

Cartographie numérique des sols en Bretagne

Désagrégation des Unités Cartographiques de Sol



Inventaire, gestion
et conservation
des sols

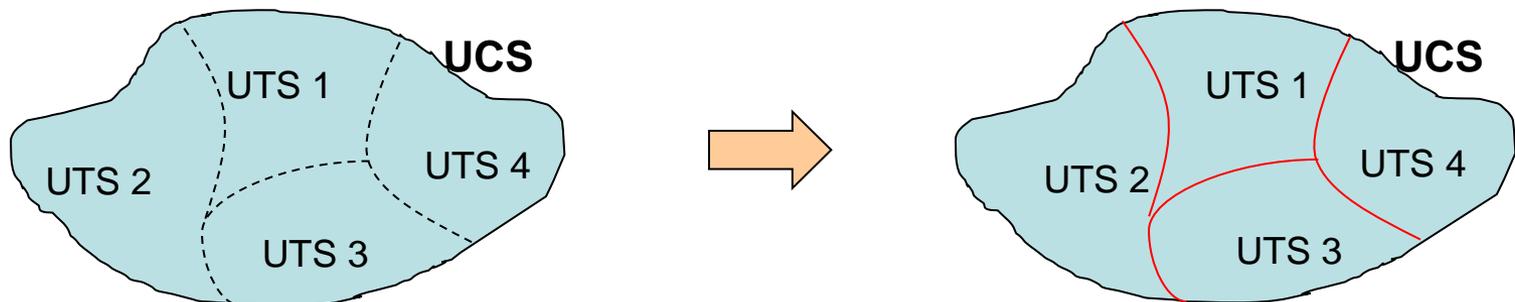


Sébastien Vincent, Blandine Lemerrier,
Lionel Berthier, Christian Walter
AGROCAMPUS OUEST, UMR SAS

18/06/2015

Objectifs

- **Objectif général** : Valoriser le Référentiel Régional Pédologique de Bretagne pour produire une information à une meilleure résolution spatiale que le RRP, dans un format plus facile à combiner avec d'autres informations.
- **Objectifs opérationnels** :
 1. Développer une méthodologie de Cartographie Numérique des Sols basée sur l'apprentissage afin de désagréger les Unités Cartographiques de Sol, c'est-à-dire délimiter les UTS
 2. Dériver les propriétés des sols à différentes profondeurs et les incertitudes associées (GlobalSoilMap)

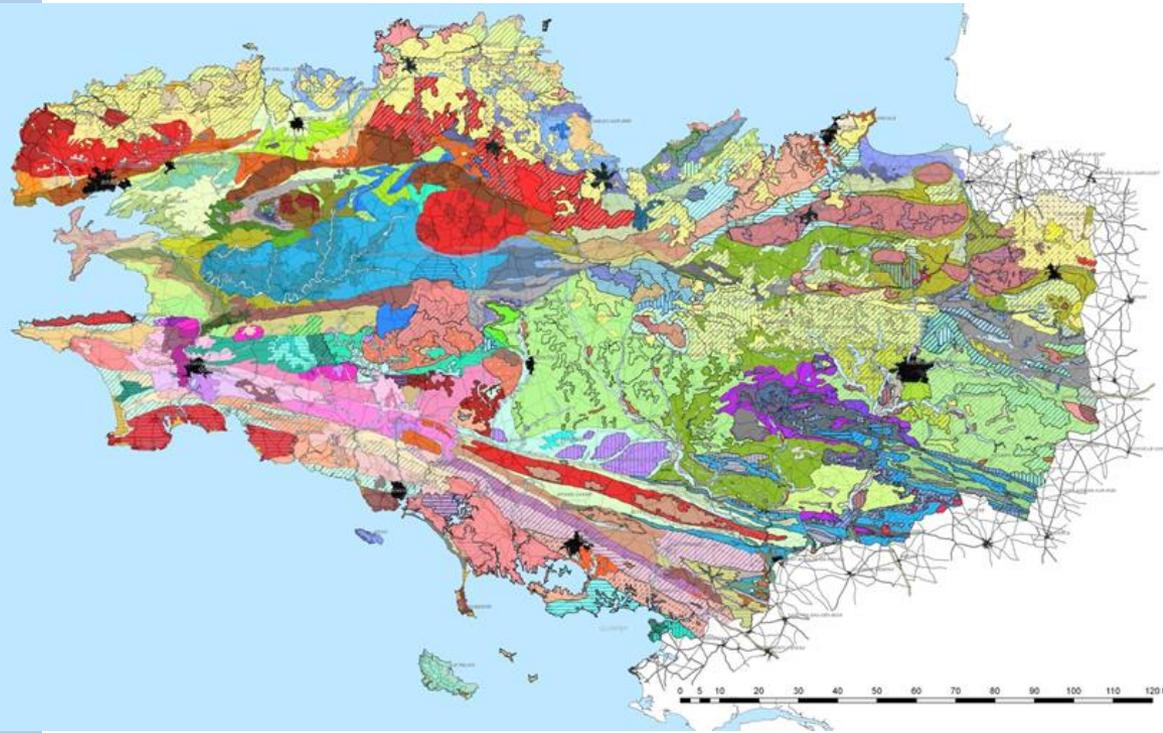


Matériels et méthodes



Le RRP Bretagne

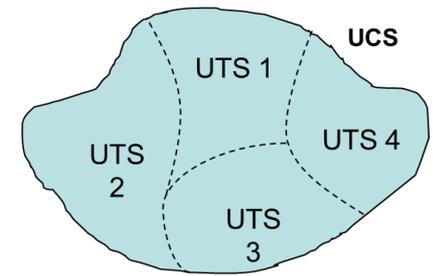
- Référentiel Pédologique régional
 - Réalisé entre 2005 et 2011
 - Labellisé en 2012, niveau “avancé”



- ➔ 341 UCS
- ➔ 320 UTS
- ➔ 4000 sondages/profils

www.sols-de-bretagne.fr

Le RRP Bretagne



COLLINES DE SAINT-AUBIN-D'AUBIGNE ET PLATEAU DE VITRE

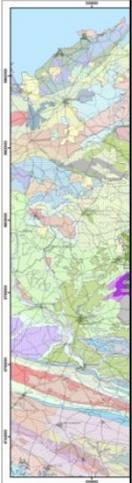
UCS 1026 : Sols peu profonds des buttes, parfois faiblement argilluviés des versants à pente faible, des paysages bocagers issus de granite



Superficie (ha) : 38914	Nombre de polygones : 9	Nombre d'UTS : 10	Organisation des UTS au sein de l'UCS : Connue
Altitude minimale (m) : 10	Altitude moyenne (m) : 82	Altitude maximale (m) : 161	Pente moyenne (%) : 3,5
Caractéristiques paysagères : Bocage dense et prairies sur collines (et plaines avec bocage à ragosse destructuré)			

Types de sols recensés :

