



Développement et spatialisation d'un indice de multifonctionnalité des sols pour la caractérisation des espaces potentiellement perdus par l'artificialisation en région Occitanie

E. Rabot¹, M. Angelini², L. Laffond¹, M. Guiresse¹, P. Lagacherie², E. Barbe³

¹ Laboratoire écologie fonctionnelle et environnement, Université de Toulouse, CNRS, Toulouse, France

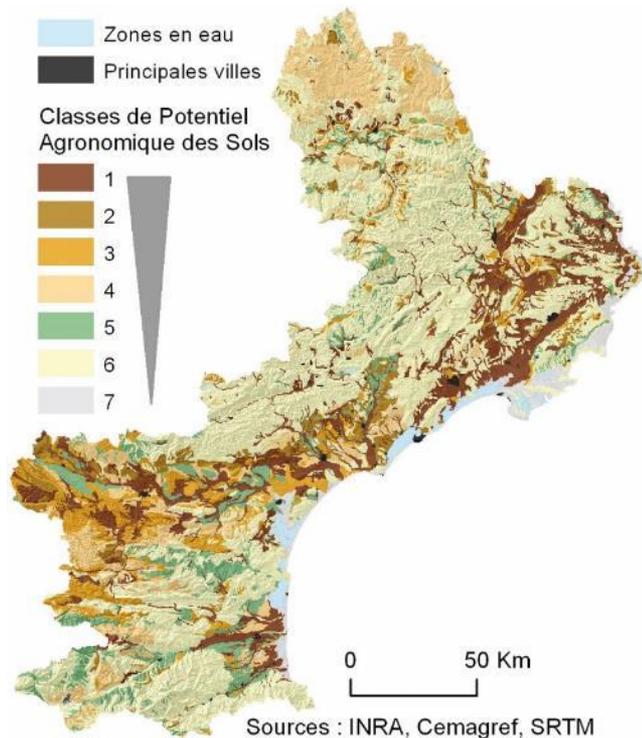
² LISAH, Univ Montpellier, INRAE, IRD, Institut Agro, Montpellier, France

³ TETIS, Univ Montpellier, AgroParisTech, CIRAD, CNRS, INRAE, Montpellier, France

Introduction

L'étalement urbain affecte souvent des sols de bonne qualité pour l'agriculture : démontré en Languedoc-Roussillon par la cartographie du potentiel agronomique des sols et son croisement avec des informations sur l'artificialisation (Balestrat, 2011)

→ Demande d'informations cartographiques sur les sols, afin d'étayer les décisions en matière de planification des territoires



Réserve utile en eau	Supérieure à 125 (mm)	Entre 75 et 125 (mm)	Inférieure à 75 (mm)	Sols salins
Classe de potentiel agronomique des sols	%surface IQS1 / UCS	%surface IQS 2 / UCS	%surface IQS 3 / UCS	%surface IQS 4 / UCS
0	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé	Non déterminé
1	70-100	0-30	0-30	0-5
2	50-70	0-50	0-50	0-50
3	30-50	0-70	0-70	0-60
4	10-30	0-90	0-90	0-90
5	0-10	50-100	0-50	0
6	0-10	0-50	50-100	0-20
7	0	0	0-35	65-100

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)

Données : UMR LISAH (INRA, 2009) Conception : UMR TETIS (Cemagref)

ARTISOLS :

- Extension à toute l'Occitanie
- Amélioration de la résolution spatiale
- Ouverture à d'autres services écosystémiques, intéressant une communauté plus large que celle de l'agriculture

Quels sont les sols à protéger de l'artificialisation pour assurer la sécurité alimentaire de la région Occitanie dans 100 ans, tout en minimisant l'impact des activités agricoles sur l'environnement ?

