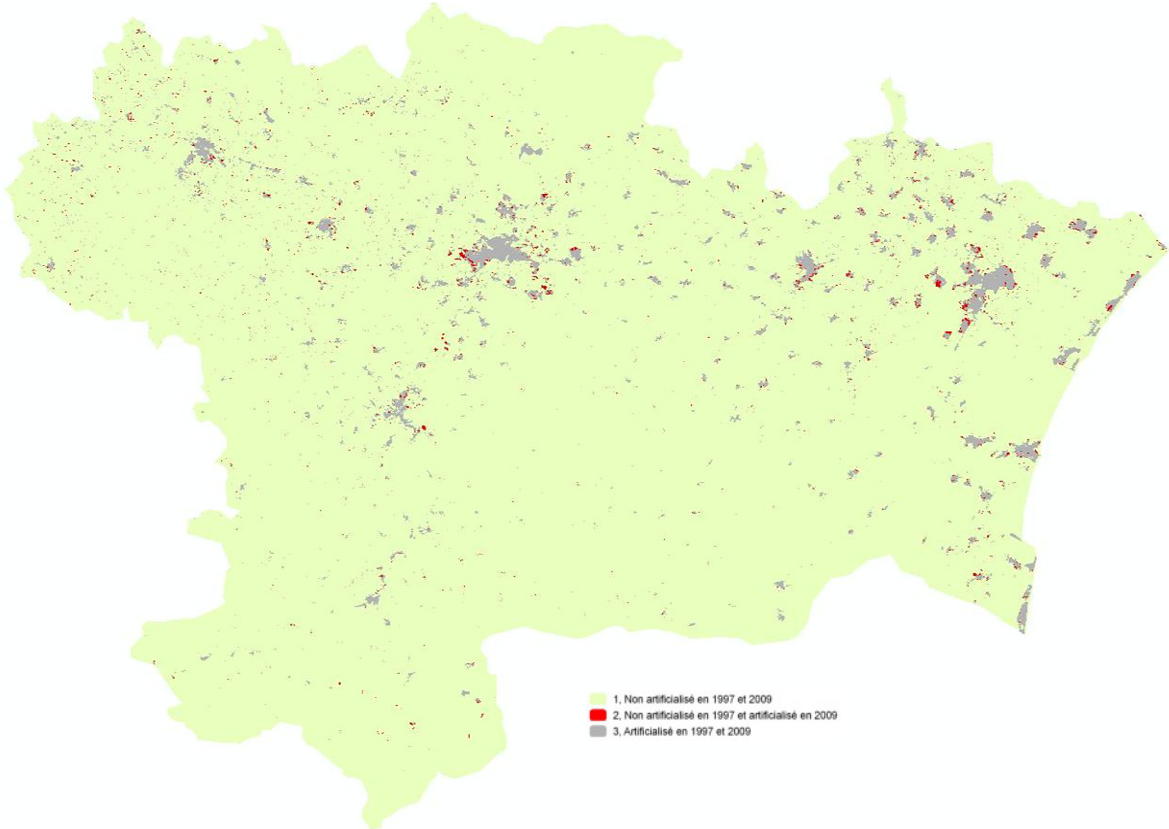


Figure 3 : tache artificialisée sans routes (département de l'Aude)



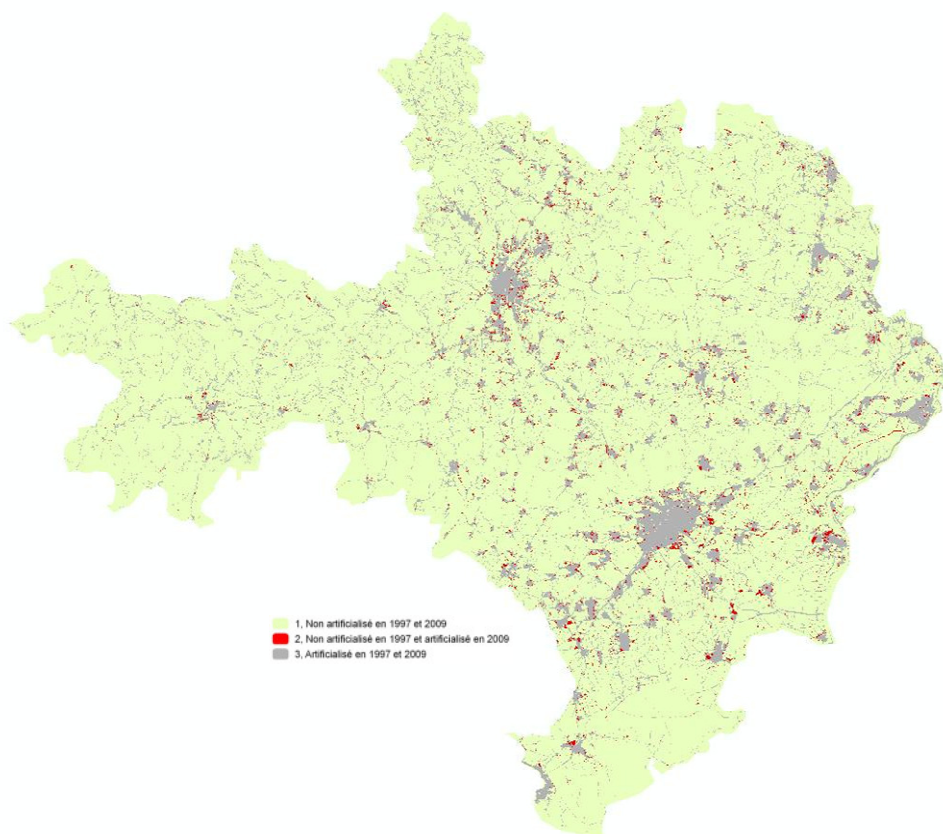


Figure 4 : tache artificialisée intégrant toutes les routes (département du Gard)

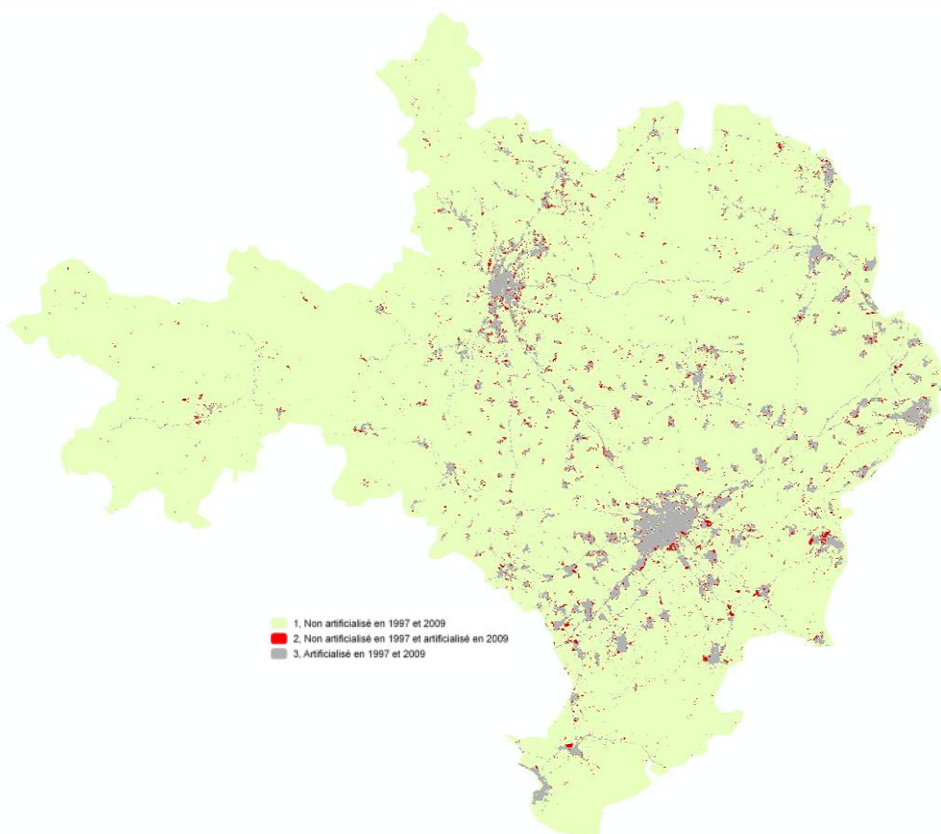


Figure 5 : tache artificialisée intégrant les grandes routes (département du Gard)

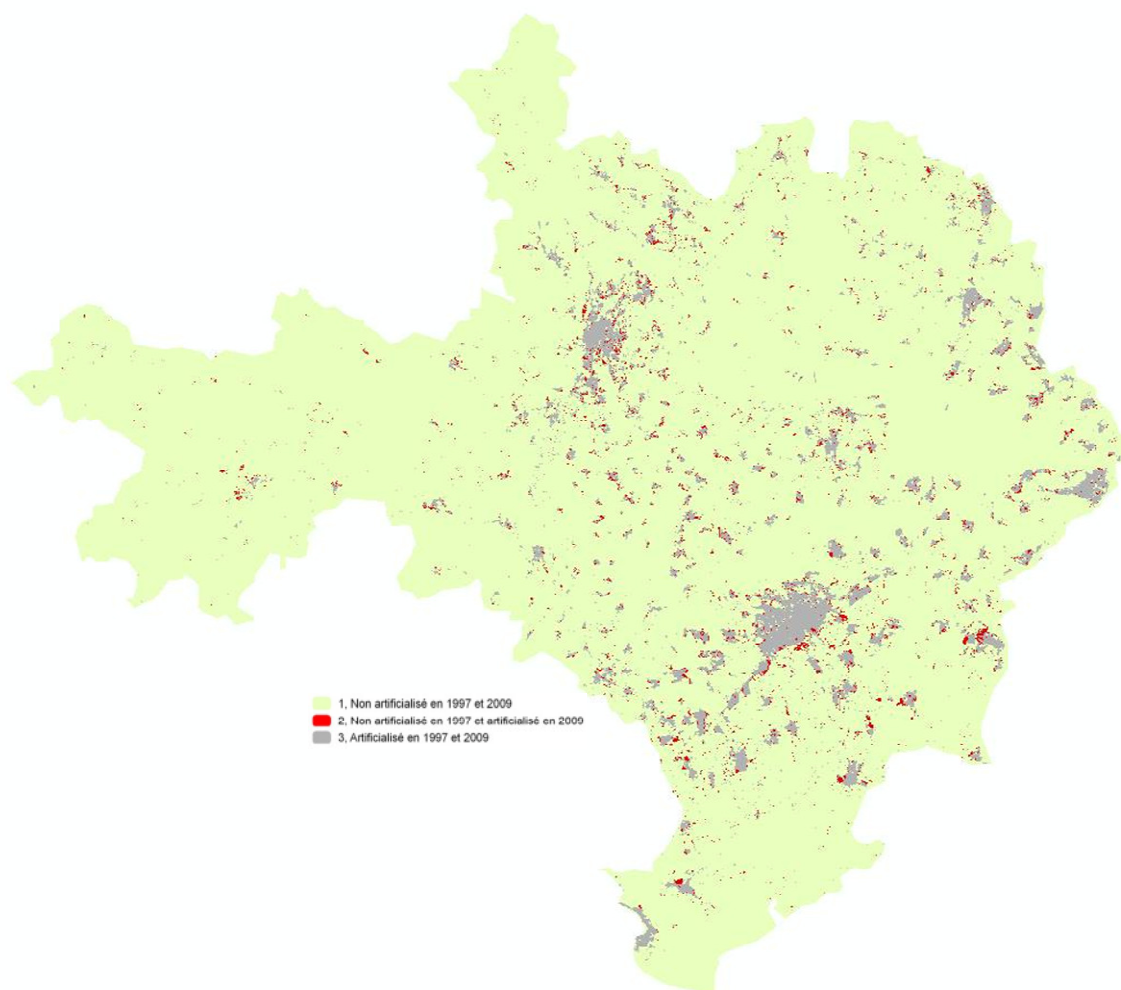


Figure 6 : tache artificialisée sans routes (département du Gard)

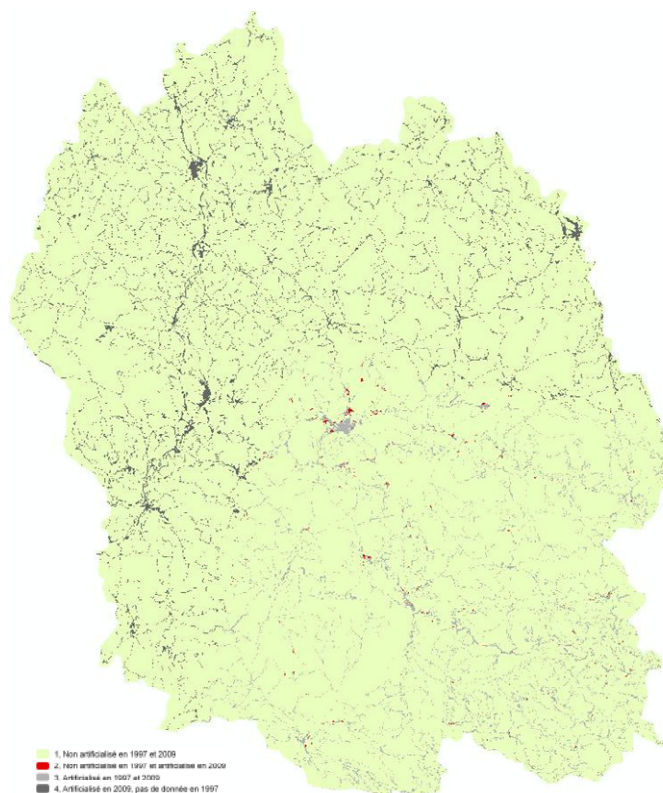


Figure 7 : tache artificialisée intégrant toutes les routes (département de la Lozère)

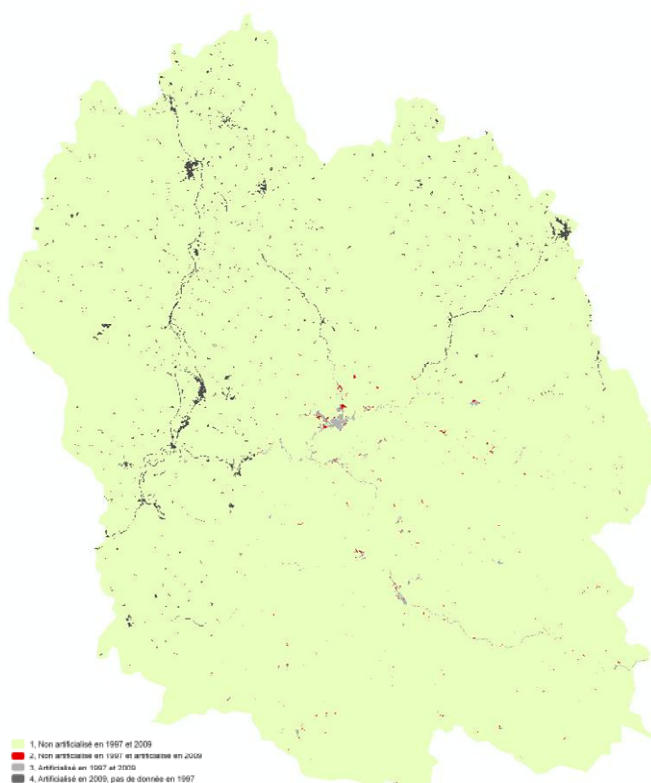


Figure 8 : tache artificialisée intégrant les grandes routes (département de la Lozère)

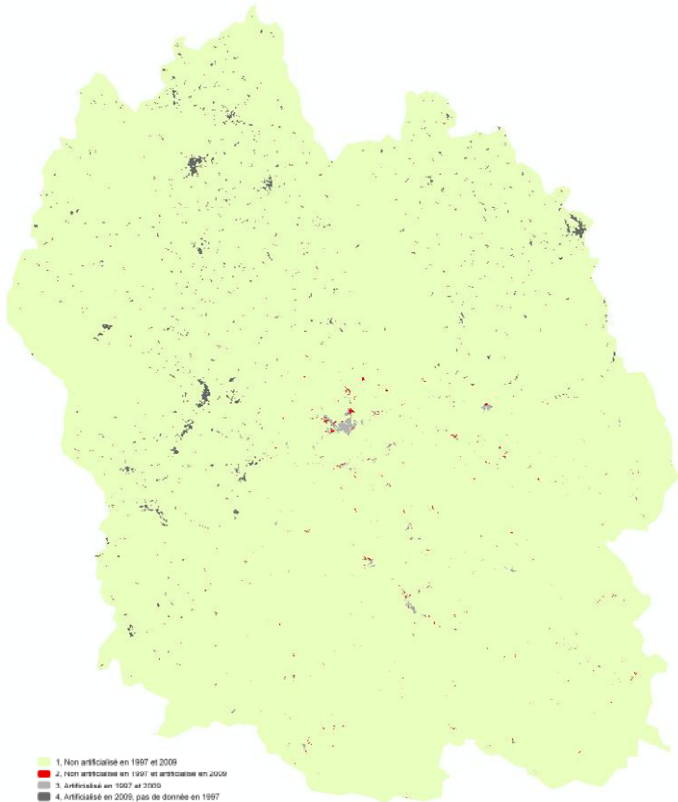


Figure 9 : tache artificialisée sans routes (département de la Lozère)

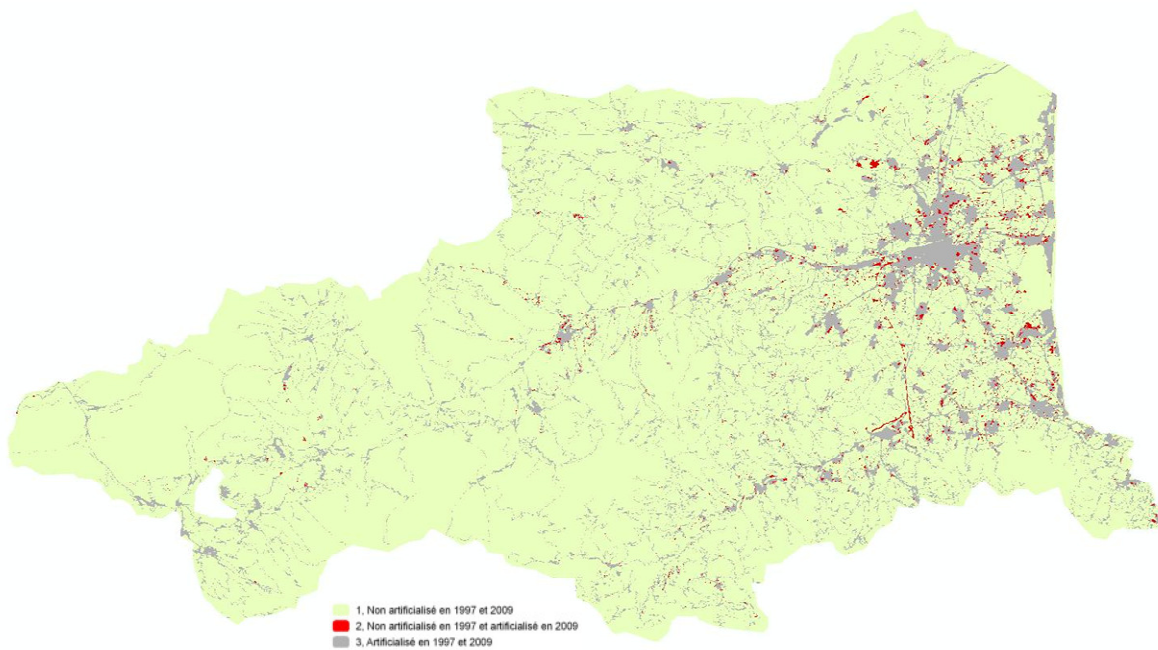


Figure 10 : tache artificialisée intégrant toutes les routes (département des Pyrénées Orientales)

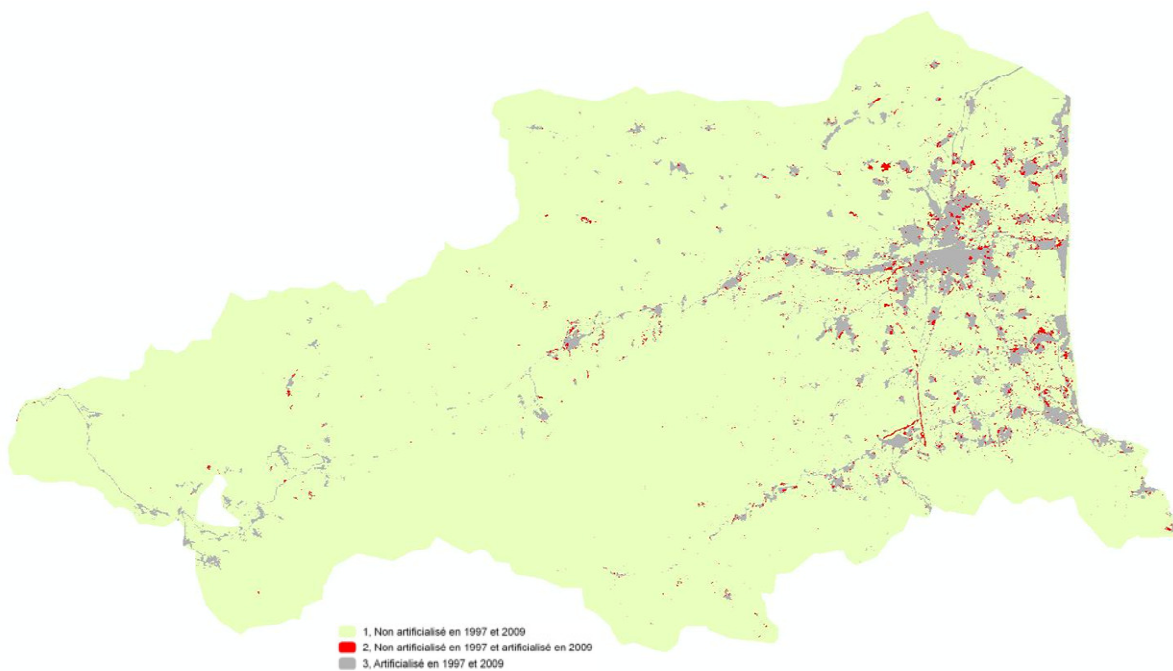


Figure 11 : tache artificialisée intégrant les grandes routes (département des Pyrénées Orientales)

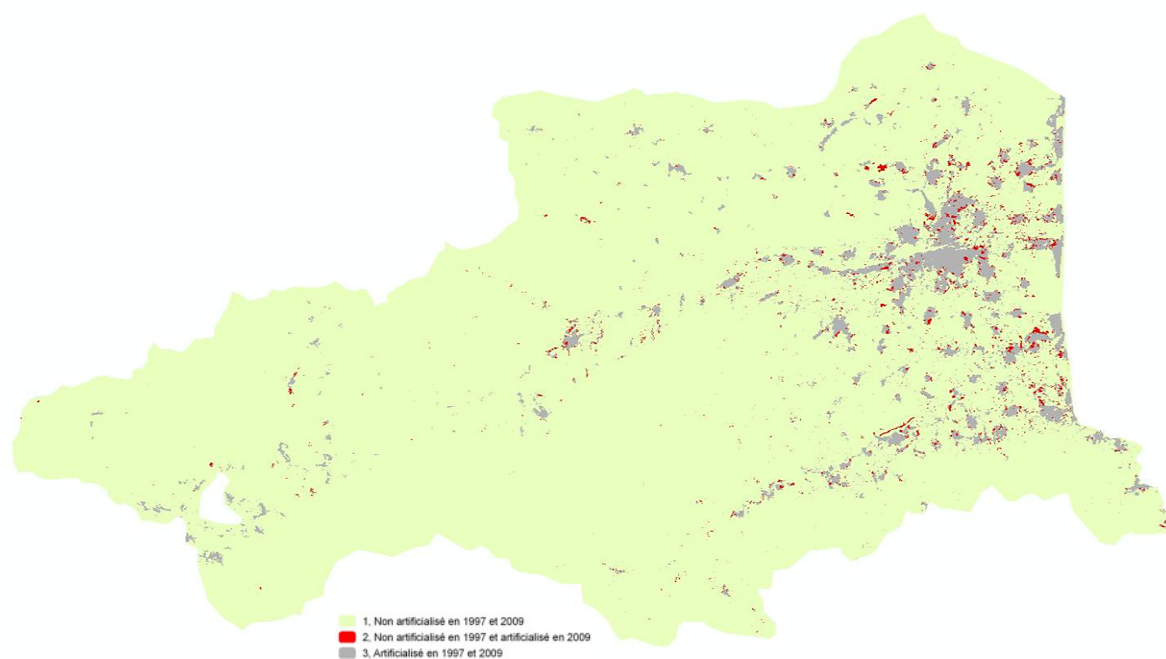


Figure 12 : tache artificialisée sans routes (département des Pyrénées Orientales)

## **Annexe 2**

### **Occupation du sol 2009 du Languedoc-Roussillon – évaluation de la qualité**







# Occupation du sol du Languedoc-Roussillon

## Evaluation de la qualité

Kenji OSE – Cemagref UMR TETIS

### 1. Contexte et objectifs

Afin de mieux prendre en compte l'agriculture dans la planification des espaces urbains, la DRAAF<sup>1</sup> du Languedoc-Roussillon exprime un besoin en outils d'aide à la décision et en indicateurs spatiaux pour suivre précisément les dynamiques d'utilisation du sol dans la région. L'UMR TETIS élabore des méthodologies, basées sur le traitement de l'information spatiale, adaptées aux problématiques périurbaines.

Pour l'année 2009, l'UMR TETIS dispose d'un jeu de scènes RapidEye (5m multispectral) acquises entre les mois de mai et août. Une méthodologie de traitement d'images a été mise en place pour extraire les tâches artificialisées. Une couche d'occupation du sol, obtenue par classification orientée objet (cf. Figure 1), a été produite sur l'ensemble de la région. Toutefois, avant d'être diffusée, la qualité de cette donnée a été contrôlée. Le document présente la méthode d'évaluation utilisée, ses avantages, ses limites ainsi que les résultats obtenus.

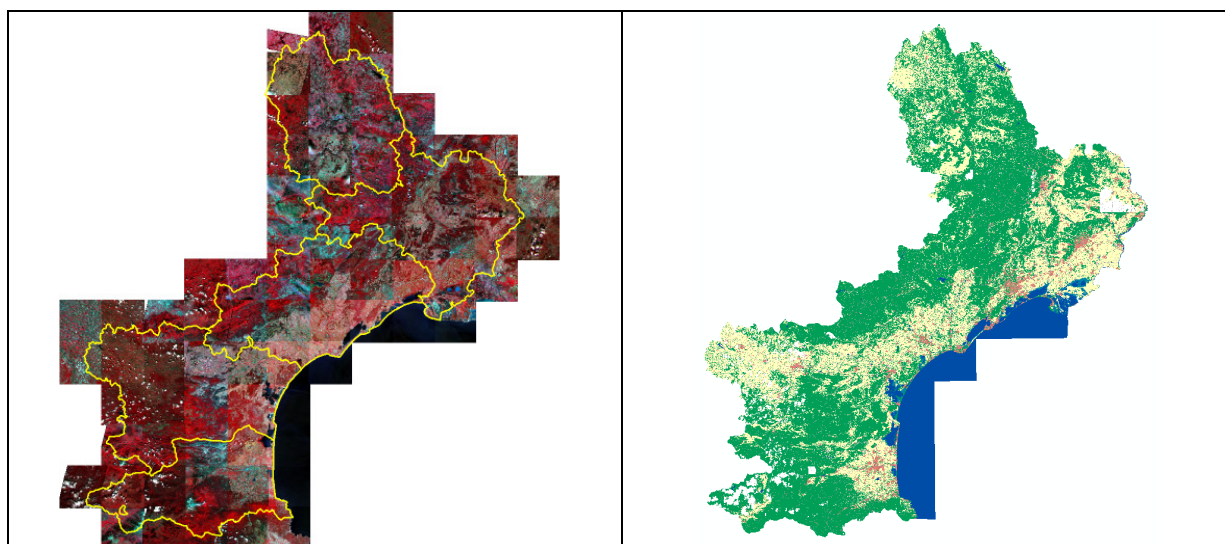


Figure 2. Classification de l'occupation du sol (à droite) à partir d'images RapidEye 2009 (à gauche).








### 2. Description de la couche d'occupation du sol

La couche d'occupation du sol produite par l'UMR Tetis sur l'ensemble de la région Languedoc-Roussillon est disponible en modes raster (Imagine Erdas, geoTiff) et vectoriel (Shapefile Esri). Extraite par approche orientée objet sur le logiciel Definiens eCognition, cette donnée est classifiée suivant une nomenclature à dix postes (cf. Tableau 1). Les deux postes correspondant aux routes proviennent de la BD Carto® IGN.

Tableau 1. Nomenclature d'occupation du sol

poste	code	couleur
zone artificialisée	1	
route 10m	2	
route 20m	3	

<sup>1</sup> Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt

végétation urbaine	4	
espace agricole	5	
zone naturelle	6	
zone en eau	7	
zone naturelle humide	8	
nuage	9	
carrière, chantier, décharge.	10	

### 3. Méthode d'évaluation

Contrairement à l'approche par pixel, la validation des classifications issues de l'approche orientée objet est encore peu traitée dans la littérature scientifique. Ce type de traitement repose sur une segmentation préalable des images. Ainsi l'évaluation de la qualité devrait tenir compte non seulement de la sémantique des objets géographiques mais aussi de leur géométrie : un objet appartient-il bien à telle classe d'occupation du sol ? Sa forme, ses contours sont-ils représentatifs de la réalité ?

La méthode utilisée ici s'inspire d'un outil de validation, mis en place par l'Inventaire Canadien des Terres Humides et présenté lors de la 12<sup>ème</sup> conférence des utilisateurs des produits Esri à Montréal (Benoit et al. 2006), en particulier sur la construction du référentiel et la stratégie d'échantillonnage.

#### 3.1. Données de référence et procédure d'échantillonnage

##### 3.1.1. Données de référence

Idéalement, les données de référence sont acquises soit sur le terrain, soit à partir des photographies aériennes ou d'autres données de télédétection différentes de celles utilisées pour la classification (Girard et al., 2004). Pour des raisons de coût et de temps, il est impossible d'effectuer un échantillonnage terrain sur l'ensemble de la région Languedoc-Roussillon. L'interprétation de données exogènes pose des problèmes d'incompatibilité temporelle. En effet, l'occupation du sol peut avoir évolué entre la date d'acquisition d'une photographie aérienne et celle d'une image satellite classifiée. Ainsi, pour cette étude, les données de référence sont interprétées sur les mêmes images RapidEye de 2009.