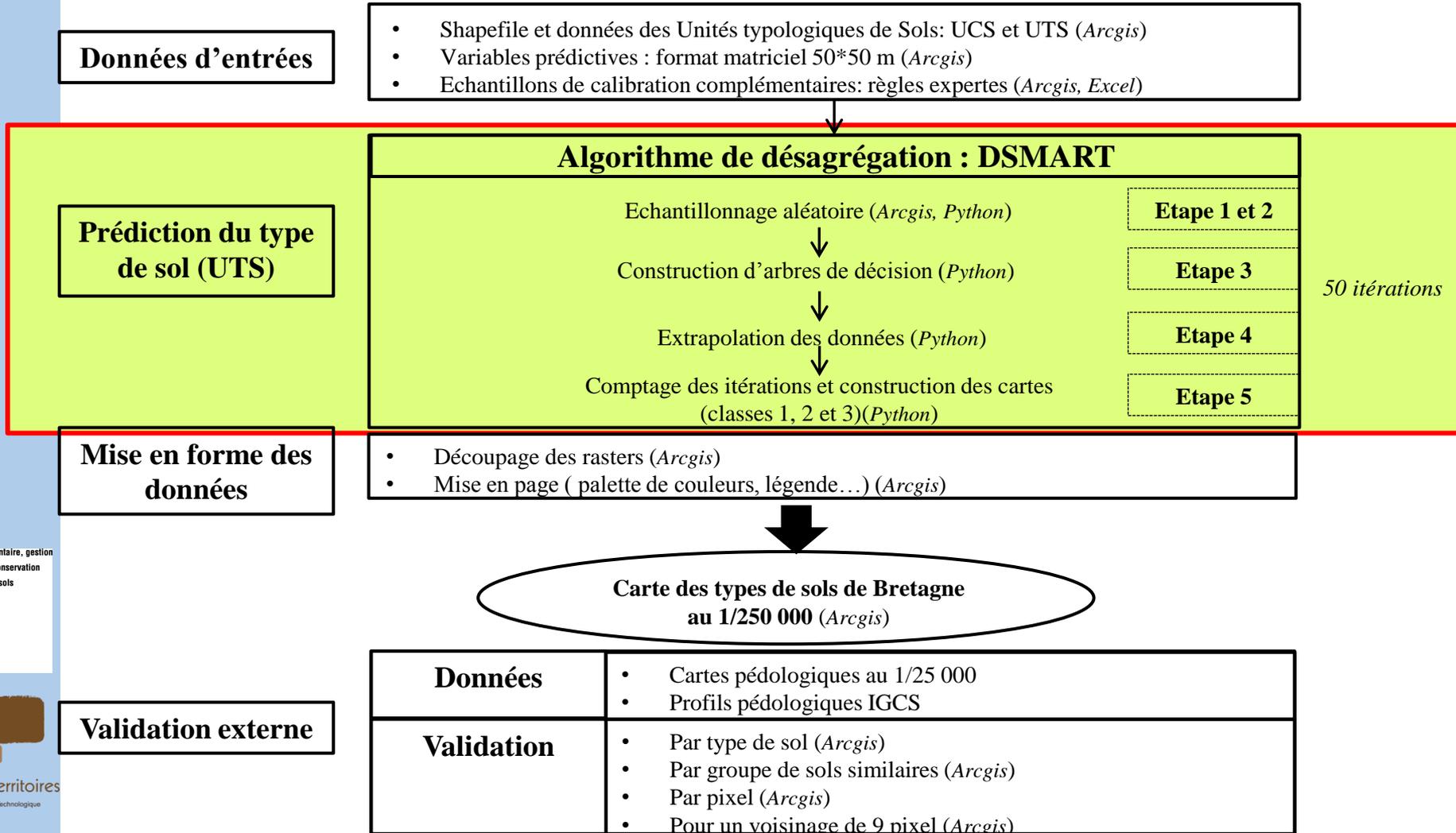
N° UTS	Dénomination	Position dominante dans le versant	Pente (%)	Occupation du sol dominante	Etendue estimée (%)
14	RANKOSOL à horizon A humifère issu de granite ou gneiss non altéré	Butte, pente moyenne à forte	0 à > 10	Végétation naturelle, boisement, prairies	5
54	BRUNISOL moyennement profond issu de granite ou gneiss à altérite sableuse ou sablo-limoneuse			Cultures, prairies	25
82	BRUNISOL profond issu de granite ou gneiss à altérite sableuse ou sablo-limoneuse	Versant	5-15	Cultures, boisements	15
85	BRUNISOL profond issu de limon éolien superposé à un autre matériau		-	Cultures	5
180	BRUNISOL-REDOXISOL hydromorphe dès la surface issu de granite ou gneiss peu altéré	Plateau, tiers inférieur, à proximité des talwegs	0 à 5	Prairies, cultures	15
245	NEOLUVISOL rédoxique issu de granite ou gneiss à altérite sableuse ou sablo-limoneuse	Tiers inférieur Proximité des talwegs ou vallées	< 5	Cultures	5
246	NEOLUVISOL profond issu de limon éolien superposé à un autre matériau	Versant			5
281	NEOLUVISOL-REDOXISOL issu de granite ou gneiss	Tiers inférieur, à proximité des talwegs			2
331	LUVISOL DEGRADE-REDOXISOL issu de granite ou gneiss souvent altéré	Bas, auréoles autour des talwegs	< 5	Prairies, cultures si drainage	5
431	FLUVIOSOL-REDOXISOL profond d'apport colluvio-alluvial ou alluvial	Bas de versant	0	Prairies humides	10



LECTURE DE LA

1. Lignes géométriques de délimitation des unités de caractérisation des sols (UCS) et des unités de typologie des sols (UTS).
2. Clé des symboles et des couleurs des unités de caractérisation des sols (UCS) et des unités de typologie des sols (UTS).
3. Clé des symboles et des couleurs des unités de caractérisation des sols (UCS) et des unités de typologie des sols (UTS).
4. Clé des symboles et des couleurs des unités de caractérisation des sols (UCS) et des unités de typologie des sols (UTS).
5. Clé des symboles et des couleurs des unités de caractérisation des sols (UCS) et des unités de typologie des sols (UTS).
6. Clé des symboles et des couleurs des unités de caractérisation des sols (UCS) et des unités de typologie des sols (UTS).
7. Clé des symboles et des couleurs des unités de caractérisation des sols (UCS) et des unités de typologie des sols (UTS).
8. Clé des symboles et des couleurs des unités de caractérisation des sols (UCS) et des unités de typologie des sols (UTS).
9. Clé des symboles et des couleurs des unités de caractérisation des sols (UCS) et des unités de typologie des sols (UTS).
10. Clé des symboles et des couleurs des unités de caractérisation des sols (UCS) et des unités de typologie des sols (UTS).