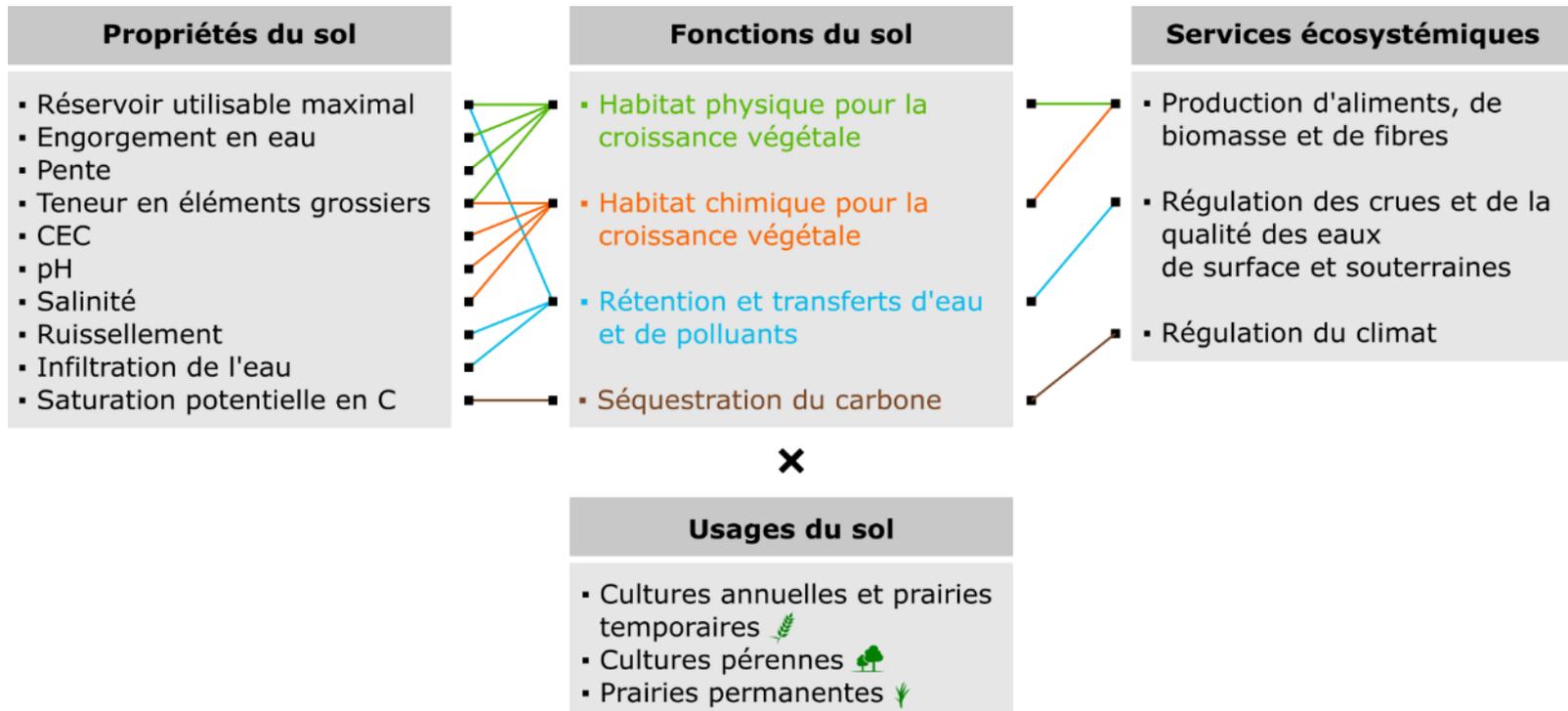
Principes généraux

- On s'intéresse à une aptitude des sols pour des usages et non à l'état actuel du sol → **propriétés intrinsèques des sols**, pas ou peu influencées par l'usage du sol
- On ne considère que les propriétés de sol qui peuvent être spatialisées à l'**échelle régionale**
- On hiérarchise les sols selon leur aptitude à remplir un maximum de fonctions → notion de **multifonctionnalité potentielle des sols**
- On s'intéresse à l'aptitude des sols à **produire de la biomasse, avec peu d'impact sur l'environnement**

Conception d'un indice de multifonctionnalité des sols

Méthode mise en œuvre

- Démarche conceptuelle du projet UQUALISOL-ZU (Robert *et al.*, 2012)
- Les propriétés de sol à prendre en compte ont été adaptées aux échelles spatiales et temporelles d'ARTISOLS
- Basée sur les fonctions du sol et sur les services écosystémiques



Conception d'un indice de multifonctionnalité des sols

4 fonctions du sol

Démarche conceptuelle

Fonctions du sol
Habitat physique pour la croissance végétale
Habitat chimique pour la croissance végétale
Rétention et transferts d'eau et de polluants
Séquestration du carbone

