

L'approche morphopédologique au 21^{ème} siècle dans les projets de cartographie des sols : une approche naturaliste rénovée

Alexandre Poiraud¹, Cédric Laveuf², Véronique Genevois-Gomendy³, Jean-Marcel Morel⁴, Céline Collin-Bellier², Maritxu Guiresse⁵, Eva Rabet⁵

- 1- **Géomorphologue** / Bureau d'études Inselberg, Chapchiniès, 48130 Peyre-en-Aubrac
- 2- **Pédologue** / Bureau d'études Solenvie, 1 Chemin des Carrières 33710 PRIGNAC ET MARCAMPS
- 3- **Pédologue** / Bureau d'études Sol Environnement, Les Ouguières 15240 Le Monteil
- 4- **Géologue, volcanologue** / Bureau d'études TerraMater, 8 rue de la garde, 63110 Beaumont
- 5 – **Pédologue** / Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement, CNRS Avenue de l'Agrobiopole – BP 32607 31326 Castanet Tolosan Cedex



Webinaire
Inventaire Gestion et Conservation
des Sols

· Échanges
· Partage
· Ateliers

8 & 9
Avril
2021

Comment la prise en compte des sols participe à l'atteinte
des objectifs de développement durable des territoires ?

agro.bordeaux.fr/webinaire-igs-2021



1. Bref rappel historique et principes de l'approche morphopédologique
2. Démocratisation des outils de modélisation et d'analyse spatial et développement de la CSMS (DSM)
3. Projet et cadre géoscientifique du Nord Aveyron

-
4. Utilisation des apports de la géologie, géomorphologie et morphométrie pour la stratégie d'échantillonnage
 5. Traitement des données d'UTS et essai d'extraction des principaux facteurs de localisation préférentielle.

-
6. Analyse critique de l'approche : les + et les -



Bref rappel historique et principes de l'approche morphopédologique

*Agronomie Tropicale Serie 2 1972 pp 330-338
vol 27(3)*

LES INVENTAIRES MORPHOPÉDOLOGIQUES

Conceptions - Application au développement agricole

par

J. KILLIAN

Pédologue

Division d'Agronomie (IRAT)

⇒ Principalement utilisée et mise en œuvre par l'ORSTOM-IRD en Afrique de l'Ouest et autres pays de la zone intertropicale

⇒ Approche assez française, mais assez proche de la *Soil Geomorphology* ou *Geopedology* des anglosaxons

Tout en cherchant cette solution, sous l'impulsion de chercheurs ouverts à la synthèse, à la faveur de réunions de groupes de travail diversifiés qui ont favorisé les liaisons interdisciplinaires, il s'est peu à peu façonné, chez les pédologues, une prise de conscience des avantages qui peuvent être tirés d'une conception résolument interdisciplinaire de la prospection pédologique, et en particulier de l'intérêt d'utiliser plus systématiquement et sous un aspect plus dynamique les méthodes et les résultats de la géomorphologie. La géomorphologie, science dont l'objet est l'étude des formes du relief et de leur évolution, est d'une aide constante et précieuse pour le pédologue dont l'une des activités parmi tant d'autres est la détermination des types de sols existants et leur répartition dans la nature.

Dans une région donnée et sous des conditions climatiques analogues (dans un même système morphogénétique), l'unité morphopédologique peut être conçue comme étant une étendue de territoire où unités géomorphopédologiques et unités de sols correspondants, déterminés, coexistent. Si dans une région on définit les unités géomorphologiques, les probabilités sont fortes de retrouver à l'intérieur de celles-ci les mêmes unités ou séquences de sols ; ce déterminisme peut également s'exprimer en écrivant que pour une région donnée, aux grandes unités géomorphologiques correspondent les mêmes grandes unités ou groupes d'unités de sols.

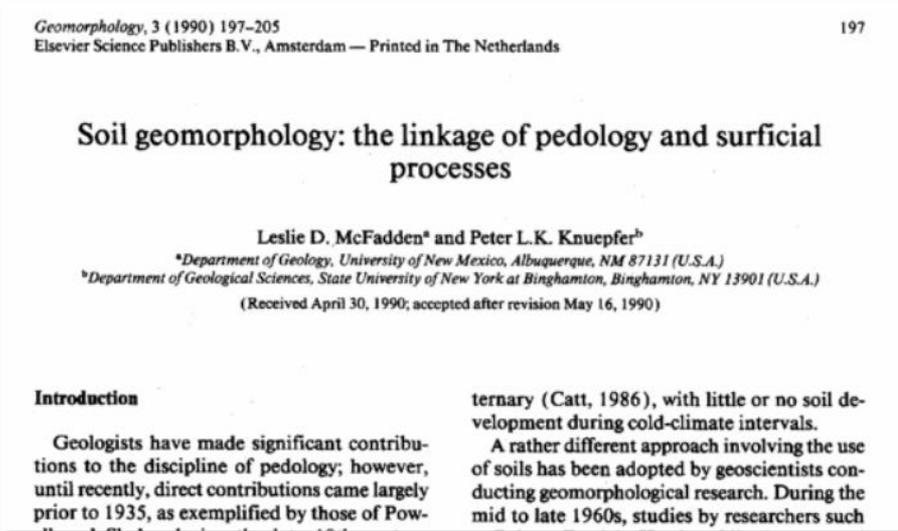
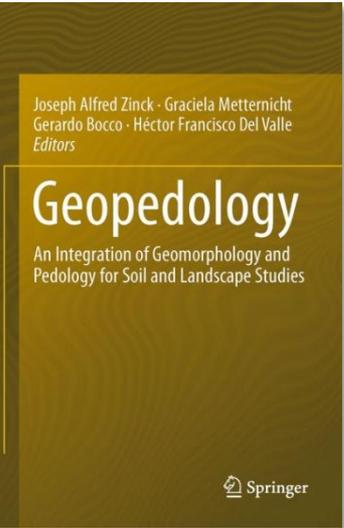
Bref rappel historique et principes de l'approche morphopédologique

J. KILIAN, F. THIBOUT
IRAT, 1970.

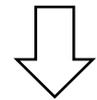
INTERFLEUVE MORONDAVA-KABATOMENA (MADAGASCAR)
INVENTAIRE MORPHOPÉDOLOGIQUE
Légende

	Niveau haut					Niveau bas		
Symboles								
UNITÉS GÉOMORFOLOGIQUES	Anciens bancs de sables fluviaux	Levés alluviales ou bourrelets de berge	Zone externe aux levés alluviales (plaine inondable)	Cuvette de débordement		Bancs de sables fluviaux vifs	Bancs de sables fluviaux avec recouvrements fins	Zone d'alluvionnement actuelle
UNITÉS PÉDologiques (SOLS DOMINANTS)	Sols bruts d'apport	<ul style="list-style-type: none"> - Peu évolués d'apport - Peu évolués d'apport hydromorphes 	<ul style="list-style-type: none"> - Peu évolués d'apport hydromorphes - Hydromorphes minéraux 	<ul style="list-style-type: none"> - Peu évolués d'apports hydromorphes - Hydromorphes minéraux à pseudogley - Hydromorphes minéraux à gley 		Bruts d'apport	<ul style="list-style-type: none"> - Peu évolués d'apport hydromorphes 	<ul style="list-style-type: none"> - Peu évolués d'apport hydromorphes - Hydromorphes minéraux à pseudogley
CARACTÈRES TEXTURAUX	Texture très grossière	<ul style="list-style-type: none"> - Texture grossière à très grossière - Intercalation possible d'horizons argileux - Horizon superficiel: texture grossière à moyenne 	Texture très variable et hétérogène	Argile sur sable Épaisseur argile de surface ≥ 30 cm à 40 cm	Argile sur sable Épaisseur argile de surface entre 10 cm et 40 cm	Texture très grossière	<ul style="list-style-type: none"> - Texture très grossière - Recouvrements fins ou lentilles fines dans la masse 	<ul style="list-style-type: none"> - Texture variable et hétérogène à tendance fine
PROCESSUS DOMINANTS	Formes stabilisées	<ul style="list-style-type: none"> - Dynamique localement intense: entaille, sapements surtout 	Dynamique faible: légers apports alluviaux par inondation de faible amplitude	Apports alluviaux à texture fine par inondations annuelles de forte amplitude		Formes très instables arrachements	<ul style="list-style-type: none"> - Dynamique forte - Formes instables d'une année sur l'autre 	<ul style="list-style-type: none"> - Dynamique assez intense. Formes sujettes aux entailles, recouvrements sableux, formes instables
FACTEURS LIMITANTS OU CONTRAINTES (TEXTURE, HYDROLOGIE)	Drainage excessif nappe très profonde sols très secs, sables très grossiers	<ul style="list-style-type: none"> - Drainage souvent excessif - Épais horizons sableux - Inondations locales rapides - Régimes d'amphigley à fluctuation forte de la nappe 	<ul style="list-style-type: none"> - Profondeur parfois très faible de la nappe phréatique - Inondations 	<ul style="list-style-type: none"> - Inondations fortes et longues - Sols localement secs en saison sèche - Nappes lenticulaires 	<ul style="list-style-type: none"> - Inondations fortes - Sols localement secs en saison sèche - Épais horizons sableux - Nappes lenticulaires 	Texture très grossière	<ul style="list-style-type: none"> - Texture - Épaisseur variable du recouvrement et des lentilles - Inondations annuelles 	<ul style="list-style-type: none"> - Inondations annuelles - Nappe phréatique peu profonde - Variations texturales
ORIENTATIONS CULTURALES	Néant Reboisement	<ul style="list-style-type: none"> - Localement: cultures pluviales (maïs, arachide) 	<ul style="list-style-type: none"> - Cultures de décrues en cultures vivrières - Riz assisté 	Double culture riz annuelle si maîtrise de l'eau		Néant	<ul style="list-style-type: none"> - Cultures très ponctuelles et annuelles (cultures maraichères de décrue) 	<ul style="list-style-type: none"> - Cultures de décrue (pois du Cap, maïs, arachide)
PROPOSITIONS D'ÉTUDE	Études de détail inutiles	Études de détail très localisées et sur de petites superficies	Nécessité études pédologiques de détail	Études de détail nécessaires si la maîtrise de l'eau est acquise		Études ultérieures inutiles	Études ultérieures inutiles	Études pédologiques de détail très utiles
SIGNES PARTICULIERS		Ancien cours à lit sableux.		Ancien cours à lit avec recouvrement argileux.			Limite approximative.	
								Sables roux.