Procédure de désagrégation des UCS



Prédiction du type de sol (UTS)

- Algorithme DSMART (Disaggregation and Harmonisation of Soil Map Units via Resampled Classification Trees)
 - Algorithme de désagrégation des Unités Cartographiques de Sol
 - Développé à l'université de Sydney (Odgers et al., 2014)
- Fonctionnement de DSMART :
 - Echantillonnage (attribution de types de sol à un jeu de points choisis de façon aléatoire)
 - Construction d'arbres de décision à partir de covariables
 - Extrapolation à l'ensemble de la zone d'étude
 - Comptage des itérations → probabilités d'occurrence des différents types de sol

Procédure de désagrégation des UCS

Données d'entrées

- Shapefile et données des Unités typologiques de Sols: UCS et UTS (*Arcgis*)
- Variables prédictives : format matriciel 50*50 m (*Arcgis*)
- Echantillons de calibration complémentaires: règles expertes (*Arcgis, Excel*)

Prédiction du type de sol (UTS)

Algorithme de désagrégation : DSMART

Echantillonnage aléatoire (*Arcgis, Python*)

Etape 1 et 2

Construction d'arbres de décision (*Python*)

Etape 3

Extrapolation des données (*Python*)

Etape 4

Comptage des itérations et construction des cartes (classes 1, 2 et 3) (*Python*)

Etape 5

50 itérations

Mise en forme des données

- Découpage des rasters (*Arcgis*)
- Mise en page (palette de couleurs, légende...) (*Arcgis*)

Carte des types de sols de Bretagne
au 1/250 000 (*Arcgis*)

Validation externe

Données

- Cartes pédologiques au 1/25 000
- Profils pédologiques IGCS

Validation

- Par type de sol (*Arcgis*)
- Par groupe de sols similaires (*Arcgis*)
- Par pixel (*Arcgis*)
- Pour un voisinage de 9 pixel (*Arcgis*)

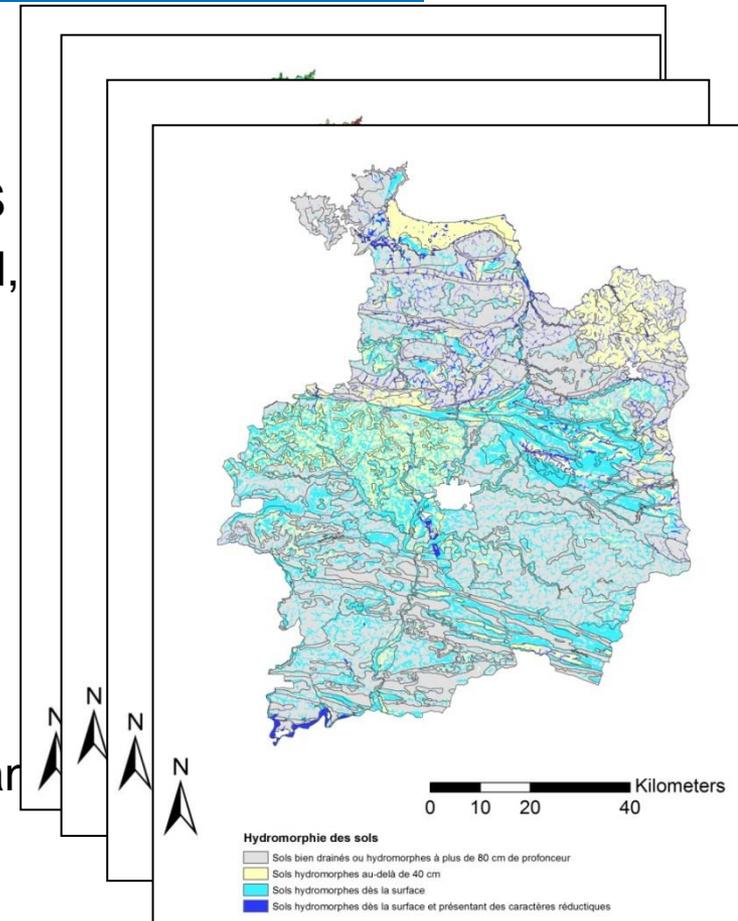
Données d'entrées

- Variables prédictives

- Topographie : altitude, Topographic Position Index (TPI), pente, contours UCS
- Géologie : prédiction du matériau parental, esquisse des limons
- Hydrologie : indice de Beven-Kirkby, hydromorphie des sols
- Autres : Occupation du sol, rapport K/Th

- Echantillons de calibration

- Assignation des UTS par pondération suivant la superficie occupée dans l'UCS
- Basés sur des règles sol/paysage



Echantillons de calibration: règles expertes

Affecter une UTS donnée à un semis de points aléatoire, en fonction de conditions environnementales

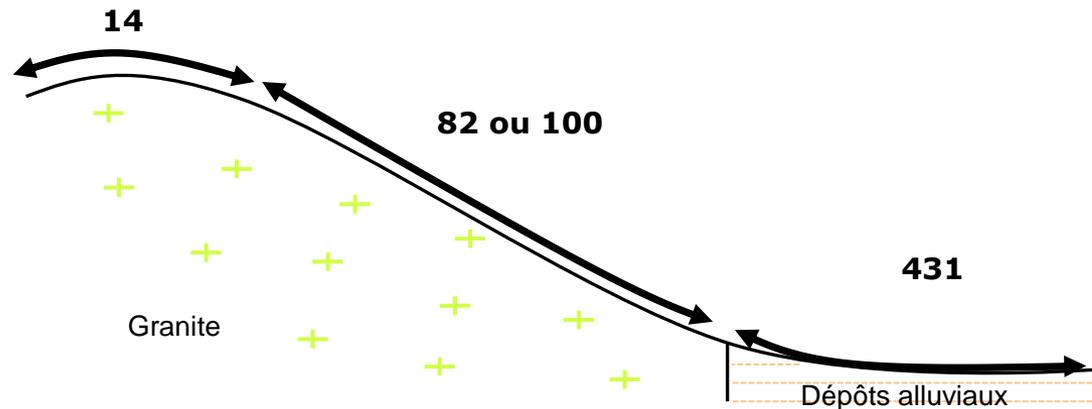
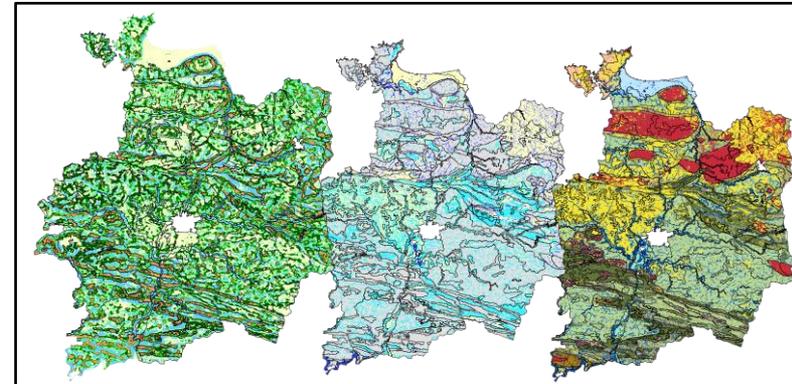
Base de données de Sol

Type de sol	Position dans le versant	Hydromorphie du sol	Matériau Parental
14	Crête	Sol sain	Granite
82	Versant	Sol sain	Granite
100	Versant	Sol sain	Granite
431	Vallée	Sol hydromorphe	Dépôts alluviaux