Sur un jeu de polygones issus de la couche d'occupation du sol, l'analyste assigne manuellement les classes aux entités sélectionnées à l'aide d'un formulaire implémenté dans le logiciel SIG ArcGIS 9.x. La photo-interprétation utilise les images satellites et éventuellement des données auxiliaires (par exemple, la BD Ortho® IGN diffusée sur le Géoportail). Pour assurer l'indépendance entre la classification et la référence, l'analyste ne connaît pas les classes déterminées sous Definiens eCognition.

##### 3.1.2. Mode d'échantillonnage

L'échantillonnage consiste à sélectionner un certain nombre de polygones sur la couche d'occupation du sol. A l'instar des points de contrôle, ces polygones servent de données de référence (*cf.* 3.1.1.) dans la matrice de confusion. Pour être représentatif de l'ensemble de la classification, le mode d'échantillonnage est aléatoire et stratifié par type d'occupation du sol.

Sur les dix classes de la couche d'occupation du sol, trois sont de nature « exogènes ». En effet, les deux classes « route 10m » et « route 20m » sont une conversion en raster des données IGN, la classe nuage résulte d'une photo-interprétation. La validation porte donc uniquement sur les sept classes restantes. Pour chacune d'entre elles, 230 polygones sont sélectionnés au hasard, soit un échantillon total de 1610 polygones. Cette couche vectorielle est exportée et la table attributaire enrichie de trois nouveaux champs :

- *occsol\_pi* : occupation du sol photo-interprétée ;
- *qual\_geom* : qualité géométrique des entités sélectionnées ;
- *comments* : commentaires éventuels.

#### 3.2. Evaluation de la qualité sémantique

Près de deux tiers des 1610 polygones sélectionnés sont photo-interprétés. Les échantillons étant indépendants, le nombre de « polygones de contrôle » bien classés à évaluer doit être compris entre 30 et 50 entités (Congalton 1991 ; Girard et al. 2004). La matrice de confusion obtenue respecte ces critères.

### 3.2.1. Matrice de confusion

La matrice de confusion (cf. Tableaux 2 et 3-1) se base sur 1071 entités de contrôle. Elle comprend en colonnes l'information thématique résultant de la classification, en lignes les données des classes de référence (photo-interprétation des images RapidEye 2009). Les valeurs de la diagonale de la matrice représentent le nombre d'entités correctement classifiées.

**Tableau 2. Matrice de confusion**

Référence	Classification							Total	Précision producteur (%)	Erreur d'omission (%)
	Carriere, chantier, decharge	Espace agricole	Vegetation urbaine	Zone artificialisee	Zone en eau	Zone naturelle	Zone naturelle humide			
Carriere- chantier- decharge	106	4	0	4	1	0	1	116	91,38%	8,62%
Espace agricole	10	78	16	10	3	30	2	149	52,35%	47,65%
Vegetation urbaine	0	21	95	4	3	11	3	137	69,34%	30,66%
Zone artificialisee	14	14	12	129	21	2	5	197	65,48%	34,52%
Zone en eau	2	0	1	1	110	1	8	123	89,43%	10,57%
Zone naturelle	8	42	24	3	6	118	2	203	58,13%	41,87%
Zone naturelle humide	3	3	3	0	8	1	128	146	87,67%	12,33%
<b>Total</b>	<b>143</b>	<b>162</b>	<b>151</b>	<b>151</b>	<b>152</b>	<b>163</b>	<b>149</b>	<b>1071</b>		
Précision utilisateur (%)	74,13%	48,15%	62,91%	85,43%	72,37%	72,39%	85,91%			
Erreur de commission (%)	25,87%	51,85%	37,09%	14,57%	27,63%	27,61%	14,09%			
Précision globale	71,34%									
Précision moyenne	73,40%									

**Tableau 3-1. Matrice de confusion détaillée exprimée en pourcentage**

Référence	Classification							Total	Précision producteur (%)	Erreur d'omission (%)
	Carriere, chantier, decharge	Espace agricole	Vegetation urbaine	Zone artificialisee	Zone en eau	Zone naturelle	Zone naturelle humide			
Carriere- chantier- decharge	9,90	0,37	0,00	0,37	0,09	0,00	0,09	10,83	91,38%	8,62%
Espace agricole	0,93	7,28	1,49	0,93	0,28	2,80	0,19	13,91	52,35%	47,65%
Vegetation urbaine	0,00	1,96	8,87	0,37	0,28	1,03	0,28	12,79	69,34%	30,66%
Zone artificialisee	1,31	1,31	1,12	12,04	1,96	0,19	0,47	18,39	65,48%	34,52%
Zone en eau	0,19	0,00	0,09	0,09	10,27	0,09	0,75	11,48	89,43%	10,57%
Zone naturelle	0,75	3,92	2,24	0,28	0,56	11,02	0,19	18,95	58,13%	41,87%
Zone naturelle humide	0,28	0,28	0,28	0,00	0,75	0,09	11,95	13,63	87,67%	12,33%
<b>Total</b>	<b>13,35</b>	<b>15,13</b>	<b>14,10</b>	<b>14,10</b>	<b>14,19</b>	<b>15,22</b>	<b>13,91</b>	<b>100,00</b>		
Précision utilisateur (%)	74,13%	48,15%	62,91%	85,43%	72,37%	72,39%	85,91%			
Erreur de commission (%)	25,87%	51,85%	37,09%	14,57%	27,63%	27,61%	14,09%			
Précision globale	71,34%									
Précision moyenne	73,40%									

La précision globale (ou totale), désignant la proportion d'objets bien classés par rapport au nombre total d'individus, s'élève aux alentours de 71%. Dans son ensemble, la classification est jugée correcte. Néanmoins, la précision est très variable entre classes d'occupation du sol. En particulier la classe « espace agricole » qui cumule des erreurs d'omission (47.65%) et de commission (51.85%). Les confusions sont très fortes avec la classe « zone naturelle ». Cette dernière reste néanmoins tout à fait exploitable puisque « la précision de l'utilisateur », qui mesure la probabilité d'une classification adéquate des entités, avoisine les 72%. Concernant la classe « végétation urbaine », une légère confusion ressort avec les classes « zone naturelle » et « espace agricole ». A priori, ces erreurs sont liées à la définition de la classe et aux procédures d'assignation automatique sous Definiens eCognition, par exemple : la végétation urbaine est-elle incluse dans et/ou contiguë à l'urbain ?

Dans le cadre de cette étude, ce qui nous intéresse c'est que la séparation entre les espaces artificialisés et les espaces non artificialisés soit correcte. Pour vérifier cela, nous avons donc regroupé la classification et les données terrain selon ces deux classes pour évaluer la précision de la classification avec ce regroupement. La matrice de confusion construite à partir de ces classes (cf. Tableaux 3-2) donne une précision globale de 91%. On peut donc considérer que l'objectif visé est atteint et que le produit obtenu est conforme aux objectifs que nous nous étions fixés.

**Tableau 3-2 : Matrice de confusion exprimée en pourcentage**

Référence	Classification			Précision producteur (%)	Erreur d'omission (%)
	Zone artificialisée	Zone non artificialisée	Total		
Zone artificialisée	23,62	5,60	29,23	81%	19%
Zone non artificialisée	3,83	66,95	70,77	95%	5%
<b>Total</b>	<b>27,45</b>	<b>72,55</b>	<b>1071</b>		
Précision utilisateur (%)	86%	92%			
Erreur de commission (%)	14%	8%			
Précision globale	91%				
Précision moyenne	88%				

### 3.2.2. Coefficient Kappa

Le coefficient Kappa K (Cohen, 1960) mesure l'intensité ou la qualité de l'accord réel entre deux jugements qualitatifs appariés. L'accord est défini comme la conformité de deux (ou plusieurs) informations qui se rapportent au même objet. Le coefficient Kappa varie entre 0 et 1. La concordance est parfaite pour  $K = 1$ , aléatoire pour  $K \leq 0$ . Sous l'hypothèse d'indépendance des jugements, il s'écrit :

$$K = (Po - Pe) / (1 - (Pe))$$

Avec Po : proportion d'accords observés  
Pe : proportion d'accords aléatoires

La précision de la matrice de confusion est estimée comme suit :

proportion d'accord observée Po	0,713
proportion d'accord aléatoire Pe	0,144
coefficient Kappa K	<b>0,665</b>

Le coefficient Kappa global est égal à 0.665, soit un degré d'accord relativement bon (selon la le classement de l'accord proposé par Landis et Koch, 1977) entre la classification et la référence. Le calcul des Kappa catégoriels (cf. *Tableau 4*) permet une étude plus fine des éventuelles discordances entre les deux jugements. Les confusions observées dans la matrice de confusion se retrouvent ainsi dans les Kappa catégoriels des classes « espace agricole » et « zone naturelle », respectivement égaux à 0.417 et 0.573.

**Tableau 4. Coefficients Kappa catégoriels**

	Po	Pe	Kappa	Pi	Qi	Pi.Qi	Pi.Qi.Ki
Carriere- chantier- decharge	0,956	0,787	0,794	0,121	0,879	0,106	0,084
Espace agricole	0,855	0,752	0,417	0,145	0,855	0,124	0,052
Vegetation urbaine	0,908	0,767	0,607	0,134	0,866	0,116	0,071
Zone artificialisee	0,916	0,727	0,692	0,162	0,838	0,136	0,094
Zone en eau	0,949	0,776	0,771	0,128	0,872	0,112	0,086
Zone naturelle	0,879	0,716	0,573	0,171	0,829	0,142	0,081
Zone naturelle humide	0,964	0,762	0,847	0,138	0,862	0,119	0,101
Global	0,713	0,144	0,665	#	#	0,855	0,569

## 4. Discussion

La classification par approche orientée objet procède suivant deux principales étapes : la segmentation puis l'identification des entités. Or en télédétection, la matrice de confusion traite de pixels et non d'objets. Pour cette étude, afin de garantir des échantillons indépendants, l'objet est donc assimilé à un pixel.

#### **4.1. Critique de la méthode d'évaluation**

##### **4.1.1. Qualité géométrique**

La méthode d'évaluation prévoit à l'origine une estimation de la qualité sémantique mais aussi géométrique. Parmi les attributs de l'échantillon, le champ « *qual\_geom* » doit indiquer le degré de conformité entre les contours de l'objet géographique (référentiel) et ceux de l'entité vectorielle (classification). Il s'avère que la segmentation opérée sous Definiens eCognition et les fusions post-traitements des polygones proposent en sortie une couche vectorielle qui ne respecte pas la forme des objets observés. Impossible donc d'estimer la qualité géométrique des différentes classes d'occupation du sol.

##### **4.1.2. Limites de la photo-interprétation**

Sur les 1610 polygones sélectionnés pour l'échantillon, 539 ne sont pas identifiés et ce pour deux raisons au moins :

- Taille des polygones : en deçà d'une certaine taille, il est difficile voire impossible d'assigner une classe à un polygone.
- Définition/identification : l'analyste peut hésiter parfois quant à l'assignation d'une classe à un polygone. Ce problème résulte de l'absence de définition pour chaque classe d'occupation du sol.

#### **4.2. Recommandations pour la classification d'occupation du sol**

##### **4.2.1. Variabilité de la qualité sémantique**

Pour construire la matrice de confusion, de nombreux échantillons sont pris au hasard. Or la précision globale est nettement inférieure lorsque l'échantillonnage tient compte des plus petits polygones. Concernant les résultats présentés ci-dessus, la couche d'occupation du sol a subi un prétraitement, avant la sélection aléatoire stratifiée. Les entités dont la surface est inférieure à 400m<sup>2</sup> sont éliminées. La couche d'occupation du sol en mode vectoriel comporte 39479 entités dont la surface est inférieure ou égale à 25m<sup>2</sup>. La classification étant réalisée sur des images à 5m de résolution spatiale, ces objets géographiques ne peuvent exister. Ils résultent pour la plupart d'artefacts produits lors du croisement des couches routières avec la classification et/ou lors de la vectorisation. D'autres sont des pixels isolés. Leur signification sémantique est quasi-nulle.

Enfin, les superficies des entités vectorielles présentent une très forte variance intra-classes (cf. *Tableaux 5 et 6*). Cette analyse n'est pas surprenante et ce, quelle que soit la classe étudiée. Par exemple une zone naturelle peut caractériser un bosquet tout comme une vaste forêt. Toutefois, il semble qu'une grande partie des « petits polygones » (en dehors des zones artificialisées) soient des erreurs de classification.

**Tableau 5. Récapitulatif des surfaces de polygones en fonction des classes**

	Effectif	Aire min	Aire max	Aire moyenne	Aire total	Aire écart-type
Carrière, chantier, décharge	1225	16,02	988789,09	36542,90	44765049,83	99041,58
Espace agricole	108258	16,01	38334498,93	76747,93	8308576958,37	378359,02
Nuage	5197	16,01	64661817,10	174426,98	906497015,39	1310246,59
Route 10m	49358	16,01	265769357,87	19685,80	971651703,41	1779671,49
Route 20m	520	16,02	98011599,69	262360,82	136427627,18	4300597,04
Vegetation urbaine	122923	16,01	180723,74	2066,22	253986318,40	3876,32
Zone artificialisée	140097	16,01	1592943,71	6037,75	845870196,88	22801,80
Zone en eau	11911	16,01	2846973358,69	275452,81	3280918426,66	26102359,62
Zone naturelle	84053	16,01	234854737,45	187092,93	15725722016,16	1696281,32
Zone naturelle humide	1916	16,02	12144465,47	86934,73	166566937,51	597434,94
<b>Total</b>	<b>525458</b>	<b>#</b>	<b>#</b>	<b>#</b>	<b>30640982249,80</b>	<b>#</b>

**Tableau 6. Récapitulatif des surfaces des polygones (>25m<sup>2</sup>) en fonction des classes**

	Effectif	Aire min	Aire max	Aire moyenne	Aire total	Aire écart-type
Carrière, chantier, décharge	1008	29,05	988789,09	44404,94	44760178,67	107581,41
Espace agricole	103880	29,05	38334498,93	79981,51	8308478879,29	385914,90
Nuage	4635	29,05	64661817,10	195573,88	906484944,85	1385933,84
Route 10m	25159	29,05	265769357,87	38596,42	971047204,73	2492588,99
Route 20m	416	33,75	98011599,69	327945,05	136425141,05	4807130,32
Vegetation urbaine	121127	29,05	180723,74	2096,53	253946020,34	3896,90
Zone artificialisée	137298	29,05	1592943,71	6160,37	845806799,50	23016,71
Zone en eau	11182	29,05	2846973358,69	293409,27	3280902417,00	26939761,68
Zone naturelle	79894	29,05	234854737,45	196831,24	15725634791,05	1739322,09
Zone naturelle humide	1380	29,05	12144465,47	120691,36	166554071,95	701131,85
<b>Total</b>	<b>485979</b>	<b>#</b>	<b>#</b>	<b>#</b>	<b>30640040448,44</b>	<b>#</b>

#### 4.2.2. Préconisations

Un post-traitement sur la classification d'occupation du sol pourrait améliorer les résultats de l'évaluation sémantique. Il paraît nécessaire de supprimer les pixels isolés sur les couches raster au moyen d'un filtre majoritaire ou d'une fermeture (dilatation, érosion) par exemple. De même sur la couche vectorielle, tout objet dont la superficie est inférieure à 25m<sup>2</sup> (voire beaucoup plus selon les classes) pourrait être fusionné avec les polygones voisins comportant la bordure partagée la plus longue ou la surface la plus grande.

#### 5. Références

- BENOIT M., GRENIER M., LABRECQUE S., DEMERS A.M. : 2006, *Inventaire canadien des terres humides, région du Québec : Outil de validation des résultats*, 12<sup>ème</sup> conférence des utilisateurs des produits ESRI, Montréal, septembre 2006.
- COHEN J., 1960 : "A coefficient of agreement for nominal scales.", *Educ. Psychol. Meas.*, vol. 20, pp. 27-46.
- CONGALTON R.: 1991, "A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data", *Remote Sensing of Environment*, vol. 37, pp. 35-46.
- GIRARD M.C., GIRARD C.M : 2004, *Traitement des données de télédétection*, Dunod, pp. 303-335.
- LANDIS J.R., KOCH G.G. 1977 : "The measurement of observer agreement for categorical Data, *Biometrics*, 1977a, vol. 33, pp. 159-174.

## **Annexe 3**

### **Traitements spécifiques pour le département de la Lozère**







## TRAITEMENTS SPECIFIQUES POUR LE DEPARTEMENT DE LA LOZERE

Annie DESBROSSE - Cirad UMR TETIS

Les images IRS ne couvrant pas tout le département de la Lozère pour l'année 1997, un traitement particulier a dû être mis au point pour la détection des changements de la tache artificialisée intervenus entre cette période et 2009.

### 1. Données utilisées :

#### 1) Corine Land Cover (CLC)

Pour palier le manque d'images, nous avons choisi d'utiliser des données extraites de la Base De Données (BDD) géographique européenne Corine Land Cover (CLC). Cette information géographique présente l'avantage d'être une référence à l'échelle de l'Union Européenne. Elle est en outre en libre accès et facilement téléchargeable et utilisable.

Les données CLC suivantes ont été utilisées :

- occupation des sols de 2000 et 2006 (données vecteur),
- changements de l'occupation du sol entre 2000 et 2006 (données vecteur).

#### 2) Cartographie des zones artificialisées LR en 2009

Pour l'année 2009, nous avons utilisé la cartographie des zones artificialisées 2009 couvrant la Lozère réalisée dans le cadre de l'étude à partir d'images satellitaires RapidEye.

#### 3) Donnée de référence :

Le Scan25 de l'IGN (2006) a été utilisé comme donnée de référence.

**NB** : La contrainte de disponibilité des données, nous a conduits à effectuer le travail comparatif entre les années 2000 et 2009 et non pas 1997 et 2009 comme pour les autres départements régionaux.

### 2. Méthodologie :

#### Rappel méthodologique de constitution de la base CLC :

« L'unité spatiale au sens de CORINE Land Cover est une zone dont la couverture peut être considérée comme homogène, ou être perçue comme une combinaison de zones élémentaires qui représente une structure d'occupation. Elle doit présenter une surface significative sur le terrain et se distinguer nettement des unités qui l'entourent. De plus, sa structure doit être suffisamment stable pour servir d'unité de collecte pour des informations plus précises. **La surface de la plus petite unité cartographiée (seuil de description) est de 25 hectares pour les bases complètes et de 5 hectares pour les bases de changements.** Ce choix a été fait pour faciliter la digitalisation des documents d'auteur et l'impression de cartes lisibles, pouvoir représenter les éléments essentiels de la réalité du terrain et conduire à un rapport coût du projet / satisfaction des besoins compatible avec les contraintes financières du projet. » (*CORINE Land Cover France – Guide d'utilisation*)

Dans la mesure où ce travail avait pour base la BDD CLC, nous avons choisi de conserver ses principes méthodologiques de création de données. Ainsi, nous avons retenu comme base du changement, dans l'accroissement de l'artificialisé, une surface minimale de 5 ha.

#### Définition d'une nomenclature commune :

Afin de mettre en cohérence les classifications de la base CLC 2006 et de la cartographie des zones artificialisées 2009 pour pouvoir ultérieurement les comparer, la première tâche a été d'étudier les nomenclatures relatives à l'artificialisation des terres et d'établir les correspondances.

Globalement, les légendes des classes relatives à l'artificialisé se recouvraient. Cependant, les remarques suivantes sont à noter :

- la définition de la classe 112 (Tissu urbain discontinu) de CLC était la suivante : «Espaces structurés par des bâtiments. Les bâtiments, la voirie et les surfaces artificiellement recouvertes coexistent avec des surfaces végétalisées et du sol nu, qui occupent de manière discontinue des surfaces non négligeables. » Cette définition comprenait donc la « Végétation urbaine » de la cartographie des zones artificialisées, classe qui n'était pas retenue dans la notion d'artificialisation. Cependant, un contrôle visuel nous a permis de constater que cette classe 112 était généralement incluse de facto dans la cartographie des zones artificialisées. Nous l'avons donc retenue comme classe pertinente pour la carte de l'artificialisé de CLC ;
- faisant l'hypothèse que le réseau routier n'a pas subi de modification majeure, les classes 122 de CLC (Réseaux routiers et ferroviaires et espaces associés) et Routes 10 et 20 m de la classification Cirad n'ont pas été prises en compte.

Les classes retenues pour la comparaison ont donc été les suivantes :

<b>Nomenclature Cirad</b>		<b>Nomenclature CLC</b>	
<i>N° classe</i>	<i>Légende</i>	<i>N° classe</i>	<i>Légende</i>
1	Zone artificialisée	111	Tissu urbain
		112	Tissu urbain discontinu
		121	Zones industrielles et commerciales
		124	Aéroports
		142	Equipements sportifs et de loisirs
12	Carrière, chantier, décharge	131	Extraction de matériaux
		132	Décharges
		133	Chantiers

### 3. Traitement des données

La méthodologie suivante a été appliquée aux données :



#### 4. Remarques sur le résultat

Une visualisation des premiers résultats (polygones correspondant à une augmentation de surface artificialisée entre 2006 et 2009) sur le Scan25 a tout de suite permis de voir que la plupart des polygones correspondaient à des villages déjà existants. Ceci s'explique par le fait que la carte de CLC n'avait recensé que les taches artificialisées supérieures à 25 hectares. Ces villages avaient cependant été retenus par le traitement de l'image de 2009.

Les polygones obtenus (au nombre de 88) ont été examinés un par un. Dans l'optique de recenser effectivement l'**accroissement** des surfaces artificialisées (hors systèmes routier et autoroutier) entre 2006 et 2009, les polygones qui correspondaient à des éléments (villages, carrières) déjà existants en 2006 et dont l'éventuelle extension ne présentait pas une superficie supérieure à 5 hectares (taille de référence) ont été supprimés.

**Nous avons, à la fin des traitements, obtenu un fichier vecteur de 54 polygones correspondant aux espaces supérieurs à 5 ha (à l'échelle d'une commune) ayant été artificialisés entre 2000 et 2009.**

## **Annexe 4**

### **Rappel de la méthode de qualification - construction et mise en œuvre d'un indice de qualité des sols (UMR LISAH)**





## **Rappel méthode de qualification - construction et mise en œuvre d'un indice de qualité des sols (UMR LISAH)**

L'analyse uniquement quantitative des surfaces consommées par le développement de l'habitat ne saurait à elle seule constituer une base suffisante pour orienter les décisions en matière de préservation d'un patrimoine agronomique des sols. Les sols sont en effet extrêmement variables dans l'espace compte tenu de la multiplicité et de la variabilité des facteurs du paysage qui interagissent à leur formation (relief, géologie, occupation du sol, etc.).

### **Exploration des méthodes et données mobilisables pour construire un indice de qualité des sols**

#### ***Objectif***

L'objectif consistait à caractériser chaque surface perdue à cause de l'extension de l'urbanisation ou susceptible de l'être par un degré de qualité qui permette aux décideurs de mieux apprécier le préjudice que cette perte fait subir à la collectivité.

Deux problèmes successifs doivent être résolus pour répondre à cet objectif :

- définir un indicateur de qualité des sols qui réponde aux préoccupations des décideurs et qui soit adapté au contexte régional ;
- mettre en œuvre cet indicateur sur une région donnée en utilisant les données spatiales sur les sols disponibles.

Dans cette étude, un indicateur de qualité spécifique au problème posé, adapté à l'agriculture régionale et aux données pédologiques disponibles a été proposé. Nous avons testé sa mise en œuvre à l'échelle du Languedoc-Roussillon en utilisant comme données sources le référentiel Pédologique Régional (Bornand et al, 1994).

L'indicateur de qualité des sols devait remplir les conditions suivantes :

- permettre d'apprécier le potentiel d'utilisation globale d'un sol à long terme ou très long terme. A ce titre aucune aptitude particulière à une culture ou aucune fonction du sol n'était à privilégier par rapport à une autre. S'agissant d'un impact s'exerçant au delà de plusieurs dizaines d'années, il est en effet impossible de se référer à tel ou tel agro système de référence ou usage agricole et/ou environnemental du sol ;
- proposer des modalités permettant de comparer un maximum de sols du Languedoc-Roussillon entre eux tout en restant simple. Il s'agissait pour cela de proposer une classification avec un nombre limité de modalités, ces modalités ayant des effectifs comparables entre elles ;
- être facilement mis en œuvre dans un délai très court. Il s'agissait de privilégier un indicateur utilisant des données spatiales pédologiques déjà disponibles sur l'ensemble du Languedoc-Roussillon.

#### ***Les méthodes d'évaluation de la qualité des sols (d'après Rémy, 2005)***

L'évaluation des terres consiste en un classement ordonné de la qualité des sols en vue d'un usage donné. Elle est donc une démarche contingente qui s'inscrit dans un contexte d'utilisateurs, pour comparer des aptitudes à une utilisation donnée, pour évaluer la pertinence et le coût d'amélioration structurelle en vue d'un usage donné ou pour surveiller globalement et protéger les sols et les autres ressources naturelles. Il est donc illusoire de rechercher une méthode de classement universelle qui s'appliquerait à tous les contextes pédologiques et tous les problèmes posés. Il est cependant possible de classer ces méthodes en deux grands groupes : 1) Combinaison logique de classe de sol et 2) approches quantitatives.

La combinaison logique de classe de sol répartit les critères pédologiques en classes sur lesquelles on applique des combinaisons logiques et hiérarchisées, élaborées le plus souvent par dire d'expert. Les exemples les plus aboutis de ces classifications sont la classification USDA (Klingebiel, 1958) et la classification FAO (FAO, 1986). Ces classifications sont le plus souvent élaborées en référence à l'aptitude à plusieurs cultures identifiées et à des fonctions du sol précises. Récemment, des

améliorations de ce type de classification utilisant la logique floue ont été proposées (Groenemans et al, 1997) pour rendre compte des imprécisions de classement des critères de sol.

Les approches quantitatives évaluent les sols sur une échelle numérique continue soit en construisant des relations empiriques par dire d'expert (ex: l'équation universelle de perte en sol de Wisheimer, 1958), soit en élaborant des relations statistiques à partir de larges enquêtes régionales (Olson, 1986) soit par construction mécaniste à partir des paramètres du milieu et des caractéristiques des cultures (Van Diepen et al, 1991). Les fonctions construites prennent la forme soit de modèles multiplicatifs, soit de modèles additifs ou combinaisons linéaires. Ces approches concernent plutôt des évaluations plus spécifiques à un risque (ex: érosion) ou à l'aptitude à une culture donnée. Elles nécessitent généralement plus de données que les approches précédente ce qui rend leur généralisation plus difficile.

**Méthode retenue pour la définition d'un indice de qualité des sols**

Après examen de la bibliographie et des objectifs spécifiques rappelés ci-dessus, il est proposé d'évaluer une qualité « globale » du sol pour un usage futur d'ici à un siècle en privilégiant le potentiel agronomique du sol et la capacité maximum de diversification des usages du sol.

L'approche retenue est une approche par combinaison logique de classes de sol qui prend en compte les contraintes rencontrées en milieu méditerranéen. L'indicateur est présenté dans la figure suivante sous forme d'un arbre de décision avec trois niveaux hiérarchisés de classification.

- La contrainte « absolue » qui discrédite systématiquement et entièrement le potentiel du sol lorsqu'elle existe (classe 4). Il s'agit de la présence de salinité ;
- La réserve utile qui constitue le paramètre principal de hiérarchisation, représentée en trois classes (classes 1,2 et 3) ;
- Les contraintes « secondaires » (battance, hydromorphie, pierrosité ou abondance des éléments grossiers et pH) dont la prise en compte permet de moduler la qualité des sols au sein de chaque classe de réserve utile. Ainsi, la présence de n (n = 0 à 4) contraintes sur un sol de classe de réserve utile p (p=1 à 3), permet de classer le sol en classe n.p avec n.p. d'autant plus défavorable que n (le nombre de contraintes secondaires) est grand et que p est

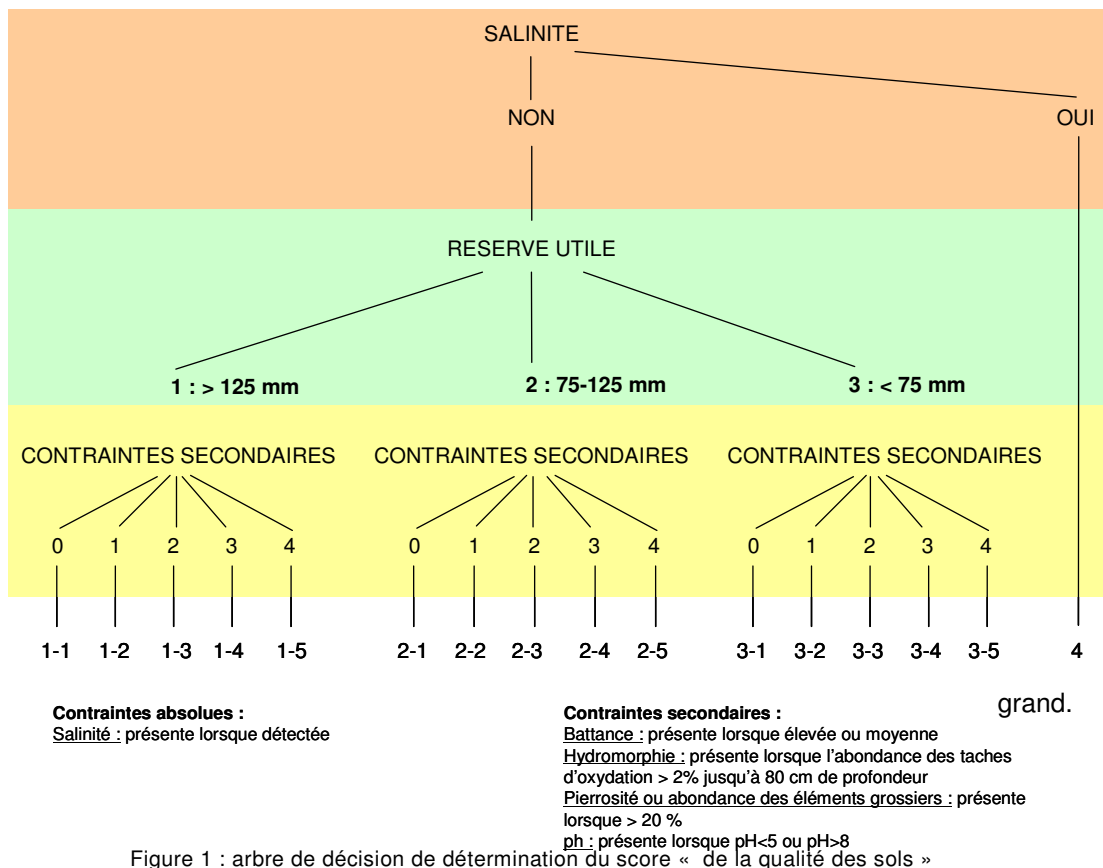


Figure 1 : arbre de décision de détermination du score « de la qualité des sols »

**Méthode de calcul de la réserve utile des sols du Languedoc-Roussillon**



La carte des réserves utiles du Languedoc-Roussillon a été produite à partir des données de la BdSol LR dont on trouvera une description sur le site <http://sol.ensam.inra.fr/BdSolLR>. Nous résumons ici brièvement la procédure utilisée pour obtenir cette carte.