Bref rappel historique et principes de l'approche morphopédologique



Géomorphologie **structurale** => lien entre lithostructures et lignes de relief
Géomorphologie **dynamique** => variation des reliefs par les modèles, traduisant les processus zonaux et azonaux



≈ pédogénèse

Approche résolument naturaliste basée sur l'analyse de bureau et le terrain

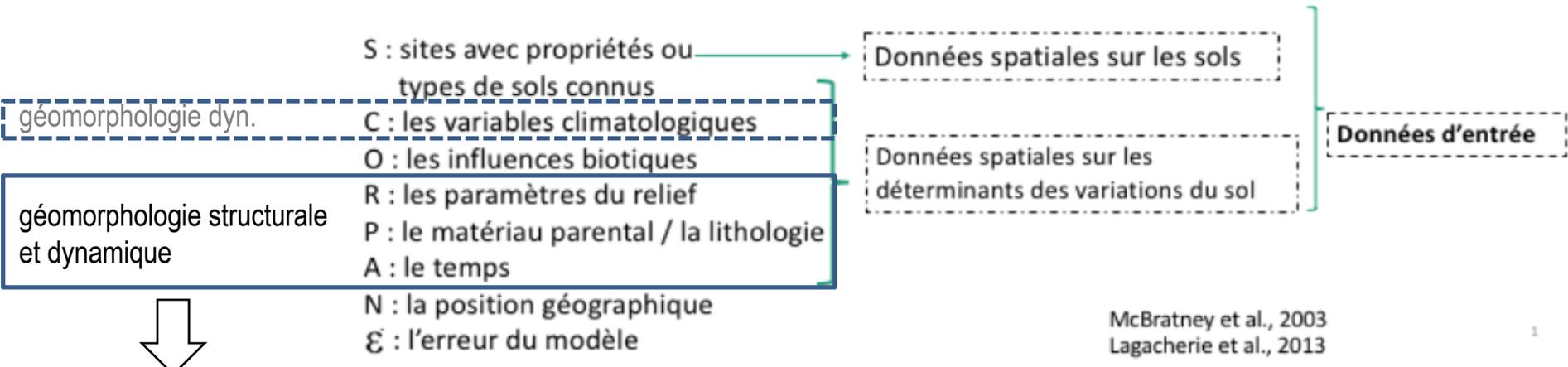
CSMS et démocratisation informatique

« La cartographie des sols par modélisation statistique (CSMS) connue à l'échelle internationale sous le vocable « Digital Soil Mapping » (DSM) peut être définie comme **la production d'estimations spatialisées de types de sol ou de valeurs de propriétés des sols en tout point de l'espace par des modèles statistiques alimentés par des données spatiales environnementales et calibrés avec les données de sol disponibles sur la zone d'étude.** »

In. Voltz, M., Arrouays, D., Bispo, A., Lagacherie, P., Laroche, B., Lemerrier, B., Richer de Forges, A., Sauter, J., Schnebelen, N. 2018. La cartographie des sols en France : État des lieux et perspectives. Synthèse du rapport. INRA,

$$S = f(S, C, O, R, P, A, N) + \epsilon$$

S : propriété de sol ou unité typologique de sol
f : la fonction de prédiction



McBratney et al., 2003
 Lagacherie et al., 2013

Variable intégrée synthétisant les interactions

Moore's Law: The number of transistors on microchips doubles every two years



Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important for other aspects of technological progress in computing – such as processing speed or the price of computers.

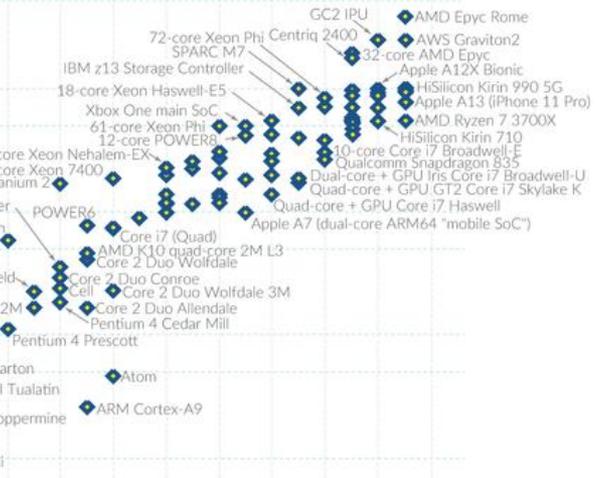
Transistor count

50,000,000,000
10,000,000,000
5,000,000,000
1,000,000,000
500,000,000
100,000,000
50,000,000
10,000,000
5,000,000
1,000,000
500,000
100,000
50,000
10,000
5,000
1,000

1970 : quelques opération/seconde
2017 : 1.10¹⁵ opérations/seconde

Technologie SSD

...mais difficile de dépasser 5Ghz de fréquence sans sur-refroidissement (IBM à 500 Ghz mais refroidissement à l'hélium liquide à -269°C)



=> Démocratisation des capacité de calcul et de stockage

Year in which the microchip was first introduced

Data source: Wikipedia (wikipedia.org/wiki/Transistor_count)
OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems. Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

- + explosion de l'OpenData et de l'OpenSource
- + des données environnementales de + en + précises

EN SYNTHÈSE

1. Facilité d'accès au couple « *computer & data* » pour l'approche par CSMS
2. Intégration organique séquentielle de données environnementales à haute signification géomorphologique en CSMS
3. Forte compatibilité entre la CSMS et l'approche morphopédologique d'où *la rénovation de l'approche naturaliste ou une approche naturaliste augmentée !*

Projet et cadre géoscientifique du Nord Aveyron



www.cnrs.fr

CNRS – Délégation Régionale
16 Avenue Édouard Belin
BP 24367
31055 TOULOUSE Cedex 4