Conception d'un indice de multifonctionnalité des sols

Caractérisées par des propriétés de sol

Démarche conceptuelle

Fonctions et propriétés de sol
Habitat physique pour la croissance végétale Réservoir utilisable maximal Engorgement en eau Pente Teneur en EG de surface
Habitat chimique pour la croissance végétale Capacité d'échange cationique Teneur en EG pH Salinité
Rétention et transferts d'eau et de polluants Réservoir utilisable maximal Ruissellement Infiltration de l'eau
Séquestration du carbone Saturation potentielle en carbone

Conception d'un indice de multifonctionnalité des sols

Croisement avec 3 usages

Démarche conceptuelle

Fonctions et propriétés de sol	Usages		
			
Habitat physique pour la croissance végétale Réservoir utilisable maximal Engorgement en eau Pente Teneur en EG de surface			
Habitat chimique pour la croissance végétale Capacité d'échange cationique Teneur en EG pH Salinité			
Rétention et transferts d'eau et de polluants Réservoir utilisable maximal Ruissellement Infiltration de l'eau			
Séquestration du carbone Saturation potentielle en carbone			

Conception d'un indice de multifonctionnalité des sols

Comparaison avec des seuils à ne pas dépasser pour avoir adéquation de la propriété pour l'usage considéré, dans la fonction évaluée

Démarche concep

Fonctions et propriétés de sol	Usages		
			
Habitat physique pour la croissance végétale			
Réservoir utilisable maximal	✓		
Engorgement en eau	✓		
Pente	✓		
Teneur en EG de surface	✓		
Habitat chimique pour la croissance végétale			
Capacité d'échange cationique	✓		
Teneur en EG	✓		
pH	✓		
Salinité	✓		
Rétention et transferts d'eau et de polluants			
Réservoir utilisable maximal	✓		
Ruissellement	✓		
Infiltration de l'eau	✓		
Séquestration du carbone			
Saturation potentielle en carbone	✓		

Conception d'un indice de multifonctionnalité des sols

Si aucun seuil n'est dépassé, la fonction est satisfaite

Démarche conceptuelle

Fonctions et propriétés de sol	Usages		
			
Habitat physique pour la croissance végétale Réservoir utilisable maximal Engorgement en eau Pente Teneur en EG de surface	    		
Habitat chimique pour la croissance végétale Capacité d'échange cationique Teneur en EG pH Salinité	    		
Rétention et transferts d'eau et de polluants Réservoir utilisable maximal Ruissellement Infiltration de l'eau	   		
Séquestration du carbone Saturation potentielle en carbone	 		

Conception d'un indice de multifonctionnalité des sols

Sinon, la fonction n'est pas satisfaite

Démarche conceptuelle

Fonctions et propriétés de sol	Usages		
			
Habitat physique pour la croissance végétale			
Réservoir utilisable maximal			
Engorgement en eau			
Pente			
Teneur en EG de surface			
Habitat chimique pour la croissance végétale			
Capacité d'échange cationique			
Teneur en EG			
pH			
Salinité			
Rétention et transferts d'eau et de polluants			
Réservoir utilisable maximal			
Ruissellement			
Infiltration de l'eau			
Séquestration du carbone			
Saturation potentielle en carbone			

Conception d'un indice de multifonctionnalité des sols

L'évaluation est faite pour les 3 usages

Démarche conceptuelle

Fonctions et propriétés de sol	Usages		
			
Habitat physique pour la croissance végétale			
Réservoir utilisable maximal			
Engorgement en eau			
Pente			
Teneur en EG de surface			
Habitat chimique pour la croissance végétale			
Capacité d'échange cationique			
Teneur en EG			
pH			
Salinité			
Rétention et transferts d'eau et de polluants			
Réservoir utilisable maximal			
Ruissellement			
Infiltration de l'eau			
Séquestration du carbone			
Saturation potentielle en carbone			

Conception d'un indice de multifonctionnalité des sols

IMS = nombre de fonctions satisfaites (/12)