Deux étapes sont distinguées :

- le calcul de RU pour les Unités Typologiques de Sol (UTS) de la Bdsol LR ;
- l'agrégation spatiale des RU au niveau des Unités Cartographiques de sol de la Bdsol LR.

### **Calcul de RU pour les Unités Typologiques de Sol (UTS) de la Bdsol LR**

La formule utilisée pour calculer la réserve utile est la suivante :

$$RU = H \times TE \times (1 - (EG/100))$$

RU : réserve utile exprimée en millimètres

H : épaisseur du sol exprimée en centimètres

TE : facteur ou indice de texture déterminé à partir de la classe de texture

EG : éléments grossiers exprimés en pourcentage

AISNE	TE
A	1,75
ALO	1,7
AL	1,8
AS	1,7
LAS	1,75
LA	1,95
SA	1,35
LSA	1,65
S	0,69999
SL	1
LLS	1,2
LL	1,3
LS	1,45
LMS	1,6
LM	1,75
R	0
null	0

Tableau1 : détermination du facteur de texture (TE) par classe de texture (d'après Jamagne et Betremieux, in Lemonier, 1992)

La réserve utile est calculée par unités typologiques de sol (UTS). Elle correspond à la somme des réserves utiles des strates correspondant de l'UTS concernée :

$$RU(uts) = \sum RU(strates)$$

Pour éviter des biais liés à des profondeurs de description différentes des UTS, les RU sont calculées pour une profondeur de références données. Trois profondeurs sont considérées : 100 cm, 150 cm, 200 cm. Lorsque les profondeurs sur lesquelles les UTS sont décrites (sans mention d'apparition de la fin de la zone exploitable par les racines) sont inférieures à ces profondeurs de référence, la valeur de la strate de sol la plus profonde est extrapolée jusqu'à la profondeur de référence. En conséquence, plus la profondeur de référence est grande, plus le risque d'erreur liée à cette extrapolation est grand.

Les données granulométriques des strates sont transposées dans le triangle de texture de l'Aisne. On attribut à chaque strate l'indice de texture en relation avec la classe de texture correspondante (tableau 1).

### **Agrégation spatiale des RU au niveau des Unités Cartographiques de sol de la Bdsol LR**

Les Unités Typologiques de Sol traitées précédemment n'ont pas de contours géographiques propres mais sont regroupées dans des Unités Cartographique de sol (ou unités de pédopaysage) dont on connaît la liste des UTS qu'elles englobent avec leur proportion respective. Pour spatialiser la réserve utile, on calcule donc, pour chaque UCS, une moyenne des RU calculées par UTS pondérées par les proportions de chaque UTS (Bornand, et al., 1994).

Soit une UCS composée des UTS  $u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_n$  avec les RU  $r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_n$  et des proportions respectives  $p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_n$

$$RU_{UCS} = \sum p_i * r_i$$

### **Bibliographie - Qualification**

Antoni, V., Le Bissonnais, Thorette, J., Zaidi, N., Laroche, B., Barthès, S., Daroussin, J.

Arrouays, D., Modélisation de l'aléa érosif des sols en contexte méditerranéen à l'aide d'un référentiel pédologique régional au 1/250 000 et confrontation aux enjeux locaux. *Etude et Gestion des Sols* 13 (3). 201-22

Bornand, M., Legros, J. P., and Rouzet, C. (1994). Les banques régionales de données-sols. Exemple du Languedoc-Roussillon. *Etude et Gestion des Sols*, 1, 67-82.

FAO, 1986. Agro-Ecological Zoning System, Sales and marketing group FAO, Viale delle Terme di Caracalla, Roma Italy. System.

Groenemans, R., Van Ranst, E., Kerre, E., 1997. Fuzzy relational calculus in Land Evaluation. *Geoderma* 77, 3. 283-298

Klingebiel, A.A., 1958. Soil Survey Interpretation. Capability grouping. *Soils Sci. Soc. Am. Proc.*, 22, 160-163

Olson, K.R. And Olson, G.W., 1986. Use of multiple regression analysis to estimate average corn yields using selected soil and climate data. *Agric. Syst.*, 20, 105-120

Rémy, 2005. Méthodologie pour l'évaluation des terres: contraintes pédologiques et facteurs limitant d'utilisation des sols. *Sols et environnement. Cours, exercices et études de cas*. M. C. Girard, C.

Walter, J. C. Remy, J. Berthelin and J.-L. Morel. Paris, Dunod: 694-714 (chapter 31).

Van Diepen C.A., van Keulen, H., Wolf, J., Berkhout, J.A.A., 1991. Land evaluation. From intuition to quantification. *Advances in Soil Sciences*, 15, 139-204

## **Annexe 5**

### **Notice d'utilisation de l'interface (outil de consultation en ligne)**





**NOTICE D'UTILISATION DE L'INTERFACE**  
**« Indicateurs et dynamiques territoriales en Languedoc-Roussillon »**  
(Estelle Ancelet, André Torre, Frédéric Bray, Cemagref UR DTM, Grenoble)

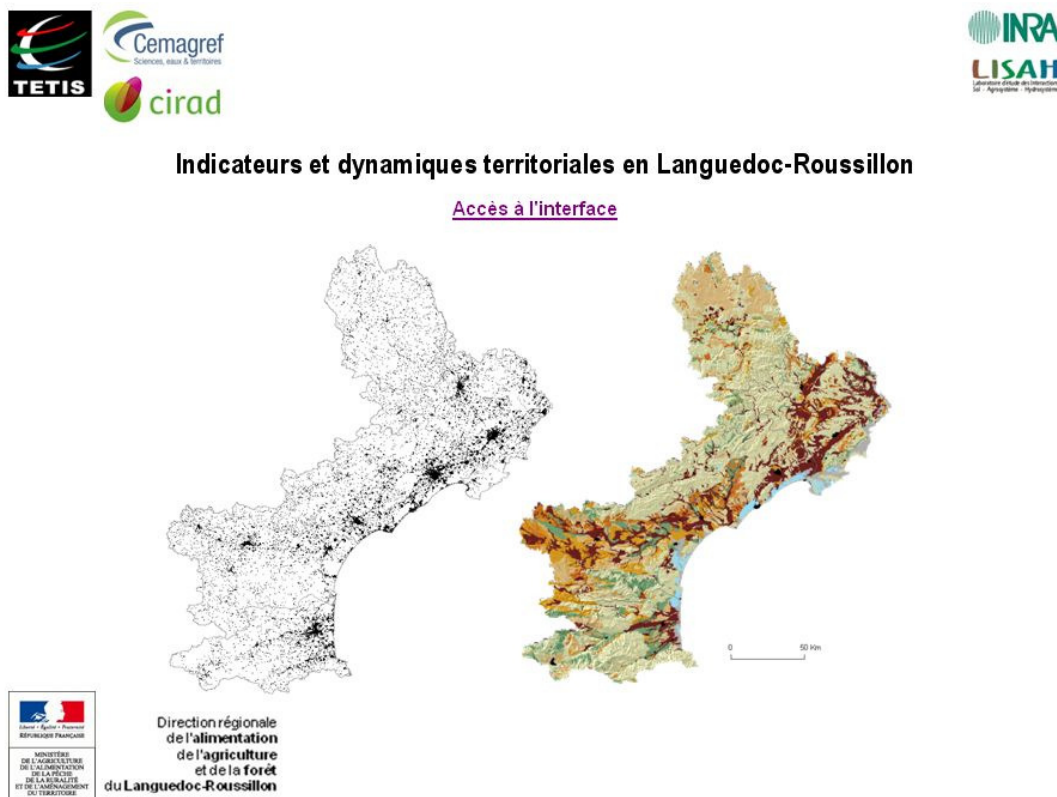
<b>1. Vérification du navigateur Internet</b>	<b>38</b>
<b>2. Familiarisation avec l'interface</b>	<b>40</b>
2.1. Descriptif de l'observatoire	40
2.2. Fonds cartographiques et informations diverses	41
2.3. Première étape – Choix d'un indicateur	42
2.4. Deuxième étape – Choix d'une zone d'étude	42
2.5. Troisième étape – Choix d'un mode de restitution	43
2.6. Métadonnées et liaisons entre indicateurs	50
<b>3. Erreurs et bugs récurrents</b>	<b>51</b>
3.1. Fonctionnement général	51
3.2. Cartographie en plages de couleur	51
3.3. Fonds de carte	52
3.4. Déplacements dans l'interface	52
3.5. Décalage des zones cartographiées par rapport au fond	52

**Date de rédaction de la notice :** février 2011

**Auteurs :** estelle.ancelet@cemagref.fr  
andre.torre@cemagref.fr  
frederic.bray@cemagref.fr

## 1. Vérification du navigateur Internet

La copie d'écran ci-dessous illustre la page d'accueil de l'interface.



Pour accéder à l'interface cliquer sur le lien « [Accès à l'interface](#) »

**Si la fenêtre ne s'affiche pas correctement** il faut s'assurer d'avoir le bon navigateur et sous sa bonne version.

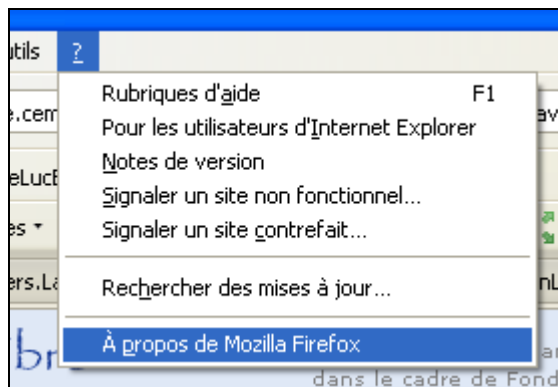
En effet, l'outil demande de posséder le navigateur Mozilla Firefox (**version 3 et postérieures**, ex : 3.0.8 ou 3.5) ou Internet Explorer (**version 7 et postérieures**).

Pour télécharger Mozilla Firefox : <http://www.mozilla-europe.org/fr/firefox>.

Pour télécharger Internet Explorer :

<http://www.microsoft.com/switzerland/windows/fr/internet-explorer/default.aspx>

Pour connaître la version du navigateur de votre ordinateur :



Aller dans le menu aide (représenté par un ?) du navigateur et cliquer sur « A propos de Mozilla Firefox » ou « A propos de Internet Explorer ». Une fenêtre apparaît donnant la version du navigateur.

Pour Mozilla Firefox, si le navigateur est d'une version antérieure à la version 3, la mettre à jour (cliquer sur « Rechercher des mise à jour » dans le menu aide).

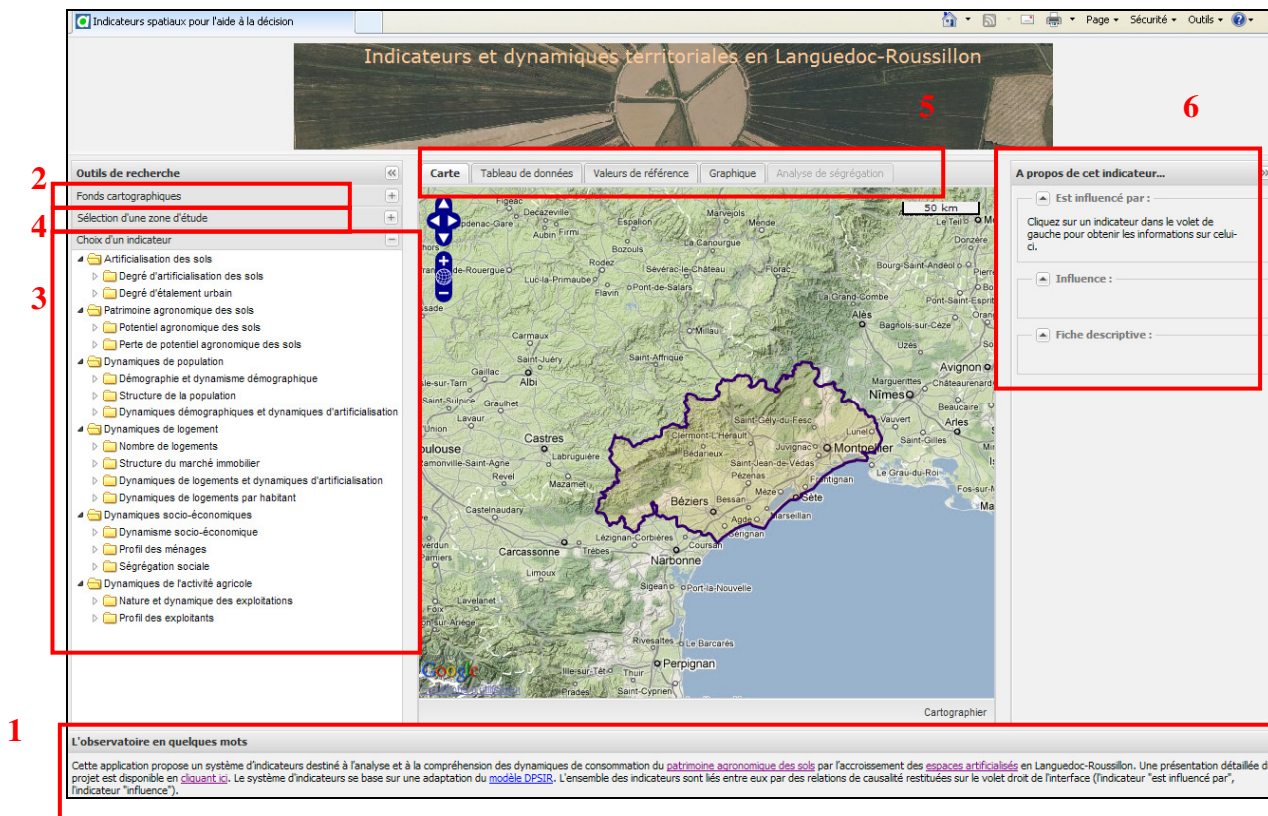


Pour mettre à jour Internet Explorer cliquer sur le lien de la page précédente (pour télécharger ce navigateur).



Une fois le navigateur téléchargé, relancer l'application.

## 2. Familiarisation avec l'interface



L'interface est divisée en 6 parties correspondant aux 6 cadres de l'image ci-dessus. Chaque partie est détaillée dans les chapitres qui suivent.

### 2.1. Descriptif de l'observatoire

**L'observatoire en quelques mots**

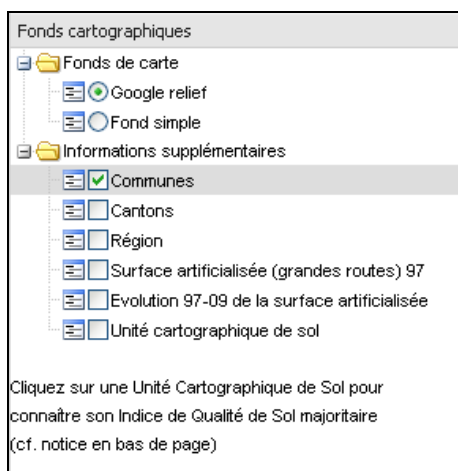
Cette application propose un système d'indicateurs destiné à l'analyse et à la compréhension des dynamiques de consommation du patrimoine agricole des sols par l'accroissement des espaces artificialisés en Languedoc-Roussillon. Une présentation détaillée du projet est disponible en [cliquant ici](#). Le système d'indicateurs se base sur une adaptation du modèle DPSIR. L'ensemble des indicateurs sont liés entre eux par des relations de causalité restituées sur le volet droit de l'interface ("l'indicateur "est influencé par", l'indicateur "influence").

Les principes de l'étude présentée dans l'interface sont résumés en bas de page dans le cadre 1. L'utilisateur peut cliquer sur les liens pour avoir de plus amples informations sur les thèmes suivants :

- descriptif du projet ;
- patrimoine agricole des sols ;
- espaces artificialisés ;
- modèle DPSIR et liaison entre indicateurs.



## 2.2. Fonds cartographiques et informations diverses



Cadre 2 : ce volet permet de choisir un fond de carte. Il se divise en deux parties : on distingue les fonds de cartes de couches supplémentaires pouvant se superposer.

### Fonds de carte :

- fond relief avec les noms des principales communes ;
- fond simple.

### Informations supplémentaires :

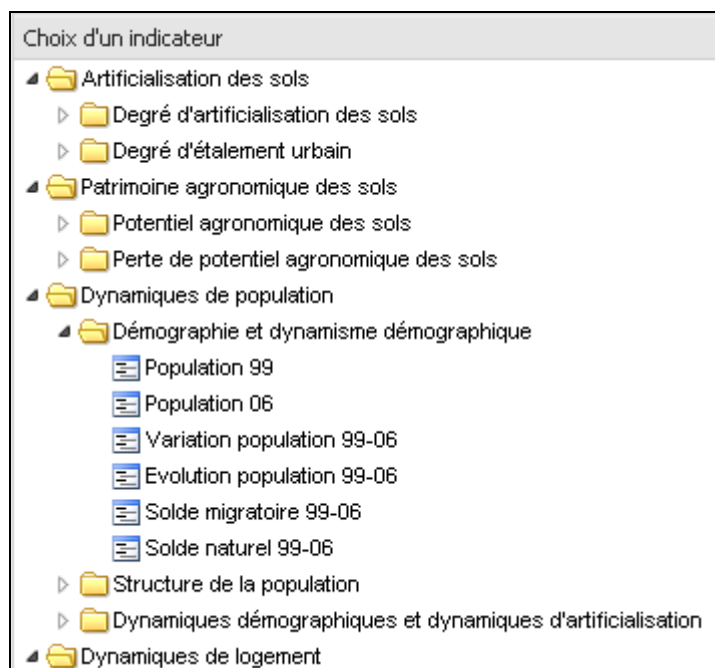
- contour administratif des communes ;
- contour des cantons ;
- contour de la région Languedoc-Roussillon ;
- surfaces artificialisées en 1997 (couche très longue à charger) ;
- évolution de la surface artificialisées entre 1997 et 2009 (couche très longue à charger) ;
- unités cartographique de sol. Cette dernière couche est interrogeable avec le click de la souris.

Ainsi, l'utilisateur peut cliquer à l'endroit désiré et obtenir les informations relatives au potentiel agronomique du sol sur ce point à l'aide d'une fenêtre comme celle ci-dessous.



Pour interpréter ces données, télécharger la notice explicative en bas de page (lien « potentiel agronomique des sols »).

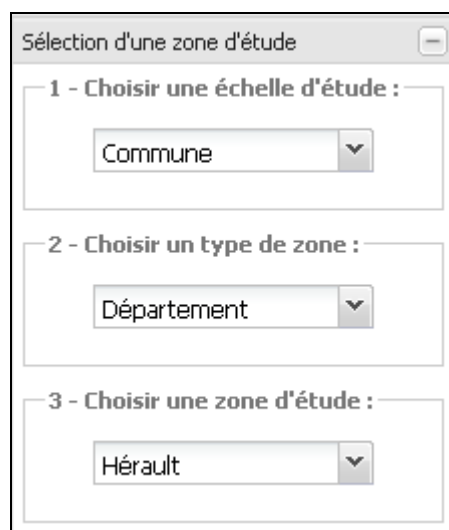
### 2.3. Première étape – Choix d'un indicateur



Cadre 3 : un système de dossier et de sous dossiers permet de mener l'utilisateur au choix d'un indicateur.

Les données calculées à partir de l'artificialisation du sol en 1997 ne couvrent pas l'ensemble du territoire du département de la Lozère. L'interprétation de ces données ainsi que des valeurs de références issues doit être réalisée avec prudence

### 2.4. Deuxième étape – Choix d'une zone d'étude



Cadre 4 : le choix d'une zone d'étude se déroule en trois temps :

- 1 - Choix d'une échelle d'agrégation des données.  
C'est l'unité spatiale de base de représentation des données. On peut choisir d'utiliser des données de base au niveau communal ou cantonal.
- 2 - Choix d'un type de zone d'étude.

C'est le type de territoire choisi comme zone d'étude. Au moment de la rédaction de ce rapport, la zone d'étude ne peut-être qu'un département.

Le tableau ci-dessous indique les types de territoire disponibles en fonction de l'échelle d'agrégation de données choisie.

Echelle d'agrégation de la donnée	Types de zones d'étude associées
Commune	Département
Canton	Département

D'autres échelles et zones d'études pourront être envisagées lors de versions postérieures de l'interface.

Rappel : les données calculées à partir de l'artificialisation du sol en 1997 ne couvrent pas l'ensemble du territoire du département de la Lozère. L'interprétation de ces données ainsi que des valeurs de références issues doit être réalisée avec prudence.

- 3 - Choix d'un site d'étude.  
C'est le territoire d'étude en lui même.

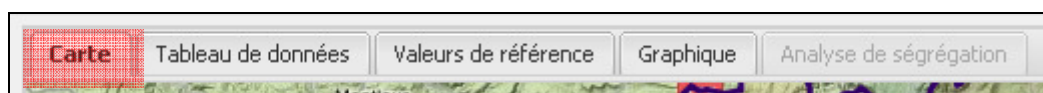
**Une fois la zone d'étude choisie, celle-ci s'affiche à l'écran.**

Par défaut, l'étude est centrée sur l'Hérault avec une maille d'étude communale.

### 2.5. Troisième étape - Choix d'un mode de restitution

Cadre 5 : l'utilisateur peut à présent choisir un mode de restitution pour l'indicateur et la zone d'étude choisis. **Il est conseillé de ne pas sortir de l'application pendant les temps de chargement des données (risque d'erreur).**

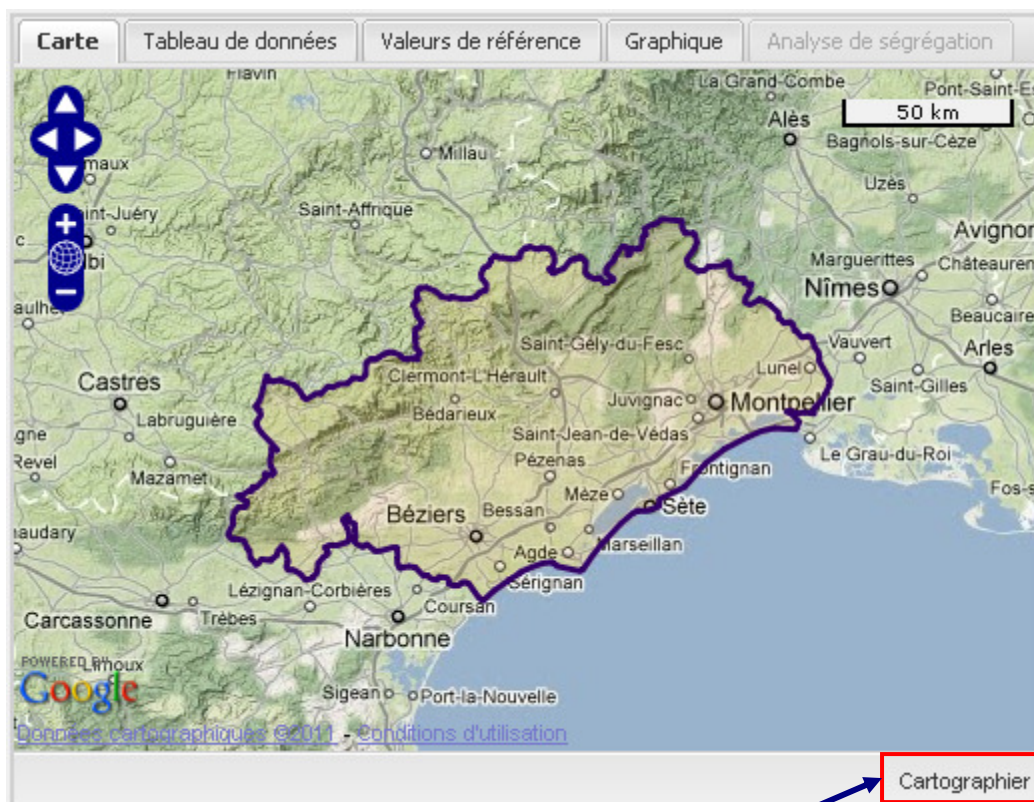
#### Cartes



Les règles applicables en cartographie (constituant la sémiologie graphique) imposent :

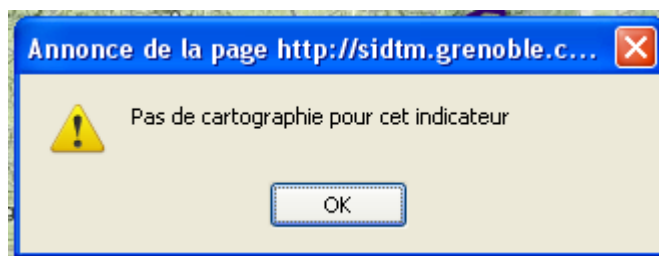
- des cartes en cercles proportionnels pour les valeurs absolues ;
- des cartes en plages de couleurs pour les valeurs relatives (issues d'un calcul).

Le choix entre ces deux méthodes de cartographie n'est pas laissé à l'utilisateur pour une question de simplification de l'utilisation de l'outil. Cependant il résulte de cela deux types de manipulation. Celles-ci vont être illustrées par deux exemples.



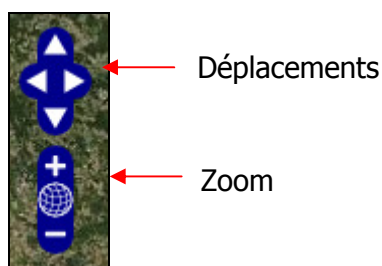
Dans tous les cas, l'utilisateur va cliquer sur le bouton « cartographier » pour obtenir une cartographie de l'indicateur désiré.

Si l'indicateur n'est pas cartographiable (en général les indicateurs composés de plusieurs classes), une fenêtre d'alerte s'affiche alors.

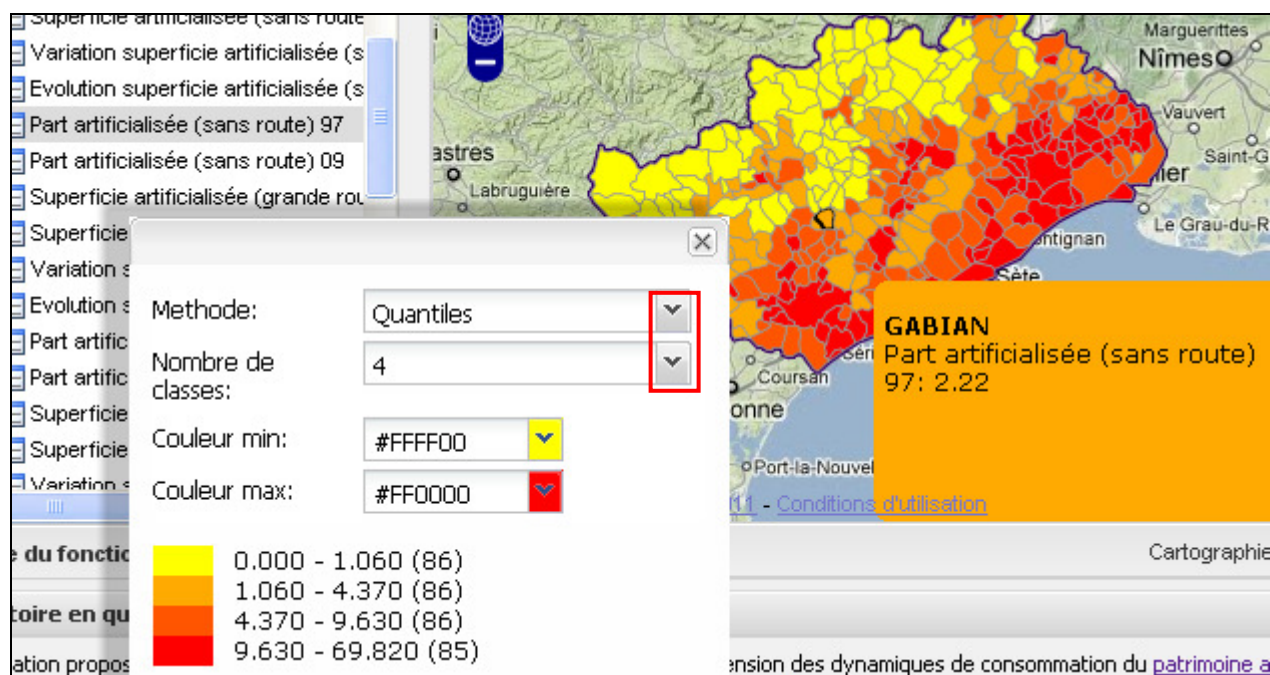


**Déplacements dans l'onglet carte :**

L'utilisateur peut se déplacer en utilisant uniquement à l'aide de la souris en saisissant la carte pour la déplacer à gauche ou à droite ou avec la molette pour zoomer et dé-zoomer. Il peut également utiliser les outils prévus à cet effet :



### **Cartographie de la part de superficie artificialisée (sans route) en 1997**



**Figure : Cartographie de la part de superficie artificialisée (%) en 1997 sur le département de l'Hérault**


En cliquant sur le bouton « Cartographie », une fenêtre d'analyse thématique apparaît. Celle-ci permet de choisir une méthode de discrétisation<sup>2</sup> (quantiles, intervalles égaux ou Jenks), un nombre de classes (de 1 à 6) et les couleurs des bornes extrêmes. Cette fenêtre peut être déplacée à l'aide de la souris.

En même temps que la fenêtre d'analyse, une cartographie par défaut s'affiche en quantiles avec 4 classes.

Le choix de la méthode de discrétisation influe grandement sur l'information qui va être délivrée par la carte. Quelques précisions à ce sujet sont présentées en annexe. Plusieurs tests en faisant varier la méthode, l'indicateur choisi et le nombre de classes permettront à l'utilisateur de constater les différences de représentation.

La méthode la plus pertinente à utiliser sans connaissances particulière en cartographie est la méthode de Jenks.

Le survol des entités (communes) avec la souris provoque l'affichage d'une fenêtre colorée en bas à droite de l'écran indiquant la commune concernées et la valeur de l'indicateur choisi pour cette commune.

**Pour réaliser une nouvelle carte en plages de couleurs, il est nécessaire de fermer la fenêtre d'analyse thématique avec le bouton .** La carte s'efface alors et on peut changer de zone d'étude et/ou d'indicateur et recommencer.

<sup>2</sup> Méthode de discrétisation : voir en annexe pour plus de précisions.

