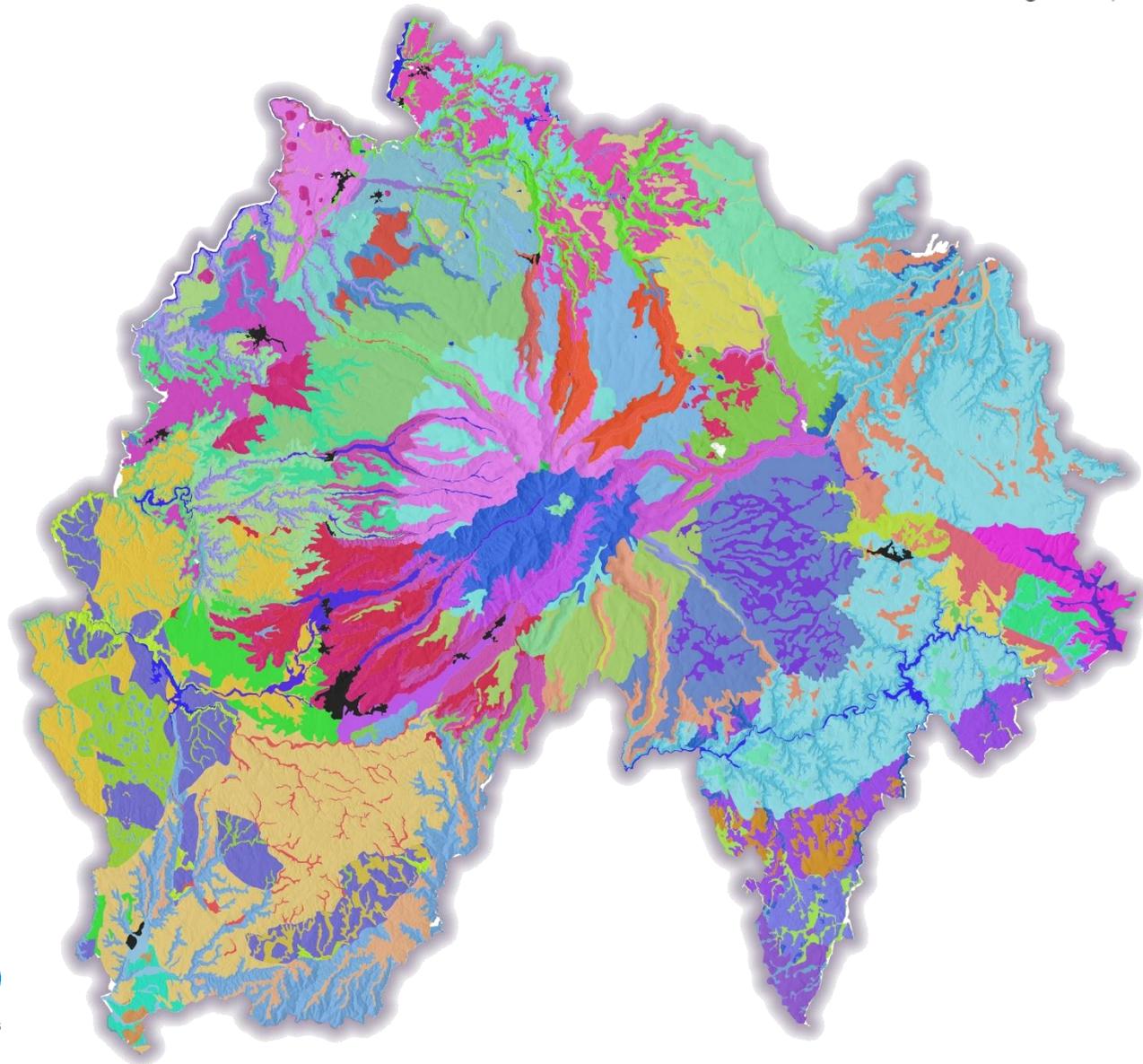


# Notice explicative du Référentiel Régional Pédologique du Cantal

Rédigée par Martin Camille, Morel Jean-Marcel,  
Poiraud Alexandre et Genevois Véronique (2023)

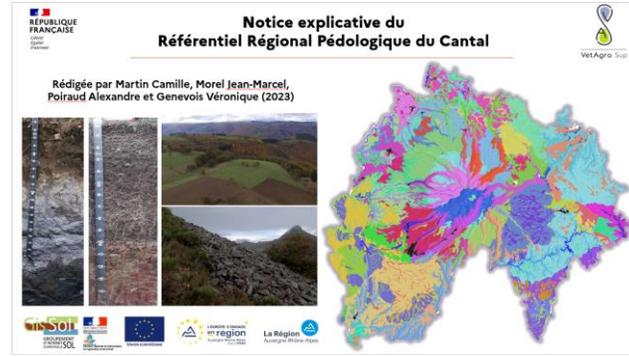


## Arborescence des documents et données disponibles pour cette étude en Opendata

### 1. Des documents au format .pdf disponibles à la bibliothèque Universitaire de VetAgro-Sup



La carte des pédopaysages



La notice synthétique de l'étude décrivant le contexte géologique, géomorphologique et pédologiques ainsi que les méthodes d'acquisition des données

Tableau synthétique des UCI et des UTI du Référentiel Régional Pédologique du Cantal

Grand Domaine	UTI	Nom UCI	N° UCI (2012)	NOM UCI courante	NOM UCI simplifié	Code de la base de données	N° 2008/04	N° UCI (2012)
Plaines alluviales et fonds de vallées du Cantal	A	A1	100	Plaine alluviale de la vallée de la Vézère grande	100	100	100	100
			101	Plaine alluviale de la vallée de la Vézère grande	101	101	101	101
			102	Plaine alluviale de la vallée de la Vézère grande	102	102	102	102
			103	Plaine alluviale de la vallée de la Vézère grande	103	103	103	103
	B	B1	200	Plaine alluviale de la vallée de la Vézère grande	200	200	200	200
			201	Plaine alluviale de la vallée de la Vézère grande	201	201	201	201
			202	Plaine alluviale de la vallée de la Vézère grande	202	202	202	202
			203	Plaine alluviale de la vallée de la Vézère grande	203	203	203	203
	C	C1	300	Plaine alluviale de la vallée de la Vézère grande	300	300	300	300
			301	Plaine alluviale de la vallée de la Vézère grande	301	301	301	301
			302	Plaine alluviale de la vallée de la Vézère grande	302	302	302	302
			303	Plaine alluviale de la vallée de la Vézère grande	303	303	303	303

Un Tableau/notice se référant aux polygones de la carte et permettant de relier les Grands Domaines paysagers, les pédopaysages et les types de sol qui les composent ainsi que les profils pédologiques types s'y rattachant

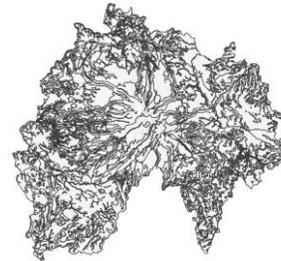


4 Catalogues répertorient les profils pédologiques ayant servis pour la définition et description des types de sol

### 2. La base de données du Cantal et la couche spatialisée des pédopaysages



Base de données DoneSol Web 3.15 de l'étude 30150 sous format Access  
Hébergée dans la base de données DoneSol Web 3.15 du GIS SOL  
Contact : [infosol@inrae.fr](mailto:infosol@inrae.fr)  
Par le biais du CRAIG : [contact@craig.fr](mailto:contact@craig.fr)



6 fichiers (.cpg, .prj, .qj, .shp, .shx, .xml) permettant de charger les contours de la carte des pédopaysages sur un logiciel SIG (Qgis, ArcGis, Mapinfo ...)

Contact : [infosol@inrae.fr](mailto:infosol@inrae.fr)  
Par le biais du CRAIG : [contact@craig.fr](mailto:contact@craig.fr)

## Cartographie des pédopaysages du Cantal (572 600 ha)

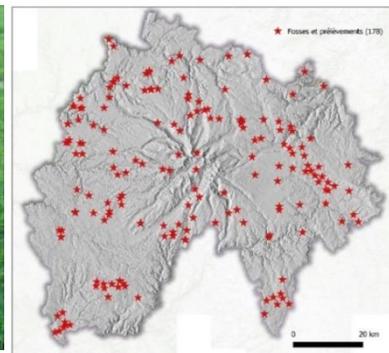
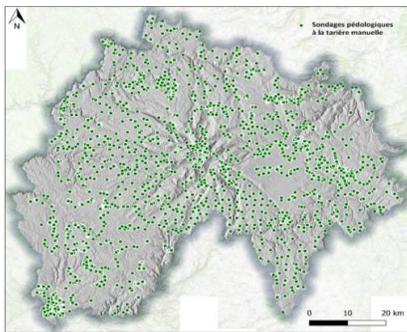
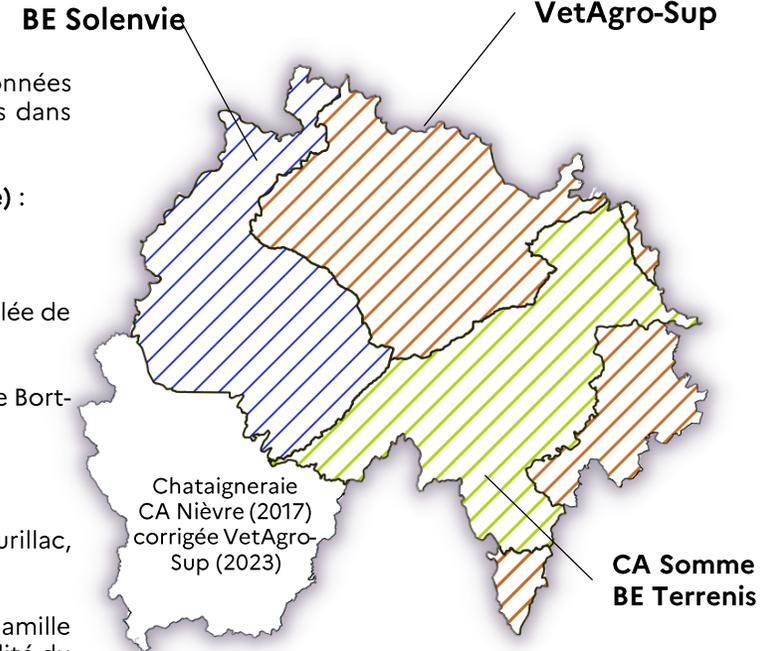
La carte des pédopaysages du Cantal a été construite en 2 phases et 4 équipes de pédologues sont intervenus dans sa réalisation :

**Chataigneraie (2017) :** Arnaud Vautier, Chambre d'Agriculture de la Nièvre. Les données ont été réinterprétées et corrigées dans la base de données Donesol en 2023. Certaines UCS initialement présentes ont été fusionnées avec celles du BE Solenvie mais aussi avec certaines UCS construites dans l'Aveyron par le BE Sols et environnement Cantal.

**Intervenants de la Phase III Sols et Territoires d'Auvergne, Cartographie des pédopaysages du Cantal, soit 458 000 ha (2019-2023) (voir carte ci-contre) :**

- Cédric Laveuf, BE Solenvie (de Bort-les-Orgues à la vallée de la Cère, Chataigneraie exclue soit 131 286 ha)
- Arnaud Vautier, BE Terrenis (55 % de la carte) et Olivier Suc, Chambre d'Agriculture de la Somme (45 % de la carte) (de la vallée de l'Alagnon à la vallée de la Cère, Margeride exclue soit 135 684 ha)
- Véronique Genevois, Camille Martin, Evan Decugis, Vida Rahimian, Michaël Foret de VetAgro-Sup et Jean-Marcel Morel de Terra Mater en appui (de Bort-les-Orgues à la vallée de l'Alagnon, la Margeride Cantalienne et le secteur St-Urcize/La Trinitat soit 190 000 ha).
- S. Lehmann (INRAE INFO&SOLS correction cartographique) et J-P. Chenu (INRAE INFO&SOLS incrémentation sous Donesol)
- Les étudiants en Master Sol, Eau et Environnement (Université de Lorraine, encadrés par S. Dousset), les étudiants en BUT et Licence pro Aurillac, (Université d'Auvergne encadrés par V. Genevois dans le cadre du BE Sols et environnement).

La synthèse des 2 phases et les différents résultats obtenus par les équipes ont été corrigés, harmonisés et agrégés par Véronique Genevois et Camille Martin de VetAgro-Sup. Dans le cadre de cette étude, les pédologues prestataires ont réalisé 1 sondage pour 354 ha, soit 1294 sondages. Sur l'intégralité du département, le Cantal compte près de 2000 sondages. Afin de définir de façon exhaustive les différents types de sols présents sur le département, 178 profils de référence des UTS (Unités Typologiques de Sols) ont été ouverts et décrits. Nous avons également utilisé les données du RMQS Cantal.



## Méthodologie : apports géologiques et géomorphologiques

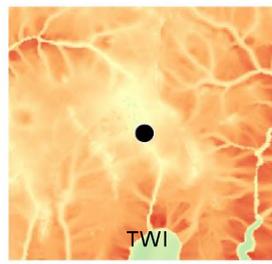
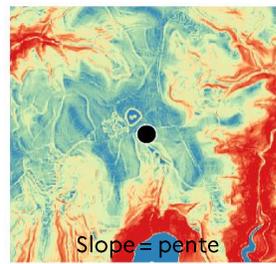
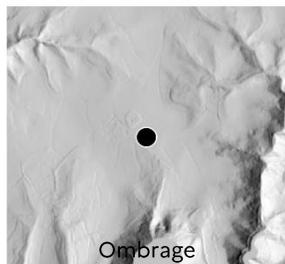
Une partie de la méthodologie s'appuie sur les protocoles exigés par DONESOL, notamment concernant la description des sondages, des fosses, ainsi que la saisie des données dans la base DONESOL.

Une autre partie, plus libre, a concerné les phases de stratégie d'échantillonnage, puis de cartographie proprement dites. Ces phases ont été réalisées en étroite collaboration entre pédologues, géologue (J-M. Morel, BE Terra Mater) et géomorphologue (A. Poiraud BE Inselberg).

Un important travail de synthèse bibliographique et de reconnaissance a été mené par le géologue et le géomorphologue, sur tout le territoire du Cantal, afin de comprendre les principales organisations lithologiques et structurales ainsi que leur contrôle sur le relief. Une étude des formations superficielles et des contextes favorables à la présence des divers types de sols a également complété l'analyse géologique afin de préciser les écarts entre la carte géologique et le matériau parental réellement présent. Ce travail de prospection a donné lieu à une synthèse à destination des pédologues, ainsi qu'une tournée de terrain pour leur présenter les contextes morphopédologiques types et les questionnements pédogénétiques qui pouvaient en résulter. Ainsi, pour chaque unité morpho-pédologique, les pédologues avaient à leur disposition une série de questionnements scientifiques et de mise en garde leur permettant de parfaire individuellement, leur stratégie d'échantillonnage.

Afin d'optimiser le plan d'échantillonnage de manière à couvrir le maximum de situations géomorphologiques dans les différents contextes géologiques, à la fois au bureau et sur le terrain, une série d'indices morphométriques dérivés de la BDAlti 25m a été fournie aux pédologues (voir complément géomorphologique) :

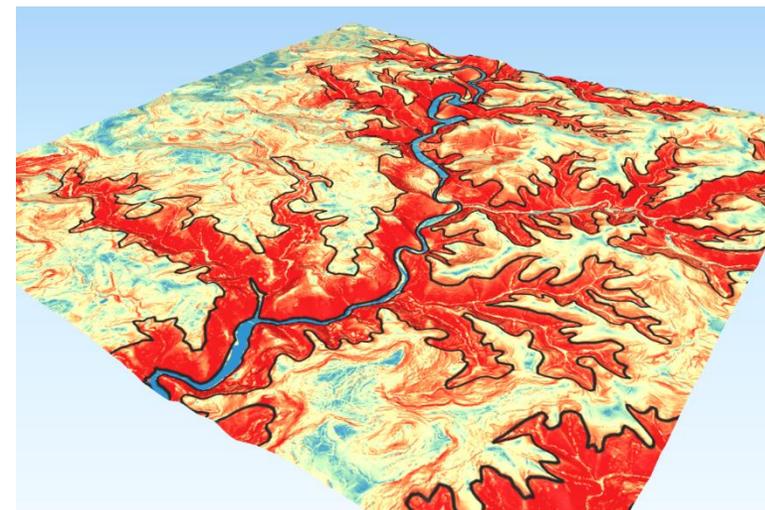
- Slope
- Slope Position
- Topographic Wetness index
- MRVBF (Multiresolution valleybottom flatness index)
- Diurnal Anisotropic Heating
- Normalized height
- Standardized Height
- ordination de Strahler



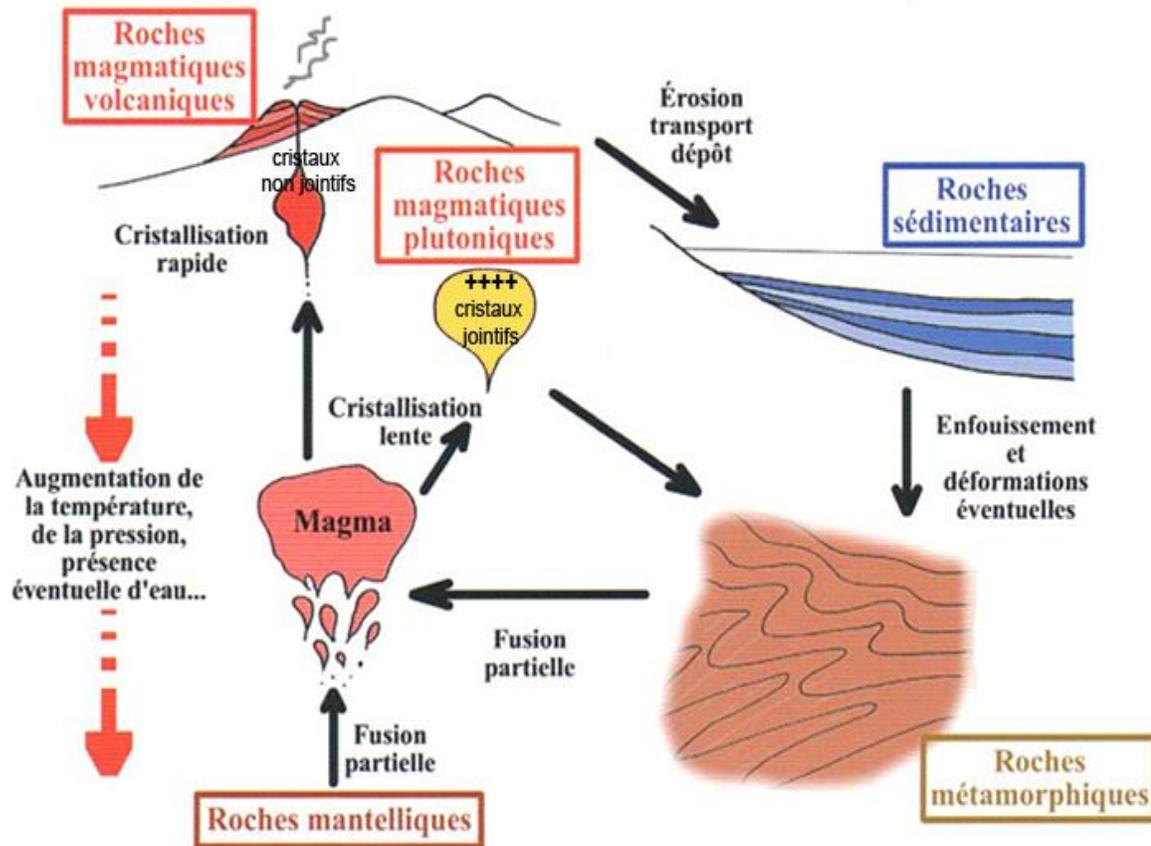
Ces données facilitent aussi l'exercice de "dessin" des UCS (Unités Cartographiques de Sols) :

- l'ordination de Strahler, une fois testée sur le terrain, permet de seuiliser les passages entre les phénomènes à dominance alluviale ou colluviale dans les différents systèmes ;
- la Slope permet de mieux individualiser les pentes fortes ou faibles, elle a notamment été particulièrement utile pour dessiner l'UCS des Versants de la vallée de la Truyères et de ses affluents ;
- Le Topographic Wetness Index et le MRVBF permettent de délimiter avec précision l'étendue des UCS hydromorphes.

Les sondages, classés par UTS, ont été analysés a posteriori via un procédé statistique simple visant à caractériser la dispersion des populations de sondages/UTS en fonction des variables lithologiques, morphométriques et climatiques. Pour les UTS bien renseignées (beaucoup de sondages) et/ou celles à forte topo-dépendance, il a été possible de caractériser et seuiliser numériquement les contextes litho-morphométriques et climatiques favorables à leur présence, à travers un indice de probabilité de présence. Ce travail permet ainsi au pédologue de mieux situer les contextes favorables à leur existence, et ainsi faciliter l'évaluation surfacique de ces UTS au sein des UCS.



## Quelques notions de base sur les grandes familles de roches du département du Cantal



Le cycle des roches et les 3 grandes familles présentes sur Terre.

Le département comprend une très grande diversité géologique composée de roches appartenant aux trois grandes familles connues à la surface de la Terre, à savoir :

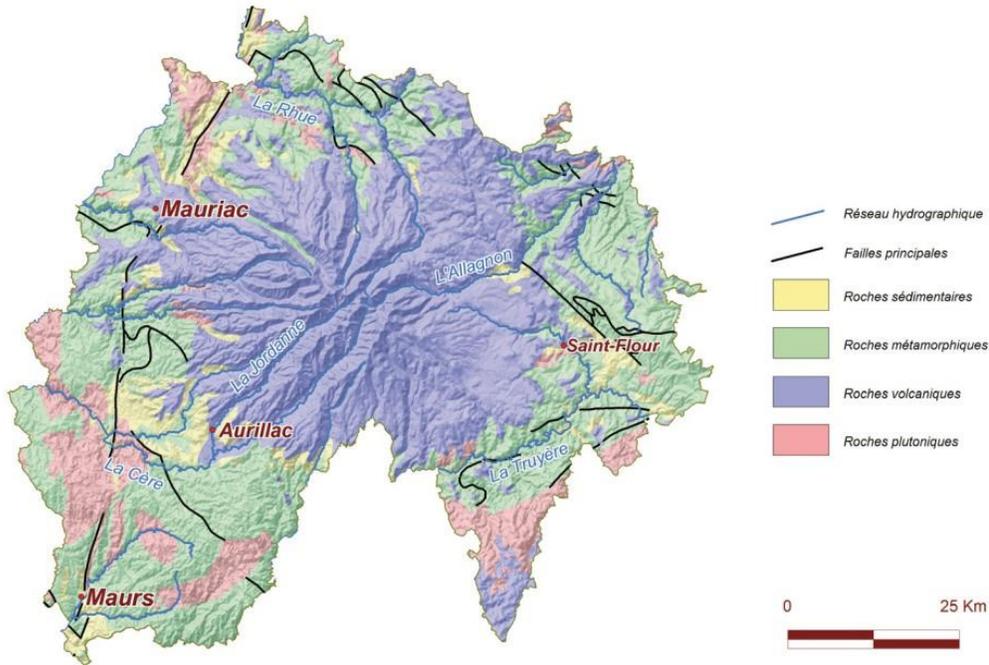
**Les roches métamorphiques ou cristallophylliennes** formées à partir de roches préexistantes qui subissent un enfouissement avec augmentation des pressions et températures et déformations.

**Les roches magmatiques comprenant les roches plutoniques (ou cristallines) et les volcaniques.** Elles sont issues du refroidissement et de la cristallisation complète ou partielle des liquides magmatiques remontant des zones profondes.

**Les roches sédimentaires** sont formées en surface par dépôts de produits qui ont été arrachés aux roches préexistantes sur la surface terrestre lors du ruissellement des cours d'eau.

**NB:** Les magmas proviennent de la fusion d'autres roches, lorsque celle-ci a lieu dans le manteau, ce sont des roches mantelliques qui vont partiellement fondre, mais la fusion peut aussi affecter des parties de la croûte terrestre et alors ce sont les roches qui la composent qui subiront la fusion partielle.

## Les grandes étapes de la formation géologique du département du Cantal



La carte géologique ci-contre propose un aperçu simplifié de l'ensemble du territoire du Cantal.

Le **soubassement** de cette zone est constitué d'un socle **crystallin** (granites en rose sur la carte) et **crystallophyllien** (roches métamorphiques en vert sur la carte) dont l'origine remonte à la formation de la chaîne hercynienne ou varisque. Les roches métamorphiques sont, d'une part, des gneiss, anatexites, migmatites, micaschistes provenant de la transformation d'anciennes roches sédimentaires ou granitiques, enfouies lors de la collision des plaques tectoniques, et d'autre part, des leptynites, amphibolites, éclogites, péridotites dont les roches mères étaient essentiellement volcaniques et qui ont également été enfouies. Toutes ces roches ont entre 400 et 300 millions d'années (Ma). Les roches granitiques sont issues de la fusion de certaines roches métamorphiques précédentes et ont des âges voisins de 300 Ma. Ce sont principalement des monzogranites, granites, leucogranites, diorites, granodiorites, et syénites.

On observe également sur ce territoire 3 générations de **roches sédimentaires** regroupées sur la carte sous la couleur jaune.

La plus ancienne date de la période comprise entre le viséen et le permien (soit entre 340 et 250 Ma). Ce sont soit des dépôts houillers soit des dépôts rougeâtres témoignant de climats subtropicaux, ils sont globalement à tendance détritico-volcano-sédimentaires et sont présents essentiellement dans le nord-ouest du département avec quelques occurrences à l'ouest (secteur de St-Etienne Cantalès) et au sud (secteur de Maurs).

La seconde génération concerne la période éocène/oligocène/miocène (soit entre 50 et 15 Ma) où d'importants dépôts allant des sables aux roches carbonatées vont prendre place dans des bassins d'effondrement. Ils occupent toute la partie centrale du département, mais sont souvent masqués par le volcanisme d'où leurs affleurements seulement en périphérie de ce dernier.

La dernière génération est représentée par les formations alluviales récentes (entre 2 Ma et l'actuel) des grands cours d'eau occupant toutes les vallées radiales cantaliennes. Ce sont essentiellement des dépôts détritiques.

Enfin plusieurs générations de **roches volcaniques** (en bleu sur la carte) sont présentes sur le département. On peut les séparer en 3 grandes zones volcaniques.