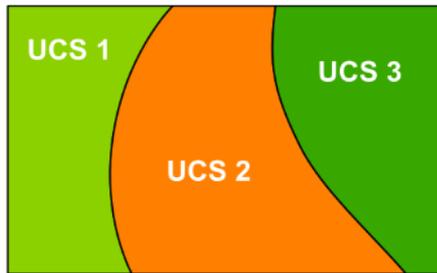
Démarche conceptuelle

Fonctions et propriétés de sol	Usages		
			
Habitat physique pour la croissance végétale			
Réservoir utilisable maximal			
Engorgement en eau			
Pente			
Teneur en EG de surface			
Habitat chimique pour la croissance végétale			
Capacité d'échange cationique			
Teneur en EG			
pH			
Salinité			
Rétention et transferts d'eau et de polluants			
Réservoir utilisable maximal			
Ruissellement			
Infiltration de l'eau			
Séquestration du carbone			
Saturation potentielle en carbone			

Spatialisation des résultats

3 types de cartes produites

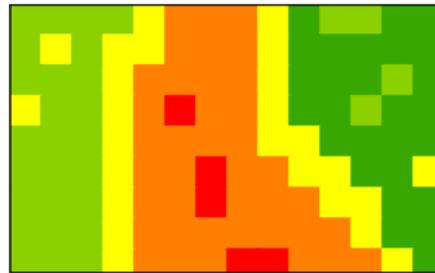
**Application thématique sur les données
du Référentiel Régional Pédologique**
Polygones + table attributaire



+

UCS	% IMS 1	% IMS 2	% IMS 3	% IMS 4	% IMS 5
1	0	90	0	0	10
2	0	0	30	70	0
3	100	0	0	0	0

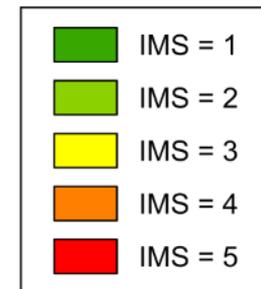
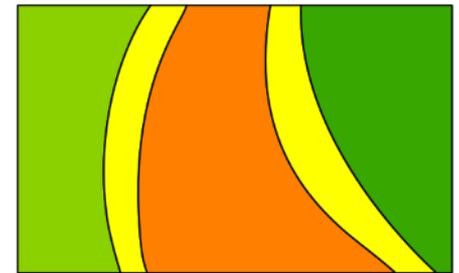
**Cartographie des sols à base de
modélisation statistique**
Raster + incertitude



+



**Cartographie des sols à base de
modélisation statistique**
Agrégation en polygones homogènes



Harmonisation des Référentiels Régionaux Pédologiques des ex-régions Languedoc-Roussillon et Midi-Pyrénées (1/250 000)