05.61.33.60.00



05.62.17.29.01

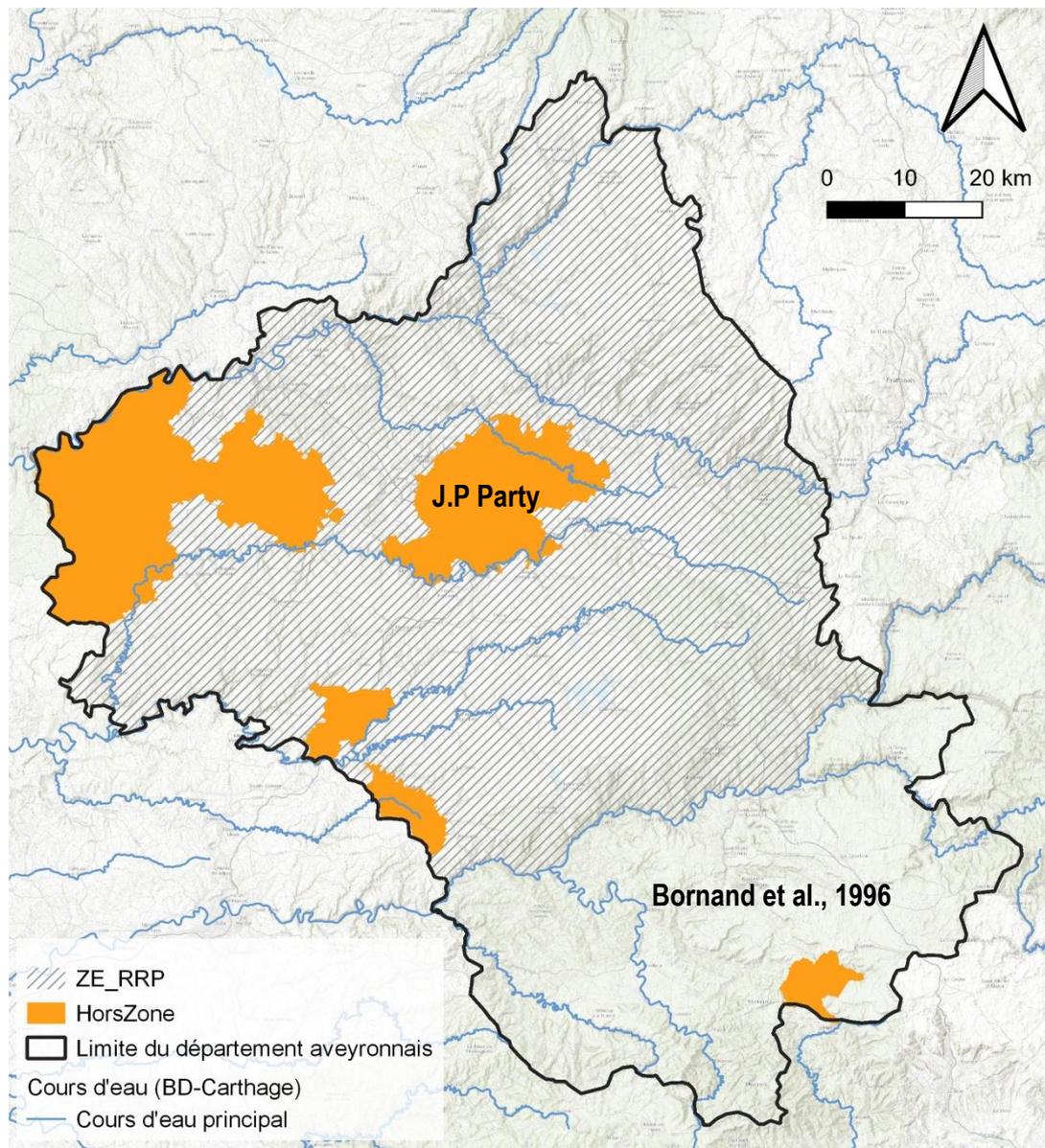
Réalisation du Référentiel Régional
Pédologique Midi-Pyrénées en
zones de montagne dans le
département de l'Aveyron

Cartographie des pédo-paysages à 1/250k

537 000 ha

1360 sondages tarière (1/400ha)

70 fosses (1/7700 ha) + 122 fosses alentours



Projet et cadre géoscientifique du Nord Aveyron

Schéma structural de l'Aveyron

SOCLE
 UP, UIG, USG : Ensemble de terrains cristallophylliens de schistes/micaschistes, paragneiss et orthogneiss

GLA du Lézou
 3 ensembles plutoniques granitoïdes

COUVERTURE SEDIMENTAIRE
 Bassins stéphaniens et permo-triasiques de Decazeville, Marcillac et du Lot
 Bassin permien de St-Affrique
 Ensembles mésozoïques calcaires à marno-calcaires quercynois, dans le Détroit de Rodez et les Grands Causses

Eo-oligocène dispersé dans des petits bassins (ex. Flavin) et surtout en placages sur les surfaces d'aplanissement et anciens glacis

VOLCANISME
 Volcanisme effusif de l'Aubrac
 Volcanisme mixte du Cantal
 Volcanisme effusif de l'Escandorgue

FORMATIONS QUATERNAIRES
 => Voir géomorphologie

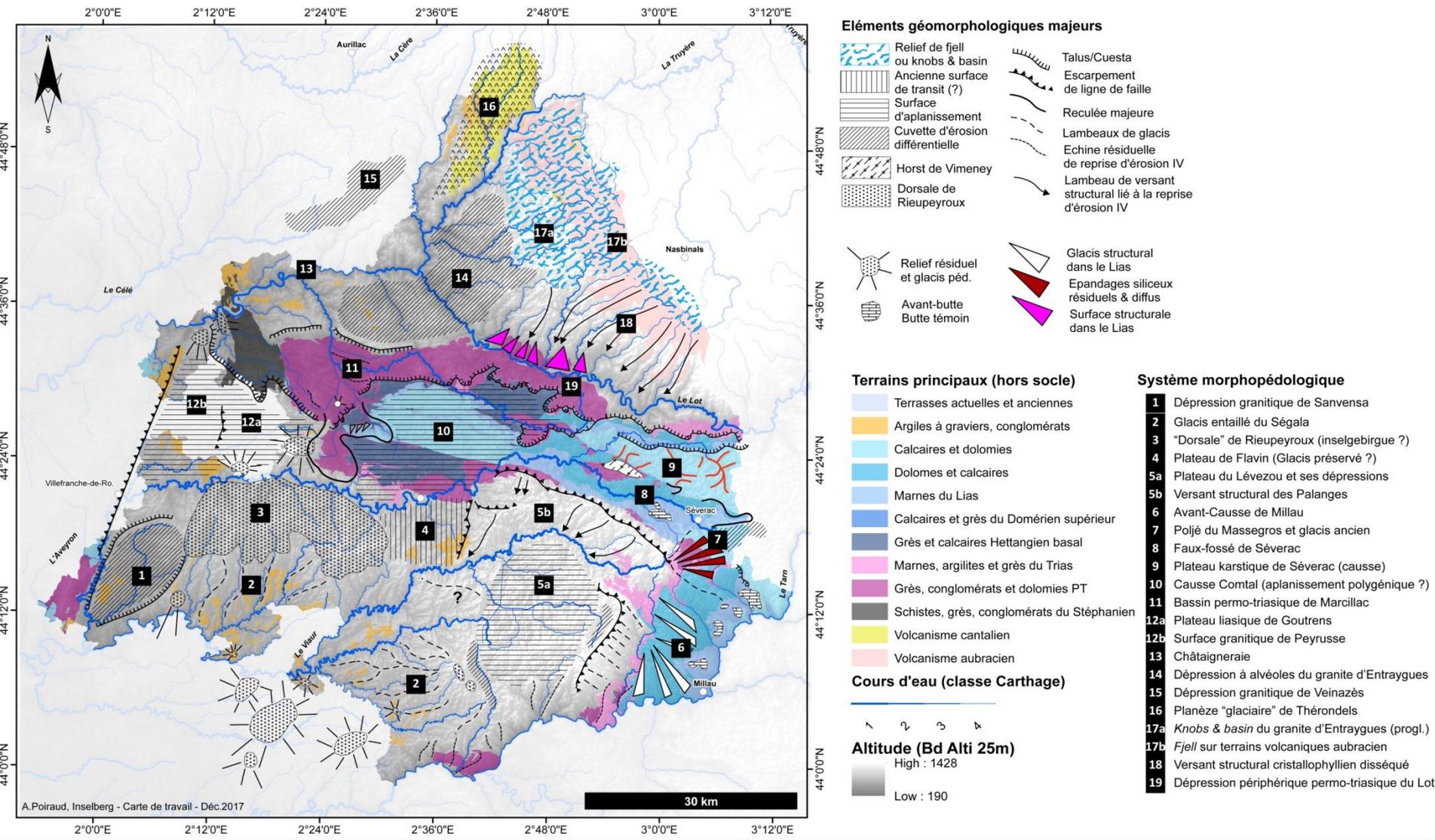
TECTONIQUE et STRUCTURE
 Organisation en fossés, nappes de charriage, plutonisme, etc. jouant sur les effets de relief