**Carte géologique simplifiée du département du Cantal, tirée du document: risque sismique auvergne BRGM et OPGC.**

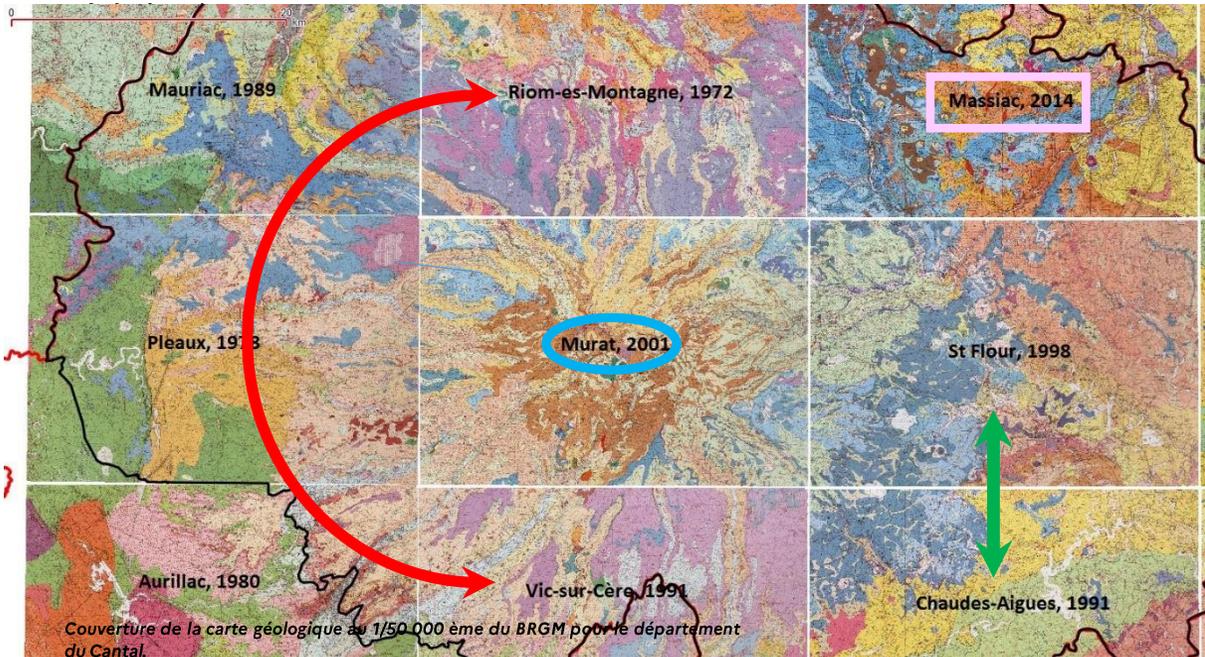
La **zone Cantal** comprend trois périodes d'activité volcanique. La plus ancienne (12 à 8 Ma), est constituée de basaltes que l'on retrouve à la base de l'ensemble cantalien et notamment dans sa périphérie. Par la suite vient la période du volcanisme centré du massif cantalien (entre 9 et 6 Ma) constituée de roches très diverses allant des basaltes aux trachytes et phonolites mais comportant une majorité de trachyandésites. Le volcanisme cantalien prend fin avec la troisième période (entre 6 et 3 Ma) où d'importantes émissions basaltiques forment les planèzes, couvrant de grandes surfaces masquant une grande partie des formations antérieures.

La **zone Cézaillier** est essentiellement représentée, sur le Cantal, par des émissions basaltiques que l'on retrouve à la limite nord-est entre Cantal et Puy-de-Dôme et qui a ont produit des laves entre 5 et 3 Ma.

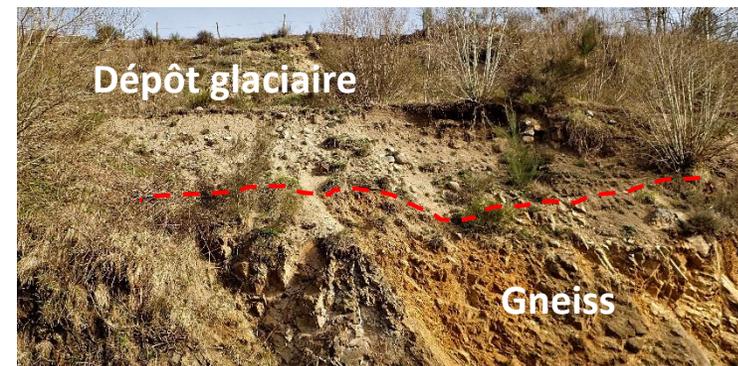
La **zone Aubrac** concerne la pointe Cantal du secteur de St Urcize et est constituée d'émissions basaltiques mises en place entre 7 et 8 Ma.

Ces deux derniers millions d'années ont également été le siège d'une succession de glaciations dont la dernière, celle du Würm, a pris place entre 80 000 et 15 000 ans. De nombreux dépôts lui sont attribués et se retrouvent souvent dans les grandes vallées radiales, mais également sur les plateaux qu'ils soient associés aux planèzes cantaliennes ou aux étendues basaltiques du Cézaillier et de l'Aubrac..

## La carte géologique du Cantal à l'échelle 1/50 000 ème : *un outil nécessaire mais pas suffisant pour la cartographie*



Les levés de la carte géologique se sont étalés sur plus de 30 ans, ce qui génère des difficultés à corrélérer les différentes formations géologiques rencontrées. Ceci peut être dû à leur dénomination qui a changé mais aussi à leur interprétation qui a évolué. Ainsi, avant 1980, les avalanches de débris (AD) n'étaient pas connues, et les cartes sorties avant 2000 parlaient de brèches ou Lahars... Or, comme l'indique, plus loin, la fiche sur les brèches, toutes celles-ci ne sont pas des AD, et la cartographie de la feuille de Murat le montre bien. Toutes ces cartes n'ont pas le même niveau de représentation des formations superficielles comme, par exemple, les dépôts glaciaires. De plus la démarche cartographique utilisée sur ces cartes n'est pas toujours la même. On peut ainsi avoir des cartographies plus pétrographiques, d'autres plus dynamiques et enfin d'autres plus interprétatives. Les cartes du  $\frac{1}{2}$  cercle rouge ont une démarche assez semblable, mais utilisent des termes comme brèches Br1 ou Br2 qui sont équivalents à brèche inf/sup, A ou B, ou Tv et sont à rapprocher de certains termes comme les BrAv de la carte de Murat. Par contre elles ne cartographient peu ou pas les formations glaciaires. Les cartes de la zone à flèche verte parlent alors de Lh pour ces brèches et sont des cartes à la cartographie très précise et tenant compte des phénomènes dynamiques de mise en place des formations volcaniques ou glaciaires. La carte de Murat représente une cartographie plus moderne pour tout ce qui est des formations volcaniques bréchiques, alors que la carte de Massiac repose beaucoup sur des formes de reliefs volcaniques interprétées géologiquement.



Attention, la carte géologique doit être vérifiée sur le terrain car des affleurements peuvent avoir été créés par rapport à la période de cartographie, et contredire les limites géologiques dessinées, de plus la faiblesse de certaines cartes géologiques quant à la représentation des formations superficielles sont aussi autant d'éléments qui peuvent mettre les pédologues dans la difficulté s'ils ne considèrent que la carte géologique telle qu'elle est représentée.

Sur les photos ci-contre, la carte géologique ne représentait pas la couverture alluvionnaire de la photo du haut, ni les dépôts glaciaires des deux photos suivantes. Ces apports, constitués de roches différentes à celles cartographiées, sont aussi les formations au dépend desquelles se forment les sols. Ainsi si la roche mère varie, la nature du sol peut en être influencée d'où l'intérêt d'une vérification géologique dans l'assistance à la cartographie pédologique.

A titre d'information, nous avons noté sur chaque sondage si la géologie observée était la même que celle proposée par la carte géologique et dans environ 35 % de nos sondages, ce n'était pas le cas.

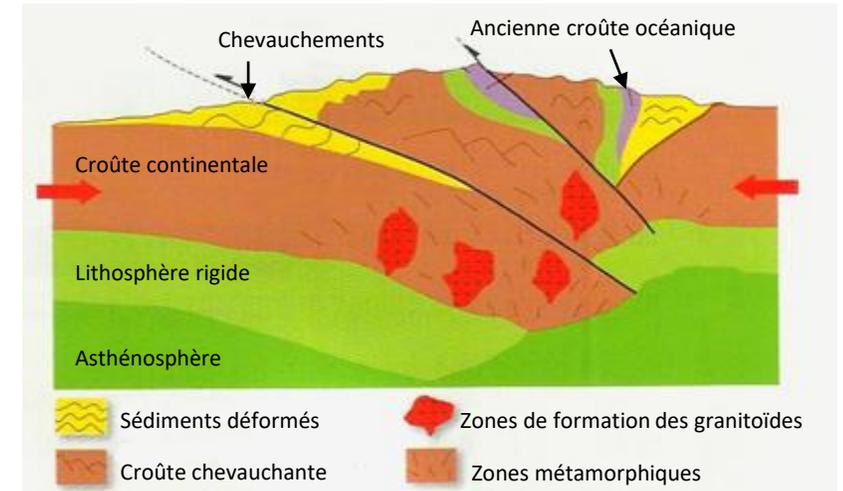
Bien sûr cela est à mettre en relation avec l'extrême complexité de la géologie cantalienne.

## Les formations du socle: les roches métamorphiques ou cristallophylliennes

Les mouvements des plaques tectoniques conduisent à des collisions où des pans entiers de croûtes continentales ou océaniques peuvent être enfouis à de grandes profondeurs. Les zones enfouies subissent de fortes augmentations de pression et de température qui transforment les roches les constituant. Ceci se traduit par la migration d'éléments chimiques à partir des minéraux préexistants, ce qui va permettre de constituer de nouveaux minéraux dans la roche de départ. Par cette action et celle de fluides divers, cette ancienne roche va alors devenir une roche métamorphique. Comme cela s'effectue dans un contexte dynamique de mouvement, ces roches vont aussi se déformer, s'organiser en feuillets et se plisser. Elles restent cependant toujours cristallisées mais plus ou moins finement et présentent des aspects feuilletés plus ou moins marqués.

Deux éléments principaux vont guider cette transformation, la nature de la roche de départ et l'intensité du métamorphisme (température – pression). Ceci permet de fournir une classification simplifiée des roches métamorphiques comme celle ci-dessous.

Roche mère	Roche sédimentaire: Séquence Para				Roche magmatique: Séquence ortho			
	Séquence pélitique	Séquence arénacée	Séquence carbonatée	Séquence calcaro-pélitique	Séquence volcanique acide	Séquence volcanique basique	Séquence plutonique acide	Séquence plutonique basique
	Laminites argiles	Grès arkoses	Calcaires dolomies	Marnes	Rhyolites trachytes	Roches basaltiques	Granitoïdes	Gabbros
Intensité Du métamorphisme	Schistes cornéennes	Cornéennes quartzites méta-arénites	Méta calcaires skarns	Métacalcaires skarns cornéennes	Méta rhyolites	Méta basaltes	Méta granites	Méta gabbros
	Mica schistes	Para Leptynites ou para gneiss	Marbres calc-schistes	Calc-schistes amphibolites	Ortho leptynites	Amphibolites pyroxénites	Ortho gneiss	Amphibolites pyroxénites
	Para gneiss				Granulite anatexite	Granulite anatexite	pyroxénites	Pyroxénites éclogites
	Granulite anatexite	Granulite anatexite		pyroxénites	Granulite anatexite	Pyroxénites éclogites	Granulite anatexite	Pyroxénites éclogites



Source: modifié d'après Bordas, TS SVT, 2012



Gneiss

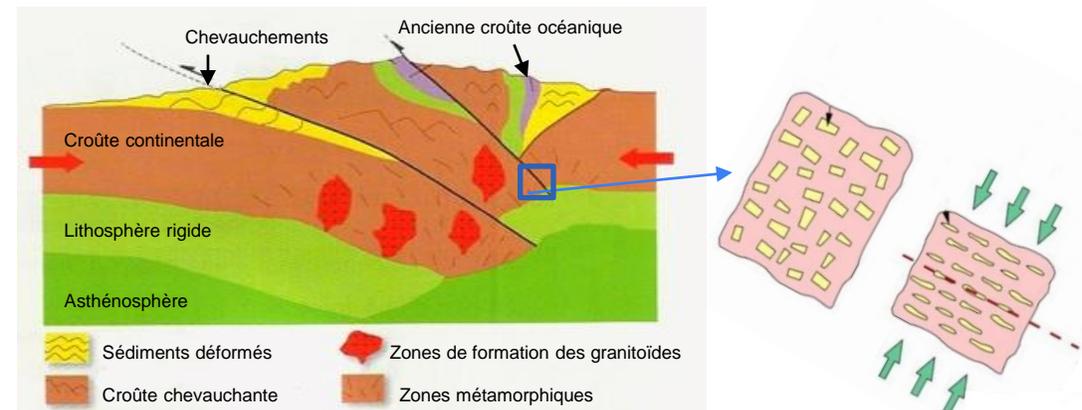


Amphibolites et leptynites

Les roches métamorphiques présentes sur le territoire cantalien sont: des paragneiss à biotite et sillimanite (ce sont d'anciens sédiments), des micaschistes plus riches en micas que les paragneiss (ce sont d'anciens sédiments ayant subi un métamorphisme moins intense que les gneiss), le Groupe leptyno-amphibolique constitué d'une alternance de leptynites (anciennes roches sédimentaires ou roches volcaniques riches en silice) et d'amphibolites (anciennes roches basaltiques ou dioritiques), des orthogneiss quelquefois oeilés car ils renferment des amandes de quartz et feldspath rappelant des yeux (ce sont d'anciennes roches granitiques). Souvent les gneiss se transforment en anatexites ou migmatites car leur métamorphisme intense les rapproche de la zone où débute la fusion et ils présentent alors un aspect de plus en plus proche des roches granitiques.

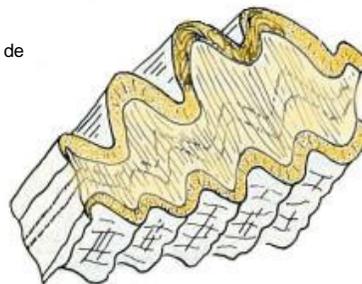
## Effet de l'enfouissement profond sur une roche

## Géologie: Roches métamorphiques



Source: modifié d'après Bordas, TS SVT, 2012

Source internet université de Laval



Modifié d'après Guitard 1960,67

Gneiss



Micaschiste



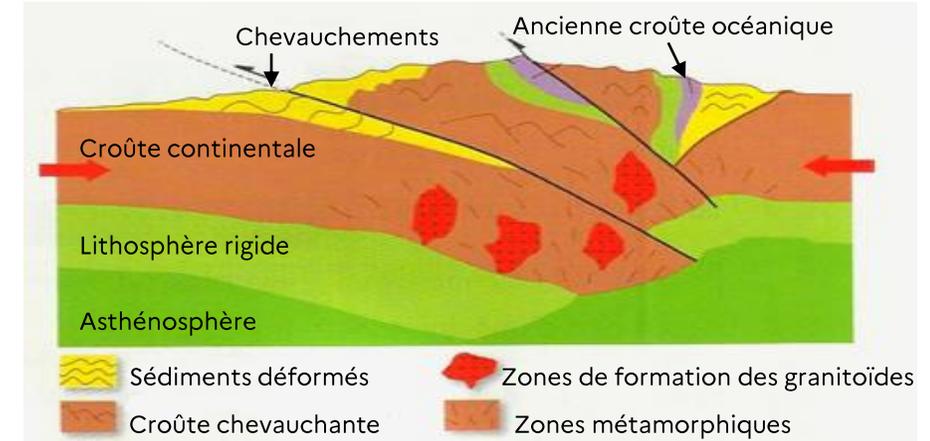
## Les formations du socle: les roches granitiques ou roches cristallines

Ce sont des roches issues d'un magma qui se forme par fusion d'autres roches, ce peut être le cas lorsque le métamorphisme devient très intense et que l'on passe graduellement de roches migmatitiques (ou anatexites) à des roches granitiques. Elles peuvent aussi provenir de montées magmatiques issues de la base de la croûte terrestre voire du manteau supérieur. Cet ensemble forme les roches magmatiques plutoniques car ici ces magmas n'arrivent pas la surface et subissent un refroidissement lent.

Ces masses liquides remontant vers la surface, atteignent des zones plus froides que leur lieu de formation et commencent leur cristallisation lentement pour former un enchevêtrement de minéraux, et la roche résultante est entièrement cristallisée. Au sein d'un massif granitique, la roche n'est pas orientée contrairement aux roches métamorphiques, mais dans le détail les choses sont plus compliquées car les liquides granitiques qui se déplacent peuvent être soumis à des contraintes qui pourront donner une légère orientation des minéraux de la roche dans certaines parties de la masse.

Leur composition minéralogique contient des feldspaths, du quartz et des micas (noirs (biotite) et/ou blancs (muscovite)) ou d'autres minéraux ferromagnésiens comme des amphiboles ou de la cordiérite.

Il existe plusieurs classifications des roches magmatiques, mais globalement elles sont basées sur trois grands critères, l'aspect macroscopique (composition minéralogique, couleur), l'aspect chimique (composition chimique de la roche entière et/ou répartition entre différentes grandes familles de minéraux marqueurs d'un ordre de cristallisation) et enfin le contexte géodynamique (conditions et lieux où se forment les roches). Ici la formation d'une grande partie des roches granitiques s'est effectuée en contexte de collision de plaques continentales (chaîne de montagnes) et nous retrouvons des roches qualifiées de peralumineuses et calco-alcalines dépendant du taux d'aluminium par rapport aux alcalins (sodium + potassium) et/ou au calcium.



Source: modifié d'après Bordas, TS SVT, 2012

ROCHES MAGMATIQUES		Roches saturées	
		Avec quartz et feldspaths	Avec feldspaths, sans quartz
Feldspaths alcalins seuls	Groupe leucocrate	GRANITES	SYENITES
		GRANODIORITES	MONZONITES
Feldspaths alcalins et plagioclases	Groupe mésoocrate	DIORITES QUARTZSIQUES	DIORITES
Plagioclases seuls	Groupe mélanocrate	GABBROS QUARTZSIQUES	GABBROS
			AMPHIBOLITES

Exemple de classification simplifiée des roches magmatiques plutoniques à partir de leur composition minéralogique et de la couleur.  
Leucocrate = claire  
Mésocrate = intermédiaire  
Mélanocrate = sombre  
Et seulement basée sur la présence des minéraux blancs à savoir le groupe quartzo-feldspathique.



En majuscules : les roches à texture grenue

Sur le territoire Cantalien, les roches granitiques sont surtout présentes en Chataigneraie où deux influences sont représentées, celles des granites du Limousin (au NW) et celles des granites de Margeride (au S). On retrouve aussi cet agencement avec les granites de la famille limousine, comme le granite d'Ussel, dans le NNE du Cantal (secteur de St pierre) et ceux de la famille margeridienne au SE du Cantal en limite avec la Lozère et l'Aveyron. Pour le reste du département, il s'agit souvent de petits massifs en liaison assez forte avec les roches métamorphiques dont ces granites sont souvent issus par anatexie. Globalement, toutes ces roches granitiques ont entre 350 et 300 Ma.

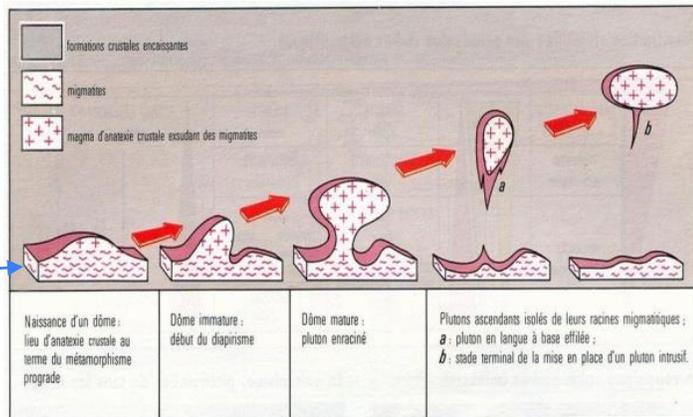
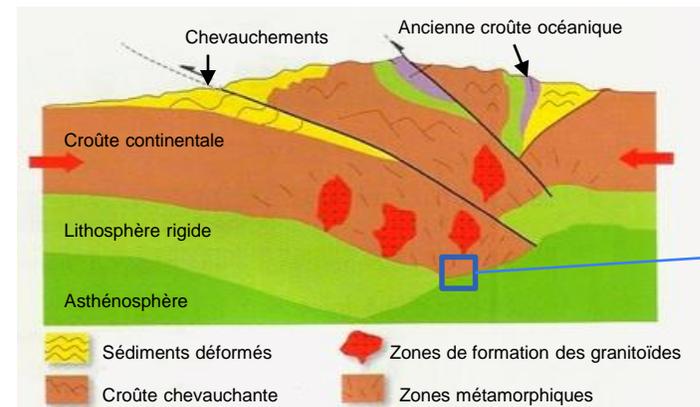
### Quelques caractéristiques générales pour ces roches:

**Les granites:** ce sont souvent des roches gris clair à gris moyen à feldspath, quartz et biotite, elles peuvent aussi contenir de la muscovite. Chimiquement elles sont riches en silice et aluminium.

**Les Monzogranites:** ce sont des roches souvent gris moyen à feldspath, quartz, biotite et/ou cordiérite et/ou muscovite. Chimiquement, elles sont globalement moins riches en silice et aluminium que les granites.

**Les leucogranites:** Ce sont des roches souvent gris clair à rosé à feldspath, quartz, muscovite et biotite. Chimiquement, elles sont plus riches en silice et aluminium que les granites.

Ces roches montrent des granulométries variées, mais souvent, ce sont les feldspaths qui génèrent ces variations, ainsi, ils peuvent passer de tailles pluri millimétriques à pluri centimétriques ce qui donne des roches à grains fins ou à gros grains (granite porphyroïde) comme l'illustration ci-contre (feldspath de 3 à 5 cm). Ces aspects granulométriques et chimiques sont les deux critères qui pourront influencer la texture (plus sableuse) et la chimie (pH, teneur aluminique) des sols.



Source internet  
slideplayer



Granite



Source: modifié d'après Bordas, TS SVT, 2012

## Altération du granite





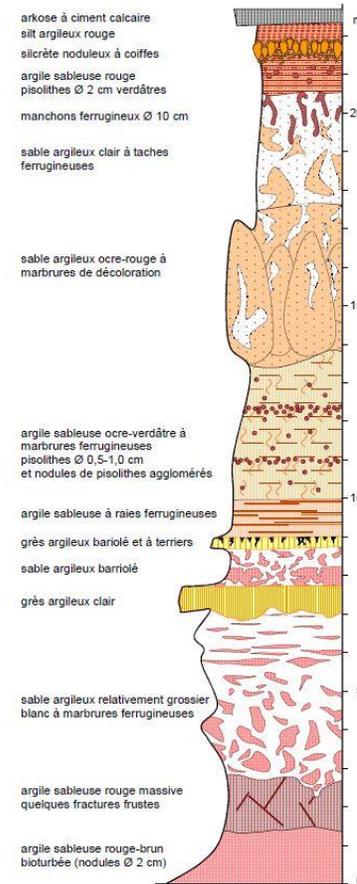
## Quelques informations sur les paléosols et paléo-altérites rouges de la région

On parle aussi des dépôts sidérolithiques car ils résultent de phénomènes d'altération très poussées ayant eu lieu sous des climats chauds et humides et où la transformation des roches préexistantes fournit d'importantes quantités d'oxyde de fer (rouge) et d'argiles.

Le profil simplifié type semble être de bas en haut : des affleurements blanchâtres d'une roche mère cristalline voire cristallophyllienne à structure conservée mais montrant une altération des feldspath en kaolinite (argile formée de silicate d'aluminium hydraté) puis une formation rougeâtre tachetée de blanc où la structure initiale est très atténuée et où les micas ont disparu mais la kaolinite et les oxydes de fer sont prépondérants ( ces deux ensembles sont quelquefois considérés comme des altérites) et enfin un ensemble rouge violacé argileux et compact où la structure de la roche initiale a complètement disparu et où la composition minéralogique est largement dominée par les oxydes de fer et la kaolinite. Il est rare de voir ce profil complet et la plupart du temps on n'en observe qu'une partie. La plus marquante étant la dernière, c'est souvent celle qui qualifie la notion de paléosol rouge, mais c'est là où la confusion peut prendre place car ces niveaux très argileux, affleurant peu, peuvent être confondus avec des dépôts sédimentaires remaniant de vrais paléosols...

L'âge des ces dépôts est délicat à déterminé car il va de la fin de l'époque triasique (environ 200 millions d'années) à des périodes plus récentes du tertiaire (éocène vers 40 ou 45 millions d'années). Ceci est probablement dû à des reprises d'anciens dépôts du trias mais peut-être aussi à des formations réelles à l'éocène pour certains dépôts.

Dans le cantal, ces dépôts sont peu nombreux et sont souvent des reprises par la sédimentation éocène ou oligocène de paléosols ou paléo-altérites. Il semble que les micaschistes et les paragneiss d'aspect micaschisteux soient plus souvent concernés par ces paléo-altérites, et ceci se confirme dans les secteurs où ces produits ont été retrouvés dans le Cantal, c'est-à-dire à l'ouest près d'Ally, au sud près de Montsalvy, à l'est près de Ruynes-en-Margeride et au nord-est près de Massiac-Lempdes-sur-Alagnon.



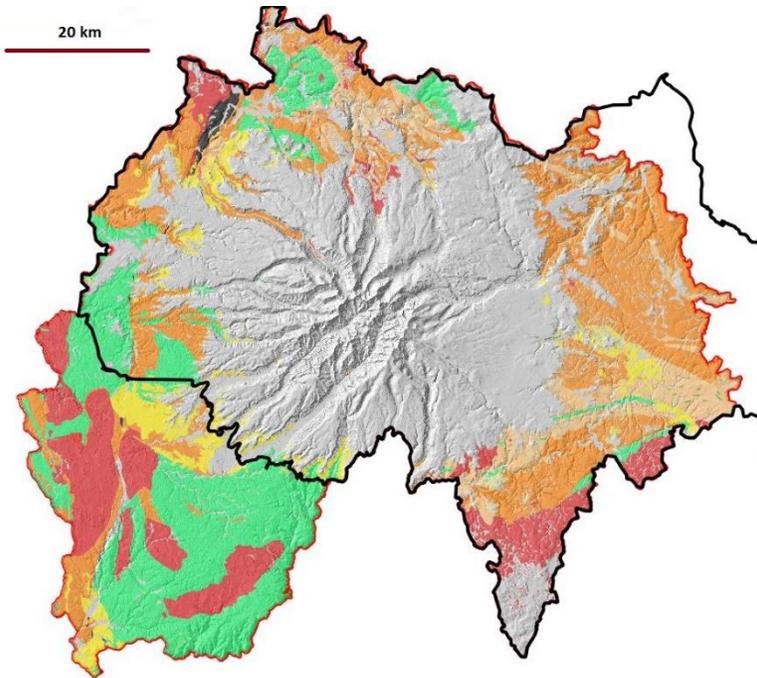
Coupe synthétique des paléosols du Lembron d'après Thiry et al.



**Paléosols rouges ou paléo-altérites.**  
Secteur entre Massiac et Lempdes-sur-Alagnon (en haut à droite).  
Secteur de Montsalvy (en bas à gauche).  
Secteur de Pommier au nord d'Ally (en bas à droite).



## Quelques informations sur les roches sédimentaires tertiaires



Extrait de la carte géologique harmonisée du Cantal (BRGM)

A partir de 55 millions d'années (Ma), la région subit les contrecoups de la formation de la chaîne alpine qui se traduisent par des phénomènes d'extensions Est-Ouest à l'origine de la création de bassins sédimentaires souvent limités à leurs bords par des failles. Ceux-ci peuvent avoir des dimensions variables allant de quelques kilomètres à plusieurs centaines de kilomètres pour les Limagnes. De même l'empilement sédimentaire pourra aller de quelques dizaines à plusieurs milliers de mètres d'épaisseur. Mais globalement l'extension progressive conduit à un mode de sédimentation par séquences successives qui commencent par des dépôts grossiers de sables graviers et argiles puis se termine par des marnes et calcaires. Certaines montrent également la présence de sels et/ou gypse (voir coupe synthétique ci-contre montrant l'ensemble des séquences envisagées pour la grande Limagne).