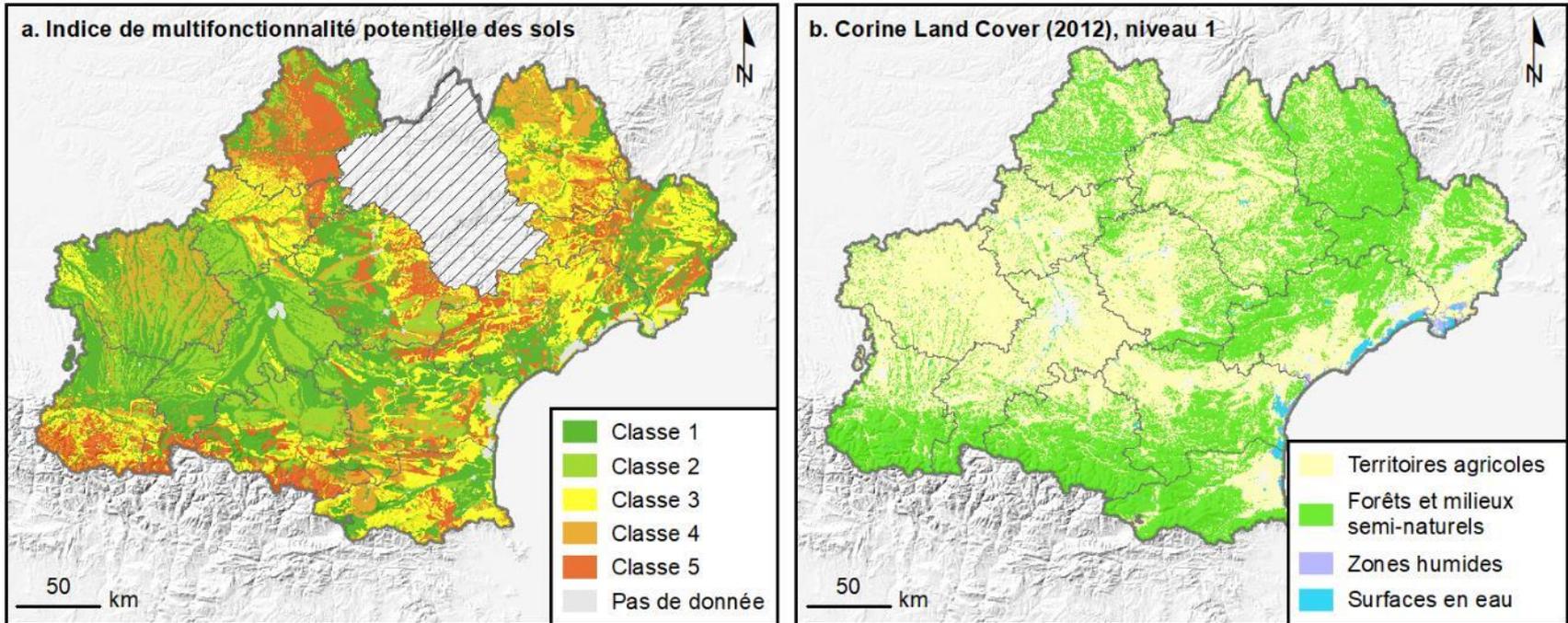
Longueur à harmoniser : 580 km

Facteurs à comparer :

- Matériau parental
- Pentes
- Altitude / étagement altitudinal
- Occupation du sol
- Types de sols