BRGM, 2008

Localisation des sondages

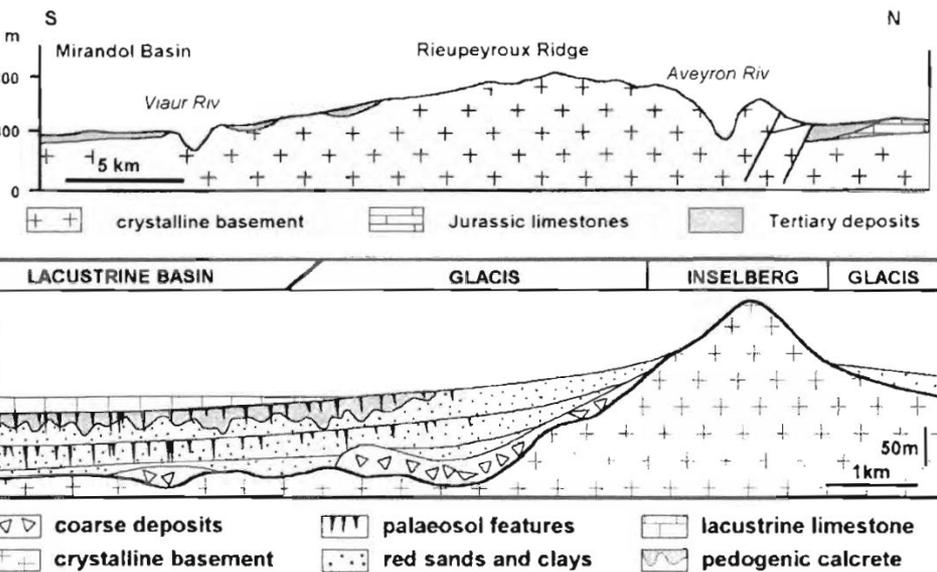
- . Segmentation de la ZE en secteur morphopédologique : biblio, terrain, analyse du relief et ses dérivées, croisement avec la géologie.
- . Ciblage *a priori* des problématiques pédogénétiques par secteur => guide pour la localisation des sondages



Domaine géomorphologique des Grands Causses

Unité morphologique	Forme principale	Type de forme	Formation superficielle majoritaire	Bilan P/M	Problématique pour la pédologie
Causse de Séverac	Vallon fluvio-karstique	Q, H	Argile de décarbonatation, colluvions, matériel périglaciaire	+	Accumulation de matériaux récents (Q), fersialitisation héritée
	Dépression karstique (doline)	Q, H		+	
	Relief résiduel à l'aplanissement karstique (<i>Kuppenkarst</i> supposé, reliques de <i>hums</i> , etc.)	H	Souvent peu de FS	-	Possible phénomènes cryoclastiques > 800m
	Reculée	Q	Formation de pente (éboulis, formation gélifluée)	- en haut + en bas	Complexité des FS, effet d'orientation générale, catena pressentie
	Front de cuesta, corniche bordière	Q			
	Dépression liasique	Q	Colluvio-alluviale, altérite du substrat	+	Forte anthropisation (drainage possible ?)
Causse du Massegros	Plateau, surface d'aplanissement karstique	H	Argile de décarbonatation dans les fissures, sables dolomitiques, épandages siliceux en provenance des Palanges et des blocs PT	Variable selon les micro-topos et les fissures paléokarstiques	Variété de la chimie des sols en fonction des formations superficielles, variété des épaisseurs de sols en fonction des fissures paléokarstiques
	Vallon fluvio-karstique	Q	Argile à chaille, colluvions, matériel périglaciaire	+	Accumulation de matériaux récents (Q), fersialitisation héritée, chaille et épandage cristallin
	Dépression karstique (doline et poljé)	Q, H			
	Banquette de corrosion karstique	H	Peu de FS	-	RAS
	Front de Cuesta	Q	Formation de pente (éboulis, formation gélifluée)	- en haut + en bas	Variabilité spatiale et typologique des formations d'éboulis, variabilité du bilan P/M selon la topo locale, existence de murets dans les pentes fortes
	Canyon du Tarn et corniche	Q	Corniche, paroi nue, pitons dolomitiques, Formation de pente (éboulis, formation gélifluée), formation alluviale en bas de canyon		
			Sommet : Argile de	+ sur les sommets	Sommet : variété des

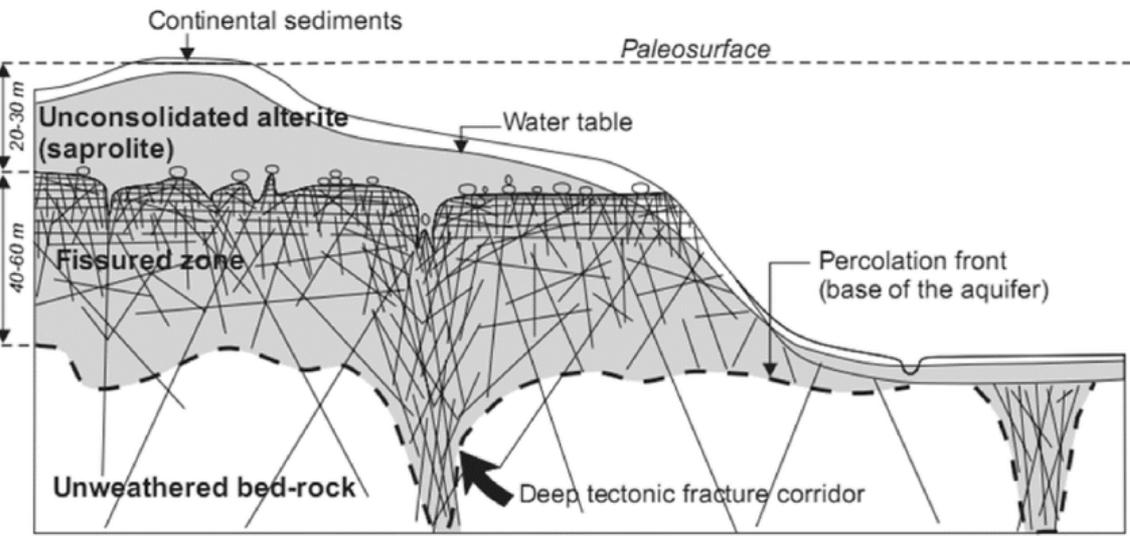
Localisation des sondages



Simon-Coinçon R, Thiry M, Schmitt J-M. 1997. Variety and relationships of weathering features along the early Tertiary palaeosurface in the southwestern French Massif Central and the nearby Aquitaine Basin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **129** : 51-79. DOI: 10.1016/S0031-0182(96)00122-8



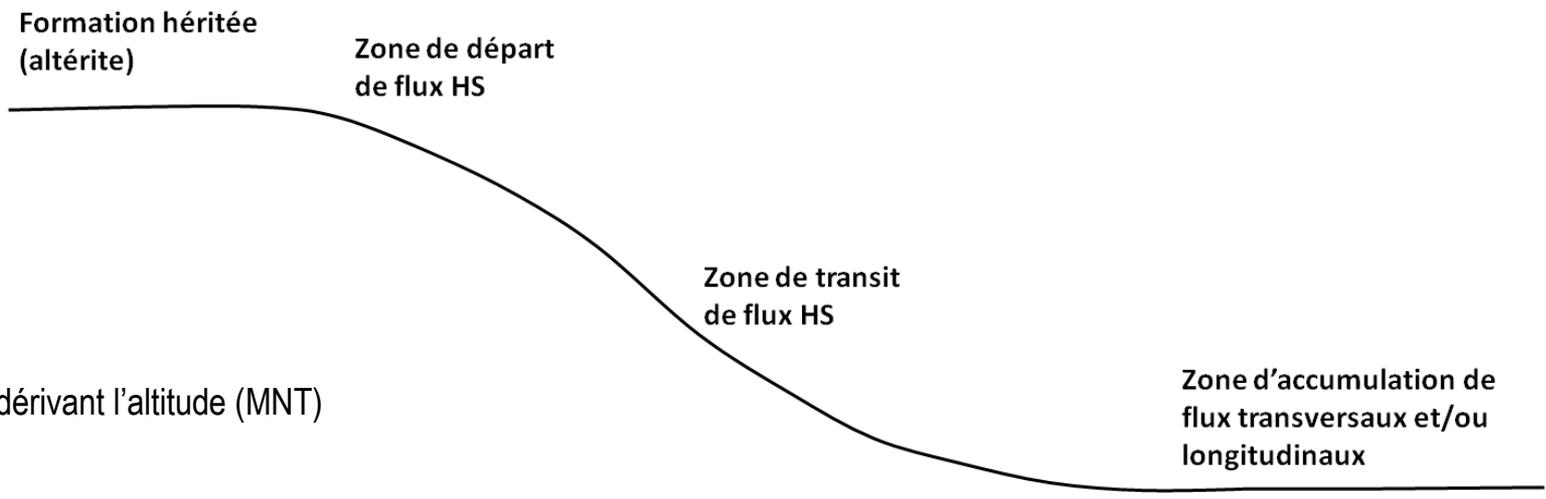
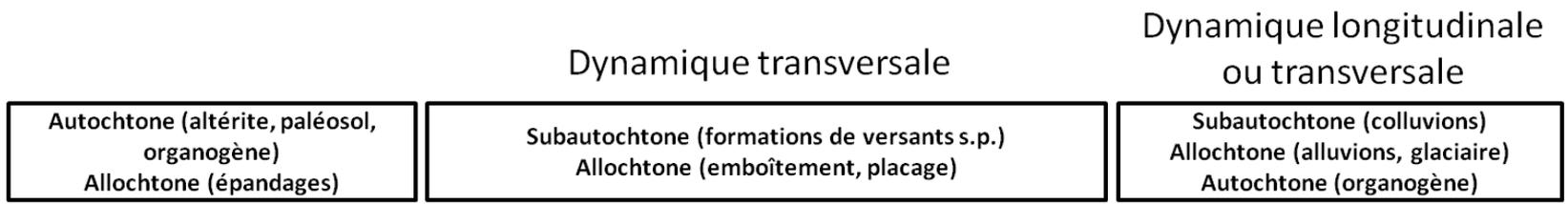
Formation périglaciaire géifluée à blocs (head)