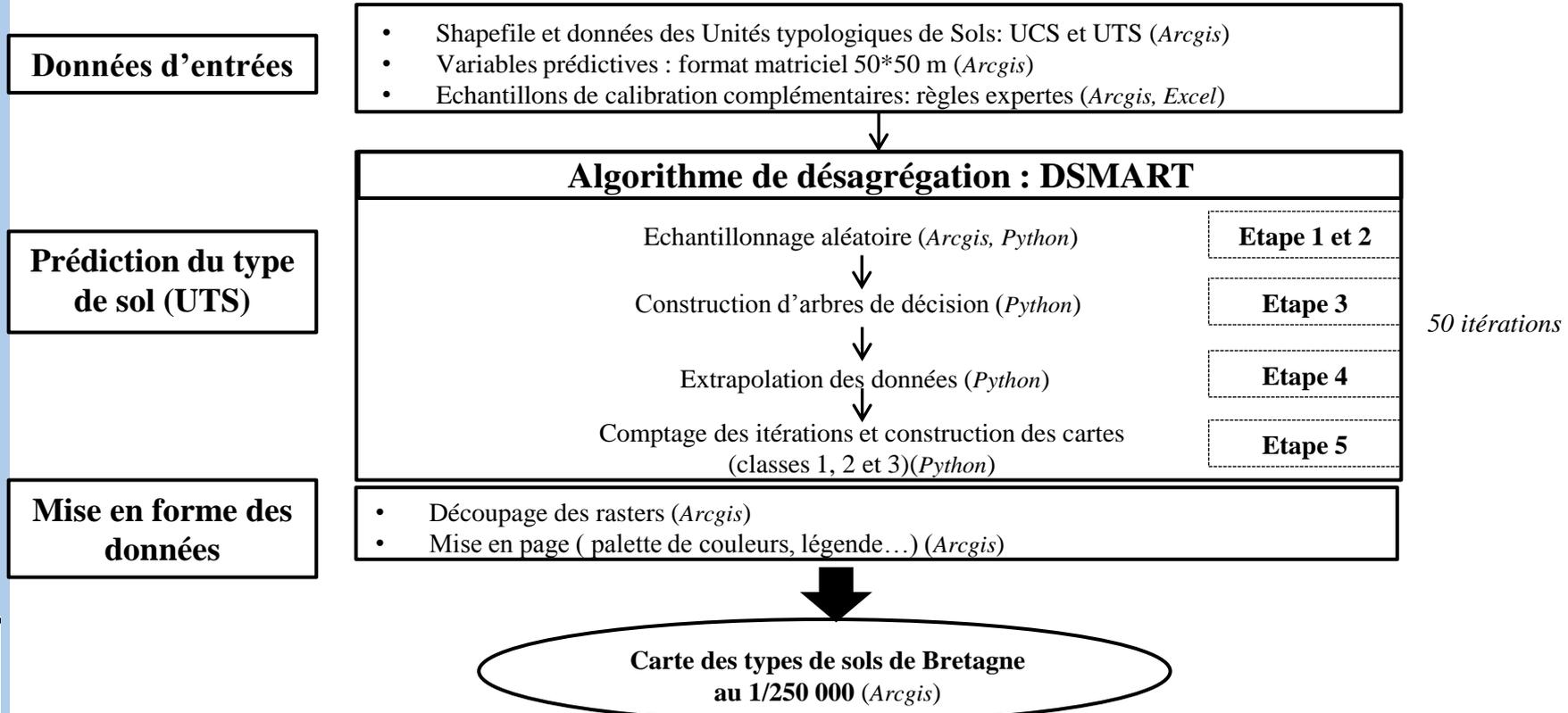
Variables environnementales

Topographic Position Index TPI
Hydromorphie du sol
Prédiction du matériau parental

Variables exhaustives



Procédure de désagrégation des UCS



Données d'entrées

- Shapefile et données des Unités typologiques de Sols: UCS et UTS (*Arcgis*)
- Variables prédictives : format matriciel 50*50 m (*Arcgis*)
- Echantillons de calibration complémentaires: règles expertes (*Arcgis, Excel*)

Prédiction du type de sol (UTS)

Algorithme de désagrégation : DSMART

Echantillonnage aléatoire (*Arcgis, Python*)

↓

Construction d'arbres de décision (*Python*)

↓

Extrapolation des données (*Python*)

↓

Comptage des itérations et construction des cartes (classes 1, 2 et 3)(*Python*)

↓

Comptage des itérations et construction des cartes (classes 1, 2 et 3)(*Python*)

- Etape 1 et 2
- Etape 3
- Etape 4
- Etape 5

50 itérations

Mise en forme des données

- Découpage des rasters (*Arcgis*)
- Mise en page (palette de couleurs, légende...) (*Arcgis*)

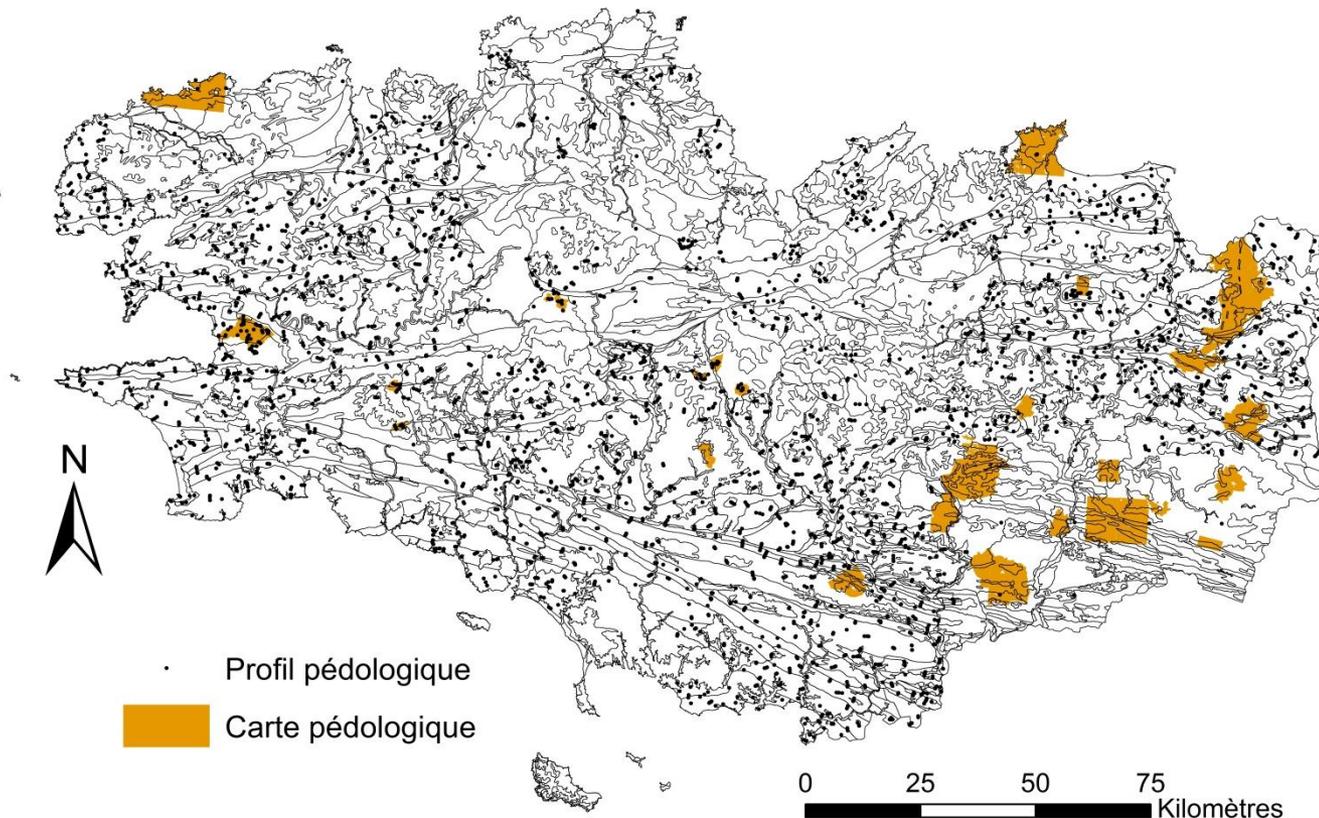
Carte des types de sols de Bretagne au 1/250 000 (*Arcgis*)