Dans le Cantal, ces dépôts apparaissent pratiquement sur tout le pourtour du massif volcanique qui les masque fortement et ne nous permet pas de connaître exactement l'étendu des différents bassins. Ils sont représentés en jaune sur la carte ci-contre. Cependant, on observe un grand bassin dans le secteur d'Aurillac où la sédimentation comporte d'importants niveaux carbonatés (marnes et calcaires plus ou moins dolomitiques et/ou silicifiés). Pour les autres occurrences, les bassins envisageables sont probablement de plus faible extension et surtout n'aboutissent que rarement et localement à des dépôts carbonatés. Ceci implique des fonctionnements plus détritiques sablo-argileux témoignant de zones plus dynamiques à comportement plutôt alluvial avec plaine d'épandage et lacs localisés se mettant en place dans de vastes cuvettes ou grands couloirs. Plusieurs phases sédimentaires non continues vont se succéder entre l'éocène, l'oligocène et le miocène soit entre 45 et 10 à 15 Ma. Les plus anciens de ces sédiments se déposent directement sur le socle granitique ou métamorphique voire sur les dépôts du sillon houiller, mais à partir de 15 Ma, les dépôts miocènes pourront apparaître sur du volcanisme ancien et même intercalés entre plusieurs venues volcaniques. La nature souvent argileuse des sédiments est aussi à l'origine de nombreux glissements en masse qui perturbent la succession géologique et créent des morphologies particulières.

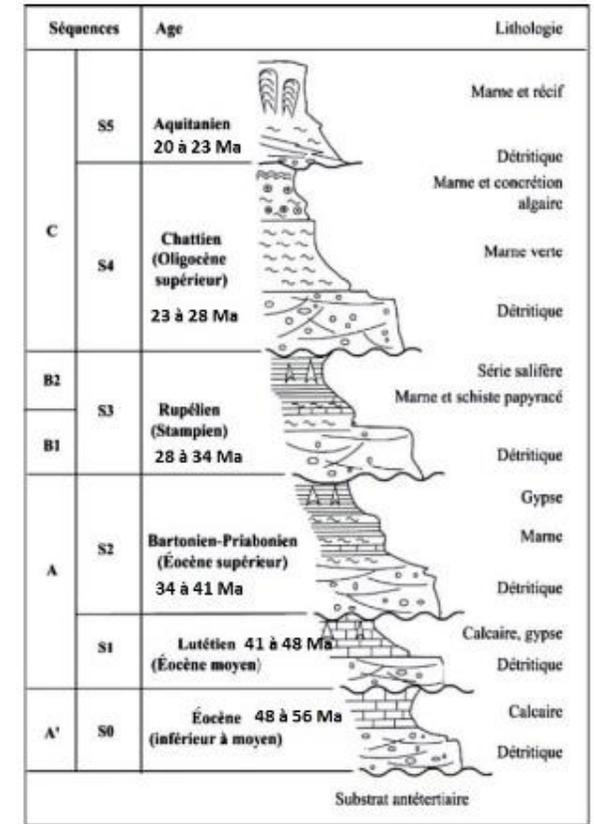
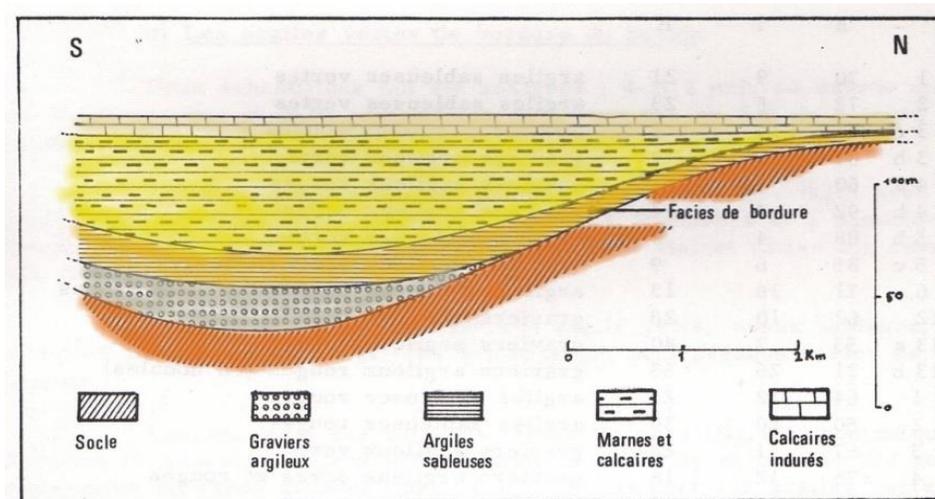
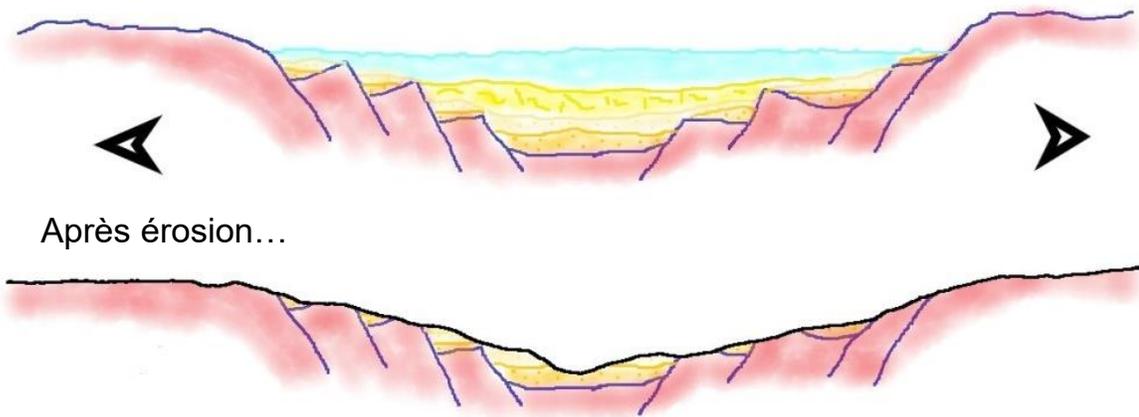


Fig. 10 - Stratigraphie de la Limagne (Clermontois et Bourbonnais) (Wattine, 2004)

## Ouverture de bassins sédimentaires d'origine tectonique



Le remplissage des bassins sédimentaires s'effectue par une succession de cycles sédimentaires débutant par des dépôts sableux et/ou sablo-argileux et pouvant ou non passer localement aux marnes et calcaires. Grande diversité de roches allant de faciès sableux à des carbonates...donc forte influence sur les sols



Argilo-sableux : secteur de Lorlanges



Sablo-argileux à cailloutis : secteur de Ruynes-en-Margeride.

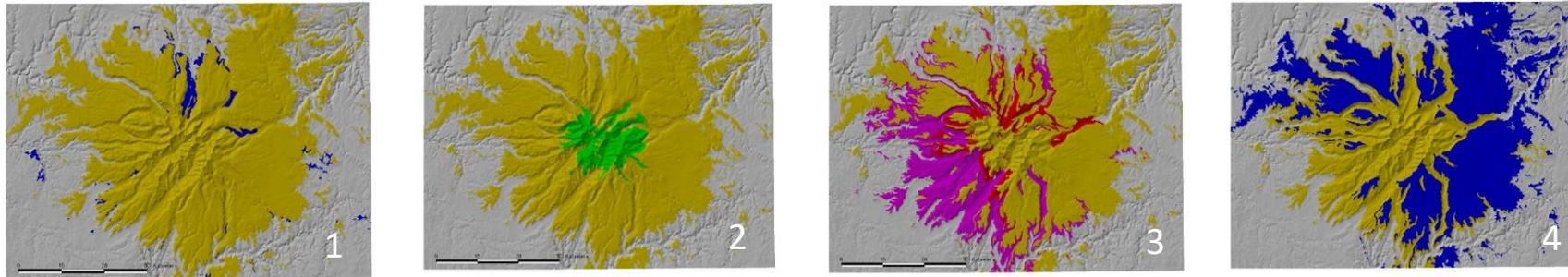


Quelques exemples de dépôts sédimentaires: **Carbonatés** : secteur de Crandelles

Sédiments d'âge  
Eocène (56 à 34 Ma)  
  
Oligocène (34 à 23 Ma)  
  
et Miocène (23 à 5 Ma)

## Les grandes étapes de la formation du massif volcanique du Cantal

La construction du massif volcanique du Cantal s'est déroulée en 3 grandes phases que sont: 1: les basaltes infracantaliens (entre 12 et 8 Ma) / 2: le volcanisme centré (entre 9 et 6 Ma) / 3: les basaltes supracantaliens (entre 6 et 3 Ma). Ces dates représentent des fourchettes de temps d'activité de chaque phase, et selon les auteurs, elles peuvent varier légèrement.



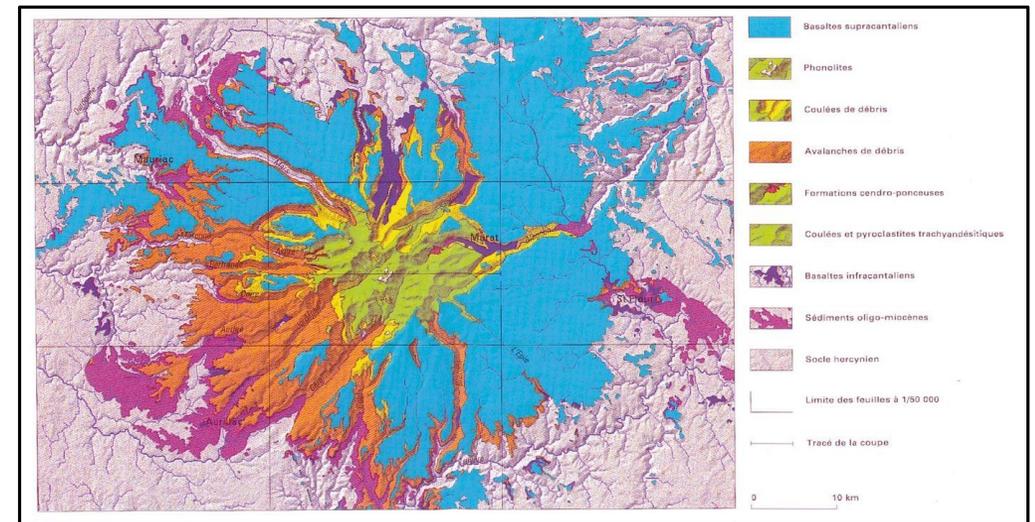
**Les basaltes infracantaliens (carte N°1):** Ils représentent le début de l'activité volcanique cantalienne et se mettent en place entre 12 à 8 Ma. Ce sont essentiellement des cônes de scories et émissions fissurales accompagnés de coulées de laves basaltiques qui sont actuellement les principaux témoins de ce qu'il reste de cette phase. Ces basaltes se mettent en place soit sur le socle, soit sur les sédiments tertiaires et sont souvent recouverts par les produits des phases suivantes.

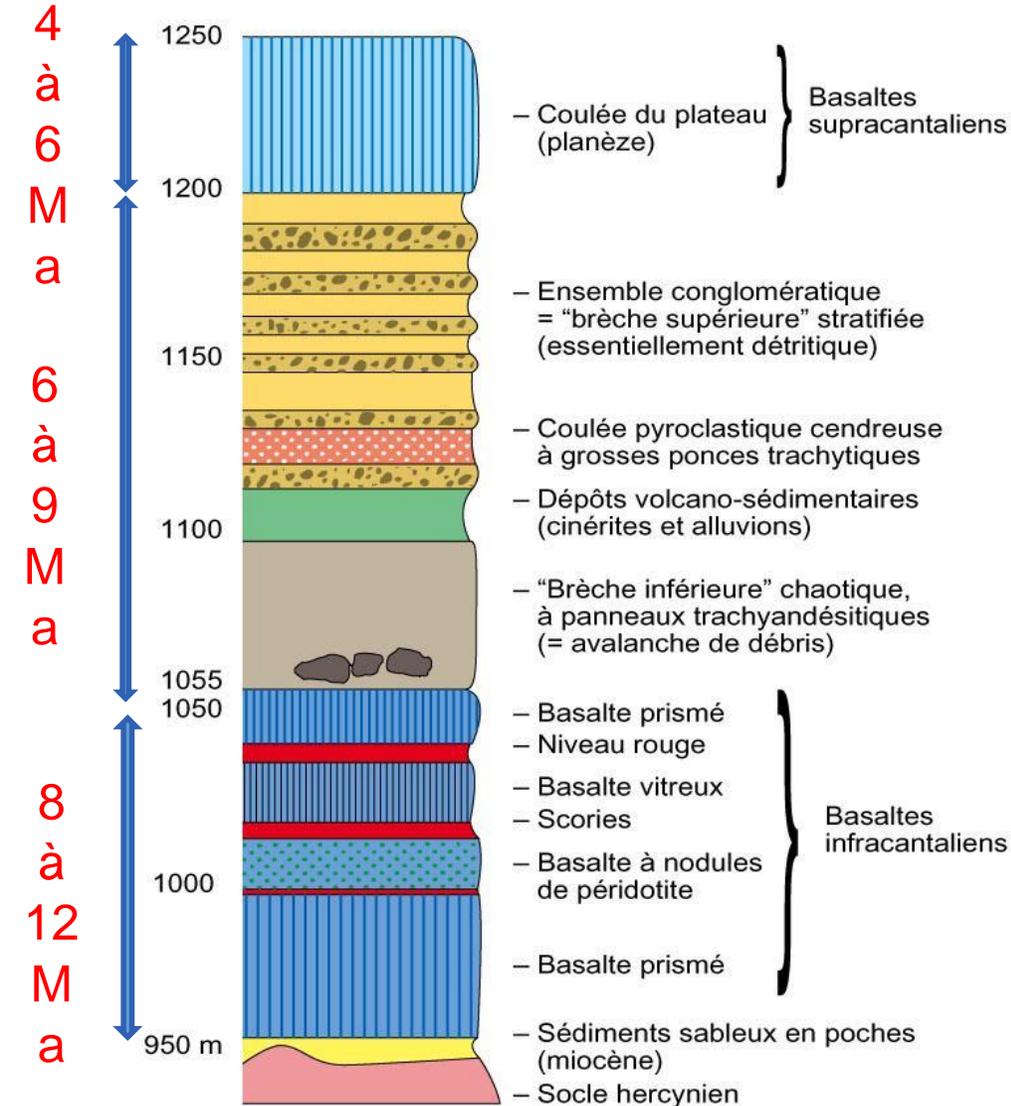
**Le volcanisme cantalien centré (cartes 2 et 3):** Il se met en place entre 9 et 6 Ma suite à l'individualisation d'une masse magmatique importante sous la partie centrale du massif (chambre magmatique). Ce stockage à plus faible profondeur (probablement une quinzaine de kilomètres voire moins) permet la production de magmas successifs de différentes natures (trachybasaltes, trachyandésites, trachytes, phonolites etc.) qui vont se mettre en place à l'aplomb du réservoir et construire petit à petit un gros édifice volcanique ayant pu atteindre 2000 à 3000 m d'altitude voire plus. Cet édifice va se construire et se détruire plusieurs fois au cours des 3 Ma d'activité. La carte N°2 indique les contours de la dernière phase de construction alors que la carte N°3 montre l'épandage des produits lors des destructions où en rose apparaissent les brèches d'avalanches de débris et en rouge les coulées de boues (lahars). Ce sont ces phénomènes qui ont provoqué l'étalement du massif cantalien et en font ainsi un ensemble très vaste,

**Les basaltes supracantaliens (carte N°4):** Suite à cette activité centrée, de nouveaux magmas d'origine profonde montent vers la surface entre 6 et 3 Ma. Ils s'épanchent sur tout le pourtour de la zone centrale. Ces alimentations dispersées vont permettre de recouvrir une grande part du massif, d'une importante couverture basaltique. Ces coulées vont former des plateaux basaltiques appelés planèzes qui vont masquer une grande partie des produits distaux de la phase centrée du massif.

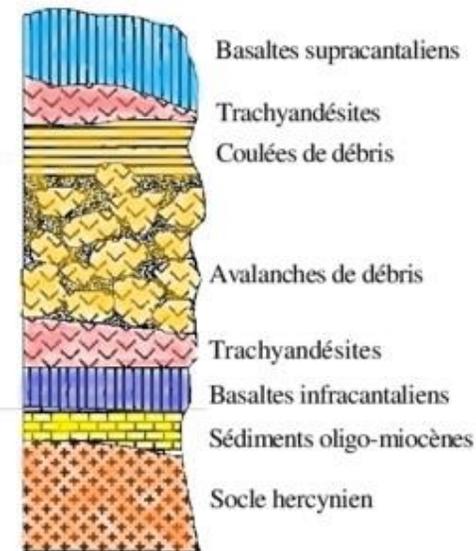
Le découpage morphologique ayant abouti aux formes actuelles est le résultat d'actions érosives diverses dont celles des activités glaciaires qui ont façonné les grandes vallées radiales typiques du massif cantalien.

Extraits de cartes de localisation des formations volcaniques produites par chaque phase (ci-dessus) et synthèse cartographique de toute l'activité (ci-dessous), Nelhig, 2001





## Zones Intermédiaires



Modifié d'après Nehlig, 2001

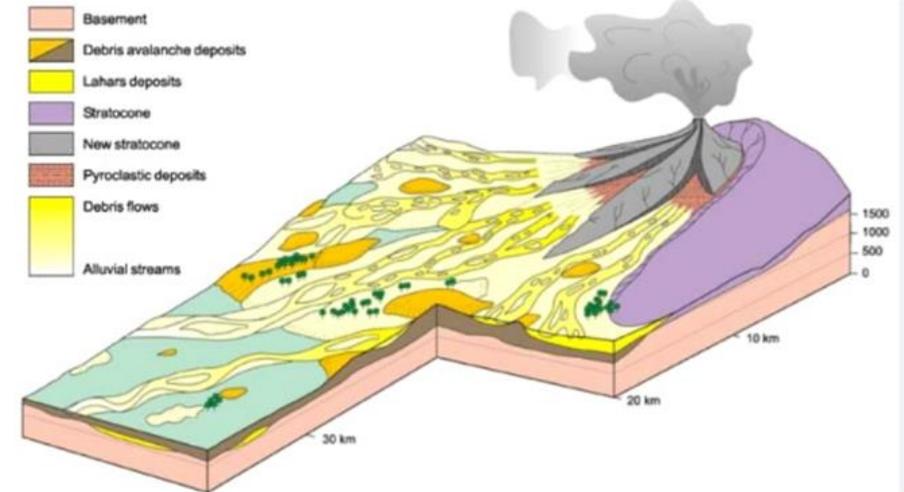


Figure 10 - Modèle conceptuel explicitant la formation du stratovolcan du Cantal avec un appareil volcanique central alimentant un important piémont volcanoclastique. La destabilisation gravitaire de cet édifice alimente un important dépôt d'avalanche de débris. La succession de tels épisodes de reconstructions et de destructions est à l'origine du stratovolcan du Cantal. Les importantes formations basaltiques infra et supracantaliennes n'ont pas été représentées. Modifié d'après un schéma de Jamet (1999)

## Quelques informations sur les roches volcaniques et leur mise en place

### Bref rappel sur la notion de roche volcanique et de série magmatique

Les différents mouvements des plaques tectoniques du secteur Eurasie/Afrique (ou contexte géodynamique) a permis la création, dans toute la région, de magmas dit alcalins c'est-à-dire riches en sodium et potassium. C'est ce que l'on va retrouver dans le massif du Cantal dont la particularité est, en plus, de comporter deux grandes séries magmatiques (voir figure ci-contre). Les roches de ces deux séries montrent des compositions minéralogiques et chimiques distinctes. En effet, les différentes espèces minérales cristallisent en fonction de la pression, de la température et de la richesse du liquide magmatique nourricier en éléments chimiques entrant dans leur composition. Ainsi, dans les magmas de la série dite sous-saturée, le taux de silice disponible est plus faible et entraîne la cristallisation de minéraux ayant moins besoin de cet élément dans leur structure. Ce sont les feldspathoïdes. A l'inverse dans les magmas de la série saturée, le taux de silice est plus important et permet la cristallisation de différents feldspaths, voire de quartz, ayant une structure nécessitant plus de cet élément. On voit donc que la présence ou non de ces minéraux discriminants va différencier les séries magmatiques, mais ceci est bien sûr lié à l'origine même des liquides magmatiques plus ou moins riches en silice ou à leur contamination chimique par les roches dans lesquelles ils se stockent. **NB:** On parle de roches volcaniques acides, basiques et intermédiaires: ceci n'est pas en relation avec la notion de pH comme dans les sols, mais c'est lié au taux de silice de la roche. Le passage étant graduel, les trachyandésites passeront de basique à acide.

### Cas de la série saturée :

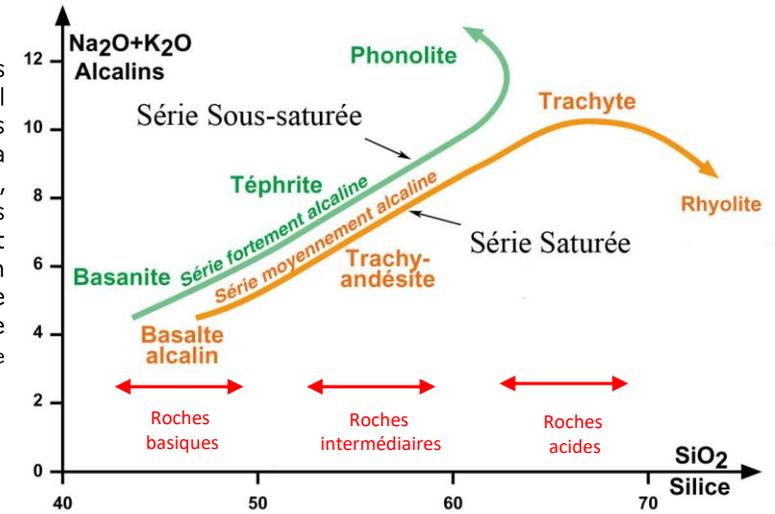
Le basalte de cette série est suffisamment riche en silice pour que son évolution par cristallisation fractionnée au fur et à mesure de ses arrêts lors de la remontée vers la surface, lui permettent de former des magmas successifs qui vont s'appauvrir en fer et magnésium et s'enrichir en silice, aluminium et alcalins. Ainsi, d'un magma dont la composition permettra, en se refroidissant en surface, de créer une roche appelée basalte, on passe à un magma capable de former un trachybasalte puis d'un trachybasalte à un trachyandésite, puis d'un trachyandésite à un trachyte et, enfin, d'un trachyte à une rhyolite. Cette dernière est très enrichie en silice et peut atteindre des taux de plus de 70 % alors qu'elle n'a presque plus de fer et pratiquement plus de magnésium. C'est cette succession de roches toutes liées les unes aux autres que l'on appelle une série magmatique saturée (voir figure ci-dessus).

### Cas de la série sous-saturée :

Quand le premier magma créé est relativement pauvre en silice, on l'appelle une basanite. Par le même processus que pour la série saturée, la cristallisation fractionnée va permettre de passer d'une basanite à une téphrite (autrefois appelée ordanchite et maintenant quelquefois appelée trachyandésite à haÿne dans le massif cantalien) puis d'une téphrite à un trachyphonolite, et enfin d'un trachyphonolite à une phonolite. Comme le montre la figure ci-dessus, l'enrichissement en alcalins va être encore plus important que pour la série saturée. Ainsi les termes phonolitiques sont des roches pouvant cumuler 12 à 14% d'alcalins et près de 20% d'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pour seulement une soixantaine de % de silice(SiO<sub>2</sub>).

### Cas des mélanges magmatiques:

Dans une chambre magmatique en cours d'évolution par cristallisation fractionnée, l'intrusion d'un nouveau magma venant de zones plus profondes produit une augmentation de température et des mouvements de convection qui vont développer un mélange entre les différents magmas en cours d'évolution et stockés dans le réservoir. Ceci explique que certaines roches comme les trachyandésites ou les trachyphonolites puissent contenir des enclaves d'autres magmas et avoir des compositions minéralogiques anormales et incompatibles avec le phénomène de cristallisation fractionnée seule.



Séries saturée et sous saturée, illustration adaptée et modifiée par J.M. Morel d'après La dépêche du Parc, éditions du PNRVA, 1995.

## Quelques informations sur les roches volcaniques et leur mise en place

### Bref rappel sur la notion de dynamisme éruptif

Lorsqu'un liquide magmatique remonte vers la surface, il subit des changements de conditions de pression et de température. C'est ce qui va conduire les gaz à s'extraire des magmas (c'est ce que l'on appelle l'exsolution des gaz) et à favoriser la remontée plus rapide du liquide magmatique vers la surface. Ainsi la très grande majorité des éruptions se produisant à l'air libre ou sous une faible tranche d'eau va débiter par une phase explosive plus ou moins marquée permettant l'évacuation rapide des pressions associées aux gaz. Lorsque cette phase est suffisamment avancée, une phase effusive va pouvoir prendre la suite et permettra au liquide magmatique de s'épancher s'il le peut.

Les phases explosives vont projeter, pulvériser et disperser la lave sous forme de blocs, granules (lapilli), cendres qui se regroupent sous l'appellation de pyroclastites. La plupart du temps, lors de leur mise en place, ces pyroclastites forment des dépôts meubles. Les phases effusives vont libérer plus calmement la lave et lui permettre de s'écouler plus ou moins bien en fonction de sa viscosité. Le résultat, après refroidissement, est représenté par une masse rocheuse plus ou moins continue et homogène, la roche est alors qualifiée de massive. Bien sûr, des intermédiaires existent, mais globalement une première approche de l'observation d'un affleurement de roches volcaniques permet ainsi de se faire une idée de la phase éruptive à laquelle nous avons à faire.

### Les grands dynamismes éruptifs:

Nous présenterons ici les informations nécessaires mais simplifiées qui permettent au lecteur de faire la relation entre les termes utilisés et les phénomènes qu'ils représentent.

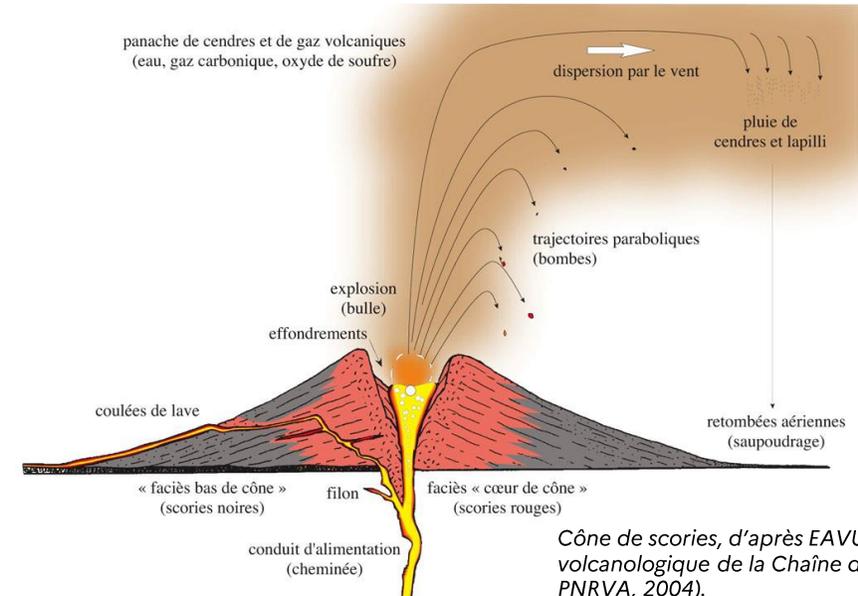
**Lorsque le magma est fluide :** Compositions basanitiques, basaltiques, trachybasaltiques, trachyandésitiques basiques, trachyandésites à haüyne.