Séquence géomorphologique dans le socle :
allotérite/isaltérite
tors/alvéole
etc.

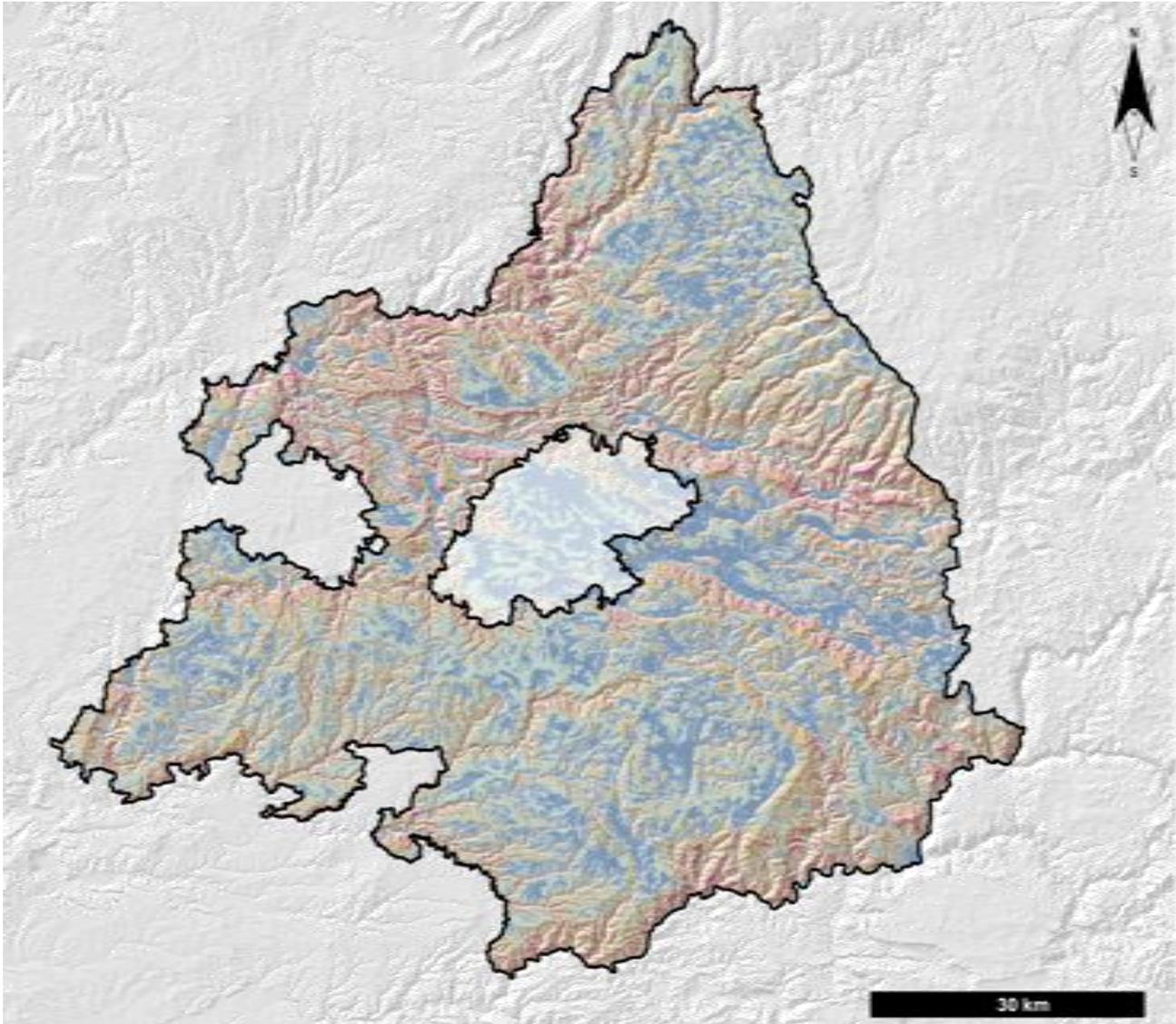
Wyns, R., Baltassat, J.M., Lachassagne, P., Legchenko, A., Vairon, J., Mathieu, F. (2004).- Application of SNMR soundings for groundwater reserves mapping in weathered basement rocks (Brittany, France).- *Bulletin de la Société Géologique de France*, 175, (1), 21-34

Localisation des sondages



Divers algorithmes dérivant l'altitude (MNT)

Localisation des sondages



CHA sur la pente, la position de versant et le TWI en 15 classes réduites en 9 classes

=> Contexte topo-pédogénétique à relier à un système morphopédologique



Localisation des sondages

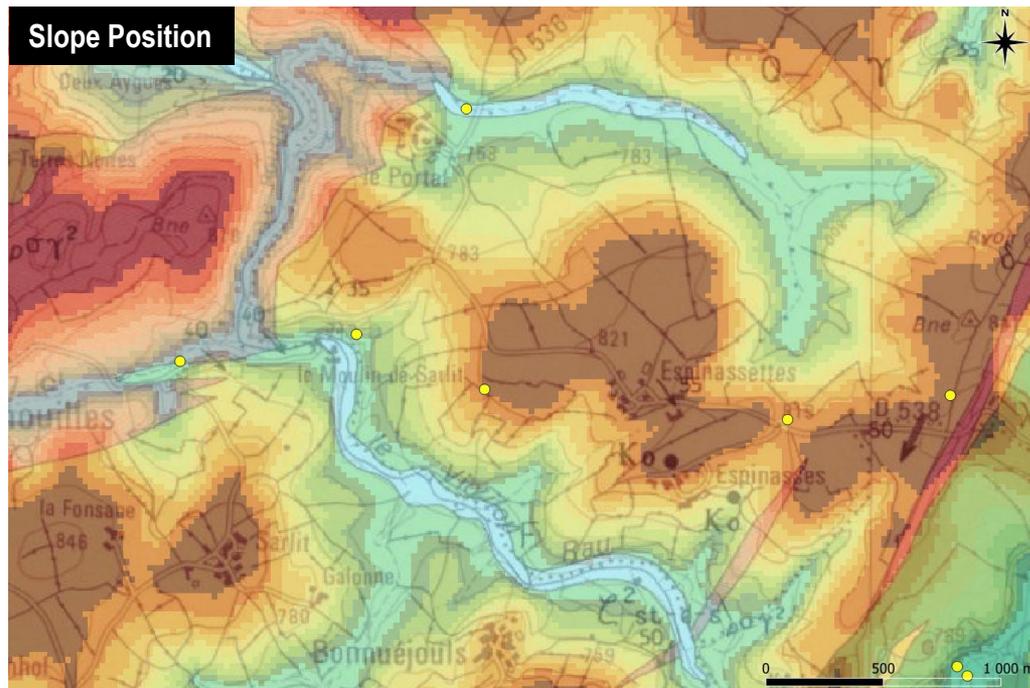
Retours des pédologues...