Validation externe

Données	<ul style="list-style-type: none"> • Cartes pédologiques au 1/25 000 • Profils pédologiques IGCS
Validation	<ul style="list-style-type: none"> • Par type de sol (<i>Arcgis</i>) • Par groupe de sols similaires (<i>Arcgis</i>) • Par pixel (<i>Arcgis</i>) • Pour un voisinage de 9 pixel (<i>Arcgis</i>)

Validation externe

- Données ponctuelles et surfaciques



3 761 profils

110 732 ha de
cartes 1/25000

0 25 50 75
Kilomètres

Validation externe

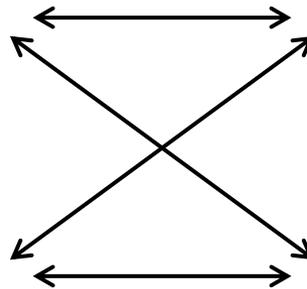
- 4 modalités de validation

Validation « Objets »

Validation « Spatiale »

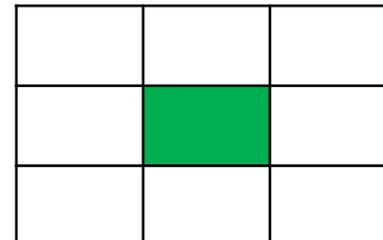
➤ Par UTS

➤ Par groupe
de sols
similaires
(204 groupes)