La fluidité du liquide magmatique permet aux gaz de s'échapper assez facilement, il n'y a donc pas de fortes explosions. La lave est projetée à quelques centaines de mètres de hauteur et retombe autour du point d'émission. Les blocs les plus gros retombent plus près et les grains plus fins un peu plus loin si bien que l'ensemble s'accumule pour former un édifice de type cône. Ces projections sont appelées scories, on parle donc d'un **cône de scories**. La rythmicité de l'éruption confère au dépôt une stratification plus ou moins marquée en fonction de la taille des grains. La couleur des scories sera un indicateur potentiel de la distance au point d'émission, les rougeâtres indiquant une oxydation du fer de la roche associée à la proximité de l'événement (ce que l'on appelle le faciès cœur de cône). Au contraire les noirâtres informeront sur un positionnement plus distal (ce que l'on appelle le faciès bas de cône).

Lorsque la phase explosive baisse d'intensité, la lave peut remonter dans les conduits d'alimentation sans finir sa course sous forme explosive, alors elle se fraie un chemin au sein de la base du cône et s'écoule vers le point le plus bas. C'est la **coulée de lave**. Sur le terrain, on distingue bien les produits du cône, qui sont meubles, de la coulée de lave, qui est massive.

Mais tous les cas intermédiaires sont possibles et il peut se former, si la lave est très fluide, des éruptions en régime continue qui forment des **fontaines de lave** et produiront des dépôts grossiers de scories plus ou moins soudées entre elles, l'édifice formé par cette accumulation s'appelle un **spattercone** (traduit cône de scories soudées).

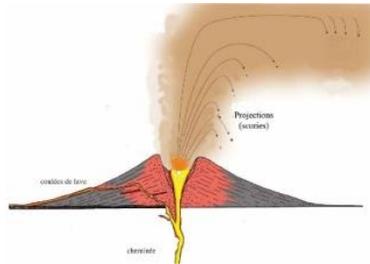
Après refroidissement total, le cœur des coulées de lave pourra montrer ou non des prismations (**orgues**) plus ou moins régulières en fonction de la composition de la lave et des phénomènes de refroidissement. Les fissures et fractures par lesquelles remonte la lave vers la surface, pourront également être mises à jour par différents phénomènes (érosion, glissements etc.). Elles formeront des **dykes**.



Cône de scories, d'après EAVUC, carte volcanologique de la Chaîne des Puys (éditions PNRVA, 2004).

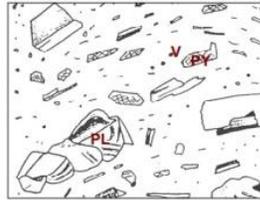
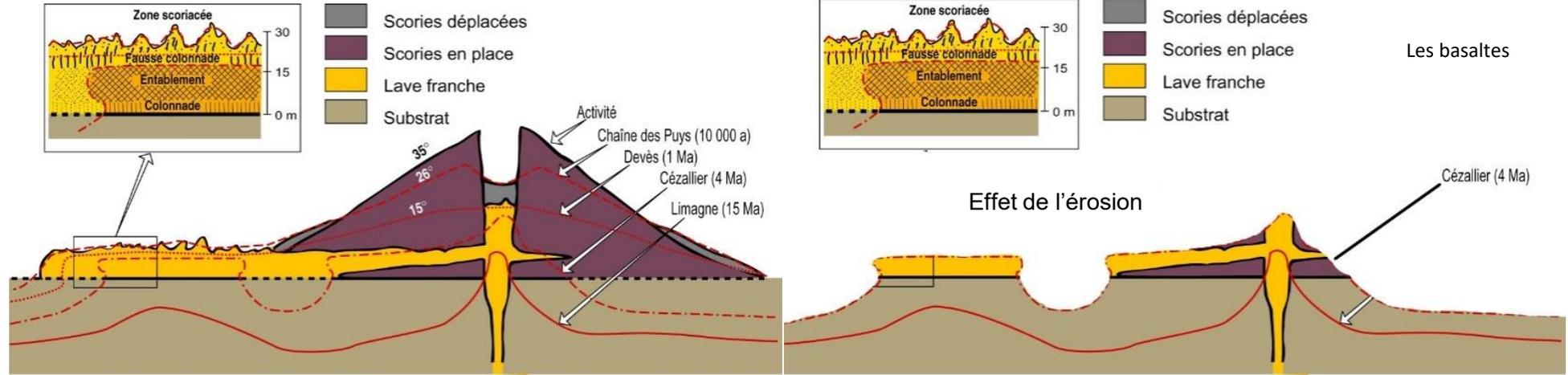
# Notice explicative du Référentiel Régional Pédologique du Cantal

C. Martin, J.M. Morel, A. Poiraud et V. Genevois 2023



EAVUC, PNRVA 1995

Le cône de scories



## Quelques informations sur les roches volcaniques et leur mise en place

**Lorsque le magma est visqueux :** Compositions trachyandésitiques acides, trachytes, trachyphonolites, phonolites, rhyolites.

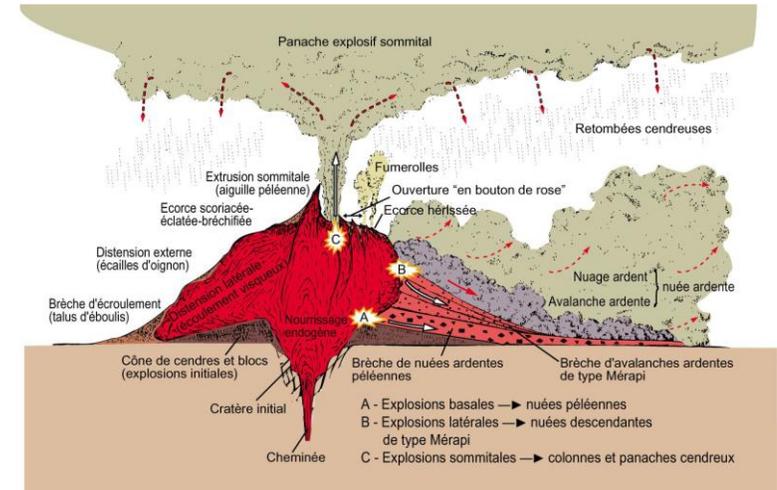
La présence d'un magma visqueux très riches en gaz donne des éruptions très explosives. Mais la nature des éruptions dépendra aussi du volume de magma disponible dans la chambre magmatique.

### Cas des éruptions à petit volume :

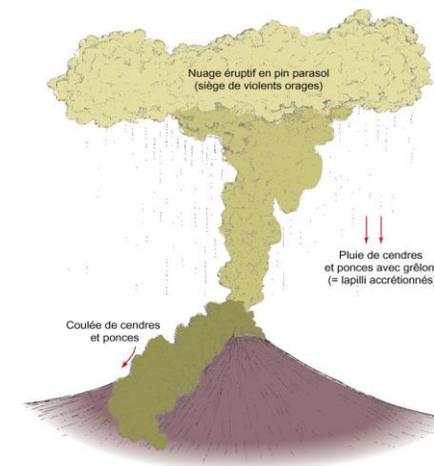
L'expulsion d'un petit volume d'une lave visqueuse va débiter par une phase très explosive ouvrant un cratère dans les roches préexistantes. Un panache de cendres et des projections de blocs de toute nature et taille vont se former au fur et à mesure de l'ouverture du cratère. C'est la **phase de débouillage**. Ces cendres peuvent atteindre des altitudes de plusieurs kilomètres, voire dépasser la dizaine de kilomètres. Des **retombées de cendres** vont se produire et napper la zone alentour quelque soit la morphologie du relief. Une partie du panache peut s'écrouler sur lui-même et former des écoulements de matériaux pulvérulents. Certaines parties plus denses de ces écoulements se conduisent réellement comme des coulées très rapides et se canalisent dans les vallées et points bas des reliefs, ou s'étalent latéralement, ce sont les **coulées pyroclastiques de cendres et blocs**. Une fois cette phase très explosive évacuée, la lave peut être expulsée de manière plus calme sous forme de coulées. Mais la viscosité reste un obstacle à l'écoulement si bien qu'il se produit une accumulation de lave massive qui peut combler le cratère et en déborder. C'est le **dôme**. Cependant de nouvelles phases explosives peuvent se produire au fur et à mesure des remontées magmatiques et pulvériser le dôme. Ou bien le dôme devient instable sur une pente raide et s'écroule. Dans les deux cas, on obtient alors un ensemble très chargé de matériel cendré et de blocs de toutes tailles issus du dôme qui va s'écouler à la manière d'une coulée pyroclastique. C'est ce que l'on appelle les **nuées ardentes**. Le résultat de ce genre d'éruption est la formation d'un édifice de petite taille (de l'ordre de quelques centaines de mètres) accompagné de dépôts dans un pourtour de quelques kilomètres.

### Cas des éruptions à gros volume :

La dynamique est comparable au cas précédent mais le volume à émettre étant beaucoup plus important, l'intensité de la phase explosive va être démultipliée. Le panache est beaucoup plus volumineux et peut monter très haut dans l'atmosphère (plusieurs dizaines de kilomètres), notamment si le régime de l'éruption est continu. C'est une très vaste surface qui va être alors recouverte de pluies de cendres que l'on appelle alors **retombées pliniennes**. Si ce régime est plus rythmé, le panache se charge et s'écroule en fonction de l'alimentation et il se produit de très importants écoulements pyroclastiques qui représentent des volumes considérables et peuvent s'éloigner à des dizaines de kilomètres de leur point de départ. De même, si l'apex de la chambre magmatique se trouve assez près de la surface, l'extrême teneur en gaz vésicule énormément le magma et ce sont des ponces qui sont émises accompagnées de cendres. On parle alors d'**écoulements pyroclastiques de cendres et ponces** (EPCP).



Cas de l'éruption formant le dôme, d'après EAVUC, carte volcanologique de la Chaîne des Puys (éditions PNRVA, 2004).



Écoulements pyroclastiques de cendres et ponces et retombées de cendres, d'après EAVUC, La dépêche du Parc (éditions PNRVA, 1995).



Puy Mary



Puy d'Augoule (Menet)

Trachyandésite



Trachyte



Trachyte (Trizac)



Nuées ardentes « trachytiques »



## Quelques informations sur les roches volcaniques et leur mise en place

### Cas des roches phonolitiques.

Les phonolites sont issues d'une éruption à magma visqueux riche en gaz et en cela elles se rapprochent des formations trachyandésitiques acides ou des trachytes dont le dynamisme éruptif a été décrit précédemment. Cependant dans le cas des phonolites, la phase effusive est souvent encore plus visqueuse que pour les trachytes et se met en place sous forme de masse déjà assez refroidie et consolidée pour avoir un comportement qui se rapproche de la montée d'une sorte de piston constitué d'une lave souvent prismée et se débitant en orgues et dalles que l'on appelle protrusion. Ces structures subissent l'érosion et la dislocation sous forme de très importants éboulis entourant la base de la protrusion.

Chimiquement, les roches phonolitiques peuvent cumuler 12 à 14% d'alcalins et près de 20% d'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pour seulement une soixantaine de % de silice (SiO<sub>2</sub>). Ce taux de silice est largement inférieur à des termes d'équivalente différenciation magmatique en domaine saturé et cela est dû à leur appartenance à une série magmatique sous-saturée en silice (voir fiche précédente sur les séries magmatiques).

Dans le Cantal, on observe deux zones où des occurrences phonolitiques sont présentes, l'une dans la zone centrale autour des puys Griou et de l'Usclade avec une extension jusqu'au Roc d'Hozières et une seconde zone plus au nord dans le secteur entre Valette, Menet et le Monteil. Globalement ces phonolites s'orientent sur un axe de direction NW-SE qui est une direction connue des grands systèmes de failles régionaux. Les âges de mise en place sont compris entre 7,5 et 5,5 millions d'années (Ma), avec un maximum de données entre 7 et 6,5 Ma, ce qui les place à la fin du volcanisme centré du massif cantalien et juste avant les basaltes supracantaliens. Il semble que, chimiquement et minéralogiquement, les phonolites de la zone centrale autour du Griou soient différentes de celles du nord du Cantal et qu'elles puissent provenir de phénomènes de mélanges magmatiques. Est-ce dû à la présence de réservoirs magmatiques importants associés aux trachyandésites de la zone centrale et avec lesquels les magmas phonolitiques ont pu avoir des échanges? Il n'y a pas actuellement d'explication formelle à ces observations mais juste une constatation que l'on ne fait pas dans le secteur nord.

Ces roches phonolitiques forment régulièrement des orgues eux-mêmes se débitant souvent en dalles qui ont été exploitées pour produire des lauzes installées sur les toitures de la région.



Exemple de roche phonolitique

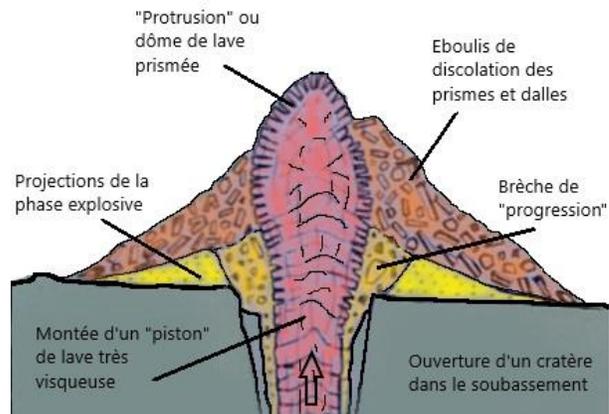


Schéma simplifié de la formation d'une protrusion phonolitique



Vue du Puy Griou



Phonolithe des bois d'Aldy (Trizac) au premier plan et de Bort les Orgues en arrière plan

## Quelques informations sur les roches volcaniques et leur mise en place

### Cas de l'hydromagmatisme :

C'est l'ensemble des phénomènes associés à la rencontre de l'eau par un magma arrivant près de la surface. Deux cas de figure sont présents : la rencontre se fait en profondeur (cas de nappes phréatiques) ou en surface (cas de lac, mer ou glace).

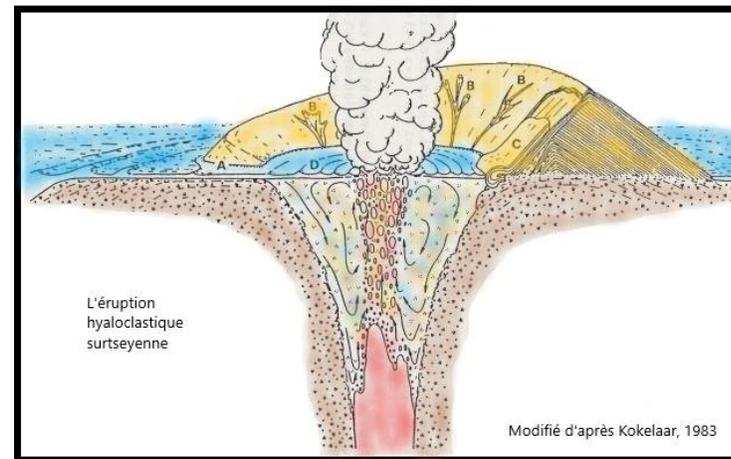
#### Rencontre en profondeur : Cas du maar

Quelque soit la nature du magma (fluide ou visqueux), cette rencontre génère la vaporisation de l'eau par le magma. Il se forme une surpression associée à la présence de vapeur d'eau et une sorte de chambre d'explosion souterraine se met en place et alimente la surface en très violentes explosions. Il peut se former d'importants panaches peu concentrés mais très vigoureux permettant à du matériel cendré de diverse nature d'être expulsé. Des retombées se produisent alors, mais d'importantes décompressions de la colonne sont aussi à l'origine de **déferlantes pyroclastiques**. Ces dépôts sont généralement consolidés sous l'effet de la cimentation des fines particules mélangées à l'eau, c'est ce que l'on nomme des tufs. Il se creuse un grand cratère entouré d'un anneau surbaissé de projections (**anneau de tufs**) qui est l'édifice volcanique de ce dynamisme éruptif. L'ensemble cratère et anneau de tufs forme ce que l'on appelle un **maar**. La suite de l'éruption va dépendre de la continuité ou non de la présence d'eau et de magma. Si l'eau vient à manquer ou se trouve isolée du magma, l'éruption reprendra le même cours que si elle n'avait pas rencontré d'eau mais elle aura probablement perdue une partie de sa phase explosive. Si l'eau persiste jusqu'à l'arrêt de l'alimentation magmatique, alors il reste un grand cratère qui bien vite se remplit d'eau pour former un lac.

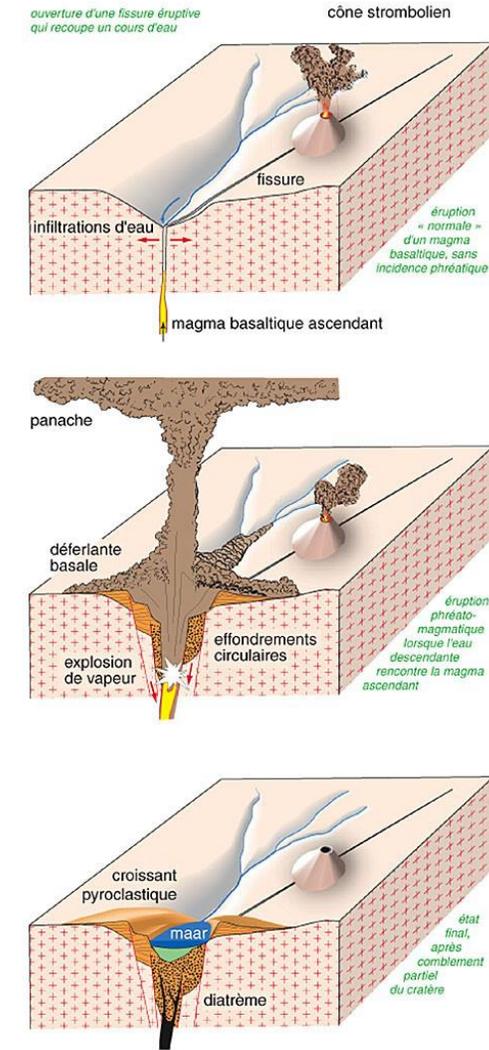
#### Rencontre en subsurface : les hyaloclastites

Si un magma arrive en surface sous une tranche d'eau ou de glace peu importante, comme cela peut être le cas en domaine continental et non en domaine marin profond, alors la lave subit un refroidissement brutal équivalent à une trempe. Cela ne modifie que peu l'explosivité mais donne des dépôts très vitreux et très fragmentés que l'on appelle des **hyaloclastites**. Leur accumulation forme un édifice intermédiaire entre le cône de scories et l'anneau de tufs que l'on appelle **cône de tufs hyaloclastiques**. Si la lave est suffisamment fluide pour pouvoir s'écouler, la coulée résultante va se fragmenter et former des **pillow lavas** (sorte de paquets de lave vitreuse ayant une forme en oreiller).

Si l'eau est sous forme de glace, elle va fondre à l'aplomb du cratère mais isoler ce dernier et permettre la formation d'un lac qui pourra ou non se vidanger.



Schématisme du fonctionnement d'un appareil hyaloclastique, Kookelar, 1983



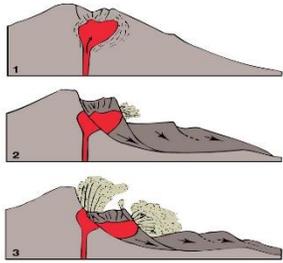
Le maar, d'après EAVUC, Carte volcanologique de la Chaîne des Puys, éditions PNRVA (2004).

## Exemple de dépôts de Maar (Cantal)



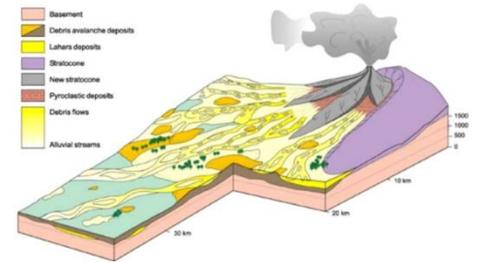
## Quelques informations sur les brèches volcaniques du Cantal

Les cartes géologiques au 1/50 000<sup>ème</sup> du massif cantalien indiquent la présence de nombreuses brèches que l'on retrouve aussi bien dans la zone centrale qu'en périphérie. Dépendant de la date de réalisation de ces cartes, les noms utilisés pour décrire et classer ces brèches ont évolué en fonction des connaissances scientifiques et notamment suite à l'éruption du Mont St Helens en 1980 aux USA qui nous a montré un nouveau type d'éruption conduisant à l'écroulement d'une grande partie d'un édifice volcanique comme le montre l'illustration ci-dessous. Sans trop rentrer dans le détail du classement de ces brèches, nous pouvons considérer l'existence de 3 grands types de brèches qui sont es brèches d'avalanche de débris, les brèches magmatiques, les brèches épiciastiques.



Déclenchement d'avalanche de débris, type St Helens, d'après EAVUC, La dépêche du Parc (éditions PNRVA, 1995).

**Les brèches d'avalanches de débris (AD) :** Elles sont le résultat de la déstabilisation d'un flanc entier, voire plus, d'un grand édifice volcanique. Dans le cas du Cantal, il semble qu'au cours de l'activité centrée du massif, il y a eu plusieurs phases de construction de gros édifices dont chacune ou presque a abouti à un grand glissement en masse d'une partie importante de l'édifice. La cause du déclenchement de l'écroulement peut être variée et pas seulement, comme au St Helens, une intrusion magmatique montant très haut dans l'édifice mais étant bloquée par un bouchon matérialisé par un ancien dôme sommital. Pour le Cantal, il peut aussi s'agir de la présence de dépôts sédimentaires à la base du massif qui deviennent instables au fur et à mesure de la croissance et de la pression de l'édifice et des actions fumerolliennes, mais il se peut aussi que ce soit lié au jeu de grandes failles qui parcourent l'assise du massif et ont pu le déstabiliser lorsqu'il a atteint un certain stade de croissance. Ces brèches d'AD sont constituées de toutes les roches qui formaient l'édifice déstabilisé et de toutes celles qui peuvent être reprises lors du parcours. Ainsi on observe des dépôts très hétérogènes aussi bien en nature qu'en taille des éléments les composant. Dans les zones proximales (premiers kilomètres), les panneaux transportés peuvent atteindre plus d'une centaine de mètres alors qu'en périphérie (15 à 30 km), on constate généralement un broyage des produits qui génère des dépôts plus matriciels avec des blocs décimétriques, métriques voire plurimétriques noyés dans une matrice cendro-boueuse compactée. Par exemple, il est très délicat de déterminer si un groupe d'affleurements d'une coulée de lave représente la coulée en place ou seulement un panneau transporté. Généralement, dans le second cas, nous aurons des passages brutaux et très divers à d'autres formations et des alternances inexplicables par la chronostratigraphie, de dépôts divers.



Modèle conceptuel présentant la construction et la destruction par les avalanches de débris et les lahars du massif cantalien d'après Nelhig 2001.



Dépôts d'avalanche de débris dans la vallée de la Santoire (à gauche) et le long de la D922 près de St-Martin Valmeroux (à droite).

Brèche magmatique de type nuée à blocs sur le flanc E de la vallée du Mars



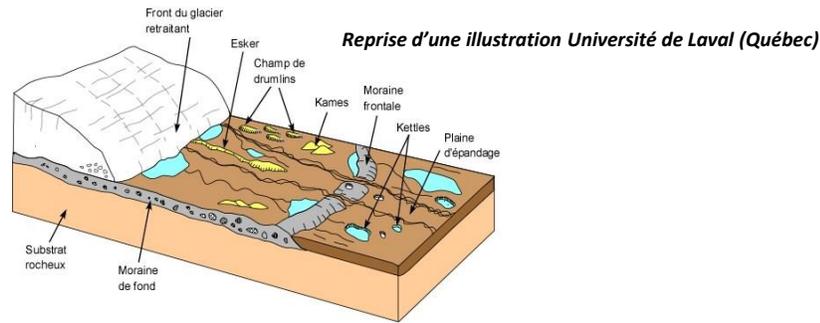
**Les brèches épiciastiques (lahars) :** Il s'agit de dépôts représentant la reprise de formations volcaniques préexistantes lors de périodes de pluies intenses et longues ou lors de la fonte de glaces ou de névés importants ou lors du passage d'un écoulement pyroclastique ou d'une AD dans un lac. Il se forme alors des coulées de débris et de boue appelés lahars en domaine volcanique. Ils sont constitués de tout ce qui est emporté du point de départ au point d'arrivée et sont donc très hétérogènes en nature et taille des éléments. Cependant ils ne comportent pas de grands panneaux comme ceux rencontrés dans les zones proximales des AD, mais deviennent très difficiles à distinguer des dépôts distaux des AD. Ils peuvent parcourir de quelques kilomètres à des dizaines de kilomètres.



Dépôts lahariques provenant de la remobilisation d'avalanche de débris ou d'écoulement pyroclastique à ponces? Rebord de la vallée du Brezons

**Les brèches magmatiques (Brm) :** Elles proviennent de la bréchification d'écoulements laviques ou pyroclastiques de nature diverse même si le plus souvent ce sont des trachyandésites. Cette bréchification n'est pas toujours bien comprise, mais elle peut être associée à l'importante viscosité des magmas se mettant en place sur des pentes fortes, ou bien à des écoulements pyroclastiques (type nuées ardentes) résultant, ou pas, de l'évolution d'écoulements laviques ou encore d'éruptions anormalement riches en gaz bréchifiant tous les produits émis. On note cependant deux grandes différences avec les dépôts d'AD, l'homogénéité en nature de la roche constituant le dépôt et une expansion plus réduite qui affecte essentiellement la partie centrale du massif.

## Quelques généralités sur les glaciers et leurs dépôts du Puy-de-Dôme au Cantal (voir également paragraphe en géomorphologie)



Quelques exemples de dépôts d'origine glaciaire (1,4) et périglaciaire (2,3).



Lorsque les conditions météorologiques et climatiques sont favorables à la persistance de la neige tout au long de l'année, celle-ci se transforme en glace. L'accumulation de la glace se fait en priorité sur les parties hautes des massifs et finit par s'écouler par gravité vers des zones plus basses. Mais dépendant des morphologies préglaciaires et de l'englacement, certains auteurs ont distingués **des glaciers de vallées et des glaciers de plateaux**. Les premiers sont le résultat de la canalisation dans les vallées préexistantes des flux de glace alors que les seconds représentent plutôt de petites calottes glaciaires couvrant uniformément les parties hautes des zones de plateaux.

Chacun de ces types de glaciers vont produire des dépôts et de formes qui vont être liés soit à l'érosion lors des avancées glaciaires, soit à des décharges lors des reculs du glacier et enfin aux circulations des eaux qui ont lieu à la base, sur les rebord et au sein des masses glaciaires. On peut ainsi considérer que les **tills ou moraines** représentent tout ce qui résulte de l'aspect érosif du glacier et les **dépôts fluvioglaciaires**, ce qui provient des circulations d'eaux associées aux masses glaciaires. La figure ci-contre, montre de façon très synthétique les différents types de dépôts formés lors des déplacements des glaciers.

D'un point de vue chronologique, nous gardons dans le secteur étudié, la trace de la dernière glaciation appelée würmienne puisque mise en place pendant **le würm** (entre 80 000 et 12 000 ans).