## Cartographie de la répartition de la population en 1999

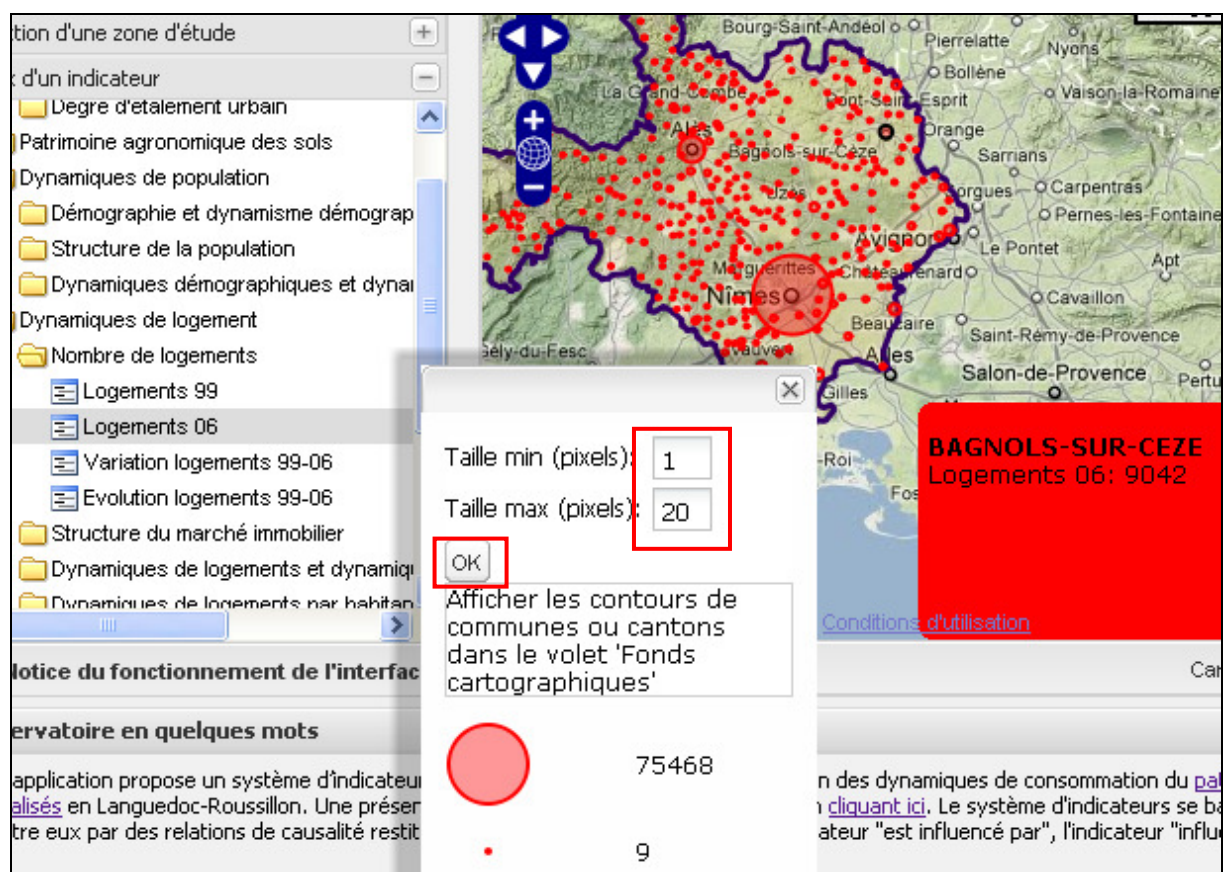


Figure : Cartographie du nombre de logements en 2006 sur le département du Gard

En cliquant sur le bouton « Cartographie » une fenêtre de paramétrage des cercles proportionnels s'affiche en même temps que la cartographie par défaut. Elle permet de fixer la taille (en pixels) des cercles attribués à la plus petite et à la plus grande valeur.

L'utilisateur peut améliorer la lisibilité de la carte en faisant varier la taille du plus gros et/ou du plus petit cercle (en tapant les valeurs à la main dans l'espace prévu à cet effet puis en cliquant sur ).

**Pour réaliser une nouvelle analyse en cercles proportionnels** il faut fermer la fenêtre de légende grâce au bouton . La carte s'efface alors et on peut changer de zone d'étude et/ou d'indicateur et recommencer.

**Pour éviter tout bug dans l'application il vaut mieux effacer chaque carte avant d'en créer une nouvelle.**

Cependant, une carte en cercles proportionnels peut être superposée à une carte en plages de couleurs. Pour cela il est nécessaire de réaliser d'abord l'analyse en plages de couleurs puis faire une carte avec des cercles proportionnels sans fermer les fenêtres de légende.

Bien entendu, cela suppose de savoir au préalable les représentations graphiques induites par chaque donnée !

## Tableaux de données

Carte **Tableau de données** Valeurs de référence Graphique Analyse de ségrégation

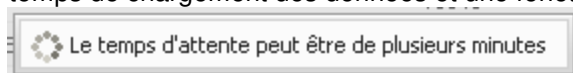
Les données calculées à partir de l'artificialisation du sol en 1997 ne couvre pas l'ensemble du territoire du département de la Lozère. Leur interprétation doit être réalisée avec prudence.

Identifiant	Zone concernée	Indicateur
-------------	----------------	------------

Export en Excel Afficher les données

L'application permet d'obtenir les valeurs de l'indicateur pour la zone et l'échelle choisies en allant dans l'onglet « Tableau de données » et en cliquant sur « Afficher les données ». Ce tableau peut-être agrandi par la droite afin d'afficher la totalité des champs.

L'interface est « gelée » le temps de chargement des données et une fenêtre d'information s'affiche :



**Il est conseillé de ne pas sortir de l'application pendant les temps de chargement des données (risque d'erreurs).**

Identifiant	Zone concernée	pop_sdc_99	
34001	ABELHAN	979	
34002	ADISSAN	736	
34003	AGDE	19988	
34004	AGEL	167	
34005	AGONES	179	
34006	AIGNE	234	
34007	AIGUES-VIVES	354	
34008	AIRES	544	
34009	ALIGNAN-DU-VENT	1134	

Une fois affiché, le tableau peut être trié selon chaque colonne grâce à un bouton apparaissant au survol de la souris à droite des intitulés de colonnes.

Le bouton **Export en Excel** en bas à gauche de cette fenêtre permet d'obtenir le tableau au format Excel.

**L'utilisateur doit penser à cliquer de nouveau sur **Afficher les données** pour actualiser les valeurs du tableau lors du changement de choix d'un indicateur.**

### Valeurs de références

Les valeurs de références de l'indicateur sélectionné pour la région sur la région Languedoc-Roussillon peuvent être affichées. L'utilisateur peut ainsi obtenir les valeurs de la région Languedoc-Roussillon, des 5 départements et de chaque type de ZAUER.

Le fonctionnement de l'onglet de « Valeurs de référence » est le même que celui du tableau de données (cf. partie précédente).

**Penser à cliquer de nouveau sur **Afficher les données** pour actualiser les valeurs du tableau lors du changement de choix d'un indicateur.**

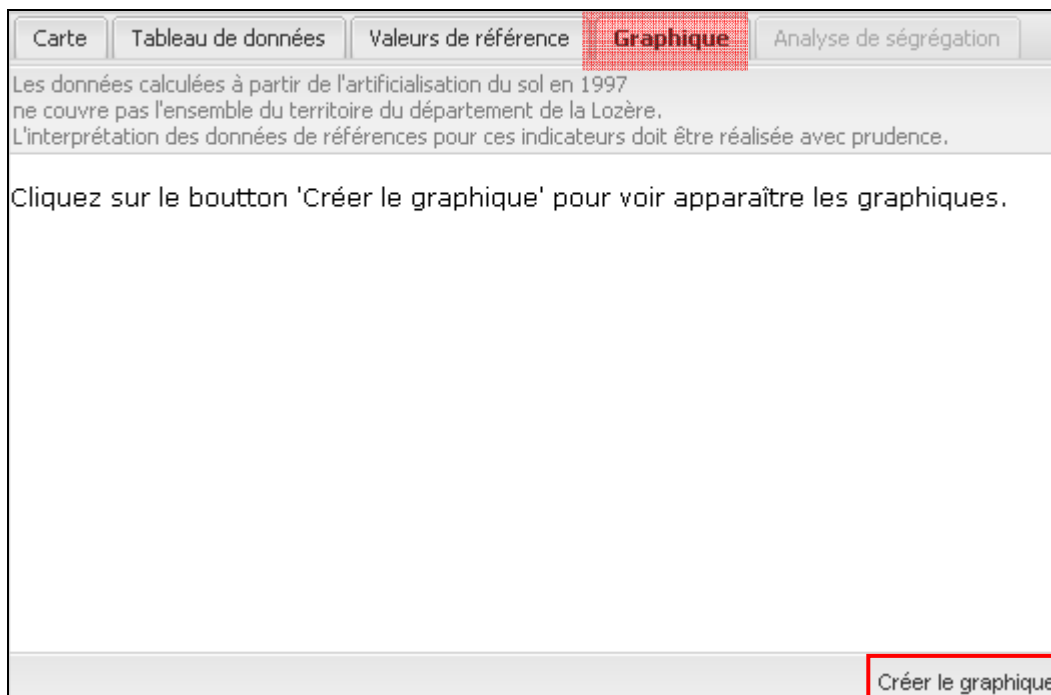
Identifiant	Zone concernée	classepa_initial_code_1	classepa_initial_code_2
91	LANGUEDOC-ROUSSILLON	404376	128595
11	AUDE	104714	35630.2
30	GARD	132803	32503.1
34	HERAULT	112567	41704
48	LOZERE	16640	13521.7
66	PYRENEES-ORIENTALES	37653.2	5235.85
1	pôle urbain	49456.2	8560.66
2	monopolarisé	121796	23687.3
3	mutipolarisé	37054.7	17449.4
4	pôle d'emploi de l'espace rural	19251.9	5501.05
5	couronne de pôle d'emploi de l'espace rural	5683.35	2116.49
6	autres communes de l'espace à dominante rurale	171135	71279.9

Les données calculées à partir de l'artificialisation du sol en 1997 ne couvre pas l'ensemble du territoire du département de la Lozère. L'interprétation des données de références pour ces indicateurs doit être réalisée avec prudence.

Export en Excel **Afficher les données**



## Graphiques

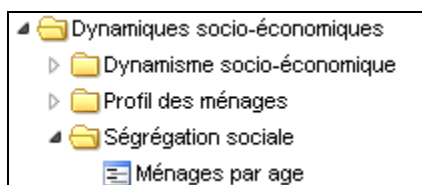


Les graphiques des valeurs de références peuvent être obtenues dans l'onglet « Graphique » en cliquant sur « Créer le graphique ».

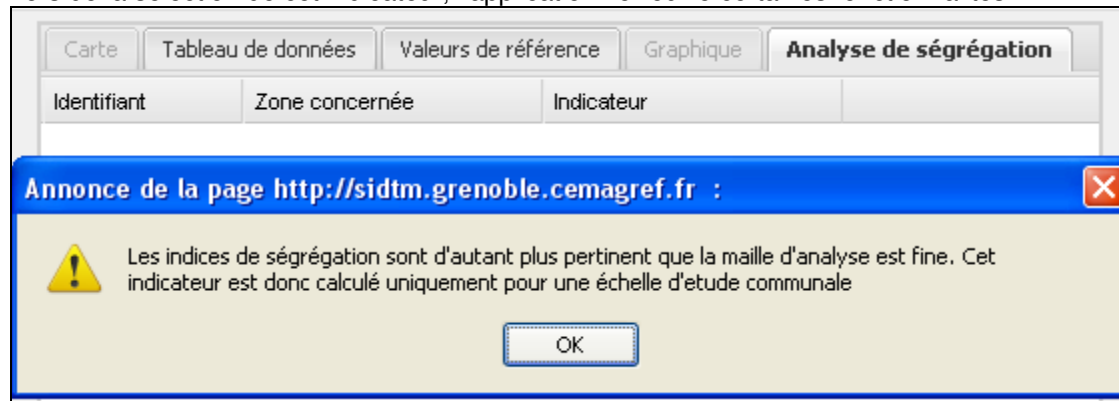
Le graphique affiché sera différent suivant l'indicateur représenté.

## Analyses de ségrégation

Le développement de l'interface a été l'occasion de tester la mise en place d'indicateurs de ségrégation. Ils ont été mis en place uniquement pour l'indicateur « Ménages par âge ».



Lors de la sélection de cet indicateur, l'application verrouille certaines fonctionnalités :



Remarque : cet onglet est bloqué pour tous les autres indicateurs sélectionnés.

## 2.6. Métadonnées et liaisons entre indicateurs

**A propos de cet indicateur...** >>

▲ Est influencé par :

- [Part artificialisée \(sans route\) 97](#)
- [Superficie artificialisée \(sans route\) 97](#)
- [Part artificialisée \(sans route\) 09](#)
- [Superficie artificialisée \(sans route\) 09](#)
- [Variation superficie artificialisée \(sans route\) 97-09](#)
- [Evolution superficie artificialisée \(sans route\) 97-09](#)
- [Part artificialisée \(sans route\) sans continuité avec l'existant 97-09](#)

▲ Influence :

▲ Fiche descriptive :

[Superficie artificialisée \(sans route\) sans continuité avec l'existant 97-09](#)

Le volet de droite (cadre 6) se complète lors du choix d'un indicateur. Il permet de connaître les indicateurs liés à l'indicateur sélectionné et d'accéder à une fiche descriptive de l'indicateur si celle-ci existe.

### 3. Erreurs et bugs récurrents

#### 3.1. Fonctionnement général

L'application demande à être relancée si vous avez laissé la page Internet ouverte plusieurs dizaines de minutes sans l'utiliser ou si vous travaillez dessus sur de longues durées. Pour cela appuyer sur la touche F5.

De même, si vous rencontrez des difficultés à évoluer dans l'application (lenteur importante, impossibilité de réaliser des cartes, fenêtre de réalisation de cartes se dédoublant, messages d'erreur de script...) vous pouvez relancer l'application en appuyant sur la touche F5.

#### 3.2. Cartographie en plages de couleur

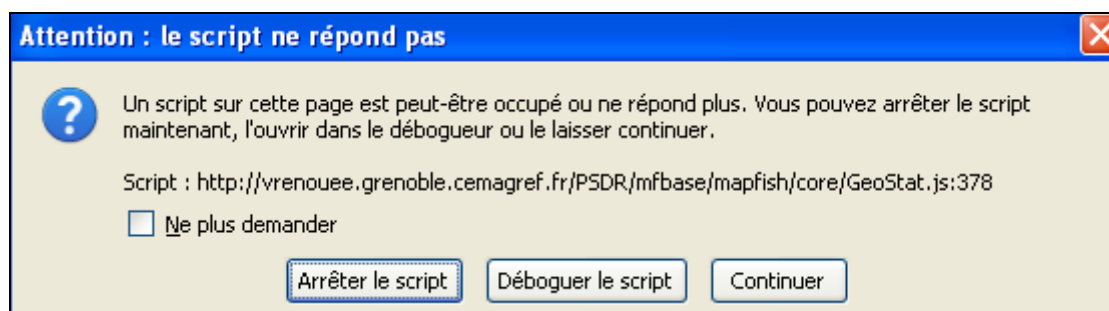
Certaines discrétisations ne conviennent pas pour un nombre de classes données.

Par lorsque le jeu de données ne comprend que 6 valeurs qui sont alors impossibles à répartir dans 4 classes ayant le même nombre d'individus.

Un autre exemple de ce genre serait de choisir un nombre de classes supérieur au nombre de valeurs dans le jeu de données.

Dans ces 2 cas (et pour bien d'autres cas) aucune carte n'est affichée à l'écran. Pour remédier à cela il faut procéder par tâtonnement en changeant le nombre de classes demandées et/ou la méthode de discrétisation. Vous pouvez également ouvrir le tableau de valeurs pour rechercher la raison de non ouverture d'une carte (donne une indication sur les valeurs utilisées et leur nombre).

Dans certains cas (rares heureusement), la méthode de Jenks n'est pas adaptée et elle produit un message d'erreur indiquant que le serveur met trop de temps à donner une réponse. La fenêtre qui s'ouvre alors vous donne le choix entre « Arrêter le script », « Continuer » ou « Debuguer ». Choisir « Arrêter le script » et prendre alors une autre méthode ou changer le nombre de classes.



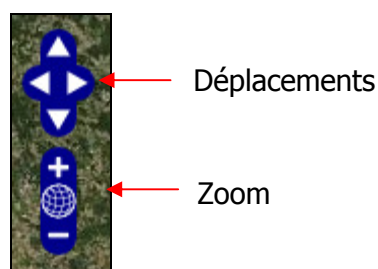
Ce bug est dû au fait que la répartition des valeurs est telle que le serveur n'arrive pas à déterminer clairement les bornes des classes avec la discrétisation de Jenks.

### **3.3. Fonds de carte**

Les fonds (relief ou simple) peuvent ne pas apparaître ou apparaître partiellement par moment. Ce phénomène provient de pannes ou des travaux chez les fournisseurs de ce type de couches d'information (Google et OpenLayers). La meilleure chose à faire est d'attendre que le service revienne à la normale.

### **3.4. Déplacements dans l'interface**

Par moment, il devient impossible de déplacer la carte étudiée avec la souris. Dans ces cas là, l'utilisateur peut se servir des outils suivants :



### **3.5. Décalage des zones cartographiées par rapport au fond**

Si le volet carte reste longtemps inactif, il peut apparaître un décalage entre la cartographie réalisée ou le contour de la zone d'étude et le fond cartographique (relief ou simple). Dans ces cas là. Relancer l'application (F5) est la solution la plus adéquate.

## Précisions sur les méthodes de discrétisation

Éléments tirés du cours de cartographie de Laurent Jégou et Joseph Buosi (Département de Géographie et Aménagement de l'Université Toulouse le Mirail).  
[http://www.geotests.net/cours/carto/cours\\_ccao\\_2007\\_2008.pdf](http://www.geotests.net/cours/carto/cours_ccao_2007_2008.pdf)

### Qu'est-ce qu'une discrétisation ?

L'objectif d'une discrétisation est de ramener à au maximum six classes (voire sept ou huit si l'on a deux progressions de couleur) une variable dont le nombre d'individus est continu. Les principes qui doivent guider la discrétisation visent à poursuivre les principes de la représentation graphique d'une variable statistique :

- Respect de l'information d'origine : la proportion des couleurs sur la carte doit être fortement liée à la répartition des individus dans la variable. L'image colorée que représente la carte doit donner une idée de l'information géographique contenue dans la variable.
- Il ne doit pas y avoir de classe vide.
- Il ne doit pas y avoir de classes non jointives (trou de valeurs entre deux classes successives).
- Les classes ne doivent pas se chevaucher (un individu ne peut appartenir qu'à une classe à la fois).

*Il faut donc arriver à couvrir complètement la variable avec des classes jointives, tout en essayant de préserver la "forme" de l'information de départ.*

Afin de respecter ces principes, plusieurs méthodes de discrétisation ont été mises au point. Ces méthodes se basent sur l'observation de la courbe de fréquence des variables (= courbe de répartition des valeurs parmi les bornes de la variables).

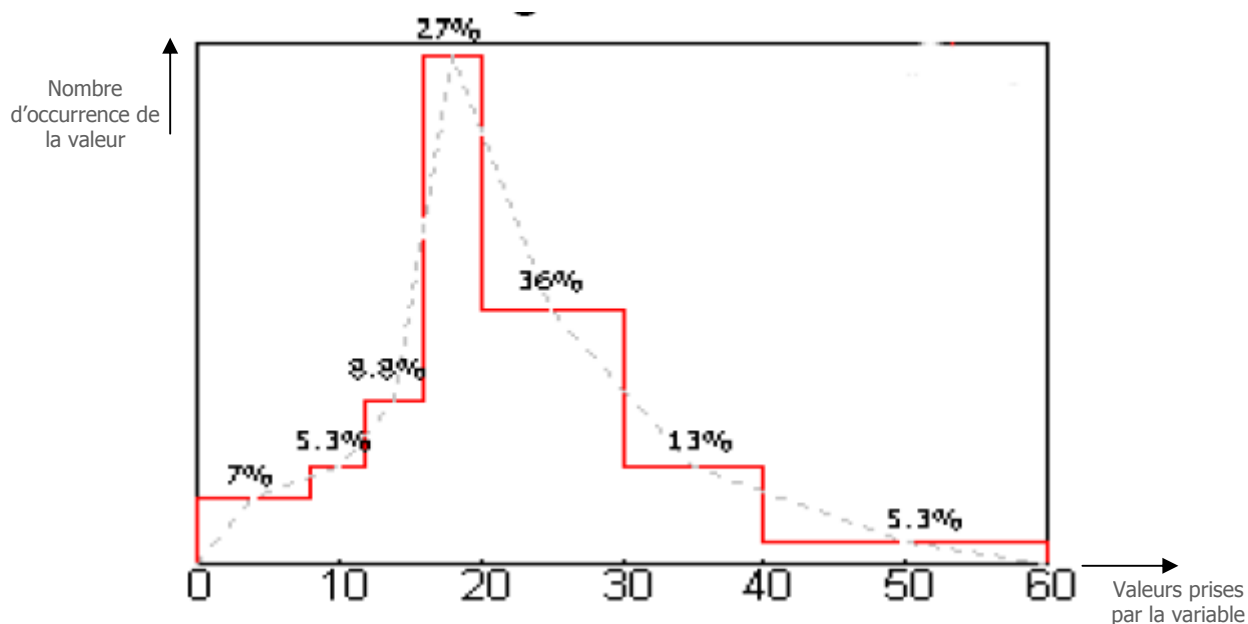


Figure : Exemple de courbes de fréquence

L'outil d'extraction libre présente deux méthodes de discrétisation : intervalles égaux et quantiles.

### Méthode des quantiles

La méthode des quantiles consiste tout simplement à utiliser le même nombre de valeurs par classe, ce qui produit donc des quantiles (4 classes : quartiles, 5 classes : quintiles, etc.)

**Calcul :**

Pour calculer le nombre de valeurs par classe, il suffit de diviser le nombre total de valeurs par le nombre de classes désiré. Ensuite on réalise les classes par comptage. On trie la variable dans l'ordre croissant et on « range » les individus dans les classes en fonction de leur rang.

**Objectif :**

Cette méthode permet d'obtenir une carte dans laquelle les couleurs de la légende se répartissent à parts égales : donc une carte harmonieuse et facile à lire, si les polygones du fond de carte ne sont pas de tailles trop disparates. Dans le cas de séries de cartes sur le même fond, donc avec le même nombre de valeurs, les classes auront le même poids d'une carte à l'autre, ce qui facilite les comparaisons (chaque classe représente le même pourcentage de la variable totale).

**Limites :**

Cette méthode de discrétisation n'est pas liée à la variable cartographiée elle-même (la taille des classes n'est pas liée aux valeurs des individus mais uniquement à leur nombre), donc elle ne s'applique correctement qu'aux variables dont la forme de graphique des fréquences n'est pas trop tordue.

### **Méthode des intervalles égaux**

Les équivalences consistent à déterminer des classes de taille égale, du point de vue de l'intervalle de valeurs. Ainsi, chaque classe couvrira une portion identique de l'étendue totale de la variable.

**Calcul :**

On calcule d'abord l'étendue totale de la variable (maximum-minimum), puis on divise cette étendue par le nombre de classes voulu. La valeur obtenue est l'intervalle de chacune des classes : la première classe ira du minimum à ce minimum plus l'étendue, etc. jusqu'au maximum de la variable.

**Objectif :**

Cette méthode de discrétisation n'est pas liée à la variable, donc on peut l'utiliser pour comparer des variables distinctes, des phénomènes différents. On peut aussi y voir un moyen de mesure de la distorsion par rapport à une distribution uniforme.

**Limites :**

Cette méthode est peu utilisée à cause de limites importantes. La plus grave est qu'il arrive souvent qu'une classe ainsi définie ne comprenne aucune valeur, ce qui fausse la discrétisation. Ce problème se pose notamment lorsque l'étendue de la variable est tirée par des valeurs extrêmes, atypiques. Dans des cas moins graves, cette discrétisation a tendance à produire des classes de poids très inégal, et donc des cartes relativement hétérogènes.

### **Méthode des nuages de points (dite Jenks)**

La méthode des nuages de points est l'une des plus intéressantes pour l'analyse spatiale, car elle permet d'obtenir des classes très proches des formes de la distribution de la variable, en créant des classes de valeurs homogènes mais les classes les plus hétérogènes entre elles.

**Calcul :**

Le calcul de cette discrétisation est particulier : le logiciel part d'une discrétisation en quantiles pour le nombre de classes spécifié par l'utilisateur, et va faire varier les bornes de ces classes incrémentiellement pour s'approcher de l'objectif.

**Objectif :**

De par sa méthode de calcul, elle est mieux adaptée aux variables multimodales (plusieurs groupes), et possédant un nombre d'individus assez important pour pouvoir faire ressortir des seuils.

**Limites :**

Cette méthode est gourmande en calcul et donc en puissance processeur. Elle fait partie des discrétisations statistiques liées à la variable, donc si elle est très performante sur les cartes uniques, elle n'est pas très utile pour une série de cartes.

**C'est la méthode à utiliser si vous n'avez pas le temps ou les compétences pour choisir la méthode de discrétisation la plus adaptée.**

## **Annexe 6**

### **Articles et communications scientifiques en lien avec le projet**



### Article soumis ou en cours

Balestrat M., Barbe E., Chéry J.P., Tonneau J.P. Une démarche novatrice en faveur de la reconnaissance et de la préservation d'un patrimoine agronomique des sols. Le cas de l'agriculture périurbaine en zone languedocienne. Soumis pour publication à la revue *Norois*. Numéro spécial sur le périurbain

Balestrat M., Chéry J.P., Tonneau J.P. Construction d'un système d'indicateurs spatiaux pour l'aide à la décision : comment impliquer les acteurs ? Le cas du périurbain languedocien. En cours pour parution dans un ouvrage aux éditions QUAE - Géogouvernance Utilité sociale de l'analyse spatiale

### Communications

- Journées Informations Géographiques et Observation de la Terre - JIGOT – du 6 au 7 octobre 2010 à Montpellier

Construction d'indicateurs pour la compréhension des dynamiques de consommation des terres agricoles par l'urbanisation

- Colloque International ISDA – du 28 juin au 1<sup>er</sup> juillet 2010 à Montpellier

Construction d'indicateurs spatiaux pour l'aide à la décision : intérêt d'une démarche participative. Le cas du périurbain languedocien.

- Colloque International ERSA – du 25 au 29 août 2009 à Lodz en Pologne

Spatial Indicators for analysis peri-urban dynamics in the Languedoc Mediterranean area





## CONSTRUCTION D'INDICATEURS SPATIAUX POUR L'AIDE A LA DECISION : INTERET D'UNE DEMARCHE PARTICIPATIVE LE CAS DU PERIURBAIN LANGUEDOCIEN

Maud BALESTRAT \*, Jean Pierre CHERY \*\*, Jean Philippe TONNEAU \*\*\*

\* Cemargef, UMR TETIS  
500 rue Jean-François Breton 34093  
Montpellier Cedex 5 FRANCE  
[maud.balestrat@teledetection.fr](mailto:maud.balestrat@teledetection.fr)

\*\* AgroParisTech, UMR TETIS  
500 rue Jean-François Breton  
34093 Montpellier Cedex 5 FRANCE  
[chery@teledetection.fr](mailto:chery@teledetection.fr)

\*\*\* CIRAD, UMR TETIS  
Cirad - Environnements et Sociétés  
Campus international de Baillarguet TA C-91/F  
34398 Montpellier Cedex 5 France  
[jean-philippe.tonneau@cirad.fr](mailto:jean-philippe.tonneau@cirad.fr)

**Abstract** - Population growth in the Languedoc coastal region is very high since few decades. This phenomenon produces a rapid and uncontrolled urban sprawl at agricultural lands expense. While these lands are often high agronomical potential, they are most often permanently lost. To better understand the dynamics of consumption of these agricultural lands by artificial surfaces and to have spatial tools to argue the risk of permanent loss of agronomical potential heritage, the Regional Direction of Food, Agriculture and Forestry of Languedoc-Roussillon has commissioned a study from research institutions: INRA for the agronomical theme and Cemagref for the spatial information and analysis. In order to quantify and qualify agricultural land changes, a methodology intended to build a system of spatial and spatialized indicators is being developed. The appropriation of indicators by users is the guarantee of their use. Research has therefore relied on an iterative participatory approach for the co-construction and the co-evaluation of indicators by stakeholders. The paper aims to present and discuss the approach and methods used for the production of indicators. More generally, it's a contribution to analyze process of consultation intended to develop measurement and decision-making tools.

**Key words:** sustainable development, land settlement, urbanization, agronomical patrimony, participative approach, modelling, DPSIR, indicators system, evaluation

**Résumé** - Sur le littoral languedocien la croissance démographique, entre 1999 et 2006 (INSEE, 2006), est plus forte que partout ailleurs en France. Cela se traduit par une urbanisation rapide et mal maîtrisée de la plaine littorale, aux dépens des terres dont le potentiel agronomique est généralement le plus riche. Préoccupée par le phénomène, et pour mieux comprendre les dynamiques de consommation de terres agricoles par les surfaces artificialisées, la Direction Régionale de l'Alimentation de l'Agriculture et de la

Forêt Languedoc-Roussillon a commandité une étude méthodologique auprès de l'UMR TETIS (Cemagref) et de l'UMR LISAH (INRA). Pour quantifier les évolutions en surfaces et en qualité des terres agricoles, une méthodologie de construction d'un système d'indicateurs spatialisés et spatiaux est en cours d'élaboration. L'appropriation des indicateurs par les utilisateurs est le gage de leur utilisation. Les travaux se sont donc appuyés sur une démarche participative itérative pour la co-construction et la co-évaluation des indicateurs par les acteurs de terrain. La communication a pour objectif de présenter et discuter cette démarche et les méthodes retenues pour la production d'indicateurs. Plus généralement, il s'agit d'une contribution à l'analyse de l'apport de la concertation dans les démarches d'élaboration d'instruments de mesure et d'aide à la décision.

**Mots clés :** développement durable, aménagement du territoire, urbanisation, patrimoine agronomique, démarche participative, modélisation, DPSIR, système d'indicateurs, évaluation

## INTRODUCTION

La pression démographique dans le Languedoc-Roussillon se traduit par une urbanisation rapide et mal maîtrisée de la plaine littorale, sur les terres les plus productives de la région. La perte de ces terres, considérées comme un patrimoine productif stratégique à long terme, préoccupe les institutions et acteurs du monde agricole, en particulier la Direction Régionale de l'Agriculture de l'Alimentation et de la Forêt Languedoc-Roussillon (DRAAF LR) qui a commandité une étude auprès de l'UMR TETIS (Cemagref) et de l'UMR LISAH (INRA).