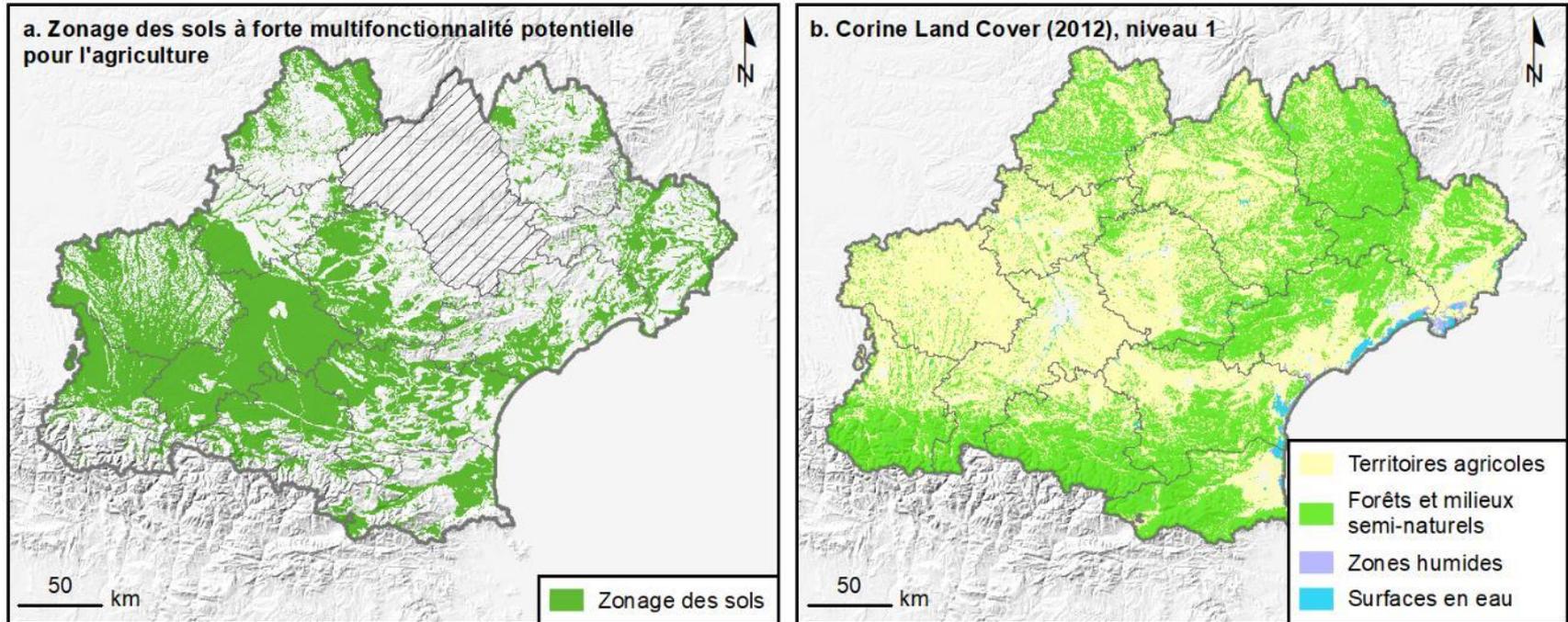
Spatialisation des résultats



- L'IMS favorise les sols profonds → Les sols agricoles actuels obtiennent plutôt des notes de multifonctionnalité potentielle élevées
- Les productions actuelles « de qualité » (AOP, IGP, vignes, *etc.*) n'obtiennent pas forcément un IMS élevé, car dans sa conception, l'IMS vise la production de biomasse avec une vision sur le très long terme
- Symbologie de la carte façon « Nutri-Score » : crainte des bêta-testeurs que ce document cartographique soit facilitateur de projets d'artificialisation des sols, sous prétexte que leur IMS est faible



Spatialisation des résultats



- L'IMS favorise les sols profonds → Les sols agricoles actuels obtiennent plutôt des notes de multifonctionnalité potentielle élevées
- Les productions actuelles « de qualité » (AOP, IGP, vignes, *etc.*) n'obtiennent pas forcément un IMS élevé, car dans sa conception, l'IMS vise la production de biomasse avec une vision sur le très long terme
- Symbologie de la carte façon « Nutri-Score » : crainte des bêta-testeurs que ce document cartographique soit facilitateur de projets d'artificialisation des sols, sous prétexte que leur IMS est faible