Les masses glaciaires ont pris naissance dans les points hauts des massifs volcaniques, elles se sont alors attaquées et ont été alimentées par des roches volcaniques de tous genres, mais lors de leur épanchement vers les parties basses, elles ont alors affecté les roches du socle granitique et métamorphique. Ainsi les dépôts que nous observons peuvent être **soit entièrement volcaniques** mais constitués de roches différentes, **soit mixtes** (volcanique + socle) soit essentiellement formés de socle. Le plus souvent, ils sont constitués **d'une matrice sablo-argileuse** variable dans laquelle se trouvent des blocs de taille allant du granule centimétrique au bloc décimétrique ou pluri-décimétrique. La forme des blocs peut être émoussée ou arrondie et même galéiforme ou plus anguleuse. Cela dépend du mode de transport (au sein ou à la base de la masse glaciaire) ou par de forts écoulements libres d'eau. Ce dernier cas tendant à produire des formes plus nettement arrondies qui quelquefois nous permettent d'envisager des fonctionnements fluvioglaciaires (issus de la fonte des glaces). Quelquefois des blocs métriques à pluri métriques se retrouvent éparpillés sur des zones qui ne sont pas de même nature qu'eux, ce sont les **blocs erratiques** provenant du transport par le glacier puis de leur dépôt à la fonte de celui-ci. Enfin des lacs glaciaires peuvent être créés suite au barrage par la glace ou les dépôts, ils peuvent ainsi accumulés des sédiments très bien classés que l'on appelle **limnoglaciaires**. Malheureusement notre travail d'échantillonnage à la tarière à main ne nous permet pas d'identifier la nature des dépôts et même si nous avons systématiquement essayé de rechercher des affleurements associés à nos sondages pour mieux observer le dépôt, il ne nous a pas été possible de préciser de quels types de dépôts il s'agissait. Pour ces raisons nous avons utilisé le terme de **dépôt d'origine glaciaire** quand nous avons identifié le caractère glaciaire de la couverture mais sans pouvoir en dire plus sur son origine.

Enfin, nous avons également observé que certains dépôts n'entraient pas dans la dénomination glaciaire franc ni dans les altérites classiques des différentes roches rencontrées. La nature des dépôts (quelques blocs de petites tailles flottant dans une matrice très fine terreuse, leur organisation montrant souvent des pseudo-litages ou des blocs orientés, leur position topographique etc. nous ont conduit à envisager des conditions périglaciaires pour expliquer ces observations. De même des épanchages de blocs sur des surfaces presque planes constituées de la même roche que les blocs peuvent témoigner d'un déplacement en conditions périglaciaires. Nous avons ainsi utilisé le terme de **dépôts d'origine périglaciaire** pour en rendre compte.

## Quelques généralités sur les alluvions et colluvions



Dépôts d'alluvions dans la vallée de l'Impradine (ci-dessus) et à St-Bonnet-de-Condât (ci-dessous)



**Les alluvions** sont les dépôts résultant du transport par les cours d'eau. Pour que cela se produise, il faut que le cours d'eau ait une puissance suffisante et régulière pour transporter des éléments de taille variable mais supérieure aux simples argiles et limons et puisse accumuler un dépôt dans et autour de son lit.

Le dépôt est alors constitué d'éléments variables en nature et taille puisque tout ce qui est positionné sur le tracé et aux abords du cours d'eau sera emporté. Si le transport est suffisamment long et efficace, les éléments auront subi un émoussé ou mieux un arrondissement qui conduit à la formation de **sables, graviers, galets** et **argiles** pour les particules fines. On pourra aussi observer des classements granulométriques et des dépôts en strates plus ou moins régulières. Si le cours d'eau est ou a été suffisamment important et pendant une période assez longue, la mise en place et l'accumulation des alluvions, latéralement au cours d'eau, va former une plaine alluviale et des terrasses.

Sur les cartes géologiques, les dépôts alluvionnaires sont classés en fonction de leur âge par rapport aux dépôts en cours de formation par la rivière. On utilise la lettre F pour annoncer la nature alluvionnaire puis une lettre en minuscule. On démarre avec z pour dire que ce sont les alluvions contemporaines de la période actuelle, puis on remonte l'alphabet au fur et à mesure que les alluvions sont plus anciennes. Ainsi sur la carte, les Fy-z seront près du lit des cours d'eau et Fx plus éloignées. Quand on ne peut pas déterminer avec précision l'âge d'un dépôt alluvionnaire, on note F. Des dépôts alluvionnaires peuvent être cartographiés alors qu'il n'y a plus de cours d'eau qui coule dans le secteur. Elles témoignent néanmoins du passage d'un cours d'eau dans le passé. Ainsi des **alluvions anciennes** (quelquefois appelées villafranchiennes ou plio-villafranchiennes) sont le résultat de dépôts fluviatiles mis en place vers 2.5 à 3 Ma par des cours d'eau qui ne sont plus présents à proximité actuellement voire plus du tout. Il est également assez délicat de différencier des alluvions holocènes (moins de 100 000 ans) de dépôts fluvioglaciaires.

**Les colluvions** sont des dépôts issus du remaniement des formations superficielles et des sols soumis à des circulations d'eaux diffuses. Contrairement aux alluvions, il n'y a pas de ruissellement, donc les dépôts vont garder certains des aspects des sols et des formations superficielles et ne montreront pas de classement granulométrique ni de stratification aussi marqués que dans les alluvions. Généralement les dépôts sont assez fins et si des blocs sont présents, c'est parce qu'ils se déplacent en même temps que la masse. Les colluvions sont **présentes en bas de pente** et généralement le transport est beaucoup moins long que pour les alluvions, donc les éléments présents dans les colluvions vont se retrouver en place à proximité ou pas très loin. Le colluvionnement peut être favorisé par l'action périglaciaire du gel et dégel lors des périodes froides.

Sur les cartes géologiques, les colluvions sont indiquées avec la lettre C suivie quelquefois de la formation qui a subi le colluvionnement par exemple C $\beta$  pour signifier que ce sont des colluvions basaltiques. Les sols provenant du colluvionnement sont appelés **colluviosols**.

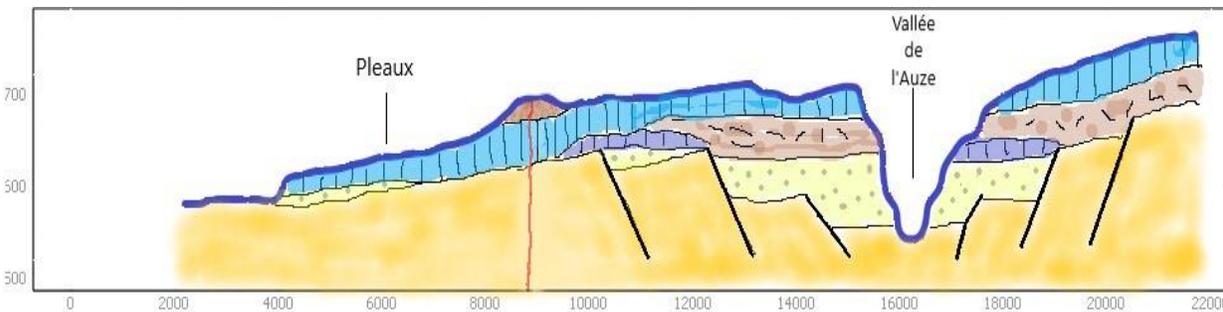
En bas de pente on peut progressivement passer des colluvions aux alluvions et les deux peuvent s'emboîter puisque des alluvions peuvent venir recouvrir des colluvions et inversement.



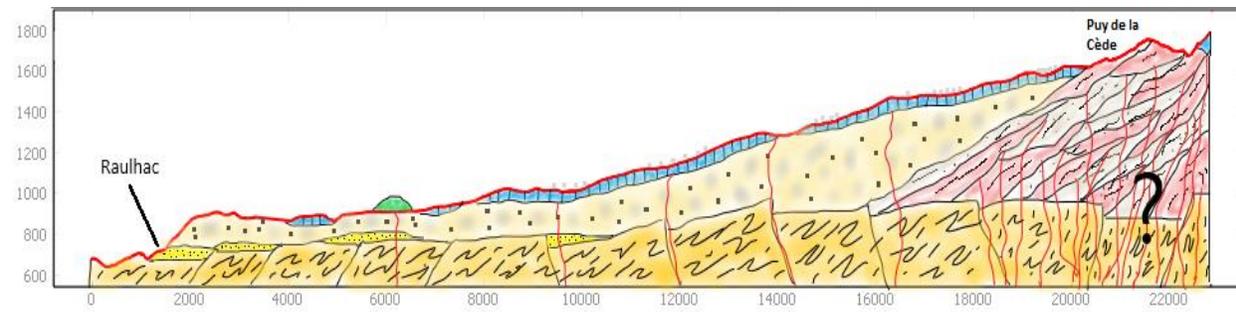
Colluvions sur paragneiss près de Faveroles (ci-dessus) et à influence périglaciaire près du Suc de Rond (ci-dessous)



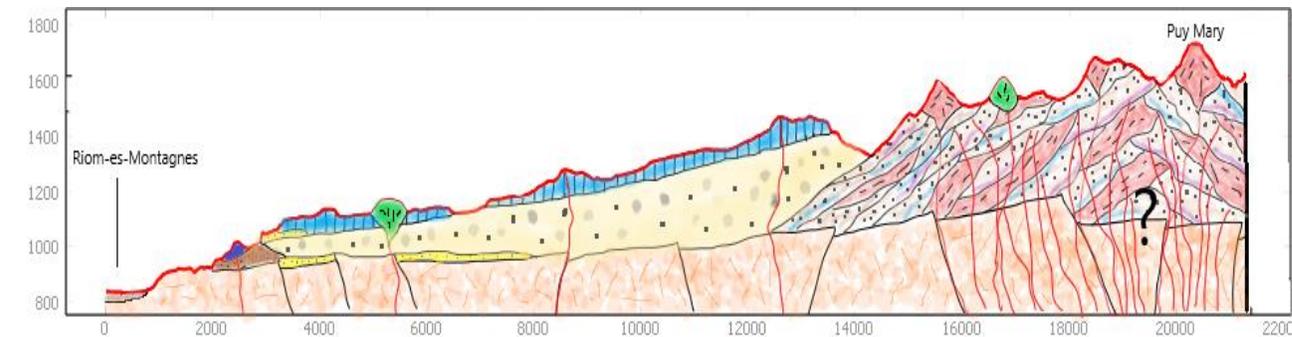
## Coupes géologiques schématisées simplifiées et interprétatives de 4 zones



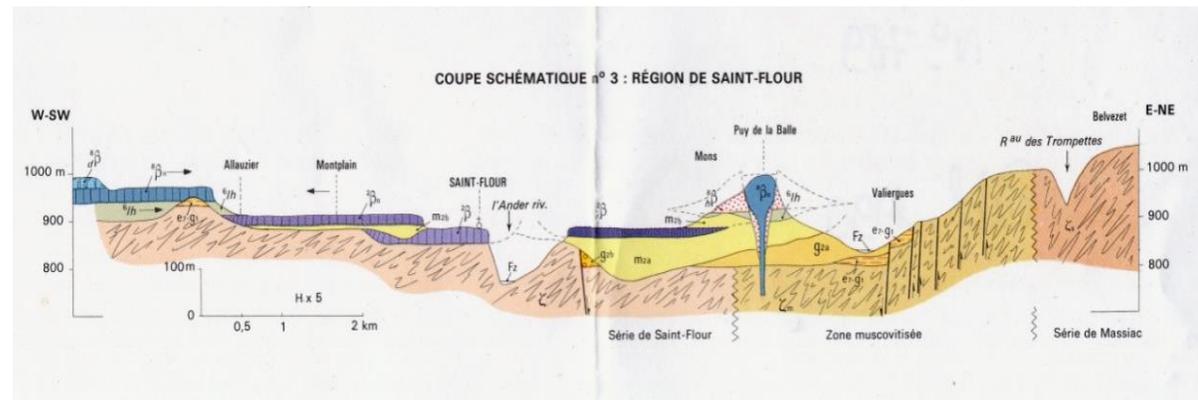
Entre Pleaux et Mauriac (Terra Mater)



Entre Raulhac et le Puy de la Cède (Terra Mater)

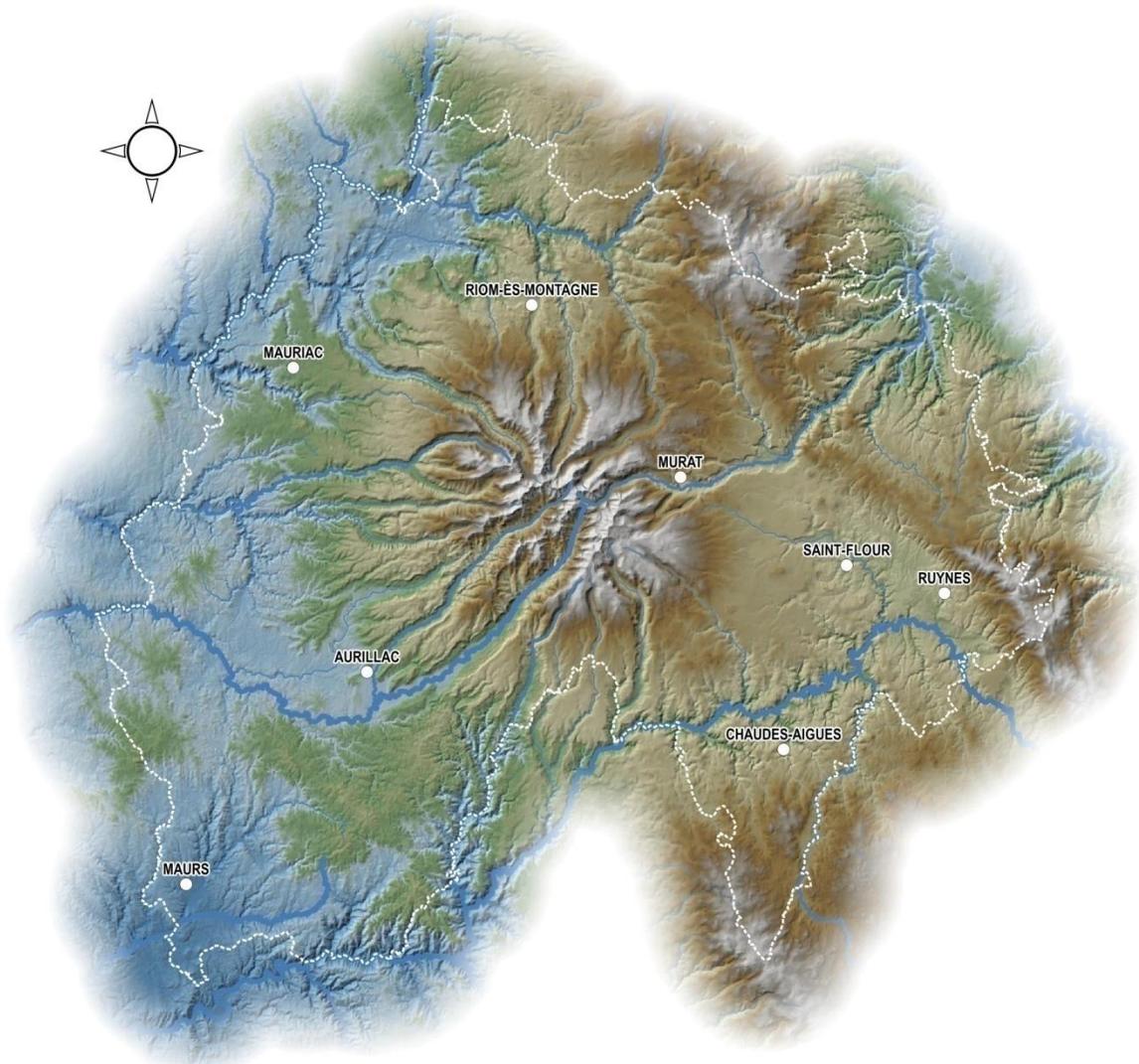


Entre Riom es Montagnes et le Puy Mary (Terra Mater)



Entre Allauzier-Saint Flour-Belvezet (BRGM carte de Saint Flou)

## Contexte géographique général du Cantal, approche physique

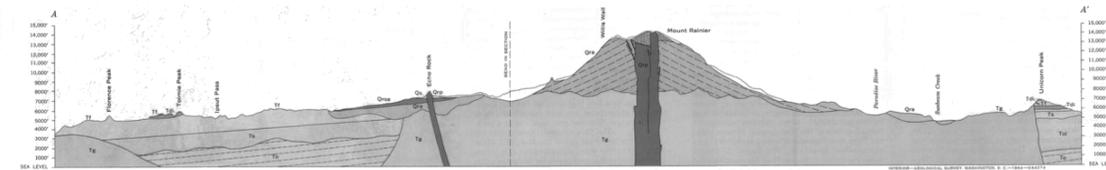
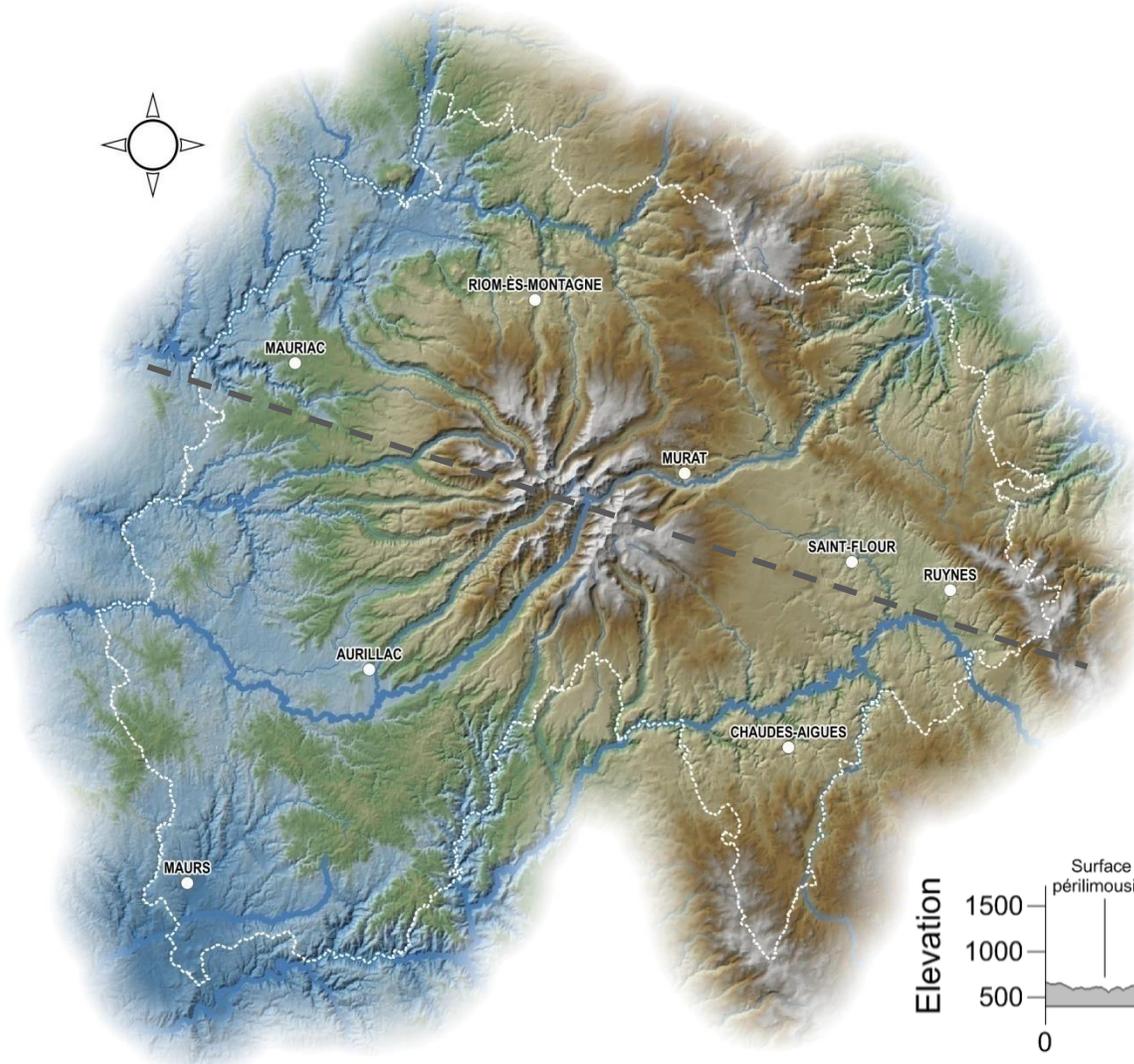


## Contexte géographique général du Cantal, approche physique // un relief radial

Le Cantal tire son originalité géographique de sa **configuration radiale**, assez caractéristique des strato-volcans (voir le Mont Rainier, USA). Ce relief ouvert aux quatre points cardinaux est la résultante directe de l'édification du strato-volcan cantalien au Miocène, sur les anciennes surfaces d'aplanissement et fossés tectoniques hérités de l'Oligocène (voir section géologie).

Les agents de l'érosion ont, durant la fin du Tertiaire et surtout durant le Quaternaire, façonné ce volume volcanique pour lui donner la forme qu'on connaît aujourd'hui, à savoir un relief radial coupé de multiples vallées centrifuges. Un des facteurs majeurs de façonnement du relief et de la distribution des formations superficielles est **l'érosion glaciaire**, au moins les phases rissienne et würmienne pour celles qui ont laissé des témoins.

Cette configuration topographique contribue à l'existence d'une **mosaïque de conditions physiographiques** à l'origine de la diversité des conditions de pédogénèse. Nous retiendrons notamment les facteurs suivants : i/ la distribution des formations superficielles tertiaires et quaternaires, ii/ le compartimentage du relief et iii/ la diversité des conditions climatiques et microclimatiques.

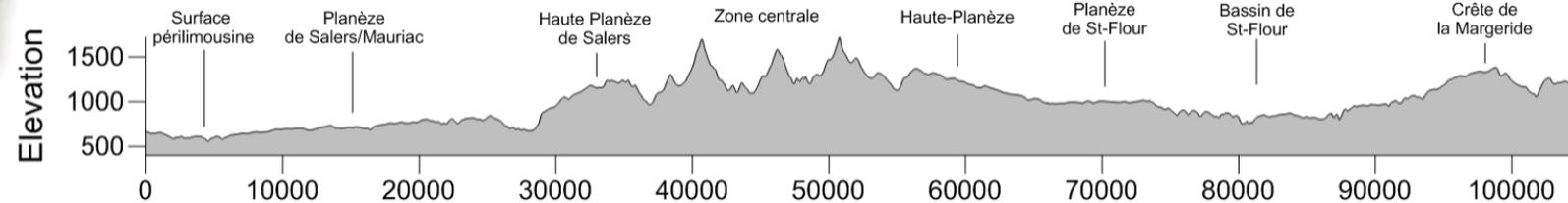


GEOLOGIC MAP AND SECTION OF MOUNT RAINIER NATIONAL PARK, WASHINGTON

By Richard S. Fiske, C. A. Hopson, and Aaron C. Waters

MISCELLANEOUS GEOLOGIC INVESTIGATIONS  
MAP 1-432

1964

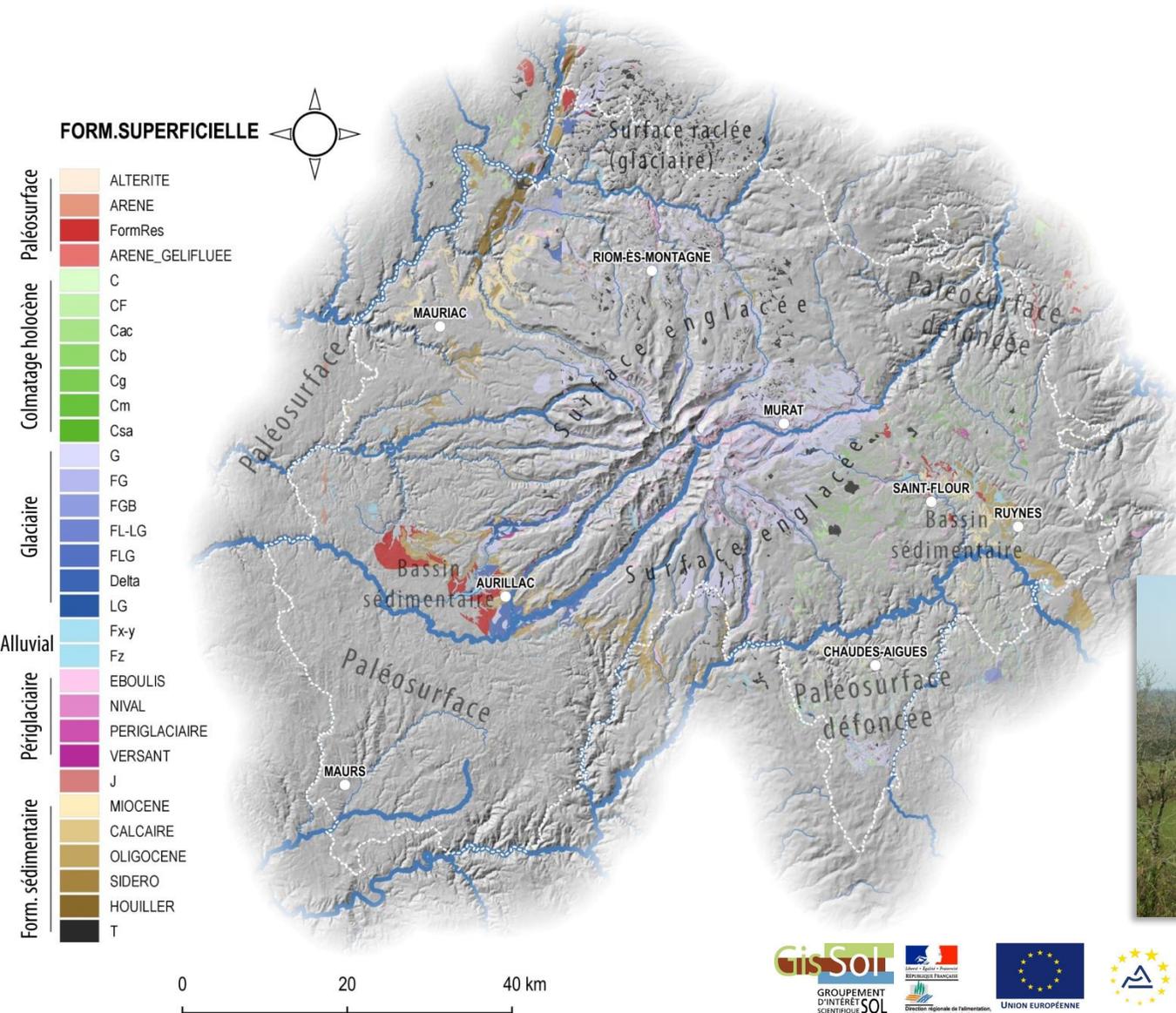


## Contexte géographique général du Cantal, approche physique // les formations superficielles

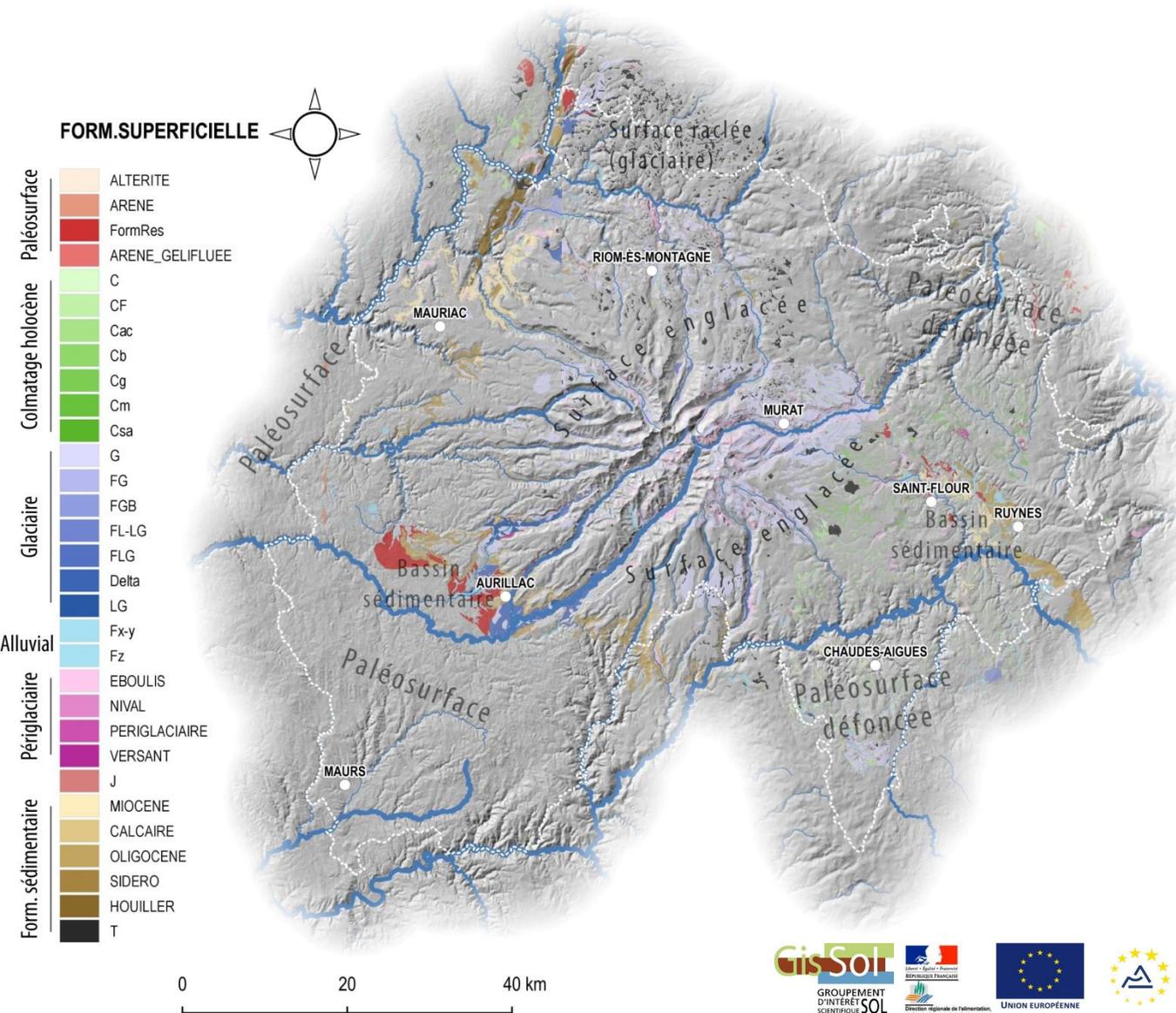
Les formations superficielles sont les témoins de processus morphogénétiques actuels ou passés. **Ces formations superficielles sont d'une importance cruciale pour le pédologue car elles constituent souvent le matériau parental du sol.**

**Les périphéries ouest sont occupées par des paléosurfaces** façonnées dans le socle avec des couvertures d'altérites résiduelles héritées des phases fini-oligocène à miocène (surface S4, Baptiste et Wyns, 2018). On retrouve ces paléosurfaces à l'est, mais celles-ci sont largement entaillées par l'encaissement du réseau hydrographique qui a plus profondément incisé les plateaux (Alagnon, Truyère et leurs affluents).