C.Laveuf (Solenvie)

Géologie => première entrée

Géomorphologie et FS = discordance entre géologie et pédologie / **Discrimination des couvertures pédologiques dans les secteurs géologiques homogènes**

« Les indices morphométrique permettent d'optimiser le plan d'échantillonnage de manière à couvrir le maximum de situations géomorphologiques et morphométriques dans les différents ensembles géologiques uniformes, à la fois au bureau, lors de la phase de prépositionnement des sondages, mais aussi une fois sur le terrain, pour appréhender les variations pédologiques et repositionner un sondage dans son contexte »



Exemple de toposéquence de l'Est vers l'Ouest :

- position sommitale,
- position inter-sommitale,
- position de bordure sommitale,
- bas de versant,
- fond de vallée

Si l'observation des courbes de niveau permet de retrouver ces positions, la Slope Position permet de visualiser immédiatement et rapidement ces positions, ce qui permet de gagner du temps et d'éviter les erreurs

Retours des pédologues...

C.Laveuf (Solenvie)

« Il en va de même pour les autres indices : ils permettent de positionner des sondages dans le maximum de combinaison de situations morphométriques (position, orientation, degré des pentes...) sous des occupations de sol différentes dans les ensembles géologiques uniformes. La répétition de ce schéma de sondage permet de dégager des hypothèses de présence et localisation des sols, une approche non orientée aléatoire restant nécessaire pour éviter les biais représentatifs »

V.Genevois (Sols & Environnement)

« En fait deux choses ont souvent guidés pour le plan de sondages et la phase sondage :

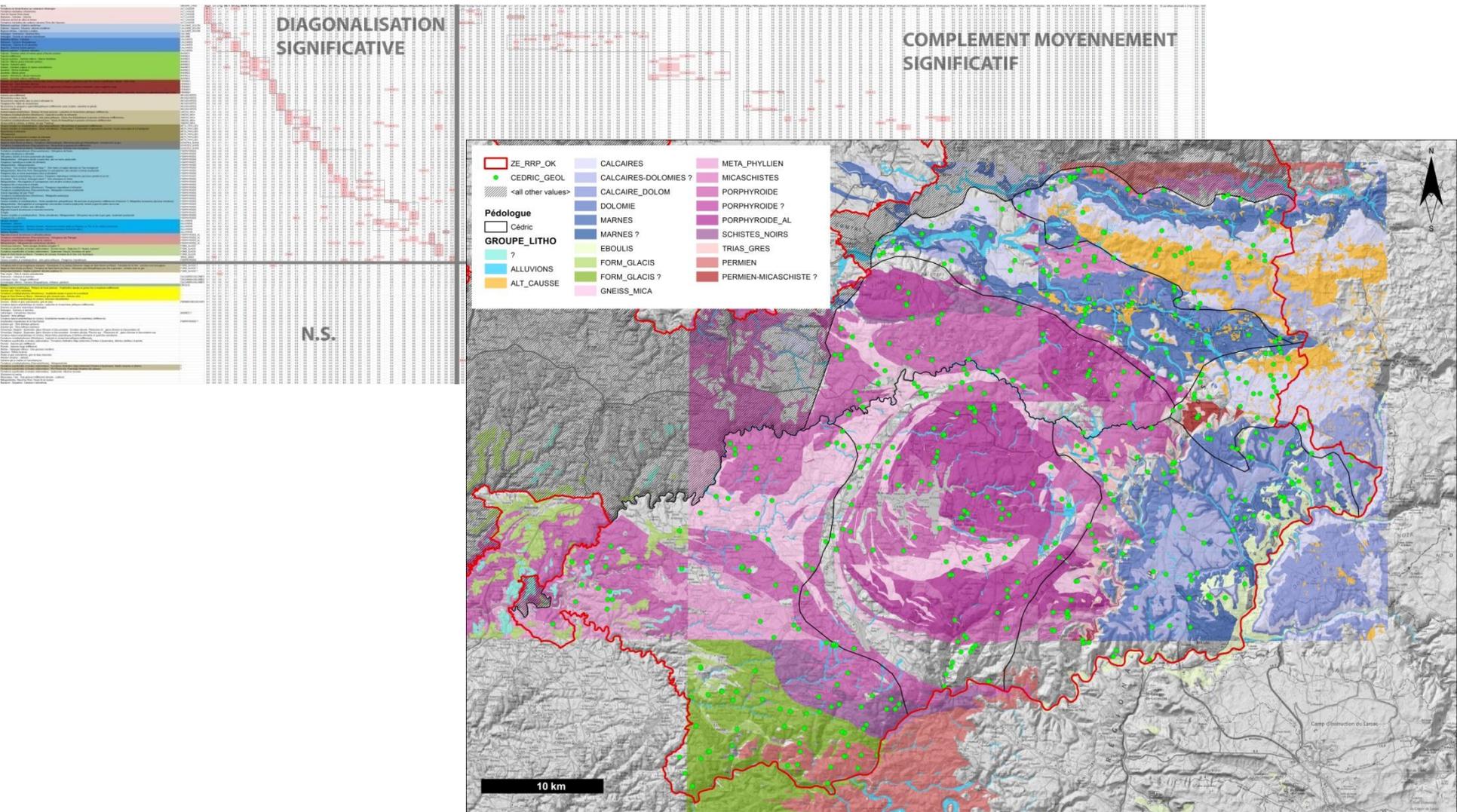
- 1. les découpages en unités morphopédologiques qui indiquaient des formes et des paysages associés à une histoire géologico-géomorphologique des FS et qui nous amenaient à mieux parcourir des zones qui ne nous auraient pas arrêtées auparavant*
- 2. Les indices morphométriques (notamment le TWI) qui nous permettaient de tester des zones supposées d'accumulation ou de décapage (colluviosols, zones humides etc.). »*

=> **Apport indiscutable**, notamment sur la démarche plus "scientifique" car soutenue par un protocole issu de données tangibles dont on se servait de manière experte auparavant. Même si ça ne change pas forcément beaucoup le résultat final, ce dernier est assis sur une démarche structurée et peut être comparé, donc dépend un peu moins de l'opérateur.

Analyse post sondage, cartographie

Analyse statistique fréquentielle pour :

- Transformer la géologie et carte lithologique orientée « matériau parental » => sériation/diagonalisation



Analyse post sondage, cartographie

Analyse statistique fréquentielle pour :

- Définir les contextes morphométriques favorables à chaque UTS => analyse univariée