➤ Par pixel

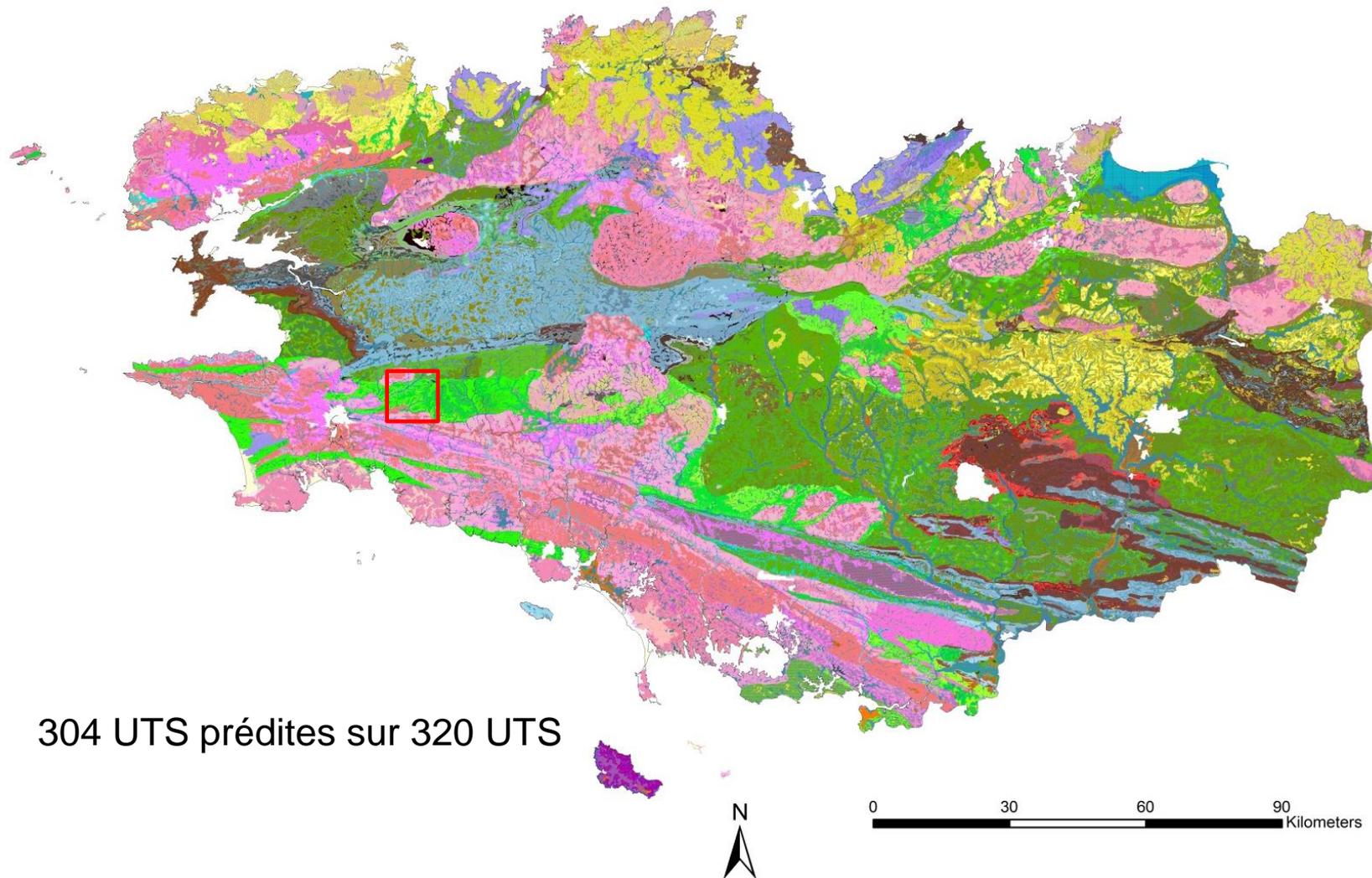
➤ Par voisinage
de 9 pixels



Résultats

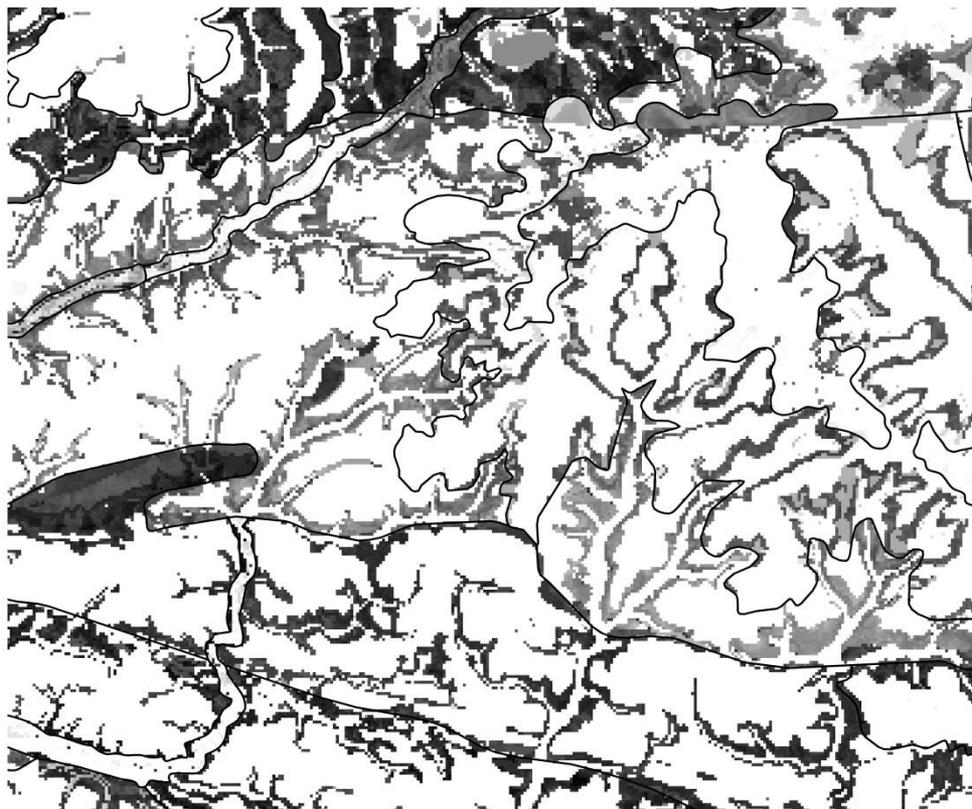


Cartographie des sols



304 UTS prédites sur 320 UTS

Cartographie des sols



Probabilité en %

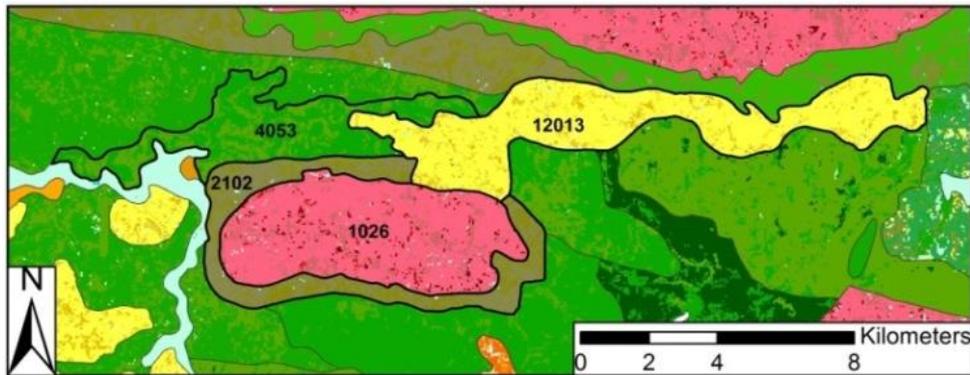
100 %

10 %

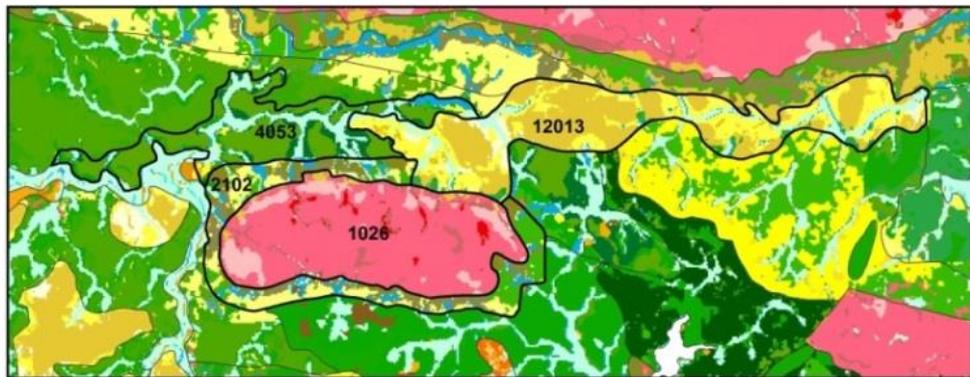
0 2 4 6 Kilometers



Effet de l'intégration de règles sol-paysage

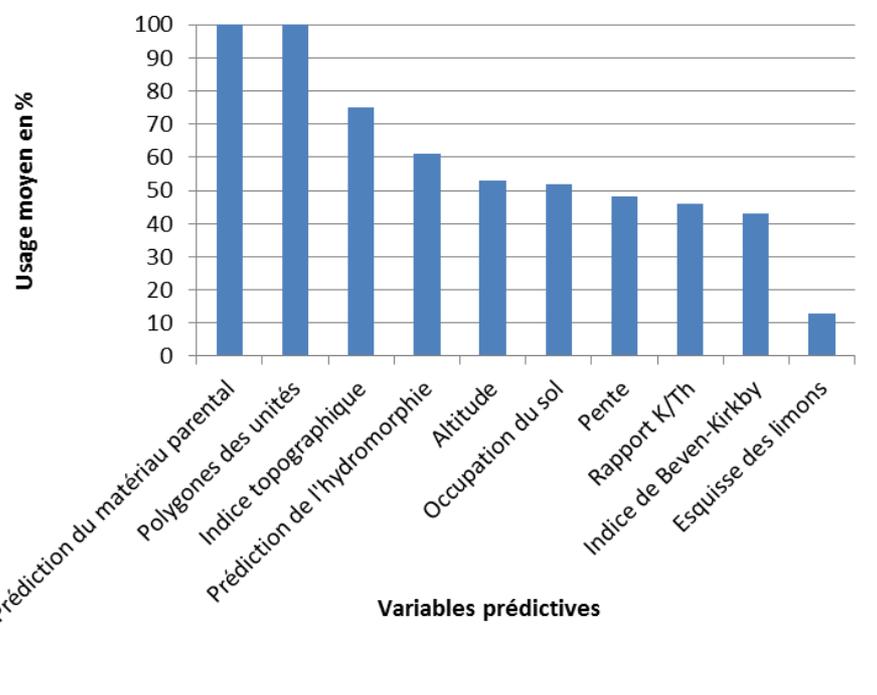


- Sans règles expertes



- Avec règles expertes

Taux d'utilisation des variables prédictives



Covariable	Usage Moyen (%)	Usage Max (%)	Usage Min (%)
Prédiction du matériau parental	100	100	100
Polygones des unités	100	100	100
Indice topographique	74,9	80,8	70,6
Prédiction de l'hydromorphie	61,1	69,7	56,2
Altitude	52,9	57,8	46,8
Occupation du sol	51,7	56,4	47,7
Pente	48,3	52,7	43,2
Rapport K/Th	45,9	51,0	41,8
Indice de Beven-Kirkby	43,0	47,7	38,9
Esquisse des limons	12,9	18,0	9,3