A ces paléosurfaces, sont souvent associés des **sédiments tertiaires accumulés dans les bassins tectoniques** comme ceux de St-Flour, d'Aurillac ou de Maurs ou **relictuels sur ces paléosurfaces, sous forme de placages**. Les lithologies y sont variées, allant de sables ou de grès, jusqu'à des formations carbonatées (voir section géologie). Ils résultent des érosions et des reprises d'altérites issues des aplanissements précédents et ont transité sur les paléosurfaces vers les bassins en dépressions pour s'y accumuler. L'ensemble de ces phases sont anciennes, entre le Paléogène et le Néogène.



## Contexte géographique général du Cantal, approche physique // les formations superficielles



Les formations superficielles sont les témoins de processus morphogénétiques actuels ou passés. **Ces formations superficielles sont d'une importance cruciale pour le pédologue car elles constituent souvent le matériau parental du sol.**

**La zone centrale et les planèzes qui l'entourent ont surtout été marquées par les processus dits froids, à savoir les englacements et les processus postérieurs périglaciaire en contexte de steppes froides.** Les formations sont souvent des tills de fond (formation compactée) ou des dépôts bordiers (till de fonte, formation fluvioglaciaire, kame, etc.). **Ces dépôts sont variables, souvent avec plusieurs lithologies (mélange de socle et de volcanisme divers), à matrice limoneuse à sableuse, avec des blocs. Ils peuvent être à l'origine de la présence d'andosols parfois loin des substratum volcaniques.**



Fluvio-glaciaire ou dépôt drumlinoïde  
Plateau de Lacapelle

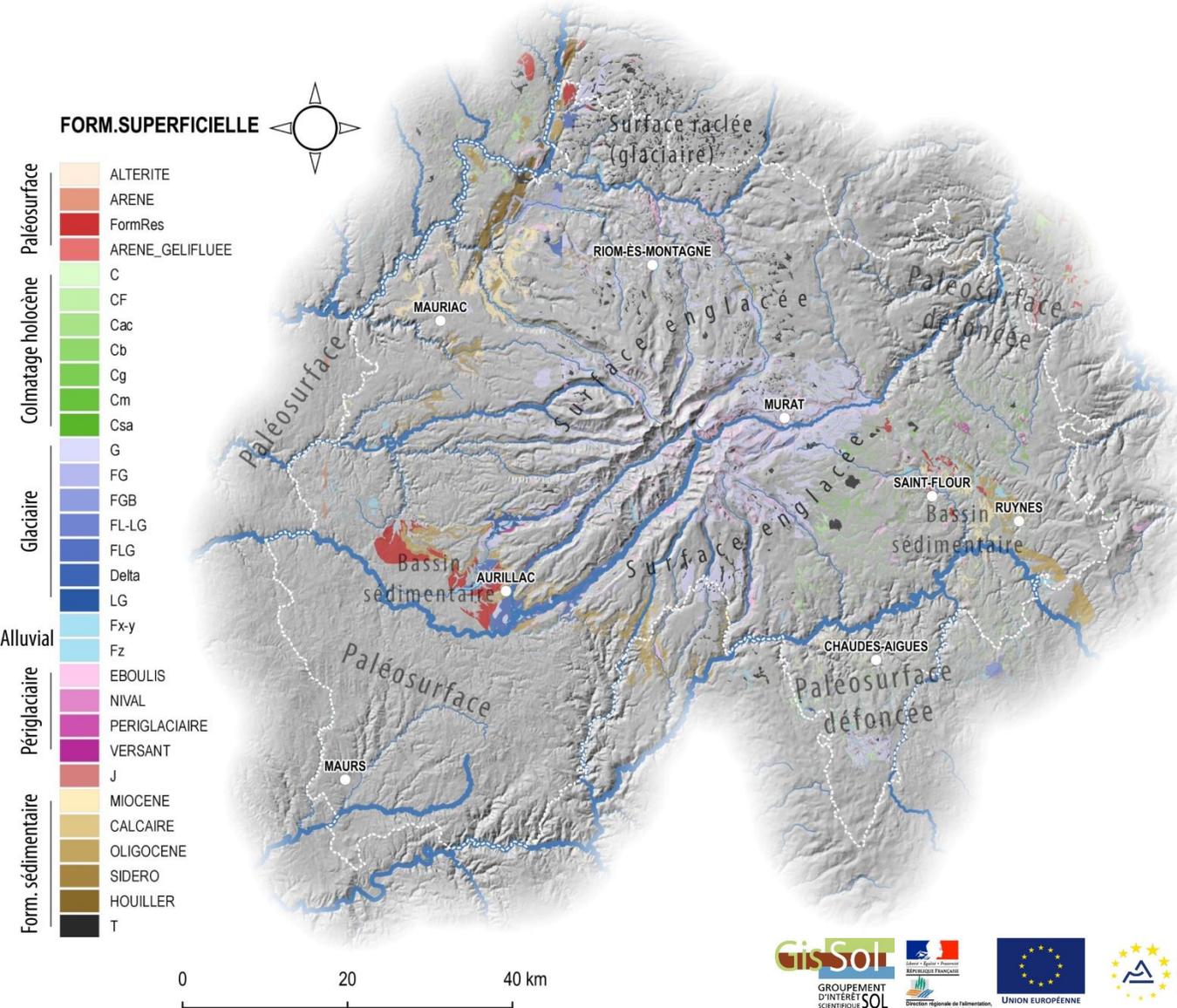


Limno-glaciaire + coulée + DOP  
Plateau de Lacapelle



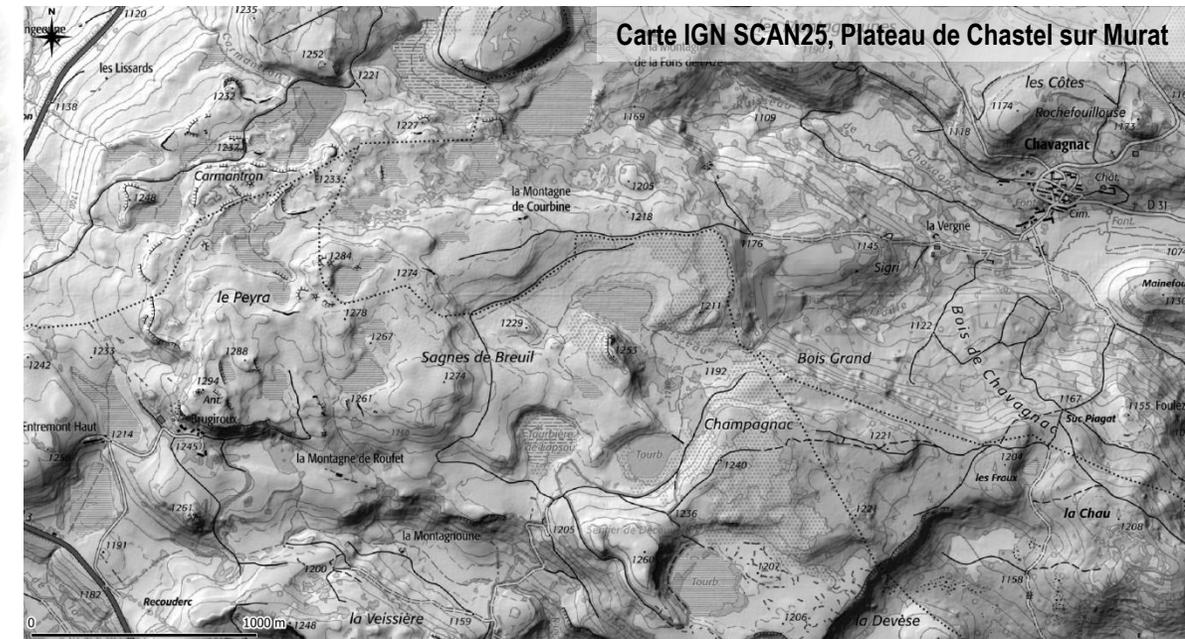
Dépôt de drumlin ou FG ?  
Artense

## Contexte géographique général du Cantal, approche physique // les formations superficielles



Les formations superficielles sont les témoins de processus morphogénétiques actuels ou passés. **Ces formations superficielles sont d'une importance cruciale pour le pédologue car elles constituent souvent le matériau parental du sol.**

Outre les dépôts, **les glaces ont aussi raclées de nombreuses surfaces**, n'y laissant que de maigres affleurements de roche ou des reliquats de formations altérées. La pédogénèse a donc du reprendre un cycle complet depuis la roche à nu. L'Artense est particulièrement connue pour ces reliefs décharnés, tout comme le secteur de Chastel-sur-Murat qui est un musée à ciel ouvert des morphologies de *creeping* sous-glaciaire, avec des alternances de roches moutonnées, de blocs déchaussés et de dépressions de surcreusement glaciaire accueillant des tourbières.

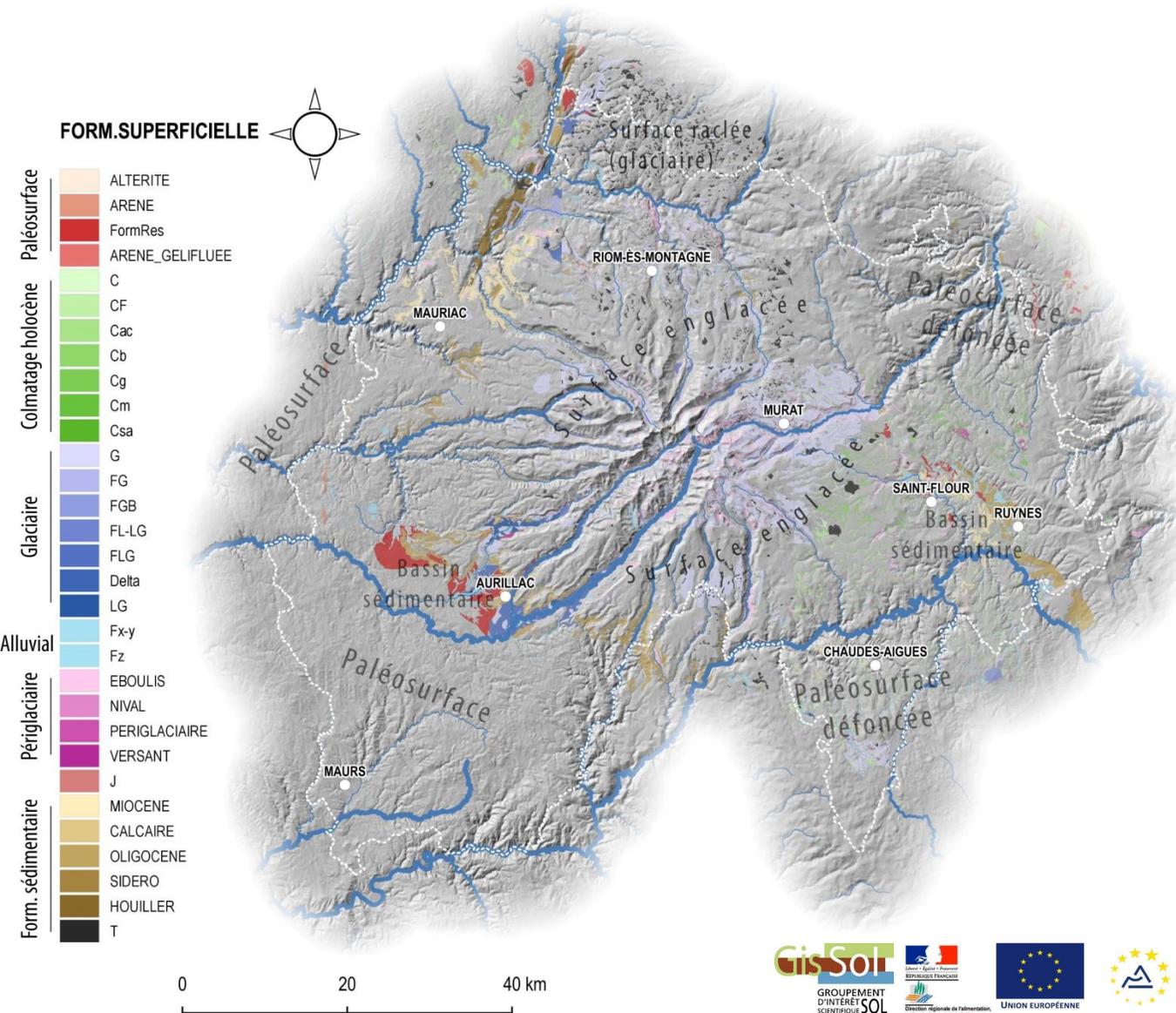
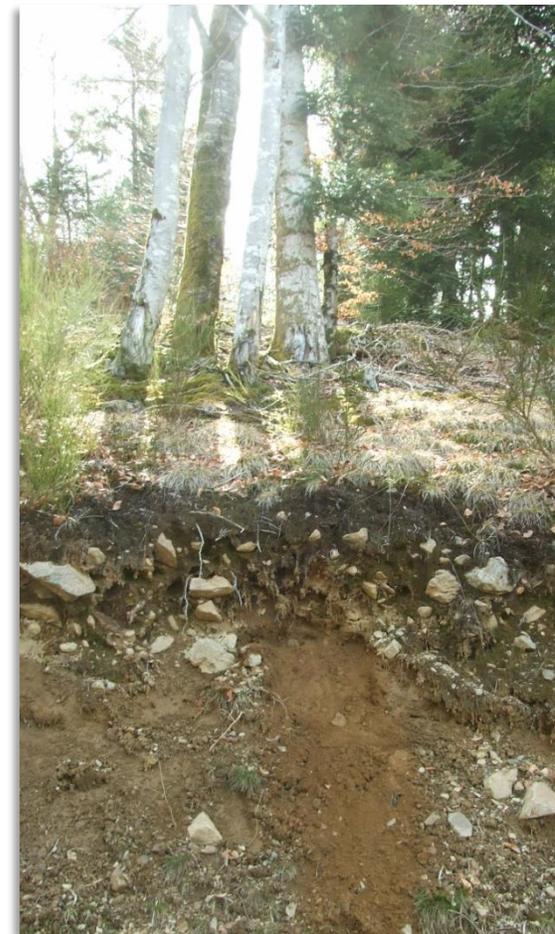


## Contexte géographique général du Cantal, approche physique // les formations superficielles

Les formations superficielles sont les témoins de processus morphogénétiques actuels ou passés. **Ces formations superficielles sont d'une importance cruciale pour le pédologue car elles constituent souvent le matériau parental du sol.**

**Les formations périglaciaires**, mises en place lors des phases postérieures au retrait des glaces et sous conditions d'existence d'un pergélisol, sont omniprésentes sur tout le département cantalien. **Elles nappent bien souvent les versants** avec des formations épaisses, dites diamictiques car mélangeant une matrice fine souvent limoneuse avec des blocs de taille variée. Ces formations de versant peuvent reprendre des placages glaciaires ce qui complique leur identification.

Mal cartographiées sur les cartes géologiques, ces formations sont pourtant une des clefs de la connaissance des sols. Elles constituent souvent de petits aquifères perchés et permettent un enracinement profond, si elles sont restées meubles.

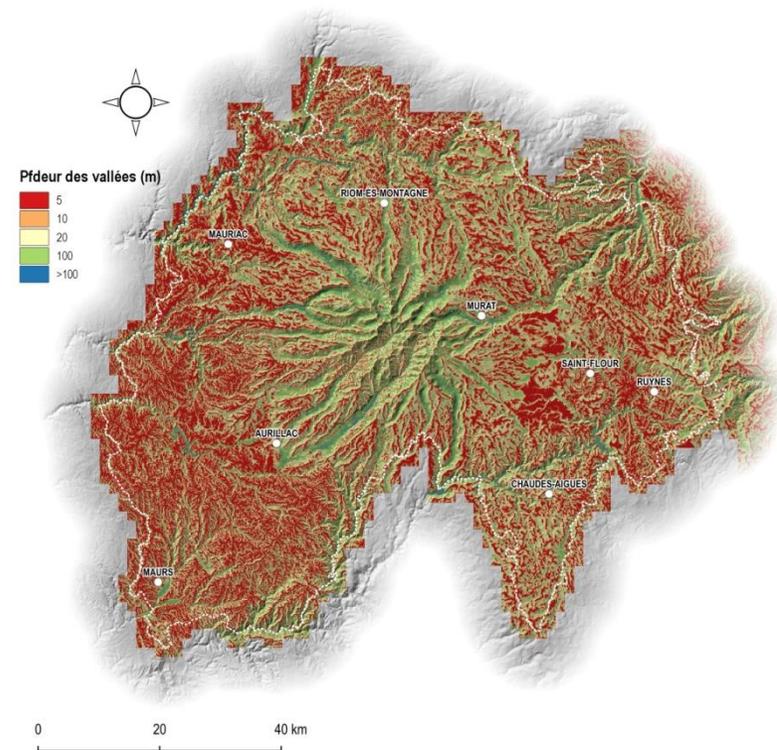
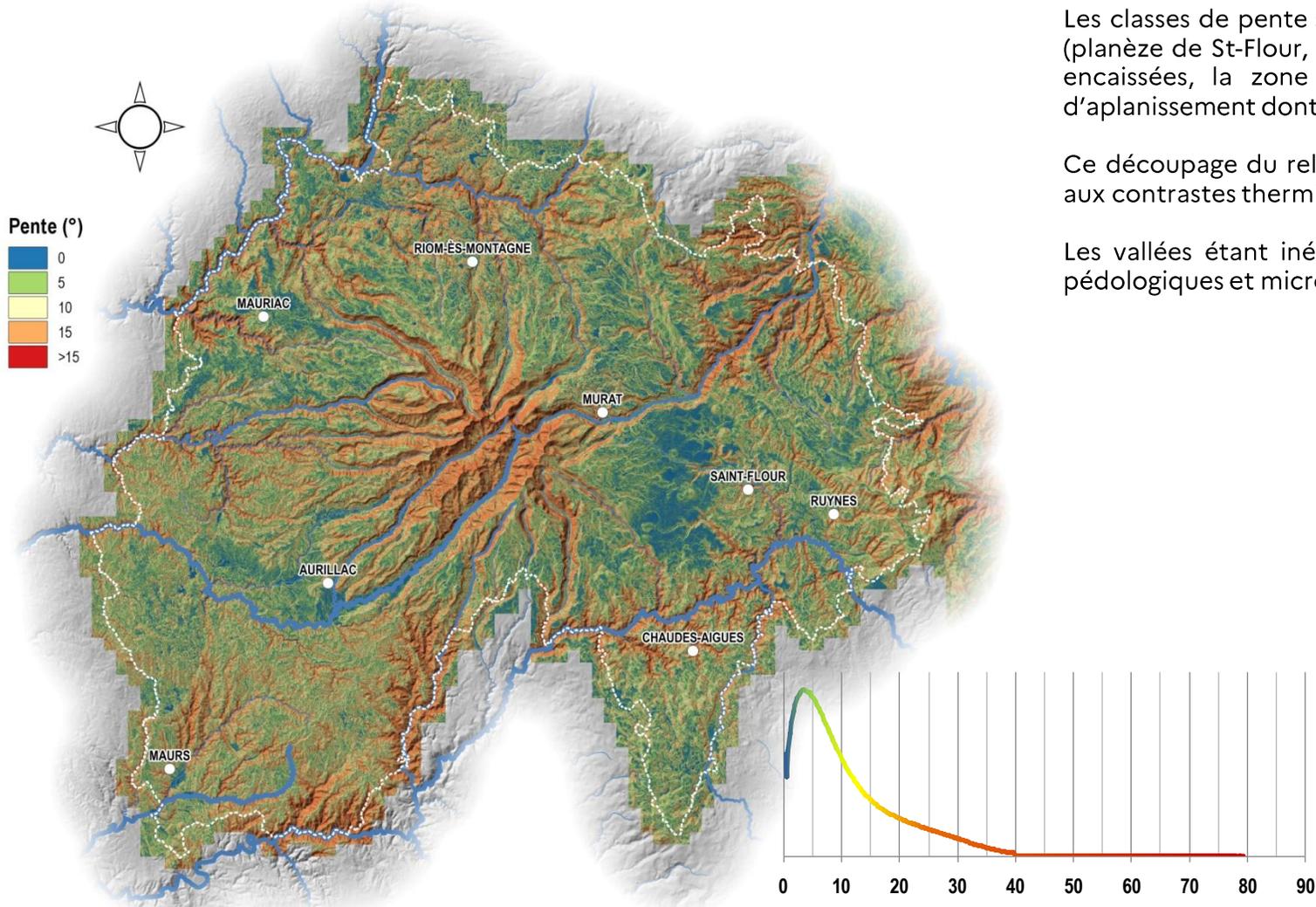


## Contexte géographique général du Cantal, approche physique // un relief compartimenté

Les classes de pente sont très variées sur le département avec des zones relativement planes (planèze de St-Flour, Chalinargues, etc.), des secteurs à fortes pentes (les versants des vallées encaissées, la zone centrale) et des secteurs à relief différencié comme les surfaces d'aplanissement dont les pentes sont variables.

Ce découpage du relief impose également une multitude d'orientations de versant, propices aux contrastes thermiques, lequel s'ajoute à l'étagement altitudinal.