Pour quantifier les évolutions en surfaces et en qualité des terres agricoles, une méthodologie de construction d'un système d'indicateurs<sup>3</sup> spatialisés et spatiaux<sup>4</sup> est en cours d'élaboration. Les travaux se sont appuyés sur une démarche participative itérative pour la co-construction et la co-évaluation des indicateurs par les acteurs de terrain. La communication présente et évalue la démarche et les méthodes retenues pour la production d'indicateurs. En quoi la concertation contribue-t-elle à la qualité des indicateurs ? Au delà de leur pertinence et opérationnalité, un autre critère a été retenu : celui de leur utilisation et de leur appropriation par les acteurs.

Dans une première partie, nous décrivons le contexte d'urbanisation en zone languedocienne et la demande en méthodes et outils, notamment en indicateurs, pour appuyer la décision à un niveau local. La deuxième partie propose une approche théorique des concepts de patrimoine agronomique et de modélisation systémique comme outils d'une démarche participative pour impliquer les acteurs et élaborer un système d'indicateurs. Dans une troisième partie nous explicitons comment la démarche participative a été mise en œuvre. Dans une quatrième partie, les premiers résultats sont présentés. Enfin dans une dernière partie nous discutons l'apport des interactions entre chercheurs et acteurs et les perspectives des travaux de recherche en court concernant l'élaboration d'un système d'indicateurs.

## 1. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

### 1.1. Une agriculture fragile qui résiste mal à la pression urbaine

#### 1.1.1. Une accélération du rythme d'urbanisation

Le phénomène de littoralisation est défini comme la « concentration des hommes et des activités sur les littoraux » [3]. Il est particulièrement intense en zone méditerranéenne. Depuis 1999, le Languedoc-Roussillon est la région française qui connaît la plus forte

---

<sup>3</sup> Un système d'indicateurs regroupe un ensemble organisé d'indicateurs [1]

<sup>4</sup> Nous distinguons la notion d'indicateurs spatialisés qui associent à un objet géographique un ensemble de valeurs et se rapportent ainsi à une unité territoriale de référence (région, commune, etc.) ; de celle d'indicateurs spatiaux qui cherchent un sens, des facteurs explicatifs, des liens de causalité à travers l'organisation et la localisation des objets géographiques dans l'espace (distribution, discontinuité, distance...) [2]

croissance démographique (1,4 % par an). L'Hérault accueille en moyenne 15000 nouveaux habitants par an [4]. En 40 ans, la population des communes qui constituent l'actuelle Communauté d'Agglomération de Montpellier a été multipliée par 2 et la surface couverte par les espaces urbanisés par 10 [5]. La bande littorale en cours de métropolisation est devenue un « couloir urbain ». La proximité urbaine y entraîne une concurrence sur le foncier entre usages agricoles et usages urbains et se traduit par d'importants enjeux d'aménagement.

### 1.1.2. Une agriculture fragile qui résiste mal

L'importance et l'efficacité des zonages de protection des espaces naturels fait que la seule réserve foncière disponible pour l'urbanisation est constituée des espaces agricoles. Or l'agriculture, dans les zones de piémonts et de plaines languedociennes qui nous intéressent ici, est historiquement dominée par le vignoble. Les crises viticoles successives et les politiques d'arrachage et de reconversion qui les ont accompagnées ont fragilisé l'activité agricole. La majeure partie des friches issues de l'arrachage de la vigne, à proximité des zones urbanisées est vendue et urbanisée. Le solde est consacré à des activités de reconversion agricole ou à la replantation en vignoble de qualité [6]. Une forte spéculation foncière joue à proximité des pôles dynamiques de la région. L'installation agricole devient de plus en plus difficile, voire quasiment impossible en zone périurbaine sans disposer d'un patrimoine familial ou d'une ressource financière extra-agricole [7]. On assiste à un mitage progressif de l'espace qui préoccupe les acteurs de l'aménagement.

### 1.1.3. Des impératifs de préservation d'un « patrimoine productif »

Cette modification de l'espace et des ses possibilités en termes de productions agricoles se produit au moment même où une crise alimentaire est annoncée d'ici 2050 [8]. Une réglementation plus rigoureuse pour les terres agricoles à haute potentialité agronomique se met en place. Le troisième titre de la Loi de Modernisation Agricole lancée en septembre 2009 fixe un objectif de réduction de moitié du rythme de consommation d'ici 2020. Il prévoit la création d'un observatoire national des terres agricoles, de plans régionaux d'agriculture durable et d'une commission départementale de la consommation des espaces agricoles. Une taxe sur les plus values générées par la vente de terres destinées à la construction est également à l'ordre du jour. En parallèle, le projet de Loi du Grenelle 2, en cours de discussion, envisage de nouveaux dispositifs destinés à freiner la consommation des terres agricoles (renforcement des Schémas de Cohérence Territoriaux (SCOT) et possibilité d'établir des Plans Locaux d'Urbanisme intercommunaux).

Mais ces réglementations ne font que renforcer les nombreuses mesures prises depuis une dizaine d'années, avec la création en 1999 des Zones Agricoles Protégées, des SCOT par la loi Solidarité et Renouvellement Urbain (SRU) de 2000, puis en 2005 des périmètres de protection et de mise en valeur des espaces agricoles et naturels périurbains (PAEN), permettant aux départements de faire jouer leur droit de préemption. Ces mesures de zonages et de réglementations n'ont pas prouvé leur efficacité. Les élus continuent à délivrer des permis de construire. Ce fait est critiqué par les acteurs du secteur agricole. Mais la croissance urbaine apparaît trop souvent comme la seule alternative économique. L'enjeu au-delà de la réglementation semble être de convaincre, non seulement les élus mais l'ensemble de la société, de l'intérêt de maintenir un patrimoine agronomique. Il s'agit de préserver à long terme et dans chaque commune, autant que possible, les sols de meilleures potentialités productives, même s'ils ne trouvent pas à court terme de preneur agricole pour les valoriser et les entretenir. C'est une logique de préservation et de précaution. Deux questions se posent alors pour les acteurs locaux, auxquels la décentralisation et les principes de gouvernance laissent une place de plus en plus importante dans la décision. Comment justifier et convaincre de l'intérêt de la préservation de ce patrimoine agronomique ? Comment choisir les terres à préserver ?

## **1.2. Des besoins en outils et méthodes pour quantifier, spatialiser et qualifier la perte d'un « patrimoine agricole productif »**

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'étude méthodologique « Analyse du potentiel des terres agricoles affectées par l'aménagement du territoire ». La demande initiale de la DRAAF LR exprimait deux besoins :

- un besoin en outils pour quantifier et spatialiser la perte de terres agricoles afin de contribuer à l'analyse globale des dynamiques à l'œuvre et de sensibiliser à l'importance de la perte d'un patrimoine productif ;
- un besoin en outils pour qualifier la valeur agronomique des sols afin de conforter le discours des cadres locaux lors de l'élaboration des documents d'urbanisme.

L'enjeu est de mieux prendre en compte les terres agricoles pour initier un dialogue entre urbanistes et monde professionnel agricole, en modifiant la perspective habituelle des documents de planification et en considérant d'abord les espaces non-bâties agricoles et naturels [9]. Nous avons donc voulu favoriser un processus de concertation en mettant en place des outils de travail permettant des interactions régulières entre acteurs et chercheurs, interactions dont le Rapport Brundtland souligne l'importance afin de garantir l'implication des populations pour la mise en œuvre du développement durable [10]. En France, la loi SRU a permis l'émergence de nouveaux outils de planification territoriale et exige la concertation entre les collectivités territoriales et les acteurs économiques et sociaux [11]. L'étude que nous discutons ici s'inscrit dans ce contexte de « gouvernance territoriale émergente » [6].

## **2. DES ENJEUX METHOLOGIQUES**

### **2.1. Caractériser la notion de patrimoine agricole des sols**

Pour répondre à la demande de la DRAAF LR de qualification de la valeur agronomique des sols une méthode destinée à mesurer et spatialiser le patrimoine agricole productif régional a été élaborée. Dans un souci de sensibilisation, l'objectif est que chaque surface agricole touchée par l'extension de l'urbanisation ou susceptible de l'être soit caractérisée par un niveau de qualité qui permette aux décideurs de mieux apprécier le préjudice que cette perte fait subir à la collectivité. Il est difficile d'attribuer à un sol un indice de qualité. Il dépend de nombreux facteurs : relief, géologie, occupation du sol. Mais la valeur des sols varie selon leurs usages et leurs fonctions (valeur foncière, valeur agronomique, valeur écologique, valeur paysagère, valeur récréative, etc.). Nous avons retenu uniquement des critères permettant de caractériser la valeur intrinsèque d'un sol agricole, c'est-à-dire sa valeur agronomique. Cela s'est fait à travers la mise en place d'un Indice spatialisé de Qualité des Sols (IQS), qui pourra par la suite être enrichi par le croisement avec d'autres indicateurs influant également sur la valeur productive des sols. La définition des classes de sol représente un fort enjeu politique. La qualification des sols a des conséquences importantes pour les propriétaires et le zonage doit être accepté et légitime aux yeux du plus grand nombre, ce qui impose une vision partagée.

### **2.2. Garantir la qualité des indicateurs**

La qualité d'un indicateur fait appel, selon l'OCDE, à trois notions : la pertinence, la fiabilité et l'opérationnalité [12]. Roth [13] parle d'acceptabilité. Ce dernier point nous rappelle que le choix d'un indicateur n'est pas neutre mais subjectif et que les indicateurs sont aussi des instruments politiques. La question de l'évaluation d'un indicateur peut être abordée sous deux angles :

- celui de la validité scientifique (ou fiabilité) : l'indicateur doit être scientifiquement fondé et se baser sur des données sûres et représentatives ;

- celui de la légitimité politique (ou acceptabilité) : l'indicateur doit répondre à des besoins précis (pertinence initiale) et être facilement utilisable (opérationnalité) cela va conditionner son appropriation par les acteurs (pertinence finale).

Le second point est essentiel. Le système d'indicateurs ne sera utilisé et n'atteindra son but qu'à condition d'être accepté par l'ensemble des utilisateurs. Il doit d'abord être en adéquation avec la question que se posent les acteurs. L'acceptation dépend d'un processus d'appropriation qui naît d'un travail en partenariat [14] qui va « construire » la pertinence du système d'indicateurs. Les acteurs vont réfléchir ensemble aux différentes dimensions du champ qu'implique la question, aux critères d'évaluation, donc de choix des indicateurs, au niveau d'agrégation requis et à la pérennité de chaque indicateur. La légitimité d'un système d'indicateurs se construit ainsi au fur et à mesure du processus de conception où l'ensemble des parties concernées est impliquée.

## 2.3. Une approche modélisatrice comme support à la discussion...

### 2.3.1. ...pour construire une vision partagée...

Un modèle est « une représentation schématique de la réalité élaborée en vue d'une démonstration » (Hagget, 1977 in [15]). Il permet de mettre en relief une logique d'organisation et constitue ainsi une aide à la lecture de la complexité des mécanismes qui produisent les territoires. En outre il permet de comparer des situations géographiques et historiques différenciées. Il permet donc *a priori* le changement d'échelle spatio-temporelle pour l'analyse des phénomènes. L'élaboration d'un modèle peut enfin être le support à des démarches "participatives" en étant un support à la confrontation de représentations. C'est cette fonction que nous souhaitons développer.

La notion de processus participatif en aménagement du territoire est apparue dans les pays anglo-saxons sous le terme d'« *advocacy planning* ». Davidoff (1965, in [16]) décrit des méthodes destinées à la résolution de conflits. La notion a évolué ensuite vers les méthodes de « *consensus building* » (Forester, 1999 in [16]) qui se fondent sur la construction de consensus. Selon Rey-Valette et al. [17], la co-construction suppose la conception d'un référentiel commun qui peut se matérialiser dans un modèle. Dans ce cas, le but du processus participatif va au-delà de la recherche d'un compromis. Il tend à faire évoluer la façon de penser des différents acteurs dans la conception du problème. Comme le soulignent Joerin et Rondier [16], chaque individu est influencé par un système de valeurs qui définit sa vision personnelle du territoire.

Partant de l'hypothèse que des visions distinctes ne contribuent pas à la construction d'un consensus, nous avons favorisé la confrontation entre les différentes représentations territoriales. Selon Maurel (2001, in [16]) cette confrontation, outre l'enrichissement des perceptions de chacun, permet de valider le modèle construit. Pour bâtir le modèle conceptuel nous nous sommes appuyé sur un cadre d'analyse existant, le modèle DPSIR (*Driving Forces, Pressures, States, Impacts, Responses* ; en français, Forces motrices, Pressions, Etats, Impacts, Réponses).

### 2.3.2. ...et dans la perspective de bâtir un système d'indicateurs

La modélisation s'est révélée nécessaire également pour construire un système d'indicateurs. Le modèle permet d'organiser les indicateurs dans un ensemble cohérent. Comme le soulignent Joerin et al. [18] « afin que les indicateurs puissent véritablement aider les décideurs dans la phase de formulation du problème, il semble nécessaire de passer d'un ensemble d'indicateurs, à un véritable système d'indicateurs, constituant en soi un modèle de la complexité territoriale ». Passer d'un ensemble d'indicateurs à un système

d'indicateurs consiste à identifier les relations entre les indicateurs. Ce type de méthode permet de dépasser l'approche classique des tableaux de bord et listes d'indicateurs sectoriels proposés par grandes thématiques. L'élaboration d'un système peut aussi permettre d'éviter les redondances et les lacunes en indicateurs.

Une autre hypothèse est que la mise en place d'un système d'indicateurs peut permettre de gérer la pluralité des objectifs et les contradictions entre acteurs d'un projet d'aménagement territorial. Elle reprend notamment les travaux de Joerin et Rondier qui proposent de développer ce type d'approche dans les démarches d'aide à la décision conduites avec des acteurs de terrain. « Le système d'indicateur constitue un outil qui favorise la négociation et doit donc tenir compte de la variété des points de vu des décideurs » [1]. La conséquence est que le système d'indicateurs doit être conçu en reconnaissant non seulement les savoirs scientifiques mais également les savoirs véhiculés par les acteurs. Ainsi au cours de son élaboration, le système devient un élément à part entière du processus de planification participative, un objet intermédiaire, évoluant au fil de la construction d'une représentation globale et commune de la réalité du système territorial. Il se trouve au cœur d'un processus d'apprentissage commun aux scientifiques et aux acteurs.

En résumé, le système d'indicateurs permet de conserver un certains niveau de complexité tout en offrant une représentation organisée et simplifiée de la réalité, accessible à l'ensemble des acteurs participants à son élaboration.

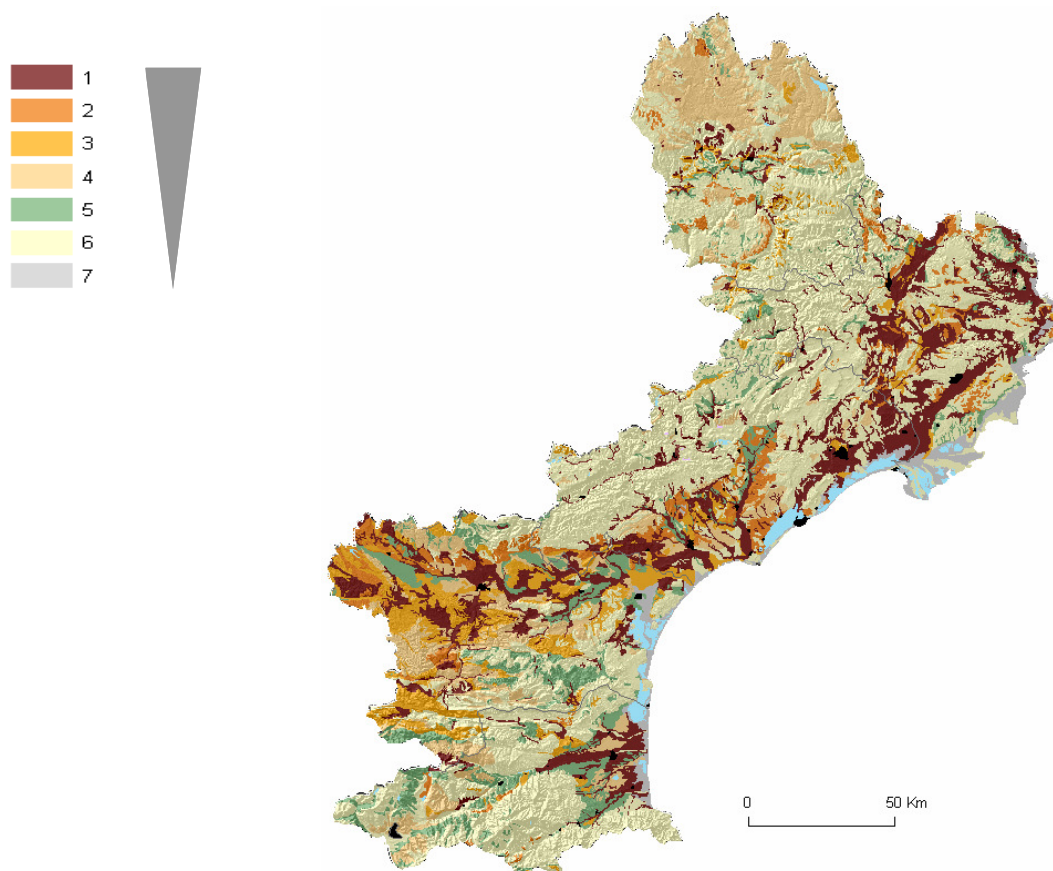
### **3. MISE EN ŒUVRE DE LA DEMARCHE PARTICIPATIVE**

#### **3.1. L'indice de qualité des sols**

L'UMR LISAH a proposé une classification des sols répondant aux préoccupations des décideurs et adaptée au contexte agricole régional. Les données sources utilisent le référentiel Pédologique Régional du Languedoc Roussillon [19]. Les critères retenus pour qualifier les sols (salinité, pente, réserve utile, etc.) ont été pondérés afin de proposer une classification de ces sols. Chacun des critères ainsi que leur poids dans la production de l'indice ont été discutés avec les acteurs qui ont pu enrichir les réflexions par leur expérience de terrain quant à la qualité productive des différents terroirs. A l'issue de ces travaux, l'Indice de Qualité des Sols a été repris par l'équipe de pédologues pour en affiner la validité scientifique et l'étayer par les savoirs locaux.

La définition de seuils pour déterminer une nomenclature de classification des sols a également fait l'objet de nombreuses interactions avec les acteurs. Outre les enjeux politiques, d'importantes superficies représentant des sols de faible valeur agronomique à un échelon territorial régional ou départemental s'avèrent être les seules présentes à l'échelon de certaines communes. Ici, les données pouvaient conduire à ne rien préserver. Le groupe d'acteurs/chercheurs a donc choisi de retenir une nomenclature « neutre » basée sur un gradient numérique et non des qualificatifs (Ex : bon, médiocre, mauvais, etc.) pour déterminer des groupes de sol. La figure ci-dessous présente l'une des nomenclatures retenues pour la représentation de l'IQS à l'échelon régional.

Figure 1. Exemple de classification en groupes de qualités des sols selon un gradient de réserve utile dans les unités cartographiques des sols (par ordre décroissant)



Réserve utile en eau	Supérieur à 125 (mm)	Entre 75 et 125 (mm)	Inférieur à 75 (mm)	Sols salins
Groupes de sol	%surface IQS1 / UCS	%surface IQS 2 / UCS	%surface IQS 3 / UCS	%surface IQS 4 / UCS
0	ND	ND	ND	ND
1	70-100	0-30	0-30	
2	50-70	0-50	0-50	
3	30-50	0-70	0-70	
4	10-30	0-90	0-90	
5	0-10	50-100		
6	0-10		50-100	
7	0-10			50-100

ND = Non déclaré

IQS = Indice de qualité des sols (calcul basé sur une pondération des critères : salinité, pente, réserve utile, battance, hydromorphie, granulométrie, PH)

UCS = Unité cartographique de sol (permet de spatialiser l'IQS par agrégation)

### 3.2. L'analyse des usages et besoins pour le choix des indicateurs et leur évaluation

Pour assurer la légitimité politique des indicateurs, et pour engager un processus de co-construction, nous avons pris l'option d'interroger les acteurs sur leurs pratiques au quotidien en termes d'indicateurs. Nous avons soumis, à différents utilisateurs<sup>5</sup>, une base de 21 indicateurs spatialisés développés dans la phase initiale du projet<sup>6</sup>. Cette base comprend des indicateurs d'état sur l'occupation et la qualité des sols et des indicateurs de pression sur la consommation des sols par les surfaces artificialisées. Chacun est décrit par une fiche synthétique (mode de calcul, détails techniques, analyse critique, interprétation, représentations).

La réflexion a porté sur la capacité de ces indicateurs à répondre aux besoins et usages en indicateurs des acteurs, en les comparant à ceux utilisés. Les enquêtes, ont pris la forme d'entretiens en groupes restreints (1 à 6 personnes). Ces entretiens ont permis de dresser un état de l'art des indicateurs utilisés et ont contribué à cibler les thématiques prioritaires pour les acteurs du monde agricole et du secteur de l'aménagement. Nous avons pu ainsi définir le champ et le domaine à couvrir par des indicateurs. Un autre produit a été l'identification des critères d'évaluation des indicateurs, du point de vue des utilisateurs. Les résultats de ces entretiens individuels ont ensuite été rediscutés à l'occasion de tables rondes réunissant l'ensemble des acteurs. Cette discussion a également eu lieu lors d'une formation sur le développement territorial auprès d'agents des services de l'Etat, où un atelier de travail sur l'élaboration d'indicateurs destinés au suivi du développement urbain a permis d'étoffer nos analyses.

### 3.3. Le modèle DPSIR, cadre d'analyse retenu

Le modèle DPSIR fixe un cadre à l'analyse des interactions entre la société et l'environnement. Proposé en 1998 par l'Agence Européenne de l'Environnement il a d'abord été développé pour répondre à des problématiques environnementales. Ce modèle est un développement du modèle PER (Pression, Etat, Réponse) de l'OCDE (1993). Selon Tonneau et al. [20] un grand avantage du modèle DPSIR est de permettre de relier des indicateurs de natures différentes sans pour autant recourir à un système d'agrégation, ni disposer d'une connaissance parfaite des causalités à évaluer. Le modèle DPSIR organise la séquence suivante : les activités humaines - les secteurs économiques, la consommation, la démographie, les technologies, ... - constituent les **forces motrices** du système représenté. Ces activités exercent des **pressions** notamment sur les compartiments environnementaux (Ex : en terme d'émissions de polluants). Par conséquent, l'**état** des compartiments environnementaux (l'air, l'eau, le sol, les habitats, les espèces) est affecté (Ex : en terme de concentrations de polluants). En aval, ces changements de l'état des compartiments environnementaux induisent des **impacts** sur la santé des êtres vivants (hommes, flore et faune) et des systèmes de ressources, ainsi que des impacts économiques. En considérant le profil de ces différentes catégories, et particulièrement celui des impacts, des **réponses** correctives de la société sont élaborées et mises en œuvre. Qu'elles soient de natures réglementaires, économiques ou volontaires, elles influencent à leur tour la configuration du système.

---

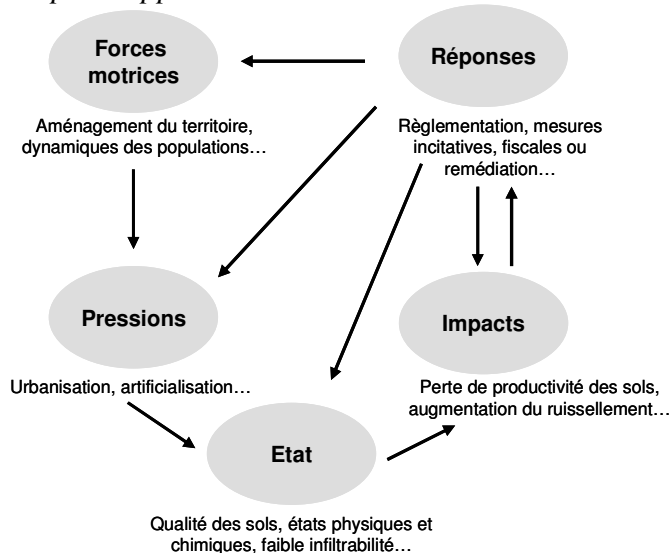
<sup>5</sup> Agents des services Aménagement et gestion territoriale des DDTM des quatre départements littoraux du Languedoc-Roussillon, de la Direction des études territoriales du Conseil Général de l'Hérault et personnes œuvrant pour la planification territoriale, dans plusieurs Établissement Public de Coopération Intercommunale (Communauté d'Agglomération Hérault Méditerranée, Communauté d'Agglomération de Montpellier, Syndicat Mixte du Bassin de Thau) et à la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement.

<sup>6</sup> Ces indicateurs ont été retenus à partir d'un inventaire bibliographique des indicateurs existants. Les données sources utilisées pour la production de ces indicateurs sont des données produites dans le cadre du projet (taches artificialisées, indice de qualité des sols) et des données complémentaires retenues comme pertinentes lors (statistiques sur le logement, la démographie, zonages statistiques, urbanistiques).



Le modèle DPSIR n'est pas stabilisé et l'on retrouve dans la littérature de nombreux cas divers de son application. Nous disposons ainsi d'une marge de manœuvre relative pour son adaptation. Le schéma 2 ci-dessous propose un exemple de représentation appliquée à la problématique d'urbanisation des sols.

Schéma 2. Exemple d'application du modèle DPSIR à l'urbanisation des sols



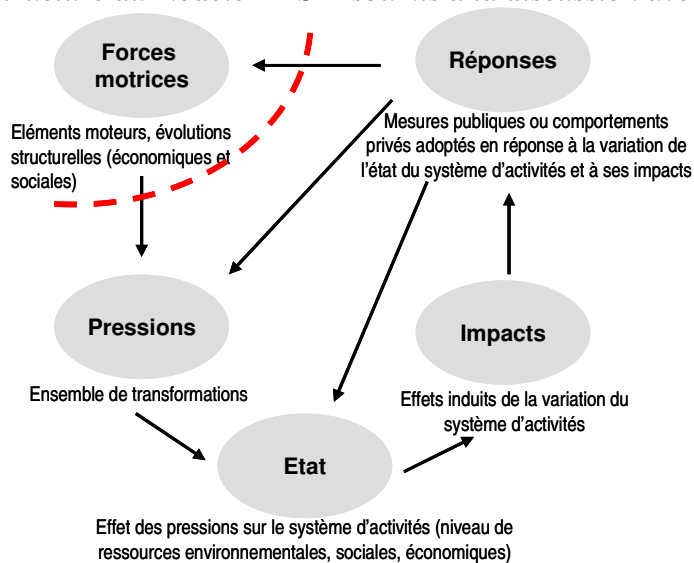
Source : [21] Laroche B., Thorette J., and Lacassin J.C., 2006.

L'artificialisation des sols : pressions urbaines et inventaire des sols, vol. 13, n°3, pp. 223-235

### 3.4. Adaptation du modèle DPSIR pour la modélisation des dynamiques de périurbanisation en zone languedocienne

Pour adapter ce cadre théorique nous nous sommes notamment appuyés sur des travaux réalisés par le CERTU [22]. Nous avons élargi la thématique environnementale en tenant également compte des dimensions sociales et économiques. Enfin, plutôt que d'état environnemental, nous avons préféré parler d'état d'un système d'activités, c'est-à-dire de l'ensemble des forces productives du système. L'adaptation du cadre théorique DPSIR est présentée dans le schéma 3 ci-dessous.

Schéma 3. Structure du modèle DPSIR soumis à la discussion avec les acteurs



Légende —> Relation de causalité - - - Echelon territorial supérieur (national et international)

Les **forces motrices** sont considérées comme les évolutions structurelles (économiques et sociales) extérieures au système mais influençant celui-ci dans ses évolutions dynamiques. Les autres éléments (Pressions, Etat, Impacts, Réponses) sont considérés comme des éléments internes au système, appréhendés aux niveaux régional et infrarégional dans le cas de notre étude. Les **pressions** sont les pressions directes exercées sur le capital (économique, environnemental, social, humain) ; l'**état** subit l'effet des pressions en termes de niveau (volume, qualité) de capital qui se traduit par un niveau de ressources environnementales, sociales et économiques ; le changement de cet état du système d'activités se répercute en termes d'**impacts** (économiques, sociaux, sanitaires, environnementaux) de la variation du capital ; les **réponses** sont les mesures publiques ou comportements privés adoptés en réponse à la variation de l'état du capital et à ses impacts.

Nous avons élaboré un premier modèle des dynamiques de périurbanisation<sup>7</sup> en zone languedocienne que nous avons soumis à validation par les acteurs à l'occasion d'une table ronde. Chaque élément du modèle a pu être rediscuté selon la vision des acteurs confrontée à celle des chercheurs. Cependant nous avons choisi ici de présenter uniquement les résultats en termes d'apports et limites de la démarche participative et non le modèle qui n'est qu'une étape de travaux en cours de construction d'un système d'indicateurs.

#### 4. PREMIERS RESULTATS

Le travail conduit pour la définition d'un Indice de Qualité des Sols a révélé l'importance de l'implication des acteurs dès le stade de définition des besoins et objectifs. Les premiers retours d'expérience ont mis en avant le besoin de préciser l'IQS à dire d'experts de terrains. Les acteurs ont également souligné d'importantes difficultés d'appréhender les notions complexes de pédologie. Cela a fait émerger la nécessité d'accompagner la diffusion de la donnée d'une documentation précise et adaptée en fonction des utilisateurs potentiels (bureaux d'étude, agents des DDTM<sup>8</sup>, etc.) et d'une formation pour les utilisateurs ne disposant pas dans leur formation initiale de compétences sur les notions de pédologie.

Le premier constat tiré des entretiens conduits auprès des acteurs est que les besoins en indicateurs évoluent en fonction de leur utilisation. Les structures régionales insistent sur un besoin en indicateurs pour communiquer et sensibiliser les élus, la société ainsi que les tutelles étatiques à un niveau national. Les structures départementales et EPCI insistent d'avantage sur des besoins en indicateurs répondant à des enjeux spécifiques à un territoire et permettant de prioriser les opérations d'aménagement. Mais tous les acteurs interrogés se retrouvent sur le manque d'opérationnalité des indicateurs actuels et des besoins en indicateurs de suivi qui puissent être produits à différents échelons d'analyse. Ils expriment également d'importantes difficultés de mutualisation des expériences et d'harmonisation des discours. Cela passe par des efforts d'homogénéisation et d'actualisation des données sources, en particulier celles portant sur la thématique agricole et la nécessité d'accompagner les indicateurs de formations et de documentations. Enfin, l'analyse des résultats révèle l'intérêt de multiplier les démarches de concertation pour proposer des indicateurs adaptés aux besoins des utilisateurs et mettre en cohérence les discours des différents acteurs.