Validation externe

% de prédictions correctes

Cartes pédologiques					
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Total
Pixel	UTS	23	13,4	8,8	45,2
	Groupe	26,6	19,7	13,4	
Voisinage de 9 pixels	UTS	34,9	21,8	15,6	72,3
	Groupe	40,1	30,7	22,4	
Profils pédologiques					
Pixel	UTS	19,5	11,9	9,6	41
	Groupe	23,9	16,7	14,3	
Voisinage de 9 pixels	UTS	30,8	19,7	16,7	67,3
	Groupe	37,1	27,3	24,4	

Discussion et Perspectives



Discussion

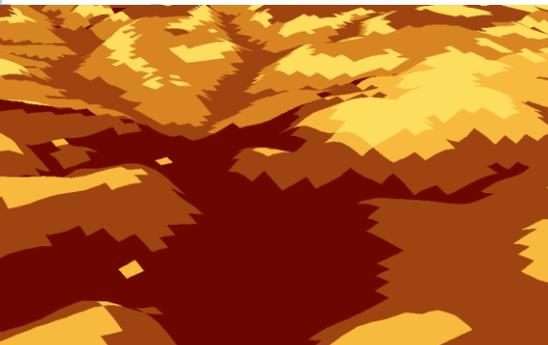
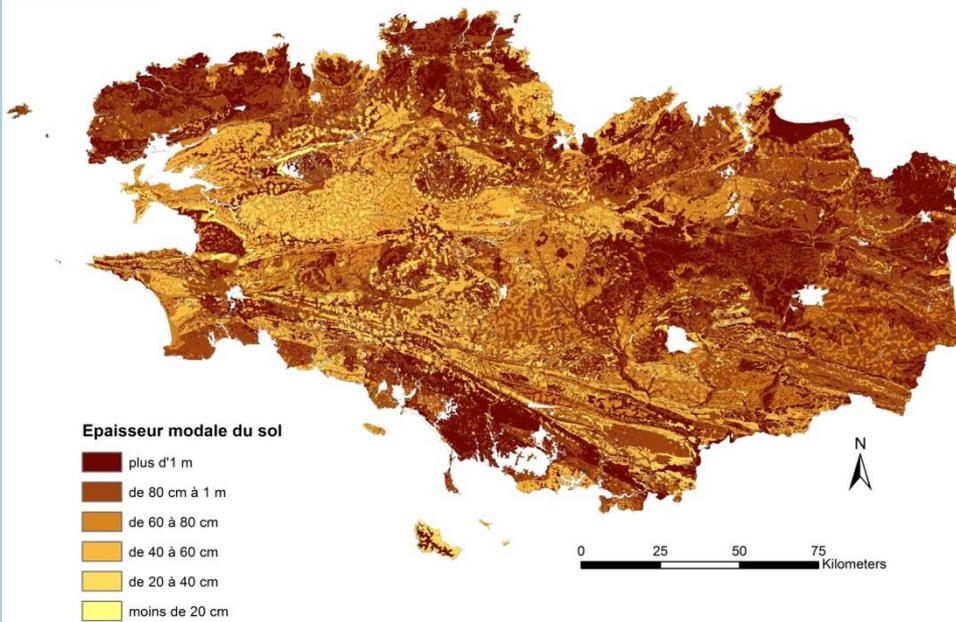
- Délimitation effective des UTS à l'échelle de la Bretagne, assortie d'une incertitude
- Valorisation de l'expertise pédologique contenue dans le Référentiel Régional Pédologique
- Résultats pédologiquement pertinents : succession cohérente des types de sols dans les versants
- Démarche innovante → introduction de règles expertes sur les relations sol/paysage
- Ces résultats sont préliminaires, nécessité de poursuivre la validation

Perspectives

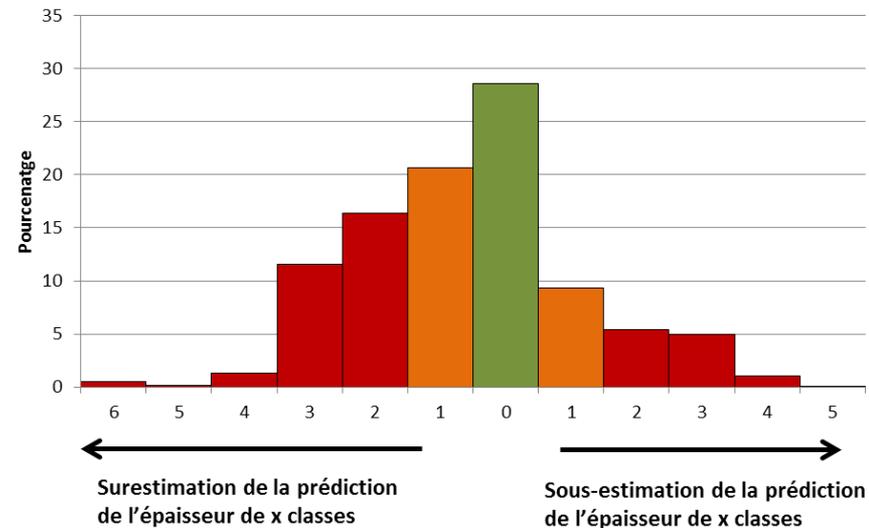
- Passage des UTS désagrégées aux propriétés de sol, associé à des incertitudes
- Adéquation avec les spécifications GlobalSoilMap
- Avantages de cette méthode :
 - ➔ cohérence entre le type de sol prédit et les propriétés
 - ➔ cohérence entre propriétés
- Les incertitudes devront être prise en compte à deux niveaux :
 - ➔ Incertitudes sur la prédiction des sols
 - ➔ Variabilité des propriétés de sols

Perspectives

- Exemple : Epaisseur du sol



Validation à partir des données ponctuelles



58% des pixels prédits avec au plus 1 classe de différence

Merci de votre attention



Inventaire, gestion
et conservation
des sols



Sébastien Vincent, Blandine Lemerrier,
Lionel Berthier, Christian Walter
AGROCAMPUS OUEST