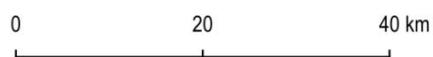
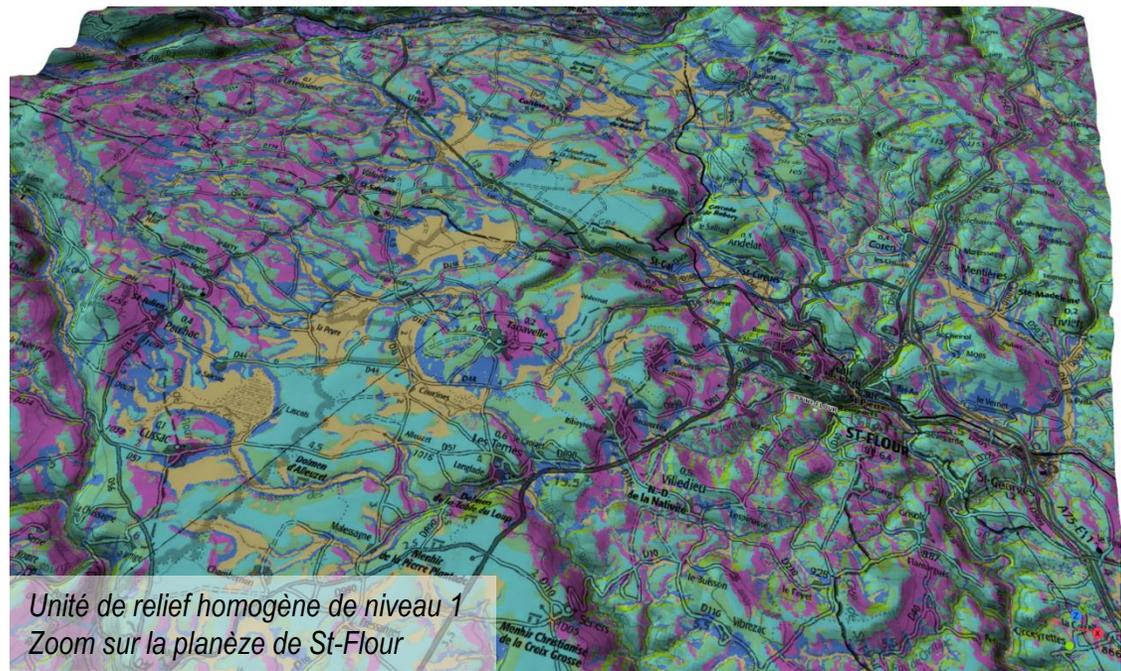
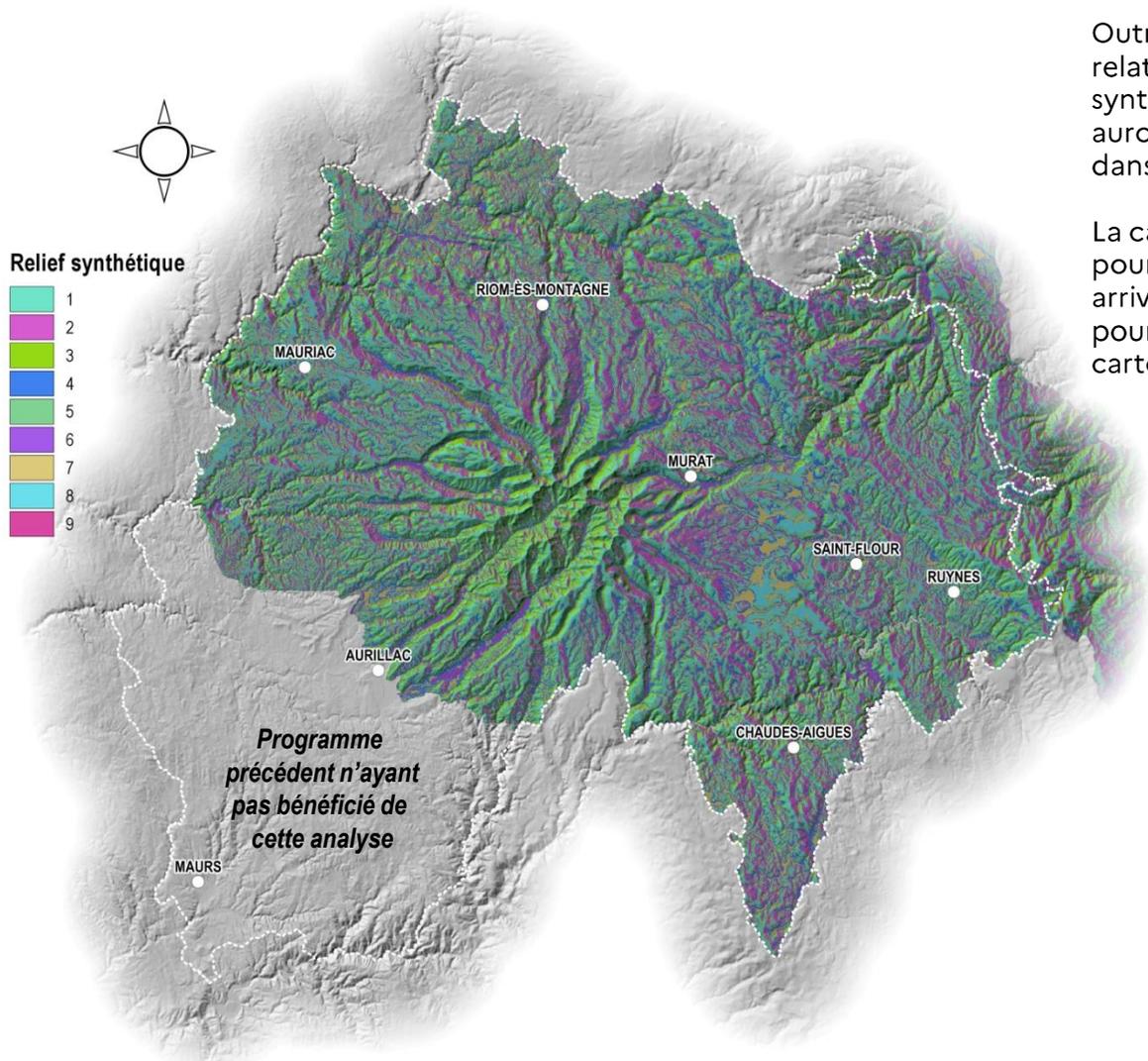
Les vallées étant inégalement encaissées, il en résulte une variété importante de situation pédologiques et micro-climatiques.



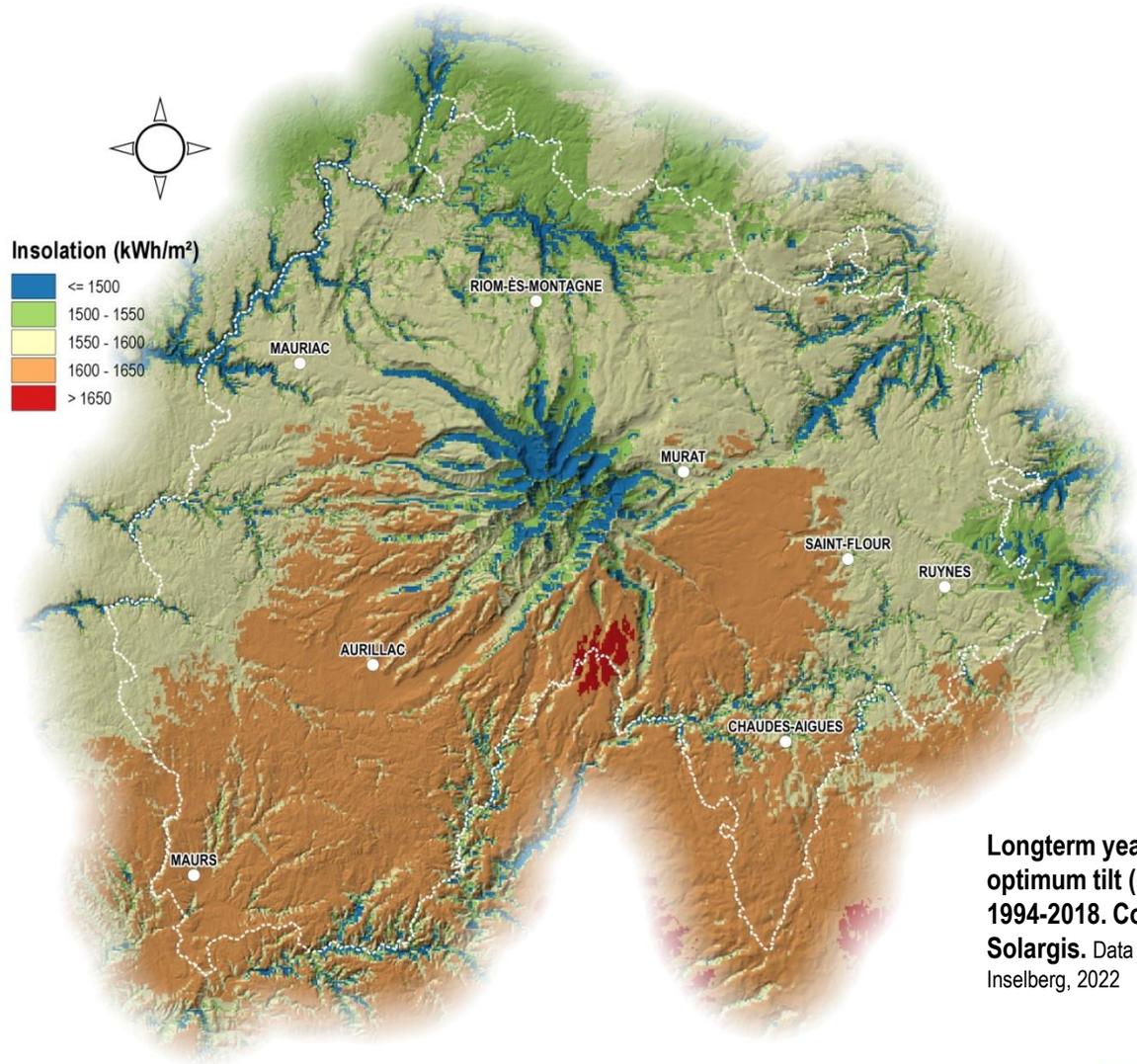
## Contexte géographique général du Cantal, approche physique // un relief compartimenté

Outre la pente, il existe une **multitude de paramètres pour caractériser les effets du relief** : altitude relative, courbure du versant, aptitude à concentrer les flux d'eau, rugosité locale du relief, etc. La synthèse de tous ces paramètres permet en première approche de se faire une idée des secteurs qui auront à peu près les mêmes composantes topographiques. Il s'agit d'unités considérées homogènes dans leurs conditions morphométriques (les divers éléments calculés dérivés de l'altitude).

La carte ci-contre permet déjà de voir **la complexité de la répartition de ces unités de relief homogène** pour un découpage très fruste en 9 unités de relief ! Dès lors qu'on affine l'analyse en 15 classes, on arrive à des complexités spatiales importantes, mais réelles. Cet exemple montre toute la difficulté pour prendre en compte ces complexités dans le choix des secteurs à sonder et pour finaliser la cartographie des pédo-paysages.



## Contexte géographique général du Cantal, approche physique // un climat contrasté



L'insolation et surtout la quantité d'énergie solaire reçue au sol est une donnée importante pour la répartition des formes biologiques mais aussi du fonctionnement de la pédogénèse. Elle influe aussi sur les variables climatiques locales, en faisant varier les données climatiques globales.

Cette carte montre bien les effets du relief radial, lequel partage le Cantal en plusieurs secteurs.

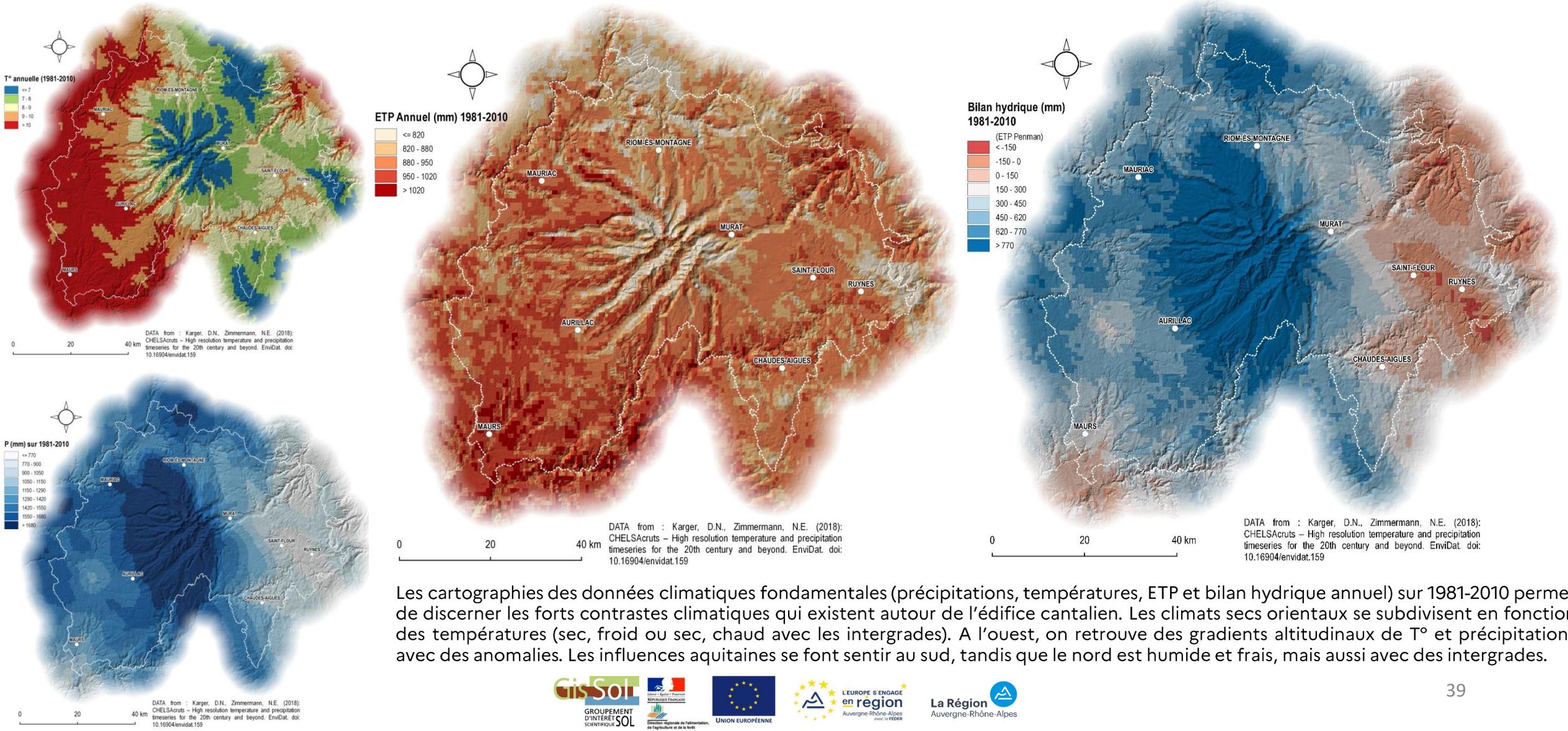
Le sud et la planèze de St-Flour sont plutôt bien pourvus en rayonnement solaire lié notamment à un effet de foehn sur la planèze de St-Flour qui augmente l'ensoleillement.

Les secteurs d'altitude prenant moins le soleil (temps plus souvent couvert), l'énergie solaire par unité de surface est largement moindre, avec quasiment 15 à 20% d'apport énergétique en moins. On retrouve aussi cette situation dans les vallées profondes du fait de leur encaissement qui limite l'arrivée des rayons solaires.

Les secteurs nord voient aussi un déficit d'ensoleillement qui limite l'énergie solaire reçue.

Longterm yearly average of global irradiation at optimum tilt (GTI) in kWh/m<sup>2</sup>, covering the period 1994-2018. Copyright: Solar resource data © 2019 Solargis. Data brute utilisée et mise en forme par A.Poiraud – Inselberg, 2022

## Contexte géographique général du Cantal, approche physique // un climat contrasté



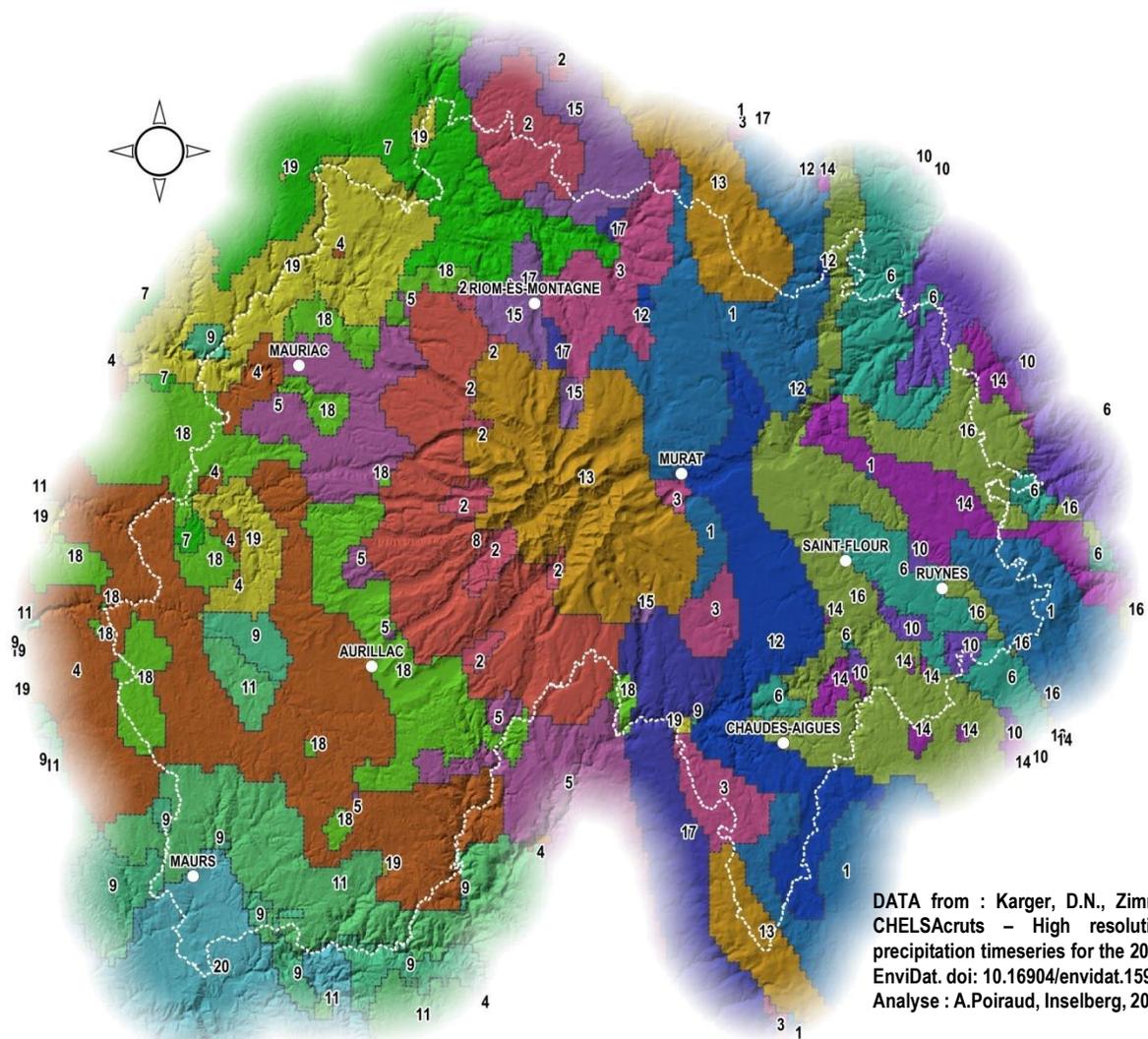
Les cartographies des données climatiques fondamentales (précipitations, températures, ETP et bilan hydrique annuel) sur 1981-2010 permet de discerner les forts contrastes climatiques qui existent autour de l'édifice cantalien. Les climats secs orientaux se subdivisent en fonction des températures (sec, froid ou sec, chaud avec les intergrades). A l'ouest, on retrouve des gradients altitudinaux de T° et précipitations avec des anomalies. Les influences aquitaines se font sentir au sud, tandis que le nord est humide et frais, mais aussi avec des intergrades.

## Contexte géographique général du Cantal, approche physique // un climat contrasté

L'analyse des données climatiques annuelles de précipitations, températures, ETP, bilan hydrique et enneigement donne comme pour le relief, un important compartimentage du climat, du point de vue statistique.

On y observe bien l'étagement altitudinal occidental et l'isolement climatique de la zone centrale, la singularité du SO avec des types climatiques spécifiques, les effets de continentalité et leurs gradients de St-Flour à ;la Margeride, une spécificité climatique sur le Cézallier, etc. autant de terroir climatique qui vont influencer les pédogénèses, notamment pour les Andosols qui sont très influencés par ces données climatiques.

Cette donnée demeure délicate à utiliser, mais elle guide la stratégie d'échantillonnage et offre une donnée complémentaire pour l'analyse de la répartition des sols.



DATA from : Karger, D.N., Zimmermann, N.E. (2018):  
CHELSAcruts – High resolution temperature and  
precipitation timeseries for the 20th century and beyond.  
EnviDat. doi: 10.16904/envidat.159.  
Analyse : A.Poiraud, Inselberg, 2022

## Préambule : La notion de sol – Qu’est ce qu’un sol ?

Les sols sont considérés comme l’épiderme de la Terre et sont des milieux complexes où ont lieu des réactions chimiques impliquant des composés géochimiques et biologiques. Ces milieux évoluent au cours du temps en transformant les roches et les matières organiques à partir desquelles ils se forment. Les sols sont ainsi des milieux en perpétuelle évolution qui s’approfondissent lentement ou rajeunissent régulièrement suivant la position topographique dans laquelle il se trouve.

### Principe de formation d’un sol et évolution

La formation d’un sol ou la pédogénèse débute par l’altération du matériau parental (roche mère) sous des conditions climatiques et biogéochimiques particulières. La roche va être altérée, se morceler, se fragmenter et évoluer chimiquement par l’action de la pluie, du vent, de l’alternance gel-dégel ... L’altération du matériau parental va permettre la mise en place d’une végétation pionnière qui, en se dégradant, fournira de la matière organique au sol. Consommée par la faune, cette matière organique se mélange progressivement aux éléments minéraux du sol. Avec le temps et suivant les conditions de développement du sol (climat, relief), il pourra plus ou moins s’approfondir, évoluer et se différencier en horizons.

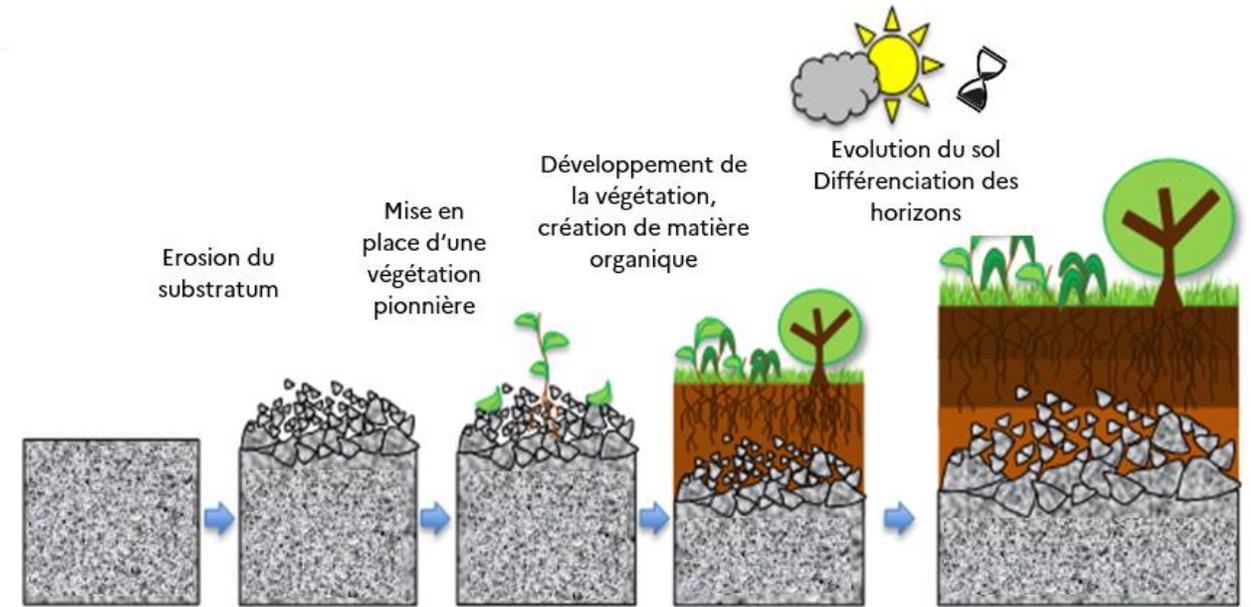


Schéma de la formation et de l’évolution d’un sol (Camille MARTIN)

Au cours de la pédogénèse des horizons vont apparaître : leurs épaisseurs, leurs caractéristiques, et leurs fonctionnements vont être influencés par les conditions climatiques, la position topographiques des profils, la nature des roches et matériaux dont ils sont issus mais également par la couverture végétale et l’influence anthropique .

Les grands ensembles de références (GER) pédologiques sont donc caractérisés par la présence ou non d’horizons différents et de certaines caractéristiques physiques et chimiques de ces horizons.

A un nom de sol est ainsi associé : un processus de formation majeur : par exemple, les COLLUVIOSOLS correspondent à des sols issus de transports de particules sur des pentes, que l’on nomme colluvions et/ou une caractéristique majeure : par exemple, les ALOCROSOLS sont des sols caractérisés par une forte teneur en aluminium ; les CALCOSOLS sont quant à eux des sols caractérisés par une forte teneur en carbonate de calcium.

Pour mieux comprendre les autres dénominations, vous pouvez consulter le *Référentiel Pédologique*, téléchargeable gratuitement sur internet. ([http://www.afes.fr/afes/docs/Referentiel\\_Pedologique\\_2008.pdf](http://www.afes.fr/afes/docs/Referentiel_Pedologique_2008.pdf)).

## Les différents types de sol pouvant être rencontrés dans le Cantal

Les critères de classification des sols de cette étude se basent sur le **Référentiel Pédologique RP 2008**. Il est présenté succinctement les différentes références observées dans cette étude :

### • Les RANKOSOLS

Ce sont des sols peu différenciés et peu épais, ni calcaires ni calciques. L'horizon A et la roche mère ne sont pas carbonatés; l'épaisseur de l'ensemble [O + (A)], est > 10 cm mais < 40 cm.

La séquence d'horizons de référence est : **O (facultatif)/A/R**

### • Les BRUNISOLS

Ces sols sont caractérisés par la présence d'un horizon structural (horizon S) très bien développé. Cet horizon S n'est jamais calcaire. Si ce sol se développe sur une roche volcanique, et qu'il ne possède pas les propriétés d'un Andosol, on ajoutera au GER l'adjectif andique.

La séquence d'horizons de référence est : **A/S/C ou M ou R**

### • Les COLLUVIOSOLS

Les Colluviosols sont définis par leur matériau parental qui sont les colluvions qui proviennent de l'**accumulation** de matériaux pédologiques, d'altérites ou de roches arrachés plus haut dans les versants. Ils peuvent être en bas des versants, en milieu de pente sur des replats. C'est seulement lorsque l'épaisseur des matériaux colluvionnés excède 50 cm à partir de la surface que l'on rattache le solum entier aux Colluviosols.

Il n'y a pas d'horizons de référence spécifiques des Colluviosols.

### • Les ANDOSOLS

Les Andosols se développent à partir de matériaux parentaux le plus souvent volcaniques. Associés à la présence de roches volcaniques dans un climat froid et humide sans période de dessiccation importante, l'altération des roches qui habituellement permet la formation d'argile en feuillets (kaolinite, smectite...) va dans ces conditions particulières permettre la formation d'allophanes, d'imogolite ou de complexes Aluminium et matières organiques.

Trois classes d'Andosols peuvent être observées :

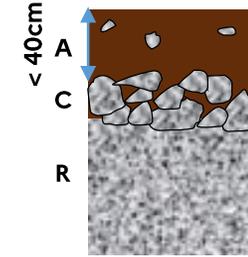
Les **Silandosols** retrouvés sur le territoire à pH > 5,6 et qui ne présentent pas de toxicité aluminique et sont riche en allophane,

Les **Aluandosols** retrouvés sur le territoire à pH < 5,3 à toxicité aluminique potentielle induite par la présence d'aluminium échangeable en quantité non négligeable. Ces sols sont généralement rencontrés à plus forte altitudes et pluviométries que les Silandosols.

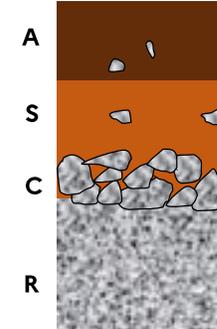
Les **Aluandosols alusilandiques** présentent des propriétés en surface d'Aluandosol et en profondeur des propriétés de Silandosol.