Echantillon	Facteur	Nb. d'observations	Minimum	Maximum	1er Quartile	Médiane	3ème Quartile	Moyenne	Ecart-type (n)	GROUPE LITHO	SYNTHESE MORPHOPEDOLOGIQUE	COMMENTAIRES	COMMENTAIRES CEDRIC
ALO	Pmm	9	1023.2	1092.0	1037.3	1044.8	1047.9	1045.4	19.0	PORPHYROIDE_AL	UTS située entre 1020 et 1065mm/an, significativement au-dessus de 900m d'altitude (UTS la + élevée) . UTS peu influencée par les variables morphométriques, mais présentes plutôt sur les versants réguliers entre 5 et 10° et à TWI entre 5 et 6 (zone de transit de flux). A noter que cette UTS est absente des expositions nord.	Voir si la végétation joue sur ce type.	OK pour altitude et pluviométrie. Versants plutôt réguliers donc moins érosifs. Pour l'exposition, ce ne sont que mes sondages à vérifier dans mon plan mais les versants sont réguliers. Je vérifierai par rapport à mes photos. Occupation très hétérogène actuellement. Je regarderai les photos historiques.
	Alti	9	782.0	1100.0	892.0	925.0	957.0	921.1	93.3				
	Slope	9	1.2	16.8	5.3	7.1	9.2	7.5	4.5				
	Aspect	9	45.0	324.5	112.4	182.3	301.0	194.1	96.1				
	SlpH	9	3.5	122.9	8.2	13.7	25.1	27.8	35.6				
	SlpPos	9	0.0	1.0	0.1	0.6	0.7	0.5	0.3				
	TWI	9	3.9	6.9	5.0	5.5	6.0	5.4	0.9				
	Curve	9	-0.2	0.3	0.0	0.2	0.3	0.1	0.2				
	TPI	9	-40.0	118.0	-11.5	9.2	35.1	16.6	43.7				
FK1	Pmm	9	976.0	1019.9	996.1	1005.2	1012.2	1003.4	12.8	ALLUVIONS	UTS située dans une zone à forte pluviométrie (990/1015mm), très significativement sous 680m d'altitude. UTS fortement contrôlée par la topographie , dans des zones à très faibles pentes (<3°), dans des secteurs < 7m d'altitude relative, en position systématique de fond de vallon ou vallée , contrôlée par d'importantes accumulations de flux (> 9) et en situation de concavité générale (TPI < -35).	Les autres UTS FK n sont situées beaucoup plus bas et dans des contextes morpho différents, plus pentus. J'ai l'impression que FK1 correspond aux fonds de vallon des hauts plateaux, tandis que les autres FK correspondent aux vallons raccordant les gorges. Ton avis Cédric ?	Ce sont les fluvisols carbonatés de la vallée. Les paramètres de contrôle sont donc logiquement différents. Rien à voir avec les autres fluvisols qui sont des affluents, ce ne sont pas des fluvisols.
	Alti	9	554.0	673.0	569.0	635.0	654.0	618.0	43.7				
	Slope	9	0.0	2.9	1.1	1.3	2.8	1.5	1.0				
	Aspect	9	-1.0	333.4	45.0	243.4	270.0	191.9	120.5				
	SlpH	9	3.6	7.0	4.4	5.7	6.5	5.4	1.1				
	SlpPos	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
	TWI	9	8.0	11.3	9.6	9.7	10.4	9.8	0.9				
	Curve	9	-0.3	0.3	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.2				
	TPI	9	-60.6	-24.7	-54.3	-43.0	-37.9	-44.3	12.4				
J+1gr	Pmm	8	781.9	1005.0	797.8	878.6	973.6	885.7	87.6	CALCAIRE_DOLOM CALCAIRES	UTS située dans des régions à plus faible pluviométrie (<950mm) et dans des zones plus basses (<750m). UTS essentiellement liée au substrat géologique mais située exclusivement sur le 1/3 inférieur de longs versants de plateau (<0.35) . Nous retenons les principaux critères topo : pente > 5°, position de départ ou de transit de flux (3 à 6), exposition majoritaire au S/SO et plutôt dans des concavités générales.	Peu de différences morphométriques avec les autres J, en tout cas, il n'y a pas assez d'individus dans les autres UTS "J" pour évaluer ces différences. De manière étonnante, les 2 sondages pour l'UTS "J-coll1" se trouvent en situation de départ de flux et sur des hauts de versant (mais je n'ai pas la microtopo...). Si les différences entre J+1 et J+2 sont morphométriquement sensibles, c'est moins le cas pour les autres UTS qui se retrouvent également dans le même groupe lithologique (la dispersion des sondages pour ces UTS secondaires ne montrent pas non plus une différence de répartition de détail selon telle ou telle unité géologique).	OK pour moi pour J+1gr et J+2 par rapport à la texture +/- équilibrée et gravelo. J+1gr = texture +/- équilibrée et gravelo. J+2 = texture nettement sableuse ; mé pour J1gr favorise-t-elle cette différenciation cailloux. Mais je ne crois pas que ça soit dans la pente et son intensité : les cailloux sont forts, d'où moins de concavités dans J2 et plus dans J1gr.
	Alti	8	531.0	803.0	554.5	624.5	701.0	641.6	100.8				
	Slope	8	4.7	28.5	7.2	17.8	22.6	16.2	8.6				
	Aspect	8	155.0	339.4	192.0	227.3	255.8	229.3	54.0				
	SlpH	8	2.9	179.1	8.6	16.2	46.5	40.5	55.0				
	SlpPos	8	0.0	1.0	0.0	0.1	0.3	0.2	0.3				
	TWI	8	2.8	7.2	3.2	4.4	5.8	4.7	1.7				
	Curve	8	-1.9	2.4	-0.2	0.0	0.0	0.0	1.1				
	TPI	8	-174.5	215.1	-77.6	-54.5	-24.7	-33.4	109.8				
J+2	Pmm	7	834.6	1009.6	845.4	925.6	959.2	911.3	65.8	CALCAIRE_DOLOM	De la même manière, UTS située dans des zones moins arrosées (<980mm) mais bien circonscrites altitudinalement (entre 800 et 900m). Située sur versant entre 5 et 13°, elle est absente des expositions nord et se situe majoritairement sur la 1/2 supérieure des versants ou en plateau, en situation de départ et transfert de flux (<5.5 et attesté par des sols peu épais) et dans des zones significativement convexes .	J+3 est différent de ces 2 là, nettement plus érosif. Pour J-coll1 : pour celui dans les causses, l'accumulation en amont de haie : je veux dire potentielle. Les 2 sondages sont anecdotiques. Par ailleurs la présence de colluviosols est impossible. Exemple des buttes témoins colluviosols dessous, alors que tous les sondages sont en plateau.	
	Alti	7	651.0	941.0	809.0	893.0	907.0	845.3	92.6				
	Slope	7	2.3	13.3	5.9	10.4	13.1	9.2	4.2				
	Aspect	7	71.6	332.9	122.5	245.0	294.7	212.0	99.3				
	SlpH	7	5.5	52.1	15.2	24.2	39.4	27.3	15.7				
	SlpPos	7	0.1	1.0	0.5	0.9	1.0	0.7	0.4				
	TWI	7	3.2	9.8	3.6	4.2	5.2	5.0	2.1				
	Curve	7	0.0	1.0	0.2	0.3	0.6	0.4	0.3				
	TPI	7	-142.0	117.9	9.3	61.2	70.4	28.1	78.8				

Retours des pédologues...

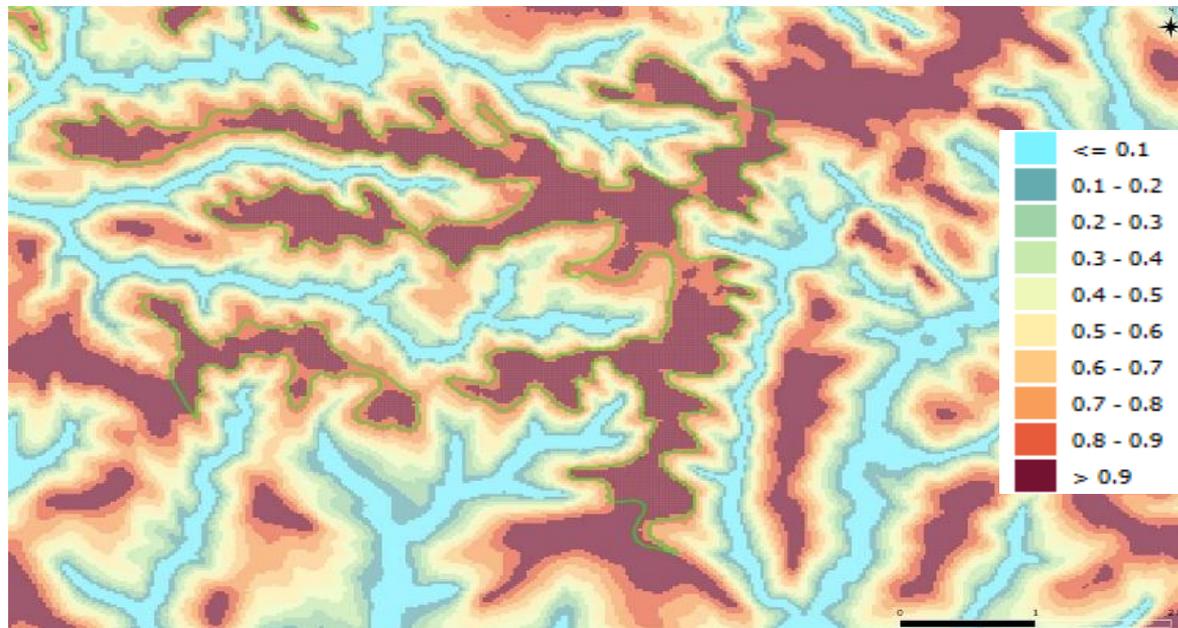
C.Laveuf (Solenvie)

Utilisation pour la cartographie :

- Slope Position => UCS d'interfluve
- TWI => UCS « hydromorphe » après seuillage
- Utilisation des probabilités fréquentielles de présence des UTS pour la cartographie des UCS
- Utilisation de la probabilité de présence seuillée pour évaluer les % d'UTS au sein des UCS

V. Genevois (Sols & Environnement)

Utilisation de l'indice « combi » pour le dessin des fonds de vallons et des interfluves dans les systèmes cristallins. Ce « combi » permet également de faire un choix sur des limites UCS.