---

<sup>7</sup> Ces travaux sont menés dans le cadre d'un doctorat de Géographie et Aménagement de l'Espace rattaché à l'école doctorale ED60 Territoires, Temps, Sociétés et Développement de l'Université Paul Valéry Montpellier III. Ils s'intéressent à une problématique plus large, que celle de la consommation des terres agricoles, de compréhension et d'analyse des processus de périurbanisation. Intitulé de la thèse : « Indicateurs spatiaux et changements d'occupation et d'utilisation du sol : application à la périurbanisation en zone languedocienne ».

<sup>8</sup> Directions Départementales des Territoires et de la Mer

Les différentes rencontres avec les acteurs sur la question du modèle nous ont permis d'enrichir le modèle et de révéler des lacunes du cadre conceptuel retenu (DPSIR). Dans les éléments à reprendre est apparue en particulier la notion de temporalité. Concrètement, des faits s'avérant être des pressions à un temps donné peuvent être vu comme des impacts ou des réponses à une autre période. Pour l'application du modèle dans un cas concret, celui de la périurbanisation en zone languedocienne, nous avons donc choisi de retenir deux périodes clés. Elles doivent être relativement éloignées pour traduire une évolution dans les dynamiques périurbaines mais suffisamment récentes pour répondre à un souci de disponibilité des données. Le modèle proposé aux acteurs offre un niveau d'appréhension global des dynamiques périurbaines en zone languedocienne. A l'issue de cette rencontre il est apparu indispensable, dans la logique du travail entrepris, de décliner ce niveau d'analyse. Il a été décidé que le modèle serait appliqué à un niveau infrarégional. Les zones retenues sont celles des aires urbaines élargies de Montpellier et de Béziers qui présentent deux profils de changements d'occupation du sol suffisamment différents pour intéresser les comparaisons (dynamiques de peuplement, poids de l'activité agricoles, héritage historique, etc.).

La principale difficulté à l'issue de ce travail de participation est la gestion de la diversité des points de vue des acteurs souvent intrinsèquement liés à leur statut et à leur expérience en matière d'application des politiques d'aménagement. La démarche participative s'appuie sur la modélisation et l'itération pour tenter de produire une vision partagée qui permette à l'ensemble des acteurs d'enrichir leurs connaissances respectives des enjeux territoriaux et de s'accorder sur le choix des indicateurs qui alimenteront le système d'indicateurs.

## **5. DISCUSSION ET PERSPECTIVES**

### **5.1. Les apports et limites des interactions chercheurs / acteurs**

Les interactions entre acteurs et chercheurs ont mis en avant le décalage entre le discours scientifique et le travail de terrain. Comment faire passer l'idée de l'utilité d'un modèle pour répondre à des besoins pratiques au quotidien ? Comment diffuser l'indice de qualité des sols qui se base sur de lourdes connaissances théoriques pour qu'il puisse être approprié par l'ensemble des acteurs ? Les temps courts de l'action et les contraintes de productivité en matière d'aménagement s'opposent aux temps longs propres au travail de recherche et de conceptualisation. La pédagogie apparaît donc comme un facteur essentiel de la réussite d'une telle démarche.

La modélisation est apparue comme un moyen de travailler la diversité des connaissances et points de vue des acteurs, mais la méthode a ses limites : celles de se restreindre à un cadre théorique pour son application dans des cas concrets. Le chercheur doit gérer à la fois la possibilité pour chaque acteur de faire partager ses connaissances de terrains, indispensables à l'enrichissement des connaissances de chacun (acteurs et chercheurs) et la nécessité de rattacher les discussions à un cadre d'analyse rigoureux pour ne pas perdre des éléments essentiels à la compréhension du système.

En ce sens, l'itération est apparue comme une clé essentielle de l'implication des acteurs et de la construction d'une vision partagée. La définition d'un patrimoine agronomique, la modélisation des enjeux liés au développement urbain, la sélection d'indicateurs et leur évaluation ont nécessité de nombreux allers retours entre chaque étape de la démarche de construction du système d'indicateurs.

## 5.2. Vers la co-construction et la co-évaluation d'un système d'indicateurs

La modélisation n'est qu'une étape préalable à l'élaboration du système d'indicateurs. Il reste désormais à passer d'un modèle explicatif à un modèle d'aide à la décision. Pour se faire il existe différentes méthodes, notamment la méthode « Principes, Critères et Indicateurs » [23] que nous avons reprise et adaptée. Le modèle traduit les **principes** défendus par les acteurs, c'est à dire les enjeux de durabilité qui sont l'expression des valeurs défendues par les acteurs et plus largement celles véhiculées par la société. Ils peuvent ensuite être traduits en **objectifs** à atteindre, c'est-à-dire en actions concrètes pour y répondre. Dans le cas de cette étude, le discours véhiculé par les acteurs du monde agricole est celui de la perte d'un patrimoine productif. L'objectif serait dans ce cas de ralentir le rythme d'artificialisation des sols à forte potentialité agronomique. Il s'agit ensuite de choisir les **critères** qui permettent de vérifier si le fonctionnement actuel du système permet de répondre à cet objectif c'est à dire choisir des variables aptes à rendre compte de ces principes, par exemple, dans notre cas des changements d'occupation du sol liés à l'urbanisation. Ces critères ou variables peuvent être mesurés sous formes d'**indicateurs**, c'est-à-dire sous formes d'indices et de valeurs seuils. Il peut s'agir ici d'un indicateur portant sur l'évolution des surfaces agricoles en qualité et en quantité.

Un dernier temps consistera à évaluer la validité scientifique du système d'indicateurs et à vérifier sa légitimité auprès des utilisateurs en s'appuyant sur les critères retenus. Il s'agira notamment d'évaluer la robustesse, l'opérationnalité des indicateurs et leur pertinence à répondre aux problèmes posés par les acteurs. Plus généralement nous nous intéresserons à la capacité du système d'indicateurs d'aider à la compréhension des dynamiques de périurbanisation.

## CONCLUSION

Les services de l'Etat en région Languedoc-Roussillon ont engagé en 2007, avec l'appui du Cemagref (UMR TETIS) et de l'INRA (UMR LISAH), une étude destinée à quantifier et à qualifier le potentiel agronomiques des terres agricoles affectées par l'aménagement du territoire. Cette étude a permis la mise en place d'une démarche participative itérative destinée à l'élaboration d'un système d'indicateurs spatialisés et spatiaux, basé sur des techniques de modélisation systémique. Chaque étape d'élaboration des indicateurs se construit pas à pas avec les utilisateurs.

La démarche participative et itérative retenue pose comme principes que le débat à chaque étape de l'élaboration d'un système d'indicateurs permet de résoudre un certain nombre d'exigences qui sont la définition d'objectifs communs ou complémentaires, l'utilisation de concepts partagés (périurbanisation et patrimoine productif), la gestion et la généralisation des indicateurs aux niveaux régional et national, etc.

Les premiers résultats des travaux de recherche en cours confirment l'intérêt d'une démarche concertée. Cependant l'utilisation de supports, pour cadrer de façon rigoureuse les échanges, ainsi que l'itération et les efforts de pédagogie, apparaissent comme des conditions indispensables à la réussite d'une telle démarche. Ces premiers résultats méritent d'être vérifiés à la lumière, à la fin des travaux, de l'utilisation effective des indicateurs qui auront été produits.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Rondier, P., 2007. Un système d'indicateurs d'étalement urbain : des enjeux d'utilité et de complexité, in 3<sup>e</sup> colloque des étudiants de l'IHQEDS. Différentes perspectives pour un même but : un meilleur environnement. Laval, Québec. pp. 45-49
2. Maby, J., 2003. Approche conceptuelle et pratique des indicateurs en géographie, in Maby Jacques (dir.) Objets et indicateurs géographiques, Avignon, A. Barthélémy, pp. 16-41
3. Baud, P., Bourgeat, S., Bras, C., 1997. Dictionnaire de la géographie. (2<sup>e</sup> éd.), Paris, Hatier, p. 509
4. Audric, S., 2009. La population légale du Languedoc-Roussillon s'établit à 2 534 144 habitants. INSEE Repères, *Chiffres pour l'économie du Languedoc Roussillon*, n°1, p. 3
5. Chevalier, D., 2008. Montpellier-Agglomération : entre développement métropolitain et métropole multipolaire, in Les périphéries urbaines entre normes et innovations ; les villes du sud de l'Europe, Bordeaux, UMR ADES, SET Société Environnement Territoire, CNRS, p. 26
6. Jarrige F., et al., 2009. Mutation du foncier agricole en frange urbaine. Elaboration et mise à l'épreuve d'une politique de régulation territoriale, Clermont-Ferrand, XLVI<sup>e</sup> colloque de l'ASRDLF, p.21
7. Tribout X., 2006. Les exploitation agricoles se concentrent et se professionnalisent, *Agreste Languedoc Roussillon*, p. 4
8. ONU, 2006. ONU World urbanization prospects : the 2005 revision. New-York, ONU, p. 210
9. Jarrige F., Thinon P., and Nougaredes B., 2006. La prise en compte de l'agriculture dans les nouveaux projets de territoires urbains : Exemple d'une recherche en partenariat avec la Communauté d'Agglomération de Montpellier. pp. 393-414
10. Brundtland G.H., 1987. Notre avenir à tous, rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement, Genève, ONU, p. 458
11. Guigou J.L., et al., 2001. Aménagement du territoire, Paris, La Documentation française, p. 249
12. Pingault N., Préault B., 2007. Indicateurs de développement durable : un outil de diagnostic et d'aide à la décision. *Notes et études économiques*, n°28, p. 43
13. Roth I., 2002. Mesurer le développement durable. Bulletin SVU ASEP ASAP, n° 8, p. 8
14. Offredi C., 2005. Introduction générale. In La dynamique de l'évaluation face au développement durable, Paris, L'Harmattan Sté Française d'évaluation, pp.11-20
15. Ferras R., 1993. Les modèles graphiques en géographie, *ECONOMICA / RECLUS*, Paris, p. 112
16. Joerin F., Rondier P., 2007. Chapitre 1. Les indicateurs et la décision territoriale. Pourquoi ? Quand ? Comment ?, in Sénécal, Gilles (Dir.) Les indicateurs socioterritoriaux. Perspectives et renouvellement, Laval, PUL, pp. 9-36
17. Rey-Valette H., et al., 2006. Usages des Indicateurs de Développement Durable : entre Offre et Demande d'indicateurs, in GECOREV: Gestion concertée des ressources naturelles et de l'environnement, du local au mondial, St-Quentin-en-Yvelines, p. 15
18. Joerin F., Lebreton M., Desthieux G., 2005, Des systèmes d'indicateurs pour aider les acteurs à manipuler les complexités territoriales, in Développement durable, gestion des ressources et gouvernance, Lausanne, p. 9
19. 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
20. Tonneau J.P., Perret S., Loyat J., 2009. Indicateurs de performance Document de travail, Montpellier, CIRAD, p. 8
21. Laroche B., Thorette J., Lacassin J.C., 2006. L'artificialisation des sols : pressions urbaines et inventaire des sols, vol. 13, n°3, pp. 223-235
22. SESP, CERTU, 2006. Economie urbaine. Rassemblement de la connaissance. Chapitre 3 : Outils et méthodes, Paris, Ministère des Transports, de l'Equipement, du Tourisme et de la Mer. Service économique, statistiques et prospective, p. 89
23. Rey Valette H., et al., 2008. Guide de co-construction d'indicateurs de développement durable en aquaculture, Montpellier, Cirad, Ifremer, INRA, IRD, UM1, projet de recherche EVAD. p. 144



## ERSA 2009 TERRITORIAL COHESION OF EUROPE AND INTEGRATIVE PLANNING 25th - 29th August 2009 – Lodz Poland

**Title:** Spatial indicators for the analysis of peri-urban dynamics in the Languedoc Mediterranean area

**Abstract:** France set up new regional development and urbanism rules with national laws: Voynet Law (1999) which gives sustainable development tools like SRADDT (regional scheme for territorial planning and sustainable development) for the level of Regions, “urban solidarity and renewal law” (2000) which gives new planning tools like SCOT (scheme for territorial coherence) and PLU (Local Urbanism Plan) at the inter-communal cooperation level. A law on the “Development of rural areas” (2006) gives Departements new ways to develop a policy for the protection and enhancement of agricultural, forest and peri-urban spaces (protected area, pre-emptive right...). These planning policies now move towards the principles of sustainable territorial systems. To accompany these policies, the actors of the local and regional development and planning need indicators about the state of land cover and dynamic changes in terms of quantity and quality. In the context of the Mediterranean area of Languedoc, urban sprawl dynamics are particularly intense with a massive population growth and land crisis. Increase and dispersion of built-up areas from city centre towards periphery are made at the expense of natural and agricultural spaces. After a methodological study about monitoring of agricultural land urbanisation command by DRAF Languedoc Roussillon, to the UMR TETIS (Cemagref) and the UMR LISAH (INRA), a series of spatial indicators have been developed. The communication presents the thought which has been conducted for the production of these indicators. These are intended to provide a decision, communication and awareness help on issues of loss of the agricultural soil potential. Indeed, availability of adapted tools and methods is a very important stake for actors of the agricultural sector with the application of the local planning tools (PLU, SCOT). The main objective of this research is to evaluate the relevance of these spatial indicators to show explicitly specificities of current dynamics and to throw light on challenges of sustainable planning of the Mediterranean peri-urban spaces.

### Introduction

Pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, en 2008, la population urbaine a dépassé la population rurale. Les conséquences de cet accroissement de l'urbain sont bien connues (ONU, 2006). Pour faire face à cette explosion, la multiplication des échelons de décision, issue de la décentralisation, le « mille feuilles institutionnel », est une contrainte importante à la planification. Des logiques de compétitivité aussi qualifiées de « benchmarking territorial »<sup>9</sup> sont constatées : chaque instance décisionnelle tente de repousser les impacts négatifs de l'étalement urbain hors des limites de son territoire de gestion. En France, la loi Chevènement (1999) a promu les Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI)<sup>10</sup> qui traduisent la volonté de garantir une meilleure coordination des politiques d'aménagement. Dans ce cadre, de nouveaux dispositifs de gestion sont mis en place, en particulier les Schémas de Cohérence Territoriale (SCOT). Ces schémas s'accompagnent d'études prospectives (scénarios...) et d'outils de mesure (indicateurs de suivi, d'évaluation...) destinés à appuyer les diagnostics territoriaux.

La question de la place de l'agriculture se pose dans l'aménagement des régions urbaines (Bertrand et al. 2006). Le desserrement et la délocalisation des populations des villes-centres vers les périphéries (« étalement urbain ») se traduisent par l'accroissement et la dispersion des surfaces bâties aux dépens des espaces naturels et agricoles, en particulier les terres dont le potentiel

<sup>9</sup> Benchmarking territorial : « Évaluation comparative des états de développement de territoires aux contextes proches, sur base d'indicateurs intégrés dans un système conceptuel de représentation des dynamiques territoriales étudiées » (CPDT, 2000).

<sup>10</sup> L'ensemble des sigles et abréviations utilisés dans cette communication sont définis dans l'Annexe 1.

agronomique est le plus riche. Leur préservation ne tient généralement qu'à la prise en compte des enjeux environnementaux. Ceux liés à la production agricole sont rarement évoqués. Les logiques urbaines et le modèle d'utilisation de l'espace naturel pour des activités récréatives dominent dans les politiques d'urbanisme. La production agricole est de plus en plus acceptée seulement dans une perspective "écologique" (ferme pédagogique, alimentation naturelle...).

Cette situation apparaît plus aiguë sur le littoral méditerranéen et en région Languedoc Roussillon. La croissance urbaine est plus forte que partout ailleurs en France. Le recensement de 2006 fait envisager une augmentation de la population dans le Languedoc Roussillon de 32 % à l'horizon 2030 (INSEE, 2008). Pour les institutions et acteurs du monde agricole, la perte d'un patrimoine agricole stratégique à long terme pour un intérêt économique immédiat pose aujourd'hui la problématique des modes de gestion effectifs pour sa préservation. Préoccupée par le phénomène, et pour mieux comprendre la consommation de terres agricoles par les surfaces artificialisées, la Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt<sup>11</sup> Languedoc Roussillon a commandité une étude méthodologique auprès de l'UMR TETIS (Cemagref) et de l'UMR LISAH (INRA) : quelles sont, en effet, les méthodes d'analyse spatiale adaptées et généralisables qui permettent de disposer de données chiffrées, objectives, sur la perte de terres agricoles à la fois en surfaces et en qualité ?

Pour répondre à cette demande une méthodologie d'élaboration d'indicateurs spatiaux liés aux dynamiques d'urbanisation en zone méditerranéenne est en cours d'élaboration. Cette réflexion a pour ambition d'étudier l'apport de la dimension spatiale dans les démarches de construction d'indicateurs d'aide à la décision en matière d'aménagement de l'espace. En quoi dans son association à l'adjectif spatial, l'indicateur favorise-t-il une approche transversale et systémique indispensable pour aborder la complexité territoriale et les enjeux de développement durable qui y sont liés ? En quoi l'outil spatial peut-il permettre de travailler à l'appropriation (et au travers elle à la légitimation) de l'outil par les acteurs ?

La communication présente les premiers résultats de ce travail. Dans un premier temps nous rappelons le contexte de renouvellement des outils de mesure dans lequel s'inscrit la demande de la DRAF. Nous verrons, dans un deuxième temps, que l'exploitation des potentialités offertes par la dimension spatiale reste limitée malgré la généralisation de l'emploi de l'information géographique dans les outils d'aide à la décision. Après avoir clarifié le concept d'indicateur spatial nous défendons l'idée qu'il constitue un outil adapté pour traduire la complexité systémique d'un territoire et ainsi pallier les limites des outils de mesure actuels. Pour appuyer nos propos nous présentons, dans un troisième temps, une démarche itérative de production d'indicateurs spatiaux destinés à l'analyse quantitative et qualitative de la consommation des terres agricoles par les surfaces artificialisées. Enfin, nous discutons les perspectives d'amélioration de cette méthode en cours d'élaboration.

## **1. Un contexte de renouvellement des outils de mesure d'aide à la décision**

### **1.1. Des besoins en outils et méthodes pour une meilleure prise en compte des terres agricoles dans les politiques de planification**

En zone méditerranéenne les dynamiques démographiques et foncières sont particulièrement intenses et se traduisent par la littoralisation définie comme la « concentration des hommes et des activités sur les littoraux » (Baud, 1997). Les villes et les activités s'étendent sur la plaine littorale où, dans le contexte méditerranéen, le potentiel agronomique des terres est généralement le plus riche et les ressources naturelles les plus importantes. Ce phénomène se traduit par une forte concurrence sur les ressources en terres et en eau. Les constructions pavillonnaires, l'implantation d'infrastructures, le développement de zones d'activité économique soumettent le foncier à une pression et à un mitage de l'espace agricole. La logique locale et l'intérêt des propriétaires fonciers amènent systématiquement à entériner la perte de terres agricoles. Cette dynamique, jugée marginale à l'échelle locale, devient préoccupante à l'échelle régionale. On peut en effet craindre que la disparition de terres agricoles soit irréversible. C'est donc un patrimoine qui semble condamné (impossible à remobiliser) pour un intérêt économique immédiat sans réflexion sur son utilité à moyen et long terme.

La perte de ce potentiel de production agricole conduit à poser la question de la place de l'agriculture dans les politiques de planification urbaine : « Comment s'exerce la représentation des « intérêts

---

<sup>11</sup> Les DRAF sont des services déconcentrés du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche créés en 1984, suite aux lois de décentralisation, qui ont pour mission de mettre en œuvre au niveau de la région la politique nationale en matière d'alimentation, d'agriculture et de forêt.



agricoles » face aux « intérêts urbains » dans les instances de décision ? » (Jarrige et al., 2003). La loi Solidarité et Renouvellement Urbain (SRU) instaurée en 2000 dans le cadre de la Loi d'Orientation pour l'Aménagement et le Développement Durable du Territoire (LOADDT, 1999), dite loi « Voynet », a placé le développement durable au cœur de la démarche de planification. Dans ce cadre, de nouveaux outils de planification territoriale émergent. Le Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) remplace le Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (SDAU) et devient le principal outil d'aménagement à l'échelle des intercommunalités. Outre la mise en cohérence de leurs politiques d'aménagement à l'échelle d'un territoire (des Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) en particulier), cette nouvelle procédure préconise une gestion équilibrée des espaces urbanisés, naturels et ruraux notamment à travers la mise en place de Plan d'Aménagement et de Développement Durable (PADD). Ce dernier représente l'expression du projet de territoire et permet de spatialiser les problématiques transversales d'aménagement (Cete-Méditerranée, 2007). Pour appuyer les nouveaux dispositifs d'action et développer des politiques d'aménagement cohérentes à l'échelle d'un territoire, notamment en termes de préservation d'un patrimoine agricole, les acteurs de l'aménagement ont besoin de disposer d'une connaissance fine de celui-ci. Ces acteurs expriment une demande forte en outils spatiaux pour le suivi des changements d'occupation et d'utilisation du sol liés aux dynamiques d'étalement urbain.

Mais il existe encore peu de méthodes généralisables et reproductibles destinées spécifiquement au suivi quantitatif et qualitatif des terres agricoles consommées par les surfaces bâties. Les outils développés sont généralement confrontés à des contraintes de disponibilité et d'hétérogénéité des données qui limitent les possibilités de reproductibilité. En outre, ils sont principalement développés au travers des approches urbanistiques, considérant souvent l'espace rural en termes de réserve de terre à bâtir et non en termes de patrimoine agricole ou environnemental à préserver. C'est dans cette problématique que s'inscrit l'étude méthodologique « Analyse du potentiel des terres agricoles affectées par l'aménagement du territoire » commanditée par la DRAF Languedoc-Roussillon. Cette demande s'inscrit dans un contexte de renouvellement des outils de mesure destinés à appuyer la prise de décision. Dans ce cadre, on assiste à une généralisation des indicateurs.

## 1.2. Généralisation de l'emploi d'indicateurs, outils plurifonctionnels d'aide à la décision

Le concept d'indicateur est un terme polysémique, qui se traduit par différentes approches et définitions. Dans les dictionnaires généralistes, l'indicateur est défini étymologiquement au travers de sa fonction indicatrice « qui porte une indication, qui apporte une information » (Encyclopédie Universalis, 2009). Le terme se décline ensuite différemment en fonction des domaines d'utilisation (langage courant, économie, statistique, chimie...). On retrouve souvent dans la littérature scientifique la définition donnée par l'OCDE (1990) selon laquelle un indicateur est « un paramètre, ou une valeur dérivée de paramètres, qui indique, fournit une information, décrit l'état d'un phénomène, d'un environnement, d'une zone, avec une signification qui s'étend au-delà de ce qui est directement associé à la valeur du paramètre ». Cependant cette définition ne recouvre pas l'ensemble des finalités de l'indicateur, comme par exemple celle d'outil d'aide à la communication. La bibliographie (OCDE, 1994 ; IFEN, 1997 ; EEA, 1999 ; cités par Salles (2001); Bockstaller, 2008) insiste sur trois caractéristiques permettant de définir un indicateur. Il constitue à la fois le produit d'un modèle (qui assure sa fiabilité, sa pertinence et sa mesurabilité), une synthèse explicite de l'information et un outil de communication. Rey-Valette et Chia (2007) affirment que l'indicateur se caractérise par une pluralité de fonctions. Il permet de « faire exister » un problème et possède à ce titre une fonction d'inventaire. Il possède également une fonction de médiation en ce qu'il aide à faire converger les représentations des acteurs. Joerin et Rondier (2007) différencient les indicateurs « révélateurs » des indicateurs « d'évaluation », les premiers permettant de décrire un phénomène et les seconds s'inscrivant plus directement dans un processus décisionnel. Dans le prolongement de la réflexion menée par ces auteurs, nous nous intéressons ici particulièrement au premier groupe d'indicateurs, au travers une méthode de conception d'un système d'indicateurs spatiaux d'aide à la décision.

C'est dans le contexte des trente glorieuses que s'est installée l'idée d'accompagner les politiques publiques d'instruments de mesure et d'évaluation (Sénécal, 2007). A partir du milieu des années 1980, des modèles de production d'indicateurs sur la biodiversité sont proposés par les grands organismes internationaux. Le plus connu, le modèle Pression/Etat/Réponse (PER) de l'OCDE, distingue trois grandes catégories. « Les activités humaines exercent des pressions sur l'environnement (Pression) et affectent sa qualité et la quantité des ressources naturelles (Etat) ; la société répond à ces changements en adoptant des politiques environnementales, économiques et

sectorielles, en prenant conscience des changements intervenus et en adaptant ses comportements (Réponse) » (OCDE, 1993). Depuis 1998, l'Agence Européenne de l'Environnement utilise quant à elle un modèle en cinq compartiments : DPSIR (pour Driving forces, Pressures, State, Impact, Responses ; EEA, 1998). En 1992, avec l'officialisation de la notion de développement durable au sommet de Rio, on voit affirmée « la nécessité de disposer d'une information quantitative pour mesurer les progrès vers la voie de la durabilité » (Bovar, 2008). Dès lors, les grilles et tableaux de bord d'indicateurs de développement durable (IDD) se sont généralisés (Zuinten, 2004 ; Eurostat, 2005 ; Lavoux, 2006 cités par Rey-Valette et al., 2006). Cependant, les limites à leur applicabilité et la difficulté de proposer des approches intégrées et concertées demeurent nombreuses. La multiplication des initiatives de construction d'indicateurs à toutes les échelles de territoire se caractérise par une grande hétérogénéité et une absence de fondement théorique clair. Comme le précise Lazzeri (2006) « L'intégration des différentes dimensions du développement durable, l'ouverture vers le futur et l'articulation des échelles spatiales, imposent de renouveler l'expertise territoriale et d'inventer de nouveaux outils de mesure. Or, si les initiatives se multiplient depuis Rio, il n'y a, à ce jour, pas de cadre acceptable et partagé sur ce sujet ».

### 1.3. Les limites des méthodes d'élaboration d'Indicateurs de Développement Durable

En l'absence d'un consensus sur des méthodes de construction d'indicateurs, les approches développées par les institutions publiques et laboratoires de recherches sont diverses. Les échelles de production varient également. Généralement, on différencie les démarches globales de production d'indicateurs génériques (niveaux international, national, régional) des méthodes locales de production d'indicateurs adaptés aux enjeux spécifiques d'un territoire. Lazzeri et Moustier (2006) distinguent ainsi les grilles d'indicateurs de « diagnostic » (Ex : IFEN, ARPE, INTERREG), les indicateurs de processus destinés à accompagner l'évaluation de projet urbains (Ex : Agenda 21, SCOT) et les indicateurs synthétiques (Ex : IDH<sup>12</sup>). En France, la généralisation des IDD a accompagné la mise en place des dispositifs de gestion décentralisée. La traduction de batterie d'IDD à l'échelle internationale (Ex : 134 indicateurs de l'ONU en 1995), à des enjeux nationaux puis régionaux fait apparaître les limites de tels outils. Outre l'effet répulsif des listes (Lavoux, 2006) ces indicateurs sont souvent sectoriels et proposés par piliers du développement durable (social, environnemental, économique) avec un poids majoritaire pour l'environnement, quand l'application du DD semble appeler à une approche transversale. Comme le soulignent Deprez et Bourcier (2003) « Les initiatives menées à ce jour au niveau mondial (OCDE, Nations Unies, Communauté Européenne) comme à l'échelle nationale (IFEN) sur les thèmes des IDD ont dans les faits abouti à la définition d'indicateurs dits environnementaux plus que de véritables outils d'évaluation de la durabilité du système actuel ». Enfin les indicateurs produits à l'échelle internationale apparaissent souvent trop généraux pour cerner de façon pertinente une problématique de développement durable à une échelle régionale ou locale. Par conséquent ce type d'initiative est souvent voué à l'échec et ces listes d'indicateurs sont peu utilisées, par manque de légitimité sociale et d'application (Chamaret, 2006).

Ces questions méthodologiques (intégration, spécificité et appropriation) posent avant tout celle du choix de l'échelle d'analyse. Il semble en effet que les initiatives répondant à des problématiques territoriales locales soient plus appropriées au développement d'une approche intégrée et concertée. Mais l'opposition entre les démarches dites Top/Down (initiatives internationales) ou Bottom/Up (concertations d'acteurs) ne peut dominer le débat : chacune présente ses limites. Chamaret (2006) souligne que si les premières manquent souvent de légitimité sociale et d'appropriation par les acteurs, les secondes manquent de « transférabilité ». En effet, la faculté d'adaptation d'un indicateur constitue le gage de sa transférabilité effective dans des contextes économiques, politiques et sociaux différents (Deprez et Bourcier, 2003). Les méthodes apparaissent complémentaires (Lazzeri et Moustier, 2006). Il semble cependant que les besoins en indicateurs locaux, sur des enjeux d'aménagement spécifiques à un territoire, soient plus importants. En effet, selon Audouit, Puech, Honegger (2006) « Malgré l'intérêt que suscitent les IDD, ces outils restent encore peu développés à l'échelle locale ».

On assiste, malgré tout, à une évolution récente des pratiques vers des méthodes d'élaboration d'IDD privilégiant une approche intégrée et concertée au niveau territorial. Selon Rey-Valette et al. (2008)

<sup>12</sup> Indice de Développement Humain : « Indicateur composite le plus ancien élaboré par le PNUD en 1990, il combine trois indicateurs de base qui correspondent à l'espérance de vie à la naissance, le revenu moyen et le niveau d'éducation » (Germaneau, 2008)

cette orientation accompagne l'évolution qu'a connue l'action publique depuis trente ans : planification centralisée, décentralisation et participation, processus de co-élaboration. L'approche intégrée s'intéresse aux interactions entre les piliers de DD. A titre d'exemples, les démarches de l'IFEN et d'Eurostat qui travaillent sur une dizaine d'IDD phares ont cherché à lier les dimensions économiques, environnementales et sociales (Lavoux, 2006). Depuis 2003, l'ARPE et la DIACT ont décliné territorialement les indicateurs nationaux en les adaptant aux problématiques locales (INSEE, 2008). Le colloque qui a eu lieu à Montpellier en 2006, portant sur les usages des IDD, témoigne d'un accroissement des démarches concertées (Maurel et Roussillon, 2007 ; Desthieux, 2004 ; Roussel 2007). Selon Rey-Valette et al. (2006), la co-construction suppose la conception d'un référentiel commun pour identifier les enjeux de durabilité. L'intégration de la dimension spatiale dans ce type d'approches semble favoriser une représentation transversale et partagée des enjeux de développement durable.