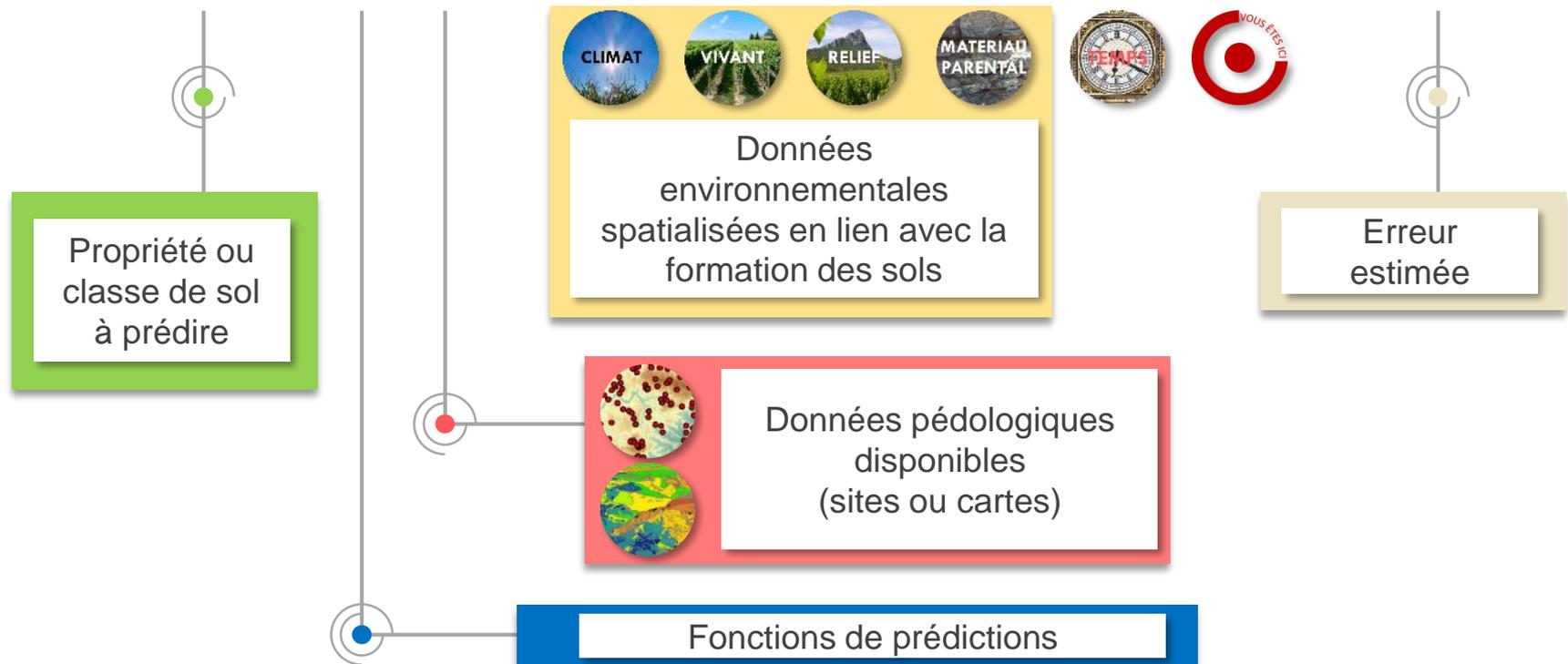


Spatialisation des résultats

La spatialisation de l'IMS à l'aide du RRP est limitée en résolution spatiale

La cartographie des sols par apprentissage automatique représente une alternative aux cartes pédologiques classiques

$$S = f(s, c, o, r, p, a, n) + \varepsilon$$



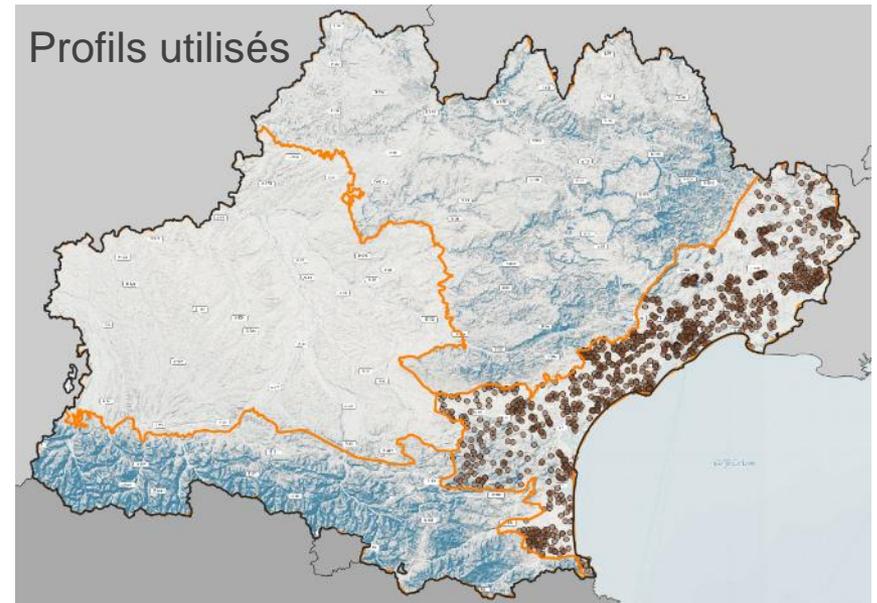
Essai de CSMS sur une sous région

2 étapes :

1. Spatialisation de 14 propriétés de sol entrant dans la définition de l'IMS

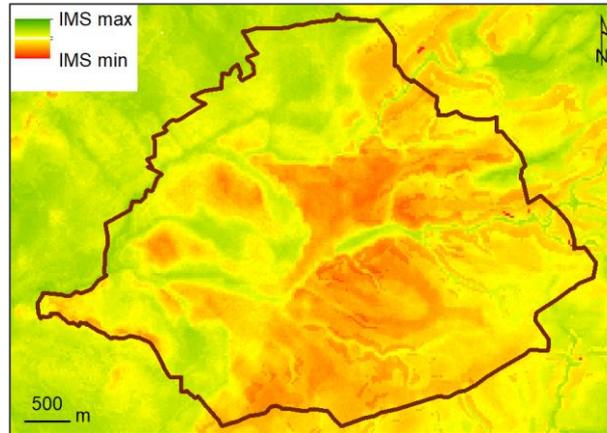
- Données pédologiques : 1229 profils de sol
- Données spatiales : MNT, RRP Occitanie, carte géologique, *etc.*
- Algorithme de spatialisation : Forêts aléatoires + interpolation des résidus