18/06/2015

Bibliographie

- Bishop, T.F.A., McBratney, A.B., Laslett, G.M., 1999. Modelling soil attribute depth functions with equal-area quadratic smoothing splines. *Geoderma* 91(1-2), 27-45.
- Brungard, C.W., Boettinger, J.L., Duniway, M.C., Wills, S.A., Edwards, T.C., 2015. Machine learning for predicting soil classes in three semi-arid landscapes. *Geoderma* 239, 68-83.
- Bui, E.N., Moran, C.J., 2001. Disaggregation of polygons of surficial geology and soil maps using spatial modelling and legacy data. *Geoderma* 103(1-2), 79-94.
- Haering, T., Dietz, E., Osenstetter, S., Koschitzki, T., Schroeder, B., 2012. Spatial disaggregation of complex soil map units: A decision-tree based approach in Bavarian forest soils. *Geoderma* 185, 37-47.
- Heung, B., Bulmer, C.E., Schmidt, M.G., 2014. Predictive soil parent material mapping at a regional-scale: A Random Forest approach. *Geoderma* 214, 141-154.
- Holmes, K.W., Odgers, N.P., Griffin, E.A., van Gool, D., 2014. Spatial disaggregation of conventional soil mapping across Western Australia using DSMART. *Globalsoilmap: Basis of the Global Spatial Soil Information System*, 273-279.
- Kempen, B., Brus, D.J., de Vries, F., 2015. Operationalizing digital soil mapping for nationwide updating of the 1:50,000 soil map of the Netherlands. *Geoderma* 241, 313-329.
- Kempen, B., Brus, D.J., Heuvelink, G.B.M., Stoorvogel, J.J., 2009. Updating the 1:50,000 Dutch soil map using legacy soil data: A multinomial logistic regression approach. *Geoderma* 151(3-4), 311-326.
- Kerry, R., Goovaerts, P., Rawlins, B.G., Marchant, B.P., 2012. Disaggregation of legacy soil data using area to point kriging for mapping soil organic carbon at the regional scale. *Geoderma* 170, 347-358.
- Lacoste, M., Lemerrier, B., Walter, C., 2011. Regional mapping of soil parent material by machine learning based on point data. *Geomorphology* 133(1-2), 90-99.
- Lelyk, G.W., MacMillan, R.A., Smith, S., Daneshfar, B., 2014. Spatial disaggregation of soil map polygons to estimate continuous soil property values at a resolution of 90 m for a pilot study area in Manitoba, Canada. *Globalsoilmap: Basis of the Global Spatial Soil Information System*, 201-206.
- Lemerrier, B., Lacoste, M., Loum, M., Walter, C., 2012. Extrapolation at regional scale of local soil knowledge using boosted classification trees: A two-step approach. *Geoderma* 171, 75-84.
- Malone, B.P., McBratney, A.B., Minasny, B., Laslett, G.M., 2009. Mapping continuous depth functions of soil carbon storage and available water capacity. *Geoderma* 154(1-2), 138-152.
- Malone, B.P., Minasny, B., Odgers, N.P., McBratney, A.B., 2014. Using model averaging to combine soil property rasters from legacy soil maps and from point data. *Geoderma* 232, 34-44.
- Moran, C.J., Bui, E.N., 2002. Spatial data mining for enhanced soil map modelling. *International Journal of Geographical Information Science* 16(6), 533-549.
- Nauman, T.W., Thompson, J.A., 2014. Semi-automated disaggregation of conventional soil maps using knowledge driven data mining and classification trees. *Geoderma* 213, 385-399.
- Odgers, N.P., Libohova, Z., Thompson, J.A., 2012. Equal-area spline functions applied to a legacy soil database to create weighted-means maps of soil organic carbon at a continental scale. *Geoderma* 189, 153-163.
- Odgers, N.P., McBratney, A.B., Minasny, B., 2015. Digital soil property mapping and uncertainty estimation using soil class probability rasters. *Geoderma* 237, 190-198.
- Odgers, N.P., McBratney, A.B., Minasny, B., Sun, W., Clifford, D., 2014a. DSMART: An algorithm to spatially disaggregate soil map units. *Globalsoilmap: Basis of the Global Spatial Soil Information System*, 261-266.
- Odgers, N.P., Sun, W., McBratney, A.B., Minasny, B., Clifford, D., 2014b. Disaggregating and harmonising soil map units through resampled classification trees. *Geoderma* 214, 91-100.
- Subburayalu, S.K., Jenhani, I., Slater, B.K., 2014. Disaggregation of component soil series on an Ohio County soil survey map using possibilistic decision trees. *Geoderma* 213, 334-345.
- Thompson, J.A., Prescott, T., Moore, A.C., Bell, J., Kautz, D., Hempel, J., Waltman, S.W., Perry, C.H., 2010. Regional approach to soil property mapping using legacy data and spatial disaggregation techniques. *Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science: Soil solutions for a changing world, Brisbane, Australia, 1-6 August 2010. Congress Symposium 1 The GlobalSoilmap.net project*, 17-20.
- Zilj, G.M., Al Le Roux, P., Turner, D.P., 2013. Disaggregation of land types using terrain analysis, expert knowledge and GIS methods, *South African Journal of Plant and Soil*, pp. 123-129.

Validation : profils pédologiques

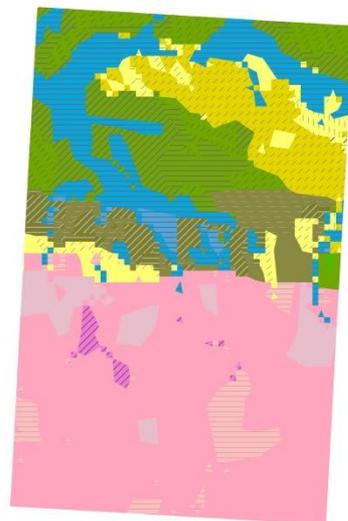
			Classe 1	Classe 2	Classe 3	Total
Côtes d'Armor	Pixel	UTS	19,8	11,5	10,1	41,4
		Groupe	22,1	16,7	15	53,8
	Voisinage de 9 pixels	UTS	28,5	18,6	15,5	62,6
		Groupe	33,9	23,7	19,5	77
Finistère	Pixel	UTS	21,3	13,3	11,7	46,2
		Groupe	27	18,5	17,3	62,7
	Voisinage de 9 pixels	UTS	33,4	22,9	19,6	76
		Groupe	41,2	29,5	26,1	96,7
Ille-et-Vilaine	Pixel	UTS	18,3	9,2	6,8	34,3
		Groupe	23,4	15	11,8	50,2
	Voisinage de 9 pixels	UTS	27,9	15	11,9	54,8
		Groupe	34,2	22,6	18,1	74,9
Morbihan	Pixel	UTS	18,7	13,6	9,8	42
		Groupe	23	16,8	13,3	53
	Voisinage de 9 pixels	UTS	33,5	22,3	19,9	75,7
		Groupe	39	33,4	34	106,4

Validation : cartes pédologiques

			Classe 1	Classe 2	Classe 3	Total
Côtes d'Armor	Pixel	UTS	30,7	8,8	5,1	44,6
		Groupe	32,5	12	6,5	51
	Voisinage de 9 pixels	UTS	47,6	15,7	11,2	74,5
		Groupe	51,1	22,2	14,8	88,1
Finistère	Pixel	UTS	25,1	21,2	14,7	60,9
		Groupe	32,1	37	25,2	94,3
	Voisinage de 9 pixels	UTS	34,2	30	22	86,2
		Groupe	43,2	49,1	35,5	127,8
Ille-et-Vilaine	Pixel	UTS	18,8	10,8	6,5	36,1
		Groupe	22,5	13,7	9,7	45,9
	Voisinage de 9 pixels	UTS	29,6	19,4	13,1	62,1
		Groupe	35	24,1	18,2	77,3
Morbihan	Pixel	UTS	17,4	12,8	9,1	39,2
		Groupe	19,2	16,3	12	47,5
	Voisinage de 9 pixels	UTS	28,5	22	15,9	66,3
		Groupe	31	27,4	21,3	79,7



Carte précise



Carte prédite