## **2. Les indicateurs spatiaux : des outils adaptés pour accompagner la décision ?**

Nous faisons ici deux hypothèses sur le recours à la dimension spatiale dans les démarches de construction d'indicateurs d'aide à la décision. D'une part, ce type d'approche favorise une vision transversale et systémique, indispensable pour aborder la complexité territoriale et les enjeux de développement durable qui y sont liés (en particulier pour pallier aux contraintes du choix d'une échelle d'analyse et d'action). Elle permet une vision simplifiée de la réalité d'un système géographique complexe en donnant du sens à l'organisation des objets dans l'espace. D'autre part, la dimension spatiale peut être un outil d'aide à la concertation pour traduire les enjeux de développement d'un territoire. Elle contribue à l'appropriation (et au travers elle à la légitimation) de l'outil par les acteurs.

Ce sont les hypothèses fondatrices de notre travail que nous tenterons de justifier. Ce choix nous obligera à préciser ce que nous entendons par indicateur géographique qui, selon Maby (2003), reste à élucider. La littérature fait en effet apparaître une confusion dans l'emploi des terminologies caractérisant ce type d'indicateurs. Il nous semble donc important de préciser ce que nous entendons par indicateur territorial et indicateur spatial. Dans un contexte de foisonnement des initiatives d'élaboration d'indicateurs d'aide à la décision, nous verrons que ces outils spatiaux offrent des potentialités encore peu ou mal explorées.

### **2.1. L'apport de la dimension spatiale : une approche adaptée à la traduction de la complexité du territoire**

Nous défendons l'idée qu'une approche spatiale permet d'offrir une vision systémique des enjeux de développement d'un territoire. Joerin et Rondier (2007) rappellent que le territoire est un système complexe et qu'en conséquence sa représentation appelle à l'élaboration d'un modèle. Un système est « un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisé en fonction d'un but » (De Rosnay, 1975). Pour Deprez et Bourcier (2003), l'un des objectifs majeurs des indicateurs repose dans leur aptitude à considérer simultanément et non isolément tout un ensemble de paramètres représentatifs d'une situation. Selon Maby (2003), « la fonction explicative de l'indicateur géographique consiste à identifier les mécanismes qui lient les objets entre eux, ou en eux, pour en dégager une rationalité ». Les Systèmes d'Information Géographique peuvent s'avérer des outils appropriés à la construction d'une représentation systémique. Ainsi, Deprez et Bourcier (2003) relèvent plusieurs arguments en faveur d'un recours croissant à l'outil SIG pour la création des indicateurs de développement durable :

- les possibilités de réaliser des analyses multicritères (croisement de données, approche intégrée, indicateurs composites) ;
- retenir l'espace comme support d'étude permet de rapprocher des phénomènes complexes et le plus souvent abstraits d'une réalité forte, celle du terrain ;
- leur caractère opérationnel et leurs finalités (outil de gestion, aménagement, planification ; outil de communication, d'information).

L'intérêt de bâtir un modèle des dynamiques spatiales se trouve dans la possibilité de proposer une approche intégrée mais également de construire une représentation spatiale partagée. Un système d'indicateurs constitue en lui-même un outil directement exploitable pour l'aide à la décision et à la sensibilisation. Les travaux menés dans le cadre de l'élaboration du SCOT du Territoire de Thau, par le Cemagref en collaboration avec le SMBT, illustrent l'apport de la dimension spatiale dans une démarche participative de diagnostic territorial. « L'information géographique tient une place importante dans l'élaboration du SCOT. Elle sert à produire et à représenter des connaissances sur le

territoire mais également à accompagner un processus d'apprentissage collectif multi-acteurs. Enfin elle est aussi utilisée dans un rôle d'information et de consultation du public » (Maurel, Roussillon, 2007). Différents outils géographiques sont mobilisés (cartographie participative, plans-reliefs, catalogage, recueil d'avis, ...) et un protocole d'évaluation de ces outils, de leurs usages et de leurs effets dans le processus participatif est proposé. Desthieux (2004) démontre lui aussi l'intérêt de l'utilisation d'indicateurs spatiaux dans un processus participatif de diagnostic de quartier. Selon lui la fonction de l'indicateur géographique est de « représenter l'hétérogénéité et la variabilité spatiale des phénomènes sur le territoire ». Il fait une distinction entre les indicateurs thématiques qui associent à un objet géographique un ensemble de valeurs et les indicateurs spatiaux qui informent sur la forme, la structure et l'organisation de l'objet dans l'espace. Il démontre ainsi l'intérêt de développer des outils d'information basés sur les indicateurs spatiaux pour soutenir la participation en amont des processus de décision.

## 2.2. Qu'est ce qu'un indicateur spatial ?

Weber et Hall (2001) illustrent ces enjeux de définition des concepts relatifs aux indicateurs géographiques à travers la distinction entre les expressions « indicateurs spatiaux » et « indicateurs territoriaux ». Il paraît pourtant pertinent d'essayer de clarifier l'emploi de ces deux notions pour justifier notre choix quant à l'utilisation d'indicateur spatial. La distinction entre ces deux concepts tient dans leur rapport à l'objet géographique<sup>13</sup>. Di Méo (1998) propose la distinction suivante entre les concepts géographiques d'espace et de territoire. Le premier exprime l'unité initiale du monde tandis que le second traduit sa diversité sociale et humaine. Le territoire peut être ainsi défini comme un espace approprié (au sens d'espace vécu et d'espace social ; Baud, 1997). Decroly et Grasland (1996) distinguent deux principes d'organisation géographique :

- le principe d'organisation spatiale, lié à la notion de distance et plus généralement de proximité ;
- le principe d'organisation territoriale, lié à l'existence de partitions de l'espace en sous-ensembles disjoints ou en sous-ensemble flous.

L'approche territoriale apparaît donc plus limitée car liée à une échelle d'analyse et de restitution (partition de l'espace). Au contraire, l'approche spatiale cherche un sens, des facteurs explicatifs, des liens de causalité à travers l'organisation et la localisation des objets géographiques dans l'espace (distribution, discontinuité, distance...). C'est dans cette perspective que Maby (2003) propose des éléments de définition de l'indicateur spatial : « L'indicateur spatial définit la position de l'objet géographique et permet la recherche de l'auto-corrélation spatiale ». Il semble cependant que l'approche territoriale soit encore dominante dans les démarches d'élaboration d'outils de mesure en général et d'indicateurs en particulier. Grasland et Hamez (2005) soulignent que jusqu'à une date récente, l'écrasante majorité des travaux publiés sur la mesure de la cohésion sociale ou le développement économique négligeait totalement la prise en compte de la dimension spatiale. Ce fait est lié à la contrainte de la production de la donnée source à un niveau d'organisation territoriale (région, commune, parcelle...).

## 2.3. Un emploi de l'information géographique limité à sa dimension territoriale ?

Ce problème de la production de données limite l'emploi de l'information géographique, eu égard aux nouvelles potentialités offertes dans les domaines de l'analyse et de la modélisation spatiales. Chéry (2003) identifie deux problèmes qui pèsent sur l'utilisation des méthodes d'analyse et de modélisation spatiale, par conséquent, sur la construction d'indicateurs : l'échelle et l'effet de bord. La problématique du changement d'échelle reste une contrainte importante et non résolue. La production des données sources se fait à une échelle territoriale ce qui empêche de restituer les indicateurs à d'autres niveaux géographique. Les effets de bord sont les conséquences directes et non prévues des choix de délimitation territoriale du système informé au stade de production de la donnée. Ce sont les effets secondaires (traduction de l'expression anglaise « side effect ») liés à la production de l'information géographique aux niveaux d'organisation de l'espace géographique inférieurs à l'étendue du globe terrestre. Ils contraignent les traitements en analyse spatiale en exprimant les limites de l'interaction spatiale alors que les phénomènes qu'ils soient environnementaux, sociaux (...) sont généralement continus et non limités au sein d'un espace discret. L'usage de l'information géographique reste pauvre et souvent limité à sa représentation par l'intermédiaire de cartes de

---

<sup>13</sup> Maby (2003) retient trois caractères fondamentaux constituant l'essence de l'objet géographique : la spatialité (c'est un lieu ou ensemble de lieux, il est situé et cartographiable), la constructivité (création des procédures cognitives) et la complexité systémique.

localisation, de situation et d'emprise au sol. Ainsi la grande majorité des indicateurs habituellement proposés pour qualifier l'étalement urbain ne tient pas compte des relations causales qui peuvent être établies du fait de l'organisation des objets géographiques dans l'espace. Nous avons retenu, ci-dessous, deux exemples d'indicateurs illustrant cette difficulté à dépasser les contraintes liées au choix d'une échelle d'analyse : Nombre de logements sur des périodes données par commune (Cete-Méditerranée, 2007) ; Superficie moyenne annuelle artificialisée depuis 1977 dans les communes littorales maritimes (DRE, 2007). Les phénomènes restent réduits à la localisation et l'expression de leur emprise au sol sans être rapporté à leur fonction dans un système géographique. Pourtant, la localisation peut aussi constituer un facteur explicatif de l'organisation des objets géographiques dans l'espace et aider ainsi à la compréhension des interactions (hommes, ressources, activités) qui structurent et font le territoire. C'est ce que nous tentons de démontrer à travers la mise en place d'une méthode itérative de co-construction d'indicateurs spatiaux développés en réponse à la demande de la DRAF. Nous avons pour ambition de proposer une approche à la fois systémique et concertée destinée à dépasser les faiblesses des outils de mesure actuels accompagnant les processus décisionnels.

### 3. Méthode et résultats

Notre choix méthodologique a porté sur la production d'une tache artificialisée et d'un indice de qualité des sols, informations continues, comme données de base à l'élaboration des indicateurs. Cela nous a permis d'envisager une approche spatiale et systémique non contrainte par les problématiques d'échelles et d'effets de bord. En outre, la démarche adoptée pour la production d'indicateurs s'appuie sur un processus itératif de co-construction avec les utilisateurs. Elle offre ainsi des perspectives intéressantes pour dépasser les limites des outils de mesure actuels.

#### 3.1. Proposition d'une méthode de production de données continues

En matière de quantification, l'étude méthodologique a voulu recenser les méthodes spatiales généralisables permettant la mesure de l'emprise au sol des territoires artificialisés et son suivi dans le temps (passé et futur). Trois types d'éléments sont directement liés à l'accroissement des villes dans l'espace et sont ainsi facteurs de l'artificialisation des sols : les zones d'habitats, les zones d'activités et les infrastructures de transport. Le terme de tache artificialisée a été privilégié à celui de tache urbaine, l'une des contraintes de production de cette information étant de répondre à un souci d'exhaustivité. Une nomenclature commune à l'ensemble des méthodes envisagées a été définie afin de caractériser les éléments de la tache artificialisée (tissu urbain, zones industrielles et commerciales, infrastructures de communication, chantiers et décharges) et ainsi de permettre la comparaison des résultats potentiels. La méthode retenue pour la détermination de cette forme d'occupation du sol est une opération de morphologie mathématique communément appelée « fermeture à la tache urbaine ». Elle consiste à appliquer aux données étudiées des opérations successives d'érosion / dilatation caractérisées par le critère de continuité du bâti. Ce dernier est lié à la distance entre les bâtiments et aménagements à prendre en compte pour considérer qu'ils appartiennent ou non à la même zone. La figure ci-dessous illustre cette opération d'agrégation des éléments composant la tache artificialisée.

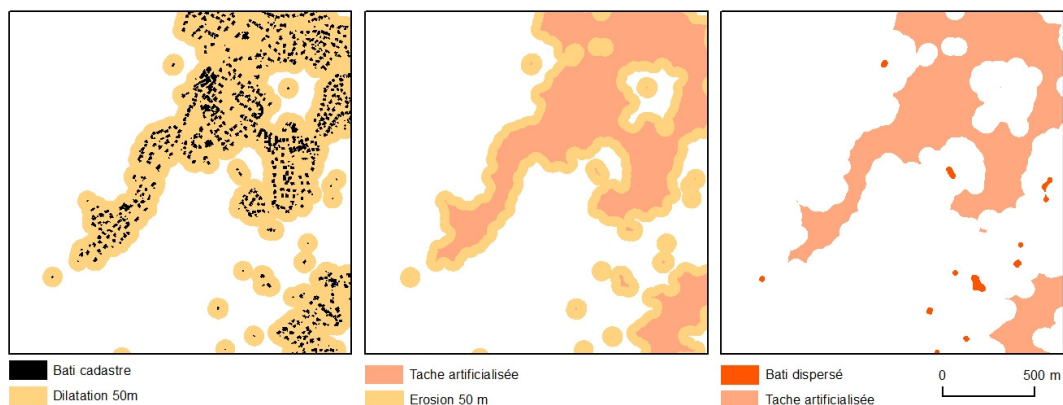


Figure 1 : Etapes de création d'une tache artificialisée à partir des objets bâtis issus du cadastre numérique (2007, Commune de Vailhauques, source DGI)

Un inventaire des données géographiques vectorielles et images disponibles pour la production et le suivi de cette tache artificialisée a ensuite été réalisé. Compte tenu de la contrainte de généralisation potentielle de la méthode, quatre types de traitements avec leurs données associées ont été retenus :

- L'exploitation des taches artificialisées livrées par la **BD Corine Land Cover** utilisable en première approche, mais trop imprécise (maille de 25 Ha) ;
- La production de tâches artificialisées à partir d'**images satellites** (SPOT 1, 3, 5 et IRS) qui a permis d'obtenir de bons résultats (exhaustivité et précision géographique). Cette méthode est également celle qui permet de remonter le plus loin dans le temps (1989) mais la qualité et la date d'acquisition des images utilisées sont déterminantes. Il s'agit de plus, d'une méthode nécessitant d'importants moyens techniques et humains, notamment dans le cadre d'un suivi périodique ;
- La production de tâches artificialisées à partir de **données vectorielles** précises sur le bâti (BD Topo®, cadastre numérique). Comparativement aux autres, cette méthode est facile à reproduire mais pose des problèmes de mise à jour et d'exhaustivité de l'information représentée ;
- La **combinaison de données vectorielles et d'images satellites** qui permet de produire un historique de l'évolution de la tache artificialisée (exploitation des images satellites) et de proposer une méthode de suivi périodique (données vectorielles) facile à mettre en œuvre mais non exhaustive. En outre, cette méthode comporte d'importantes limites liées à l'hétérogénéité des sources de données.

En matière de qualification, un indice de qualité des sols du Languedoc-Roussillon a été développé et mis en œuvre pour apprécier le potentiel à long terme et à très long terme des sols languedociens. A partir des références d'indicateurs de qualité des sols existant dans la littérature, un indice permettant de définir 4 grandes classes de qualité subdivisées en 16 sous classes a été construit. Celui-ci utilise une combinaison logique de propriétés de sol « diagnostic » (arbre de décision) intervenant à trois niveaux : définitions de contraintes absolues pour la production agricole (pente et salinité) ; classement des unités typologiques de sol sans contraintes absolues en trois classes de qualité à partir de leur réserve utile ; subdivision de ces trois classes en considérant des contraintes mineures pour la production agricole (hydromorphie, pierrosité, risque de battance ou pH déséquilibré). L'indice ainsi produit a été spatialisé sur la zone test en utilisant les données du Référentiel Régional Pédologique du Languedoc-Roussillon.

Dans la poursuite de l'étude méthodologique, il est apparu nécessaire de proposer une méthode de production d'indicateurs spatiaux pour la traduction et l'appréhension des résultats.

### **3.2. Une démarche itérative de co-construction d'indicateurs spatiaux**

Pour une appropriation maximale des IDD, Audouit et al. (2006) préconisent une démarche interactive et itérative entre scientifiques et utilisateurs. C'est ce type d'approche concertée que nous avons adopté. Nous nous sommes donc attachés à travailler de façon régulière avec les utilisateurs auxquels les indicateurs sont destinés (DRAF et DDAF). La question centrale des démarches d'élaboration de systèmes d'indicateurs est celle du choix des indicateurs. Cependant comme le souligne Joerin et Rondier (2007), il s'agit plus de concevoir un système que de choisir des indicateurs. La démarche de co-construction doit aboutir à l'élaboration d'un modèle systémique des dynamiques d'urbanisation en zone méditerranéenne. Il s'agit ainsi de pallier les limites de transversalité et d'applicabilité des indicateurs existants en élaborant une vision systémique et partagée avec les utilisateurs. La figure ci-dessous illustre les grandes étapes de ce processus itératif.

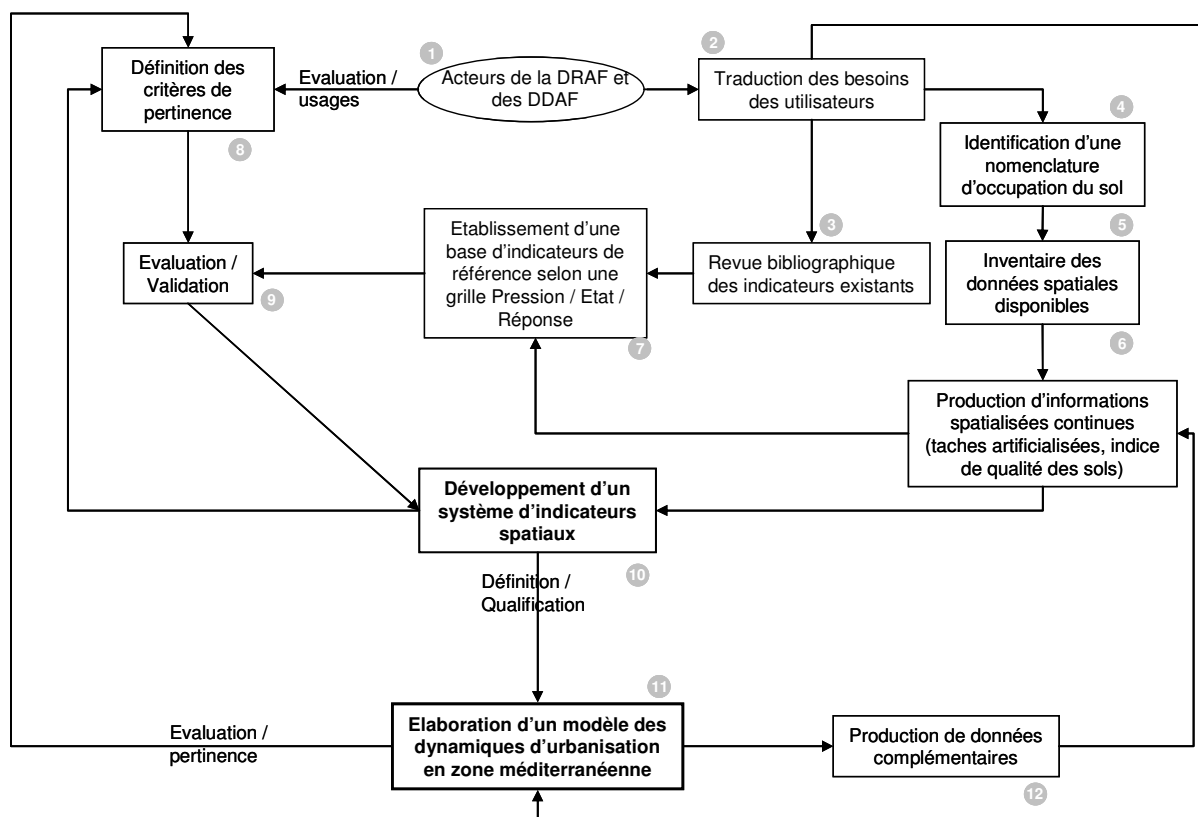


Figure 2 : Démarche itérative de co-construction d'indicateurs spatiaux

Comme le fait apparaître le schéma, l'étape préalable à ce type de démarche consiste en une analyse approfondie des besoins des utilisateurs. La demande initiale exprimée par la DRAF comportait deux niveaux de préoccupations :

- un désir de compréhension pour contribuer à l'analyse globale des dynamiques à l'œuvre et sensibiliser à la perte d'un patrimoine agricole.
- une volonté d'action pour localiser rapidement les meilleures terres et conforter le discours des cadres locaux (DDAF...) pour une meilleure prise en compte des terres agricoles lors de l'élaboration des documents d'urbanisme.

La traduction de cette demande peut se résumer en trois types de besoins : approfondir les connaissances sur le patrimoine agricole à la fois qualitatives, quantitatives et spatiales ; Identifier, les facteurs d'artificialisation des terres agricoles et comprendre les processus en œuvre (interactions) ; enfin, cibler les priorités pour aider la prise de décision mais également pour appuyer la communication et la sensibilisation en matière de perte d'un patrimoine agricole. Pour répondre à ces besoins nous avons cherché à bâtir une base d'indicateurs de référence à partir d'un inventaire bibliographique des indicateurs existants. Nous avons ensuite procédé à un classement de ces indicateurs selon la grille Pression/Etat/Réponses proposée par l'OCDE. Le schéma ci-dessous présente une adaptation du modèle PER à notre objet d'étude.

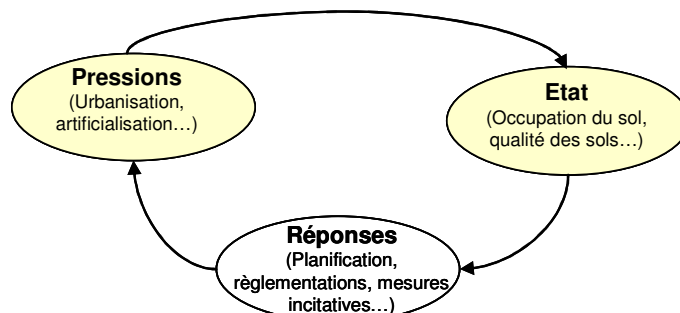


Figure 3 : Modèle Pression Etat Réponse adapté à l'objet d'étude

Cette base d'indicateurs de référence a ensuite été soumise aux utilisateurs en vue de leur évaluation. Joerin et Rondier (2007) affirment que la recherche du consensus sur la conception et le contenu favorise l'appropriation par les acteurs. Ils insistent également sur le caractère enrichissant de ce processus d'apprentissage. En parallèle, nous avons évalué ces indicateurs en vérifiant également leur capacité à décrire et qualifier notre modèle systémique. Cette étape doit permettre de dégager des critères de pertinence sur lesquels nous baser pour co-construire les indicateurs spatiaux à partir desquels nous finaliserons le modèle systémique.

### 3.3. Production d'une première série d'Indicateurs de référence

Il s'agissait, dans le cadre de notre étude, de proposer d'une part, des indicateurs d'état sur l'occupation du sol et la qualité des sols et, d'autre part, des indicateurs de pression sur la consommation des sols par les surfaces artificialisées. Ces indicateurs de référence ont pu être développés à partir des données produites (taches artificialisées, indice de qualité des sols) et de données complémentaires retenues comme pertinentes lors de la phase d'inventaire (statistiques sur le logement, la démographie, zonages...). Une base de 21 indicateurs de référence ont été identifiés, classés en sept catégories. Ils se déclinent en deux grands thèmes : 13 indicateurs concernent des aspects quantitatifs d'occupation et d'artificialisation du sol et 8 indicateurs illustrent des aspects quantitatifs et qualitatifs de potentialité agronomique des sols. Des d'indicateurs composites croisant les informations quantitatives et qualitatives (Ex : degré d'artificialisation en fonction de la qualité des sols) sont proposés. D'autres intègrent des données externes (démographie, zonages statistiques, urbanistiques). La disponibilité des données a conditionné le choix de la méthode spatiale et ainsi les caractéristiques techniques (échelle spatiale, échelle temporelle, fréquence de mise à jour...) des indicateurs en sortie.

La méthode de qualification agronomique des sols proposée par l'équipe de l'UMR LISAH développée à partir de la BD Sol (1/250 000e) a conditionné le choix de l'échelle de précision. Ce sont les échelles communale et intercommunale qui ont été retenues comme niveau de restitution des indicateurs, seuil au-delà duquel la qualification en terme agronomique n'offrait plus une information « lisible ». Or, comme nous l'avons vu, le développement d'une approche spatiale doit permettre de dépasser ces contraintes techniques du choix d'une échelle territoriale de représentation. C'est pourquoi dans les perspectives d'amélioration des indicateurs nous envisageons de développer une approche spatiale pour dépasser ce type de limite. De plus, en fonction des données utilisées l'emprise de la zone d'étude couverte varie de 3 communes (3670 ha) à 103 communes (172056 ha). Par exemple les indicateurs issus du traitement des données de la BD TOPO® 2001 sont limités à une couverture de 18 communes (34345 ha), tandis que ceux élaborés à partir du traitement d'images satellites couvrent entièrement la zone. Dans la poursuite de l'étude, il est prévu d'homogénéiser l'emprise de l'ensemble des indicateurs en exploitant des données disponibles à l'échelle des quatre départements littoraux du Languedoc Roussillon soit 1361 communes (22670 km<sup>2</sup> environ).

Les périodes de référence présentent également une grande hétérogénéité. Celles fournies par la série temporelle d'images satellites sont les années 1989, 1996, 2000 et 2005. Les données issues des différentes versions de la BD TOPO® correspondent respectivement aux campagnes de prises de vue aérienne de 2001 et de 2005, mais cette base est mise à jour en continu. Les recensements démographiques datent de 1999 et 2000, le nouveau mode de recensement effectué sur la période 2004-2009 offre une estimation de la population en 2006. Enfin la carte pédologique date d'un inventaire des sols effectué en 1992 et les documents d'urbanisme ont des dates de mise à jour qui vont de 1987 à 2005. Dans la même logique que pour l'échelle de restitution spatiale, il est prévu une homogénéisation des dates de fourniture des données. L'idéal pour croiser les données et permettre la comparaison des résultats serait une fréquence de mise à jour par tranches de 5 ou 10 ans (1990, 1995, 2000, 2005...).

L'ensemble des couches spatiales utilisées pour le calcul des indicateurs sont des fichiers au format vectoriel exploités à partir du logiciel ArcGis 9.2., à l'exception des recensements démographiques traités à partir d'un tableur. Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau de bord. Chaque indicateur est décrit par une fiche synthétique (mode de calcul, détails techniques, analyse critique, interprétation) et accompagné de représentations (cartes, tableaux et graphiques). La liste de l'ensemble des indicateurs spatiaux retenus est proposée en annexe (Cf. Annexes 2 et 3) ainsi qu'un extrait du tableau de bord présentant l'indicateur 1.1. (Emprise des thèmes d'occupation du sol à une



date récente en pourcentage). Sur ce point aussi il est envisagé d'affiner la méthode en transformant le tableau de bord produit en un système d'indicateurs.

#### **4. Perspectives : adaptation de la méthode de production d'indicateurs spatiaux**

##### **4.1. Dépasser les contraintes techniques pour proposer une approche spatiale**

C'est la question de l'étendue spatiale de la zone à considérer qui apparaît la plus difficile à résoudre. Comment s'affranchir par exemple, du choix d'une échelle de restitution (découpage administratif...) ? L'un des objectifs de notre méthode est de générer des indicateurs spatiaux qui permettent de dépasser cette limite. Pour ce faire, ils doivent exprimer les caractéristiques des formes spatiales et les positionnements relatifs des objets dans l'espace. La démarche d'analyse spatiale proposée pour produire les taches artificialisées est basée sur la morphologie mathématique. A partir de ces données continues, nous pouvons proposer différents niveaux de construction d'indicateurs spatiaux (inspirés de l'écologie du paysage et adaptés de Chéry, 2003) qui se basent également sur ce type de traitements morphologiques :

- au niveau d'une tache artificialisée : apparition, disparition, maintien, déplacement, complexification, simplification, déformation et orientation ;
- au niveau d'un ensemble fragmenté en plusieurs taches : fragmentation, coalescence et orientation ;
- au niveau de plusieurs ensembles : progression et régression conditionnelles (d'un habitat au dépend d'un autre), pression à distance.

Pour une tache artificialisée on peut appliquer des indicateurs d'orientation « préférentielle » et de filiation de forme dans le temps. Avec la granulométrie il est possible de reconnaître des indicateurs de surface moyenne d'emprise du bâti au sol, de morcellement, d'orientation autour d'une tache artificialisée et d'un ensemble de taches. Au niveau de plusieurs ensembles on peut mesurer la densité spatiale. Outre les limites imposées par le choix d'une échelle territoriale, l'expérience en cours est également confrontée au choix de modes d'expression des indicateurs spatiaux. Joerin et Rondier (2007) distinguent en ce sens le tableau de bord, qui n'offre qu'une vision sectorielle, du système d'indicateurs qui semble plus adapté à traduire la complexité de la réalité d'un territoire.

##### **4.2. Passer du tableau de bord au système d'indicateurs**

Le diagnostic d'un territoire et la compréhension des dynamiques qui le constituent passent par l'appréhension des interactions et processus en œuvre. Pour proposer des indicateurs qui offrent une vision intégrée des enjeux de développement territoriaux, le modèle doit être adapté sous la forme d'un système d'indicateurs. Comme le souligne Joerin et al. (2005) « afin que les indicateurs puissent véritablement aider les décideurs dans la phase de formulation du problème, il semble nécessaire de passer d'un ensemble d'indicateurs, à un véritable système d'indicateurs, constituant en soi un modèle de la complexité territoriale ». Les indicateurs sont associés à des objets géographiques qui sont liés entre eux par des relations sémantiques ou causales. Les tableaux de bord classiques offrent une information sectorielle où les indicateurs sont considérés comme indépendants. C'est le cas de nos résultats tels qu'ils sont restitués actuellement (Cf. Annexe 3). L'enjeu consiste donc désormais à définir les interactions pour traduire ce tableau en un système d'indicateurs. Comme pour la définition des objectifs, l'élaboration du schéma des relations causales peut procéder d'une série d'entretiens ou d'ateliers. Nous avons mis en place un premier atelier réunissant chercheurs et acteurs du secteur agricole. Une première série d'indicateurs spatiaux ont été étudiés, à titre d'exemple : le mitage des terres agricoles par l'habitat dispersé et isolé ; l'évolution des densités (croisant les données d'artificialisation des sols et de croissance démographique) ; le classement des exploitations en vue de compléter l'information de qualification des sols (croisant la taille du parcellaire, l'accès à l'irrigation, le remembrement). En outre, Joerin et Rondier (2007) démontrent que l'analyse du schéma causal peut permettre d'identifier des indicateurs « tête de réseau » (qui influencent d'autres indicateurs mais qui ne peuvent être influencés par aucun) et des indicateurs « finaux » (qui peuvent être influencés par d'autres indicateurs mais n'en influencent aucun). Par conséquent le schéma relationnel liant les indicateurs apporte un éclairage sur l'importance de chaque indicateur dans le fonctionnement du système. Dans le cas de notre étude, il s'agit d'établir les liens de causalité entre les 21 indicateurs proposés, ce qui permettra de cibler des interactions liées à la spatialité des phénomènes. L'objectif étant d'exploiter les potentialités offertes par la modélisation spatiale en cherchant un sens à l'organisation des objets dans l'espace, il sera également nécessaire d'évaluer ce système d'indicateurs en termes de cohérence et d'opérationnalité.