2. Assemblage des 14 cartes de propriétés de sols pour calculer une carte de l'IMS

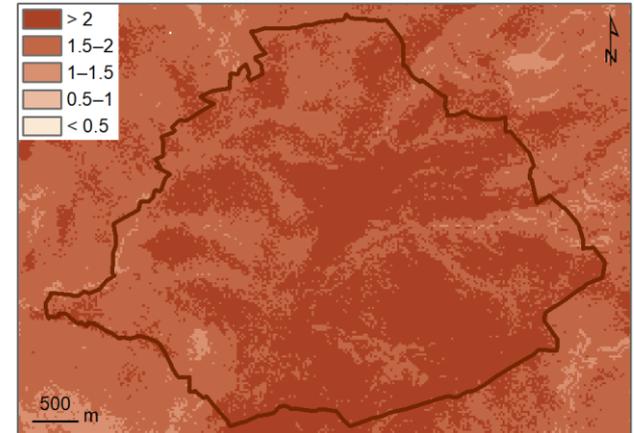


Spatialisation des résultats

Version raster : forte résolution spatiale mais forte incertitude

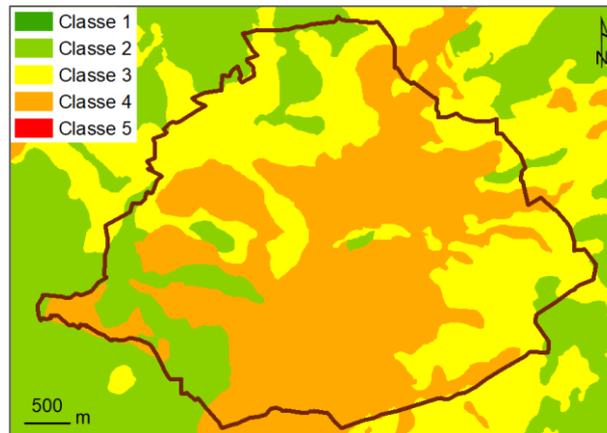


Valeurs prédites

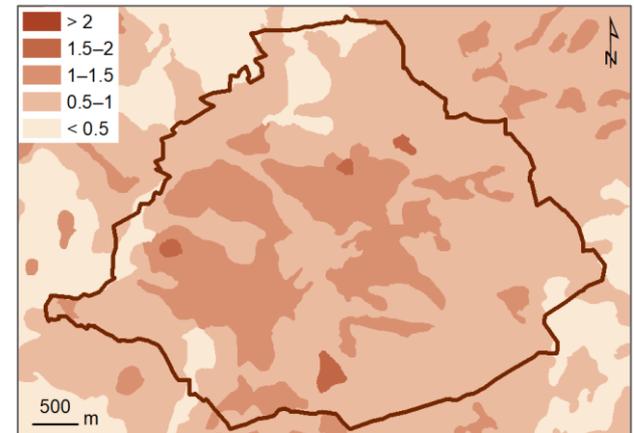


Niveaux d'incertitude

Version vecteur : Résolution spatiale plus grossière mais incertitude moins forte



Valeurs prédites



Niveaux d'incertitude

Conclusion

Une information « sol » est rendue accessible à des non-spécialistes sous la forme d'une note synthétique. Elle permet de « sanctuariser » les sols avec les meilleurs notes. Cette notation est accessible à un utilisateur qui peut la critiquer ou la relativiser.

Les autres connaissances ou informations cartographiques sont toujours à prendre en compte (ex. : ZNIEFF, zones humides, SIQO, *etc.*).

Limites

- Les cartes issues du RRP Occitanie n'ont pas la précision requise pour une évaluation à l'échelle infra-communale
- La précision des cartes issues de la CSMS est limitée par la faible densité des profils de sol utilisés par les algorithmes de spatialisation

Adaptabilité

- La densité spatiale d'observations ponctuelles de sols pourra être augmentée par moissonnage de données pédologiques anciennes afin d'améliorer la cartographie des sols par apprentissage automatique
- La méthode est modulable en termes de fonctions du sol, usages et propriétés de sol à prendre en compte
- La méthode peut être transposée à une échelle plus fine, sur un jeu de données à la parcelle par exemple



Merci de votre attention