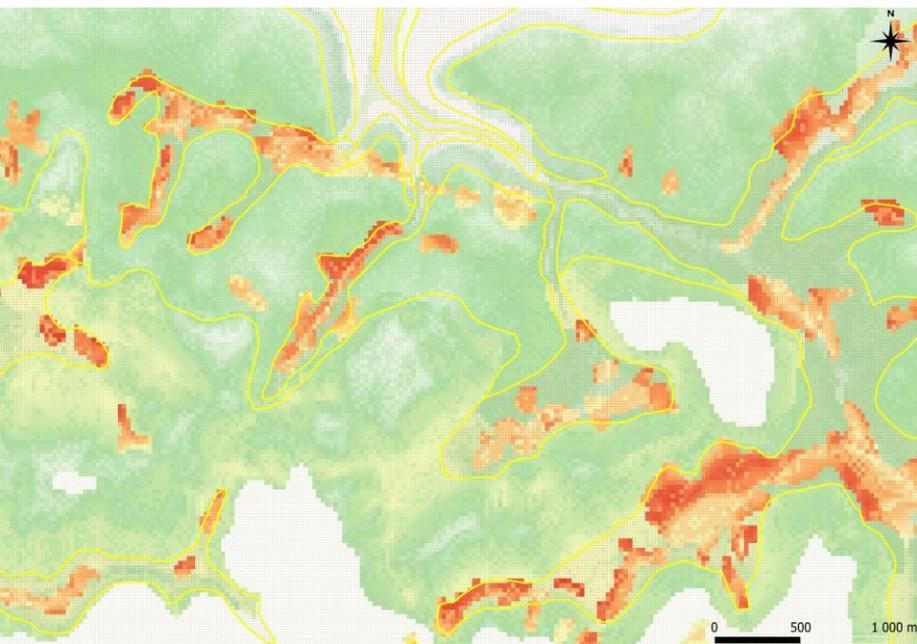


Exemple d'utilisation des Positions hautes pour la cartographie des UCS d'interfluve

Analyse post sondage, cartographie

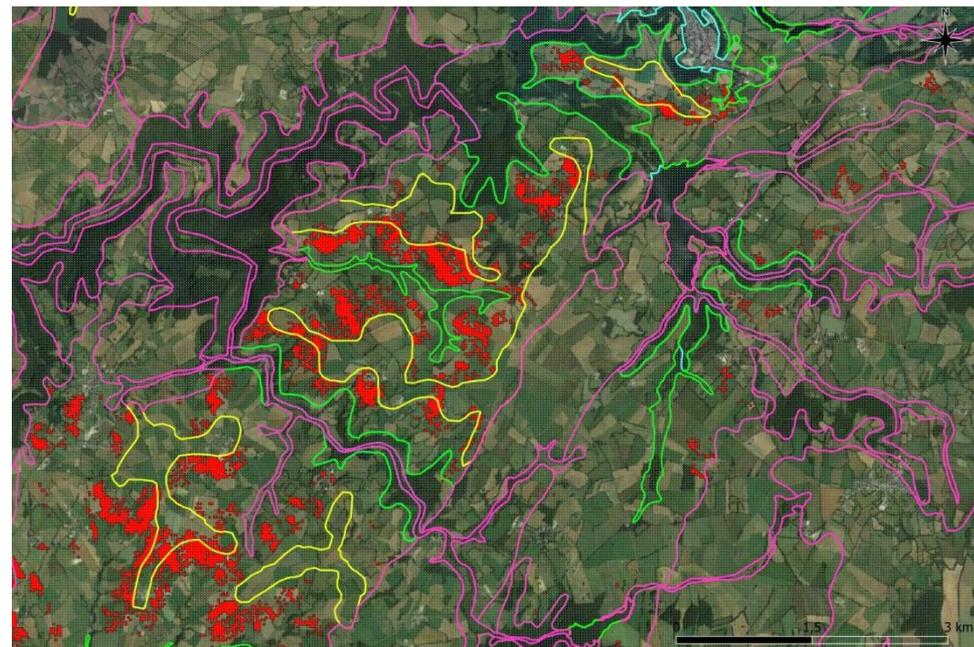
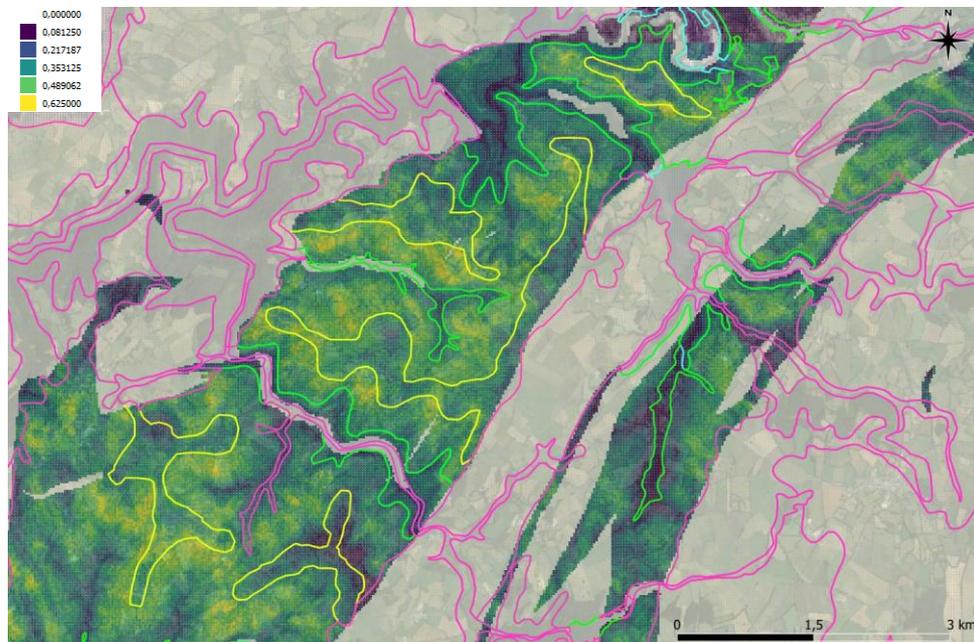
Retours des pédologues...

C.Laveuf (Solenvie)



Exemple d'aide à la cartographie de l'UCS de remplissage des vallons par les formations de colmatage à des secteurs initialement non inclus par le pédologue, lorsque la probabilité de présence du sol dominant dans cette UCS est très élevée.

Exemple de seuillage (proba > 0,625), au-delà duquel on trouve quasi-systématiquement le sol évalué. Les pixels > 0.625 sont polygonisés et il est alors facile de déterminer son pourcentage surfacique par recouplement avec la couche shp des UCS.





Intérêt de l'apport de connaissances géologiques et géomorphologiques avec tournée de terrain avant le lancement de l'échantillonnage

250K ne permet pas de tester toutes les combinaisons possibles

Intérêt du pré-traitement morphométrique comme une vraie aide à l'établissement du plan d'échantillonnage au bureau et aux réajustements in-situ

Pertinence des variables morphométriques très dépendantes de la qualité du MNT

Découpage morphopédologique préalable pertinent dans le contexte aveyronnais, à fort compartimentage géomorphologique

Découpage morphopédo moins pertinent sur plateaux volcaniques et contextes volcaniques très complexes (volcans polygéniques à forte expression pyroclastique)

Intérêt du post-traitement pour connaître la pression d'échantillonnage réelle, permettant de faire quelques sondages de réajustement

Limitation de la CSMS aux premières phases de modélisation pour cause de temps et surtout de manque de sondages pour certaines UTS

Intérêt de l'obtention, par UTS, de probabilité de présence ou au moins de la définition d'un contexte géomorphologique quantitatif a posteriori pour la cartographie des UCS et le volume d'UTS/UCS

Difficulté de généraliser liée à l'imprécision des cartes géologiques (variété de faciès) et à l'absence de cartes des formations superficielles qui sont inférées par le géomorphologue

RETOURS

- Il est impératif d'avoir des échanges constants entre pédologues et géoscientifiques « modélisateurs »
- Il faut bien synchroniser les étapes de pré-traitement (avant sondage) et de post-traitement (avant le dessin) pour maximiser les apports CSMS et géomorphologiques pour les pédologues
- En cas de fonctionnement en équipe de plusieurs pédologues, nécessité d'appropriation et d'acceptation de la démarche par tous

Merci de votre attention !