### 4.3. Elaborer une méthode de co-évaluation

L'évaluation sera basée sur une définition des critères de pertinence des indicateurs avec les acteurs du secteur agricole (Cf. Figure 2). Les critères de pertinence sont liés d'une part à leur capacité à décrire et qualifier le modèle et d'autre part à leur utilité au travers l'usage qu'en ont les utilisateurs. Leur retour sur l'intérêt de ces outils de mesure (transférabilité, applicabilité, méthode de calcul, restitution,...) est une phase importante de la démarche d'évaluation. Il est prévu d'élaborer un itinéraire d'entretiens auprès des acteurs du secteur agricole. En effet, c'est l'usage que les acteurs auront de l'indicateur qui va déterminer en grande partie sa pertinence. Cela explique l'importance de l'implication des acteurs dans le processus d'élaboration des indicateurs puisqu'elle va conditionner leur appropriation. Cette implication renforce l'évaluation des politiques publiques tant du point de vue de la légitimité des référentiels que par rapport à la pertinence des mesures et dispositifs mis en place. Rey-Valette et Chia (2007) citent Offredi (2006) qui affirme que la légitimité d'un système d'indicateurs se construit au fur et à mesure de la légitimité des acteurs qui le portent, dans une conception constructiviste et réflexive. Plusieurs systèmes d'évaluation destinés à valider la qualité et la pertinence des indicateurs d'aide à la décision existent. Nous pourrions ainsi nous inspirer des critères de qualité d'un indicateur selon l'OCDE (Germaneau, 2008). Ce sont la précision, l'actualité et la ponctualité, l'accessibilité des données, la clarté de leur forme, la comparabilité des données et la cohérence.

### Conclusion

On assiste à l'intégration croissante de l'information géographique comme outil d'accompagnement des politiques publiques par le recours croissant aux SIG et aux méthodes d'analyse et de modélisation spatiales. Verburg (2008) affirme qu'en 1995 il existait encore peu de modèles opérationnels alors qu'en 2008 on peut désormais en compter plus d'une centaine (Ex : MOLAND, CLUE, Eururalis). Nous avons pu démontrer, au travers nos propos, l'apport de la dimension spatiale dans les démarches de construction d'indicateurs d'aide à la décision. Les indicateurs spatiaux permettent d'une part d'offrir une représentation simplifiée et intégrée de la complexité d'un système territorial. D'autre part, l'espace peut constituer un support adéquat à la construction d'une représentation partagée des enjeux de durabilité, à l'occasion de l'élaboration de ce type d'outils de mesure, à condition de ne pas se limiter à sa dimension de localisation. Plusieurs auteurs ont démontré que la spatialisation des enjeux offre une opportunité de démarche concertée et d'une représentation commune et partagée. Il reste cependant à s'affranchir des contraintes des échelles d'analyse et d'action et d'effet de bord imposées par la production de données au niveau d'un territoire. On peut s'interroger sur la capacité de la carte à constituer un modèle adéquat de représentation des interactions spatiales. Cela pose donc la question de la restitution de ces indicateurs et du choix de la représentation pour permettre une approche intégrée. Les systèmes d'indicateur tels que le définissent Joerin et al. (2005 et 2007) semblent être une voie possible. De plus, nous envisageons dans la poursuite de l'étude de proposer des supports de concertations qui offrent une vision systémique des enjeux territoriaux. Nous pourrions nous inspirer de méthodes mises en œuvre dans ce sens. Par exemple les travaux de Maurel (2007) sur l'utilisation de support spatial comme la maquette dans une vision intégrée des différentes dimensions d'un territoire. La démarche itérative de co-construction d'indicateurs spatiaux avec les acteurs de la DRAF et des DDAF est une expérience propice à l'exploration des potentialités offertes par la géomatique. Il faut cependant nuancer nos propos, à côté des indicateurs spatiaux, il reste nécessaire d'intégrer d'autres types d'indicateurs. Comme le précise Tanet (2003), le phénomène territorial ne se réduit pas à cette unique dimension spatiale.

## **Annexe 1 : Sigles et abréviations**

ARPE : Agence Régionale Pour l'Environnement  
BD : Base de Données  
Cete : Centre d'Études Techniques de l'Équipement  
CLUE : Conversion of Land Use Change  
CPDT : Conférence Permanente du Développement Territorial  
DD : Développement Durable  
DDAF : Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt  
DIACT : Délégation Interministérielle à l'Aménagement et à la Compétitivité des Territoires  
DGI : Direction Générale des Impôts  
DPSIR : Driving forces, Pressures, State, Impact, Responses  
DRAF : Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt  
DRE : Direction Régionale de l'Équipement  
EEA : European Environment Agency's (AEE : Agence Européenne pour l'Environnement)  
EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale  
IDD : Indicateur de Développement Durable  
IDH : Indicateur de Développement Humain  
IFEN : Institut Français pour l'ENvironnement  
INSEE : Institut national de la Statistique et des Etudes Economiques  
LISAH : Laboratoire d'étude des Interactions Sol Agrosystème Hydrosystème  
LOADDT : Loi d'Orientation pour l'Aménagement et le Développement Durable du Territoire  
LR : Languedoc Roussillon  
Moland : Monitoring Land Use / Cover Dynamics  
OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques  
ONU : Organisation des Nation Unies  
PADD : Plan d'Aménagement et de Développement Durable  
PER : Pression Etat Réponse  
PLU : Plan Local d'Urbanisme  
PNUD : Programme National des Nations Unies pour le Développement  
SCOT : Schéma de COhérence Territoriale  
SDAU : Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme  
SIG : Système d'Information Géographique  
SMBT : Syndicat Mixte du Bassin de Thau  
SRU : Solidarité et Renouvellement Urbain  
TETIS : Territoire Environnement Télédétection et Information Spatiale  
UMR : Unité Mixte de Recherche

## **Annexe 2 : Liste des indicateurs de référence**

A l'issue de la première phase de l'étude méthodologique commanditée par la DRAF LR, portant sur le suivi de l'artificialisation des terres agricoles et leur qualification en terme de potentiel agronomique, une base de 21 indicateurs de référence ont été proposés.

### **13 indicateurs sur des aspects quantitatifs d'occupation et d'artificialisation du sol**

- 1- Occupation du sol détaillée à une date récente
  - 1-1 Occupation du sol (ha)
  - 1-2 Occupation du sol (%)
  
- 2- Emprise des territoires artificialisés à une date donnée
  - 2-1 Emprise des territoires artificialisés (ha)
  - 2-2 Emprise des territoires artificialisés (%)
  
- 3- Evolution des territoires artificialisés entre deux dates
  - 3-1 Taux d'évolution de l'artificialisation (%)
  - 3-2 Superficies annuelles moyennes artificialisées (ha/an)
  - 3-3 Taux d'étalement des surfaces artificialisées entre deux dates (%)
  
- 4- Artificialisation des sols par catégorie d'espace
  - 4-1 Zonages en aire urbaine (%)
  - 4-2-1 Zonages POS et PLU (ha)
  - 4-2-2 Zonages POS et PLU (%)
  
- 5- Pression démographique
  - 5-1-1 Accroissement démographique (%)
  - 5-1-2 Accroissement démographique (nbre Habts)
  - 5-2 Surface moyenne artificialisée par habitant (ha/1 habt)

### **8 indicateurs sur des aspects quantitatifs et qualitatifs de potentialité agronomique des sols**

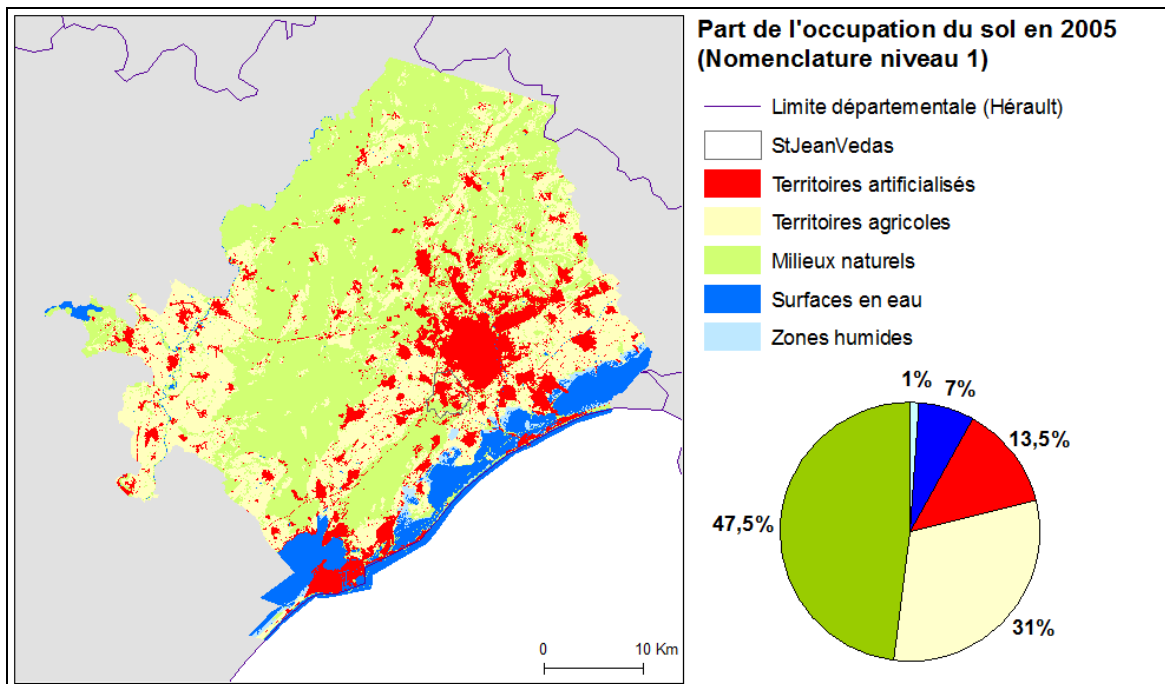
- 6- Perte d'un potentiel agronomique par Unité Typologique des Sols détaillée par pourcentage d'Indice de Qualité des Sols (non spatialisée)
  - 6-1-1 Emprise des territoires non artificialisés par UTS (ha)
  - 6-1-2 Emprise des territoires non artificialisés par UTS (%)
  - 6-2-1 Artificialisation des sols par UTS (ha)
  - 6-2-2 Artificialisation des sols par UTS (%)
  
- 7- Perte d'un potentiel agronomique par Unité Cartographique des Sols agrégée par Indice de Qualité des Sols majoritaire (spatialisée)
  - 7-1-1 Emprise des territoires non artificialisés par UCS (ha)
  - 7-1-2 Emprise des territoires non artificialisés par UCS (%)
  - 7-2-1 Artificialisation des sols par UCS (ha)
  - 7-2-2 Artificialisation des sols par UCS (%)

**Annexe 3** : Extrait du tableau de bord présentant l'indicateur 1.1. (Emprise des thèmes d'occupation du sol à une date récente en pourcentage)

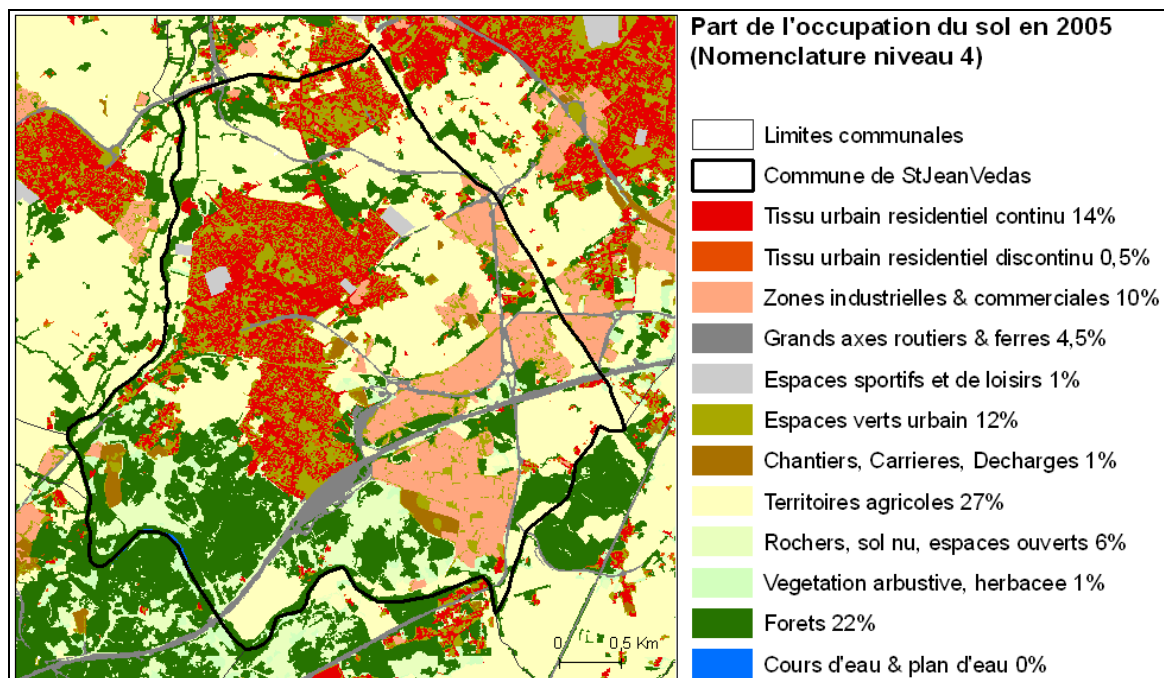
<b>Nom de l'indicateur</b>	<b>1. Occupation du sol</b>
Définition	1.1. Emprise des thèmes d'occupation du sol (détaillés) à une date récente
Nature	Etat
<b>Informations techniques</b>	
Description de la donnée	Classification orientée objet d'une image satellite Spot 5 du 27/04/2005 (résolution 2,5 mètres)
Couverture	103 communes soit 172056 ha dont 99 communes entièrement couvertes soit 167364 ha
Unité	%
Date	2005
Nomenclature restitution	Nomenclature d'occupation du sol à 4 niveaux de précision comprenant respectivement 4, 8, 14 et 19 thèmes
Echelle restitution	Inter communale ou communale
Méthode de calcul	Calcul d'un champ surface puis calcul de la part de cette superficie par rapport à la superficie de la zone d'étude, fusion sur le champ de la nomenclature de restitution (1, 2, 3, 4) avec somme des superficies.
Fréquence de production	Annuelle
<b>Evaluation de l'information</b>	
Pertinence des données par rapport à l'objectif de l'indicateur	L'objectif de l'indicateur est d'offrir un état de l'occupation du sol à une date récente, en particulier des territoires artificialisés, fiable et adapté au calcul des évolutions passées et futures. La haute résolution de l'image satellite et la méthode de classification orientée objet semi automatisée offrent une précision qui permet de livrer une information pertinente sur les territoires artificialisés.
Comparabilité temporelle	Cet indicateur n'est pas comparable dans le temps puisque l'occupation du sol à ce niveau de détail n'est réalisée que pour la date la plus récente. Aux dates antérieures les images satellites sont traitées à partir du plan thématique de la tâche artificialisée obtenue à partir de cette classification et la nomenclature en sortie ne permet de distinguer que deux thèmes, les territoires artificialisés des territoires non artificialisés. Au dates postérieures seules les nouvelles surfaces artificialisées sont détectées, cependant il peut être envisagé de reproduire une classification à une date ultérieure à condition d'opter pour une méthode par traitement d'image satellite.
Comparabilité spatiale	Les résultats sont comparables entre les communes
Limites d'utilisation	Cet indicateur ne permet pas un suivi dans le temps
Aide à l'interprétation	Cet indicateur offre l'information détaillée de l'occupation du sol à une date de référence, il faut se référer au niveau 4 de la nomenclature pour connaître avec précision les objets composant les principales classes (territoires agricoles, naturels et artificialisés). Cet indicateur offre notamment un niveau de détail sur les types d'habitat (continu, discontinu, dispersé).
Interprétation proposée	Les 103 communes (172056 ha) de la zone d'étude présentent une empreinte agricole et naturelle forte, ces espaces occupent 78 % du territoire soit 31 % classés en territoires agricoles et 47 % en milieux naturels. Les territoires artificialisés représentent 13 % dont 5 % sont classés comme espaces non bâtis et 8 % comme espaces bâtis. Au sein de ces espaces bâtis la classe majoritaire est le tissu urbain (5,8 %), le reste est équitablement réparti entre grandes infrastructures (1,2 %), zones industrielles et commerciales (1,3 %). Sur l'ensemble de la zone d'étude 35 communes ont un taux d'artificialisation supérieur à 13 %, les communes les plus urbanisées sont rattachées aux pôles urbains de Montpellier et Sète, elles se concentrent également, dans une moindre mesure, au nord ouest de la zone (Clermont l'Hérault). La carte fait ressortir une urbanisation en continue qui s'étend d'est en ouest le long du littoral ainsi que le long des axes de communication principaux structurant le territoire. A titre d'exemple la commune urbaine de St Jean de Védas rattachée au pôle urbain de Montpellier compte 29 % de Territoires artificialisés dont 13 % d'habitat résidentiel continu et 10 % de zones industrielles et commerciales, les Territoires agricoles représentent 27 % et les forêts 22 %.

### Représentations proposées

Emprise des thèmes d'occupation du sol agrégée à l'échelle de la zone d'étude :



Emprise des thèmes d'occupation du sol détaillée à l'échelle de la commune de Saint Jean de Védas :



## Bibliographie

- ARPE (2001). Diagnostic développement durable urbain. Tome 1 - Le questionnaire. Toulouse, ARPE Midi-Pyrénées. 76 p.
- Baud P., et al. (1997). Dictionnaire de la géographie. Paris, Hatier. 509 p.
- Bockstaller C. (2008). Les indicateurs de durabilité, du choix au tableau de bord. Colloque de restitution du projet OTPA, Lyon, 5 mai 2008. 18 p.
- Bovar O., et al. (2008). Les indicateurs de développement durable. Paris, INSEE. 23 p.
- Cete-Méditerranée (2007). Les évolutions des territoires littoraux 1986-2006. Annexe 2, index méthodologique. Lyon, DGUHC-PA, Cete Méditerranée, Cete Sud Ouest, Cete Ouest, Cete Nord-Picardie, Cete Normandie-Centre. 68 p.
- Cete-Méditerranée (2007). SCoT et développement durable. Lyon, Certu, Collections du Certu, Dossiers 189. 92 p.
- Chamaret A., et al. (2006). Approche top-down / bottom-up pour l'élaboration d'indicateurs de développement durable applicables au secteur minier. L'exemple des mines d'uranium du Niger. Colloque international : Usages des indicateurs de développement durable - Mise en relation des pratiques et savoirs pour les ressources marines et les territoires littoraux avec les acquis d'autres domaines et espaces, Montpellier, 3 et 4 avril 2006. 15 p.
- Chéry J.P. (2003). Réflexion sur une expérience de construction d'indicateurs spatiaux pour l'environnement. pp.10.
- CPDT (2000). Chapitre V : Indicateurs de développement territorial. In: Rapport d'activité de la subvention 1999. Cellule "Base de données". Liège, CREAT/LEPUR. pp. 9.
- Deprez S., Bourcier A. (2004). Vers des indicateurs de développement durable pour connaître, informer et décider : réflexion méthodologique appliquée à l'étude des effets environnementaux du transport de marchandises en ville. Colloque développement durable. Leçons et perspectives, Ouagadougou, 1 au 4 juin 2004. 10 p.
- Desthieux G. (2004). Utilisation d'indicateurs spatiaux dans un processus participatif de diagnostic de quartier à Saint-Jean. EPLF, Genève. 28 p.
- Di Méo G., (1998). De l'espace aux territoires. In: L'information Géographique, n°3, Ed. SEDES. pp.99-110.
- Decroly J.-M., Grasland C. (1997). Organisation spatiale et organisation territoriale des comportements démographiques : une approche subjective. In: Bocquet, J.P. (Ed.). Analyse spatiale des données biodémographiques : approches récentes. Paris, John Libbey/INED. pp. 131-156.
- DRE des Pays de la Loire (2007). Caractérisation du développement urbain dans les Pays de la Loire. Fiche n°7 : La progression des surfaces artificialisées dans les communes littorales maritimes. Nantes, Cete-Ouest. 8 p.
- EEA (1998). Guidelines for Data Collection and Processing. EU State of the Environment Report, Annex 3. Copenhagen, EEA.
- Germaneau C. (2008). Les indicateurs du développement durable : Pour qui ? Sous quelle forme ? Et quel degré de pertinence ? (Article 1/1). Synerblog Association Synergiz.
- Grasland C., Hamez G. (2005). Vers la construction d'un indicateur de cohésion territoriale européen ? L'espace Géographique, v.2. pp.97-116.
- IFEN (1997). Indicateurs de développement durable - Bilan des travaux étrangers et éléments de réflexion. Orléans, IFEN, Collection Notes de méthode n°8. 72.
- IFEN (2003). L'étalement urbain. 45 indicateurs de développement durable : une contribution de l'Ifen. Etudes et travaux, n° 41. pp.78-79.
- Jarrige F., Jouve A. M., et al. (2003). Et si le capitalisme patrimonial foncier changeait nos paysages quotidiens ? Courrier de l'environnement, n°49. pp.13-28
- Joerin F., et al. (2005). Des systèmes d'indicateurs pour aider les acteurs à manipuler les complexités territoriales. Colloque Développement durable, gestion des ressources et gouvernance, Lausanne, 21-23 septembre. 9 p
- Joerin F., Rondier P. (2007). Chapitre 1. Les indicateurs et la décision territoriale. Pourquoi ? Quand ? Comment ? In: Sénécal, Gilles (Dir.) Les indicateurs socioterritoriaux. Perspectives et renouvellement. Laval, PUL (Les Presses de l'Université de Laval). pp. 9-36.
- Lavoux T. (2006). L'offre et la demande d'indicateurs : les leçons des expériences internationales, nationales et locales. Colloque international : Usages des indicateurs de développement durable - Mise en relation des pratiques et savoirs pour les ressources marines et les territoires littoraux avec les acquis d'autres domaines et espaces, Montpellier, 3 et 4 avril 2006.

- Lazzeri Y. (2006). Introduction générale. In: Lazzeri, Yvette (Dir.) Les indicateurs territoriaux de développement durable. Questionnements et expériences. Aix en Provence, L'Harmattan. pp. 21-26.
- Lazzeri Y., Moustier E. (2006). Chapitre 4. Les expériences territoriales d'élaboration d'indicateurs de développement durable : un tour d'horizon. In: Lazzeri, Yvette (Dir.) Les indicateurs territoriaux de développement durable. Questionnements et expériences. Aix en Provence, L'Harmattan. pp. 77-103.
- Maby J. (2003). Approche conceptuelle et pratique des indicateurs en géographie. In: Maby Jacques (dir.) Objets et indicateurs géographiques. . Avignon, A. Barthélémy. pp. 16-41.
- Maurel P., Roussillon J. P. (2007). Usages de l'Information Géographique pour l'élaboration du SCOT de Thau : premiers retours d'expérience. GéoEvènement 2007, Paris, 3-5 avril 2007. 11 p.
- OCDE (1990). Environmental Policies for Cities in the 1990s. Paris, OCDE. 92 p.
- OCDE (1993). Core set of indicators for environmental performance reviews. Paris, OCDE.
- ONU, (2006). World Urbanization Prospects 2006 ONU World urbanization prospects : the 2005 revision. New-York, ONU. 210 p.
- Rey-Valette H., Chia E. (2007). Modes et conditions d'appropriation du concept de développement durable. Education à l'environnement pour un développement durable. Informer, former ou éduquer ?, Montpellier, 7-8 Juin 2007 Montpellier. 10 p.
- Rey-Valette H., et al. (2008). Les usages des indicateurs de développement durable. Compte rendu de colloque (Montpellier, 3-4 avril 2006). Natures Sciences Sociétés, v. 16, n° 1. pp.73-75.
- Rey-Valette H., et al. (2006). Usages des Indicateurs de Développement Durable : entre Offre et Demande d'indicateurs. GECOREV: Gestion concertée des ressources naturelles et de l'environnement, du local au mondial, St-Quentin-en-Yvelines, 26-27-28 juin 2006. 15 p.
- Roussel S., (2007). Efficacité d'une Gestion Intégrée de la Zone Côtière (GIZC). Montpellier 1, thèse d'économie. 264 p.
- Salles E. (2001). Définition d'indicateurs spatiaux pour le suivi de l'état de conservation des habitats naturels. Application à la Grandes Camargue. Strasbourg / Montpellier, Cemagref / Mémoire ENGEES. 123 p.
- Sénécal G. (2007). L'esprit de la mesure et l'incertitude métropolitaine. In: Sénécal, Gilles (Dir.) Les indicateurs socioterritoriaux. Perspectives et renouvellement. Laval, PUL (Les Presses de l'Université de Laval). pp. 1-6.
- Tanet P. (2003). Les indicateurs géographiques pour l'évaluation des mesures agri-environnementales. In: Maby Jacques (dir.) Objets et indicateurs géographiques. Collection Actes d'Avignon n°5. Avignon, UMR Espace Université d'Avignon CNRS, A. Barthélémy. pp. 269-281.
- Verburg P. (2008). Perspectives on multi-scale modelling of European Land Use. Symposium "Spatial landscape modelling: from dynamic approaches to functional evaluations", Toulouse, 3 au 5 juin 2008.

## Sites Internet

- ARPE : <http://www.arpe-mip.com/html/index.php>
- Cete-Méditerranée : <http://www.cete-mediterranee.fr/>
- Certu : <http://www.certu.fr/>
- CLUE : <http://www.cluemodel.nl/>
- Indicateur de l'environnement en Europe (EEA) : <http://themes.eea.europa.eu/indicators/>
- INSEE Languedoc Roussillon : <http://www.insee.fr/fr/regions/languedoc/>
- Dictionnaire Encyclopédie Universalis : [http://www.universalis.fr/test\\_lexique.php?mots=indicateur](http://www.universalis.fr/test_lexique.php?mots=indicateur)
- Programme INTERREG : <http://www.interreg3.com/FR/homepage.asp>
- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche : <http://agriculture.gouv.fr/>
- Moland : <http://moland.jrc.ec.europa.eu/>
- Eururalis <http://www.eururalis.eu/>
- Observatoire des territoires de la DIACT : [http://www.territoires.gouv.fr/indicateurs/portail\\_fr/index\\_fr.php](http://www.territoires.gouv.fr/indicateurs/portail_fr/index_fr.php)
- Observatoire du littoral de l'IFEN <http://www.littoral.ifen.fr/>
- Observatoire du bassin de Thau (SMBT) : [http://smbt.teledetection.fr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=49&Itemid=180](http://smbt.teledetection.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=49&Itemid=180)
- UMR LISAH : <http://www.umar-lisah.fr/>
- UMR TETIS : <http://tetis.teledetection.fr/>



## **Annexe 7**

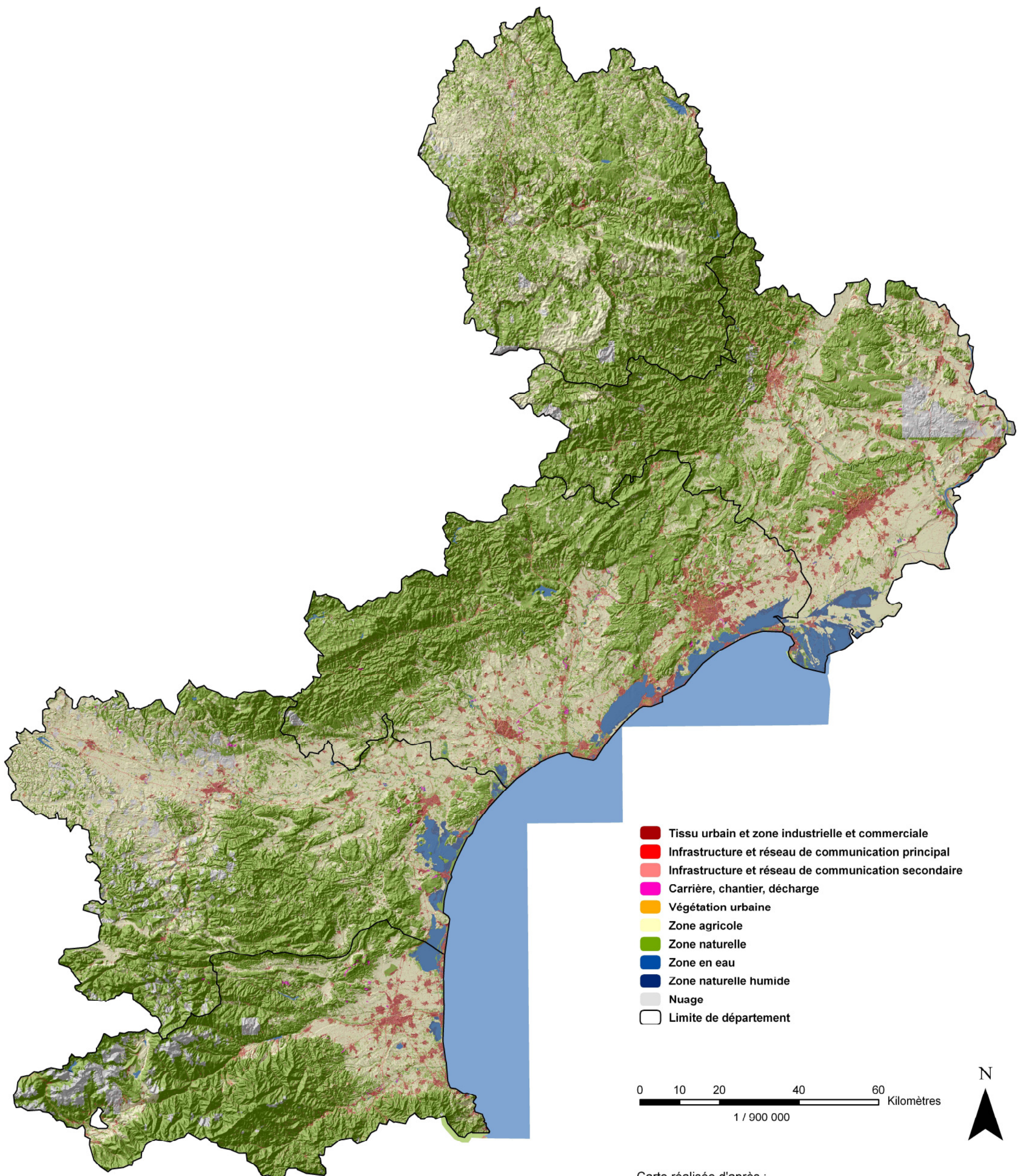
### **Carte des zones artificialisées en Languedoc Roussillon (2009)**





# Cartographie des zones artificialisées en Languedoc-Roussillon

## Situation en 2009



Carte réalisée d'après :

- Images Rapid Eye acquises entre le 31 mars et le 21 août 2009  
- Couches infrastructure routière et réseau issues de la BD CARTO® de l'IGN

Carte drapée sur le Modèle Numérique de Terrain de la BD ALTI® de l'IGN