La séquence d'horizons de référence est : **A/C/M ou R ou A/S/C/M ou R**. En plus des codes des horizons de référence habituels sont ajoutés les suffixes -nd ou -lu suivant le type d'Andosol concerné (-nd pour les Silandosols, -lu pour les Aluandosols)

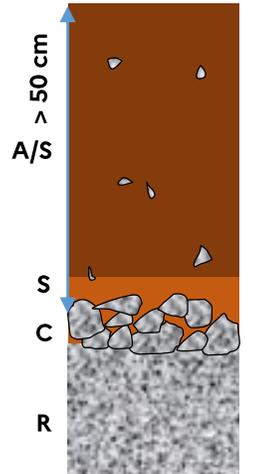
### Sur tous types de roche



RANKOSOL

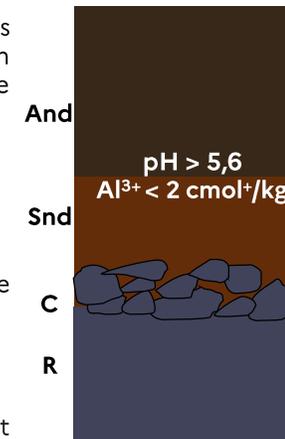


BRUNISOL

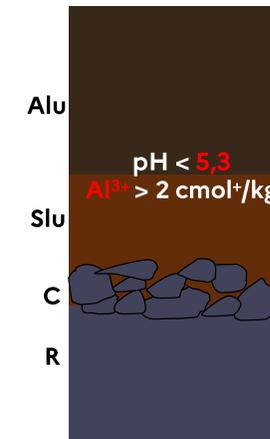


COLLUVIOSOL

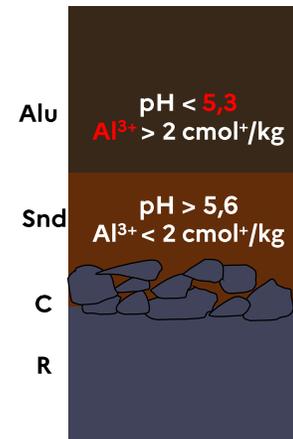
### Uniquement sur roches volcaniques



SILANDOSOL



ALUANDOSOL



ALUANDOSOL alusilandique

## Les différents types de sol pouvant être rencontrés dans le Cantal

### • Les ALOCRISOLS

Les Alocrisols sont des sols acides. Pour classer un sol dans ce groupe, il faut qu'il ait obligatoirement un horizon S aluminique (**Sal**). Les caractéristiques analytiques sont alors : un pH acide ou très acide ( $< 5,0$ );  $Al^{3+}$  (extrait par KCl N) varie de 2 à 8  $cmol^+ \cdot kg^{-1}$  de terre fine, parfois plus ;  $Al^{3+}$  représente au moins 20 à 50 % de la CEC ; le rapport S/CEC  $< 30\%$  (le plus souvent  $< 20\%$ ).

Si l'horizon A uniquement contient plus de 2  $cmol^+ \cdot kg^{-1}$  d'  $Al^{3+}$ , alors le sol est dit aluminique : Brunisol aluminique, Colluviosol aluminique, Rankosol aluminique.

La séquence d'horizons de référence est **A/Sal/C**.

### • Les CALCOSOLS ou Sols Carbonatés

Les Calcosols ou les sols carbonatés sont des sols qui comportent des pH plutôt basiques et qui se développent au détriment de matériaux carbonatés (marno-calcaire, calcaire...). Pour les classer dans ces groupes, il est nécessaire qu'ils soient riches en Carbonates de calcium  $CaCO_3$  ( $>5\%$ ). La terre fine de leurs horizons présente une effervescence à froid ou à chaud avec l'HCL. La CEC est saturée par les ions  $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$ .

La séquence d'horizons de référence pour un Calcosol est **Aca/Sca/C**.

### • Les FLUVIOSOLS

Les Fluviosols sont des sols qui se développent dans des matériaux déposés récemment, les **alluvions fluviales ou lacustres**.

La séquence d'horizons de référence est **A/Jp/M**.

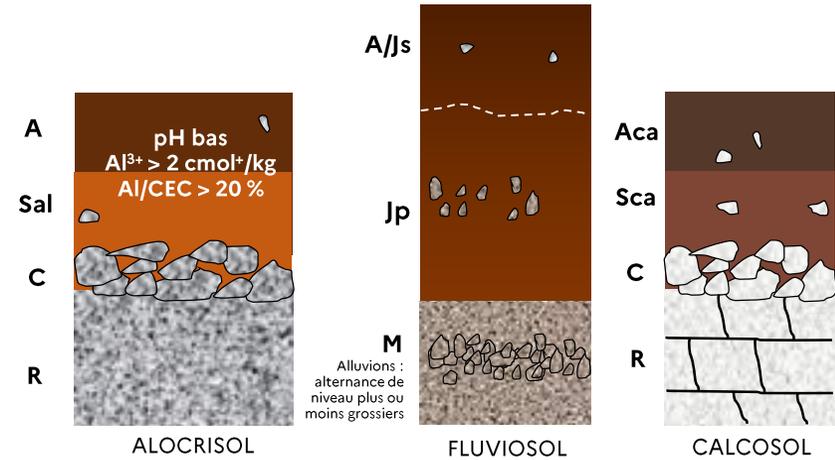
### • Les REDOXISOLS-REDUCTISOLS

Ce sont des sols pour lesquels des traits d'hydromorphie rédoxiques ou réductiques (toujours fonctionnels) débutent à moins de 50 cm de la surface, puis se prolongent ou s'intensifient en profondeur (sur au moins 50 cm d'épaisseur). Ces sols présentent obligatoirement des horizons de référence marqués par la redistribution du fer (**horizons G et g ou -g**).

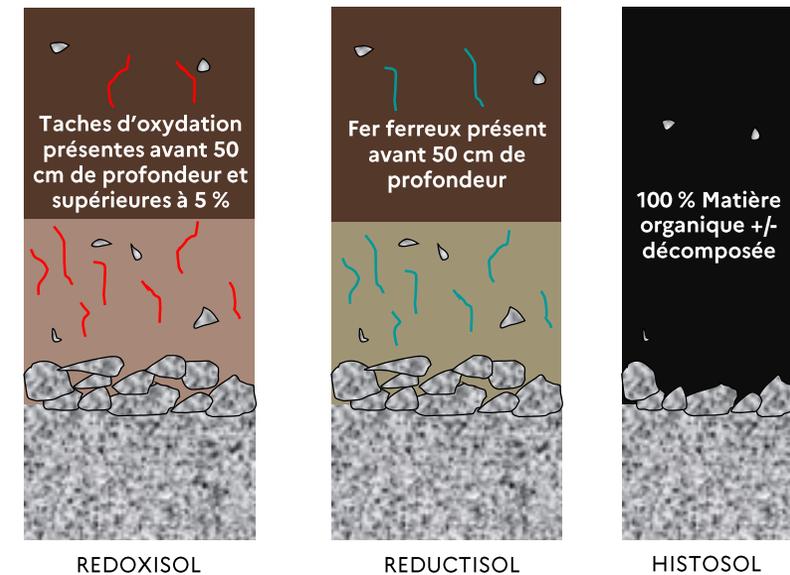
### • Les HISTOSOLS (sols tourbeux)

Un Histosol est composé de matières organiques et d'eau. Le solum se construit à partir de débris végétaux morts qui se transforment lentement, en conditions d'anaérobiose, en raison de son engorgement permanent ou quasi permanent.

Un Histosol est constitué presque exclusivement d'horizons histiques H.



## Sols hydromorphes



## Les différents types de sol pouvant être rencontrés dans le Cantal

### Signification des horizons

Chacune des couches, que l'on appelle **horizon**, porte un nom selon cette même classification du **Référentiel Pédologique**, en voici un extrait correspondant aux sols présentés dans ce document :

- Les horizons **A** sont constitués d'un mélange de matière organique et de matière minérale. Ils sont situés sous la partie supérieure de la couverture végétale, sous l'horizon organique s'il existe. Les horizons **A** sont structurés par l'activité biologique (faune, racines...) qui contribuent à la formation de complexes argilo-humiques. Les horizons **LA** présentent les mêmes caractéristiques mais sont des horizons labourés.
- Les horizons structuraux **S** sont des horizons typiques des sols; ils sont formés par l'altération des minéraux primaires (hydrolyses, oxydation, décarbonatation...) qui libèrent notamment des argiles et des oxyhydroxydes de fer.
- La roche située à la base du sol peut être peu altérée: elle est dénommée **R** pour une roche dure et massive, **M** pour une roche meuble. Si la roche est altérée et fragmentée, elle est appelée **C**. Des fragments de roche dure (comme des éboulis) sont désignés par **D**.
- Les horizons rédoxiques **g** sont produits par des phénomènes d'oxydation et de réduction, en particulier du fer, dus à un engorgement temporaire par de l'eau. Ils se caractérisent par la présence de taches couleur rouille.
- Les horizons réductiques **Go/Gr** possèdent des morphologies associées à la prédominance des processus de réduction et de mobilisation du fer dû à un engorgement permanent ou quasi-permanent. Les horizons **Gr** réductiques entièrement réduits sont caractérisés par leur couleur bleuâtre ou verdâtre uniforme tandis que les horizons **Go** sont des horizons réductiques temporairement réoxydés. Ils présentent donc des taches de teintes rouille observables durant des périodes de non saturation.
- Les horizons **H -m** (mésique), **-s** (saprique) ou **-f** (fibrique) sont des horizons organiques formés par accumulation de matière organiques dans un milieu saturé en eau, composés essentiellement de débris de végétaux hygrophiles ou sub-aquatiques. Ce sont les horizons typiques des Histosols.
- Les horizons **Xp** correspondent à des horizons très riches en éléments grossiers, au moins 50 %.
- Les horizons vertiques **V** sont très riches en argiles gonflantes (smectites) qui leur confèrent des propriétés physiques particulières: à l'état humide gonflement, forte plasticité, faible taux d'infiltration ; à sec, rétraction avec profondes fentes de retrait ; forte Capacité d'Echange Cationique. Il peut aussi s'exprimer sous la forme d'un suffixe -v : Av/Sv ...
- Le suffixe **-nd** d'un horizon signifie qu'il présente des caractéristiques andiques, c'est-à-dire qu'il a une densité faible (entre 0,9 et 1,2) et qu'il est riche en minéraux spécifiques des sols volcaniques (les allophanes: ce sont des alumino-silicates).
- Le suffixe **-lu** désigne un horizon présentant des caractéristiques aluandiques. Il possède une faible densité (entre 0,9 et 1,2) et une concentration en aluminium échangeable généralement supérieure à 2 cmol.kg. Il peut donc présenter une certaine toxicité aluminique.
- Le suffixe **-al** d'un horizon signifie qu'il est riche en aluminium échangeable ( $Al^{3+} > 2\text{cmol}^+/kg$ ) qui compose majoritairement la CEC ( $Al/CEC > 20\%$ ).
- Le suffixe **-ca** d'un horizon signifie qu'il est riche en carbonate de calcium  $CaCO_3 (> 5\%)$ .
- Le suffixe **-ho** désigne un horizon hémiorganique (comportant entre 8 g et 30 g de carbone organique pour 100g).
- Le suffixe **-h** désigne un horizon humifère qui contient plus de carbone organique que la norme.

## Méthodes de description des sols

Afin d'obtenir les informations les plus précises pour chaque types de sol décrits par sondage à la tarière manuelle, tous les sondages ont été géoréférencés à l'aide d'un GPS sur le terrain. La description de chaque sondages et de chaque horizons a été saisie sur une fiche sondage informatisée sur le logiciel Excel (voir figure ci-contre).

Les nombreuses informations répertoriées dans cette fiche étaient recueillies sur le terrain, le jour même du prélèvement du sol. L'utilisation de ces fiches sondages informatisées permet un gain de temps non négligeable concernant la mise en base de données pour le traitement de l'information. En effet, cette fiche s'incrémente automatiquement grâce à une macro dans une base de données simple sous format Excel. L'utilisation de ces fiches sur le terrain nécessite donc d'avoir en sa possession un ordinateur ou une tablette de terrain. Ce matériel avait été demandé en amont à chaque pédologue prestataire pour réaliser cette étude dans les meilleures conditions.

En plus d'une description complète du sondage, des photos du paysages, du sondage en gouitière, de la géologie et de certains détails étaient saisies.



A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
1	n°	1			Coordonnées (L93)			Date			Commune												
2			X					Auteurs			Végétation												
3			Y					Altitude			Nom de sol												
4								Pente			Géologie												
5	Cause d'arrêt																						
6	Code PROFONDEUR		Texture																				
7	HZ (cm)		USDA																				
8	1		0	NULL																			
9	2		NULL	NULL																			
10	3		NULL	NULL																			
11	4		NULL	NULL																			
12	5		NULL	NULL																			
13	6		NULL	NULL																			
14																							
15	Epaisseur horizon				1_Sand 2_Sandy loam 3_Loamy sand 4_Loam 5_Silt loam 6_Silt 7_Sandy clay loam 8_Sandy clay 9_Silty Clay loam 10_Clay loam 11_Silty Clay 12_Clay																		
16	HZ	NUL	TYPE	1= null 2= moder 3= mor 4= dysmoder																			
17	A	NULL																					
18	S	NULL																					
19	G	NULL																					
20																							
21	TACHES																						
22	A : Taches d'oxydation / B : Taches de réduction																						
23	C : Altération																						
24																							
25	ABONDANCE				0_Pas de tâches 1_Très peu nombreuses (<2%) 2_Peu nombreuses (2 à 5%) 3_Asez nombreuses (5 à 15%) 4_Nombreuses (15 à 40%) 5_Très nombreuses (40 à 80%) 6_Dominantes (plus de 80%)																		
26	1	NULL	NULL	NULL																			
27	2	NULL	NULL	NULL																			
28	3	NULL	NULL	NULL																			
29	4	NULL	NULL	NULL																			
30	5	NULL	NULL	NULL																			
31	6	NULL	NULL	NULL																			
32	A	B	C																				
33																							
34																							
35																							
36																							
37																							
38																							
39																							
40																							
41																							
42																							
43																							
44																							
45																							
46																							
47																							
48																							
49																							
50																							

EFFERVESCENCE		
INTENSITE		Localisation
1	NULL	1_généralisée
2	NULL	2_localisée à la matrice
3	NULL	3_localisée au squelette
4	NULL	4_localisée aux éléments secondaires
5	NULL	5 NULL
6	NULL	6 NULL

R SOL(C)	NULL
Code végétation	
1_forêt de feuillu	
2_forêt résineux	
3_forêt mixte	
4_tallis	
5_prairie permanente	
6_prairie temporaire	
7_culture	
8_zone humide	
9_vigne et verger	

Carte Géol O/N	NULL
ROCHE (1...8)	NULL
1_Métamorphique	7_Colluvions
2_Plutonique	8_AlluvColluv
3_Volcanique	9_DOG/DOOP
4_Sed Carb	10_Houiller
5_Sed Non Carb	11_AD
6_Alluvions	12_Non détermin.

ELEMENTS GROSSIERS		
CHARGES		NATURE
1	NULL	1 NULL
2	NULL	2 NULL
3	NULL	3 NULL
4	NULL	4 NULL
5	NULL	5 NULL
6	NULL	6 NULL

pH	
1	NULL
2	NULL
3	NULL
4	NULL
5	NULL
6	NULL

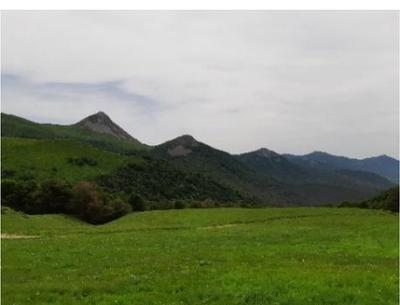
Humidité	
1	NULL
2	NULL
3	NULL
4	NULL
5	NULL
6	NULL

Couleur de l'horizon	
1	NULL
2	NULL
3	NULL
4	NULL
5	NULL
6	NULL

TAILLE		
1	NULL	1_gravier (0,2 à 2cm)
2	NULL	2_cailleux (2 à 8cm)
3	NULL	3_pierres (8 à 20cm)
4	NULL	4_bloos (> à 20cm)
5	NULL	5 NULL
6	NULL	6 NULL

NAF		
Temps	Intensité	
1 NULL	1 NULL	
2 NULL	2 NULL	
3 NULL	3 NULL	
4 NULL	4 NULL	
5 NULL	5 NULL	
6 NULL	6 NULL	

Phénanthroline	
Positif/Négatif	
1	NULL
2	NULL
3	NULL
4	NULL
5	NULL
6	NULL



## Méthodes de description des sols et analyses

En raison de la particularité géologique et climatique du département, des tests NaF et de pH ont été effectués sur tous les horizons des différents sondages directement lors du prélèvement ou le soir même. Ces mesures ont été réalisées à la fois sur les matériaux volcaniques pouvant être à l'origine de la pédogénèse liée aux processus d'andosolisation, mais également sur les sondages issus des matériaux cristallins, cristallophylliens et sédimentaires non carbonatés, pouvant produire des Alocrisols en conditions climatiques pluvieuses et froides. Ce test, lorsqu'il est positif (coloration rose) permet de mettre en évidence la présence d'Andosol sur les roches volcaniques et la présence d'aluminium échangeable dans les Alocrisols. Les horizons réductiques ont été validés à partir du test à l'orthophéanthroline.



Afin de définir de façon exhaustive les différents types de sol présents sur le département, 178 profils de référence des UTS (Unité typologique de Sols) ont été ouverts et décrits. Pour palier un manque d'informations analytiques sur certaines UTS, quelques sondages ont été prélevés pour analyses.



Au menu obligatoire à la labellisation de la carte, VetAgro-Sup a souhaité réaliser des mesures analytiques supplémentaires dont la conductivité hydraulique à saturation (méthode Porchet, saturation 3h), la densité apparente, les mesures de rétention d'eau (pF4.2 et pF 2.5) et des mesures de fractionnement de la matière organique (horizon de surface).

Des analyses complémentaires concernant l'aluminium échangeable (Al déplacement KCL) ont été menées pour caractériser les Alocrisols et certains Andosols, et des mesures d'aluminium et de fer libre ( $Al_{ox}$  ou  $py$  et  $Fe_{ox}$  ou  $py$ ) ont également été pratiquées pour caractériser les Andosols et le type d'Andosol concerné. Les analyses chimiques et granulométriques ont été effectuées par le Laboratoire d'Analyse de Sols d'Arras de l'INRAE (LAS) pour la majorité des échantillons et par la SADEF pour une minorité (à partir de 2022). Les rétentions en eau et les échantillons destinés au fractionnement de la matière organique ont été prélevés par VetAgro-Sup et analysés respectivement par la SADEF et Celesta-lab. Les densités apparentes et les conductivités hydrauliques ont été prélevées et mesurées par chaque pédologue en charge de son secteur.

Produits/éléments analysés	Méthode d'analyse
Aluminium échangeable	Déplacement KCl 1M (ICP-AES) méthode INRA
Al, Ca, Fe, Mg, Mn, K, Na échangeables	solution de trichlorure de cobaltihexammine (ISO 23470) , dosage par ICP-AES/EAF (ISO 23470)
$Fe_{ox}$ , $Al_{ox}$ , $Si_{ox}$ libre	Tamm en obscurité ICP-AES (méthode INRA)
Al, Fe, Si libre	Mehra-Jackson, CBD (citrate, bicarbonate, dithionite)
$Al_{py}$ , $Fe_{py}$ , $Si_{py}$ libre	extraction au pyrophosphate de Na 0.1 M
Fe et Al total	extraction HF-HClO <sub>4</sub> , NF X 31-147, ICP-AES (NF ISO 22036) (NF ISO 22036)
C/N	Non connue
Carbone	analyse élémentaire par combustion sèche - ISO 10694:1995 (ISO 10694:1995)
CEC	solution de trichlorure de cobaltihexammine (ISO 23470) , dosage par spectrophotométrie (ISO 23470)
H <sup>+</sup> Protons	chlorure de cobaltihexammine (ICP-AES , méthode INRA), dosage par titrimétrie
Matière organique	calculée Corg x 1.724
Azote total	analyse élémentaire par combustion sèche ISO 13878:1998 (ISO 13878:1998)
Phosphore assimilable P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	méthode Olsen - ISO 11263:1994 (ISO 11263:1994)
pH	Détermination du pH eau (dilution 1/5) ISO 10390:1994 (ISO 10390:1994)
pH NaF	Détermination du pH NaF
%sables, limons, argiles	Granulométrie 5 fractions sur sol frais
Densité apparente	masse volumique apparente (cylindre) + masse sèche (au laboratoire) (NF X 31 501 -511)
Calcaire total	méthode volumétrique (appareil de Scheibler) ISO 10693:1995 (ISO 10693:1995)
Calcaire actif	méthode Drouineau-Galet NF X 31-106 (NF X 31-106)
CaCO <sub>3</sub> , MgCO <sub>3</sub> , Carbonates totaux (calcium et magnésium)	Méthode Dupuis (Titrimétrie acido-basique) - ICPAES

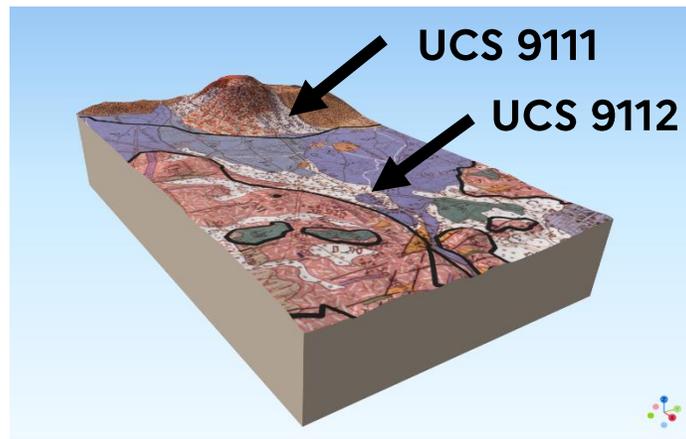
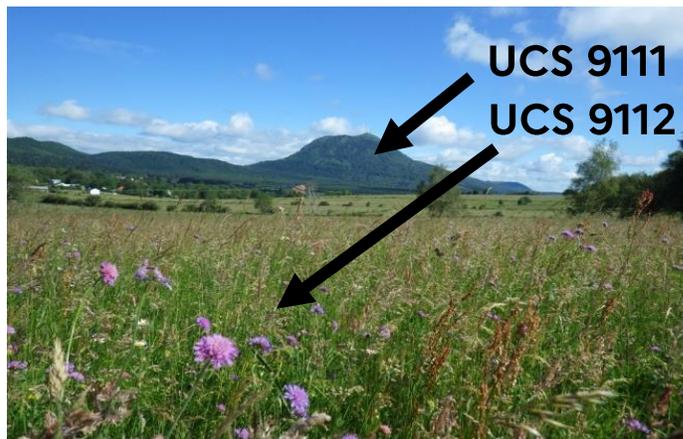


**Pour les andosols, une granulométrie standard avec séchage des échantillons induit une surestimation des sables rendant inutilisables les règles de pédo-transfert ou tous les modèles basés sur la granulométrie. En raison de cette particularité, les analyses granulométriques ont été effectuées sur sols frais en effectuant une demande spécifique au laboratoire.**

## Rappel : qu'est ce qu'une carte des pédopaysages ?

Le pédopaysage est défini par une combinaison des facteurs : type de roche, forme du relief, végétation, conditions climatiques mais également par des notions de géographie humaine. On le note sur les cartes UCS et il correspond à l'Unité Cartographique des Sols.

Le nombre de sondages et de fosses décrits ne permettent pas de préciser les limites spatiales de chaque type de sol que l'on note UTS, et c'est seulement l'ensemble des sols présents dans un paysage qui va composer le pédopaysage.



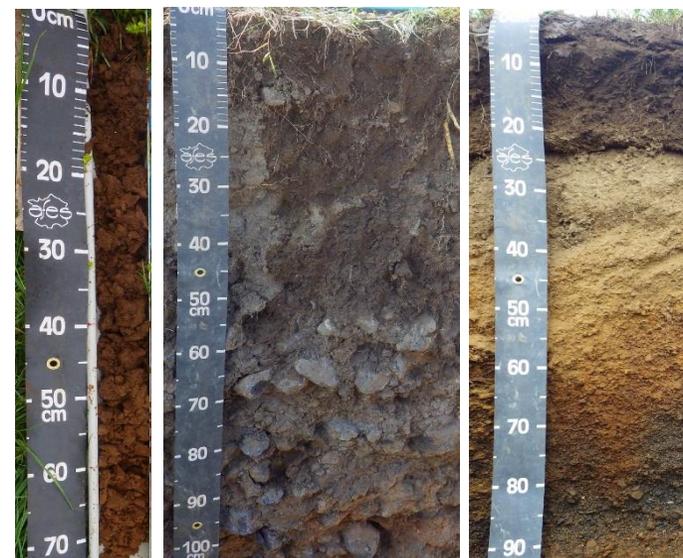
Contexte topographique et géologique ©BRGM

### Exemple pour la chaîne des Puys

UCS 9111 = Cônes de scories et dômes de la Chaîne des Puys, des zones d'estives et forestières, sur basalte, trachyandésite et trachyte, de pentes moyennes à fortes

UCS 9112 = Plateaux inclinés des coulées et retombées de la Chaîne des Puys, sous prairies et boisés, sur basalte-trachyandésite et trachyte, de pentes faibles à modérées

### Une association de sols différents dans les pédopaysages : les UTS



UTS 74

UTS 103

UTS 66

### Estimation des proportions de chaque type de sol (UTS) dans les pédopaysages (UCS)

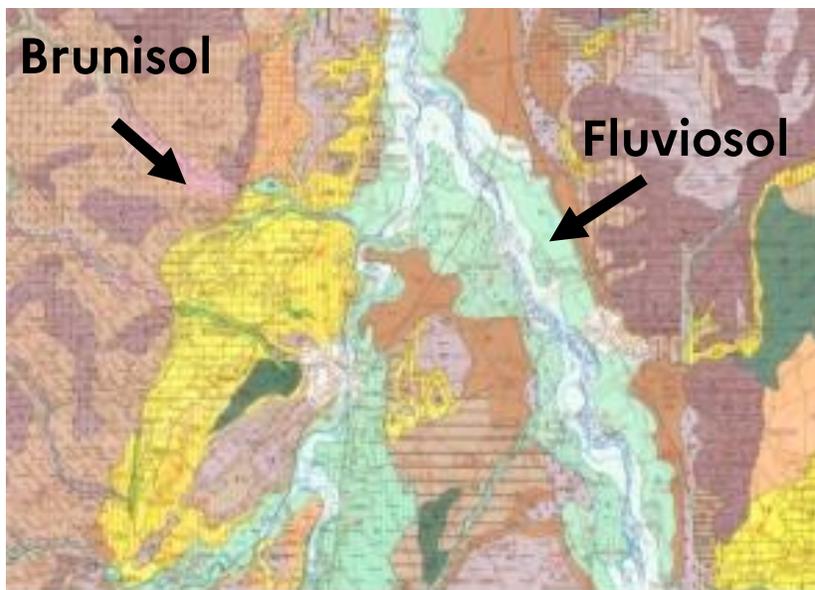
N° UCS	Nom de UCS	Numéro de l'UTS	Nom scientifique de l'UTS (RP 2008)	% UTS/UCS
9111	Cônes de scories et dômes de la Chaîne des Puys, des zones d'estives et forestières, sur basalte-trachyandésite et trachyte, de pentes moyennes à fortes	111	Roche nue	2
		113	VITRANDOSOL	2
		115	ALUANDOSOL issu de dépôts trachytique sous pelouse et forêt	1
		119	ALUANDOSOL alusilandique issu de dépôts trachytique sous pelouse et forêt	15
		121	SILANDOSOL issu de scories (basalte, trachyandésite et trachyte) sous pelouse et forêt	80
9112	Plateaux inclinés des coulées et retombées de la Chaîne des Puys, sous prairies et boisés, sur basalte-trachyandésite et trachyte, de pentes faibles à modérées	66	SILANDOSOL leptique issu de retombées de la Chaîne des Puys	65
		402	RANKOSOL andique sablo-argileux, sous prairies et forêts	5
		70	COLLUVIOSOL issu de colluvions de granite sur coulée de basalte	5
		74	SILANDOSOL dystrique, hémiorganique, oligosaturé, issu de coulée de basalte scoriacée d'altitude > 800 m	10
		103	BRUNISOL andique, calcimagnésique issu de matériaux volcaniques en place ou déplacés (coulée ou scories) sous prairie et forêt	5



**Ne pas confondre la carte des sols et la carte des pédopaysages !**

## Carte de sol

Echelle : 1/ 100 000<sup>ème</sup>



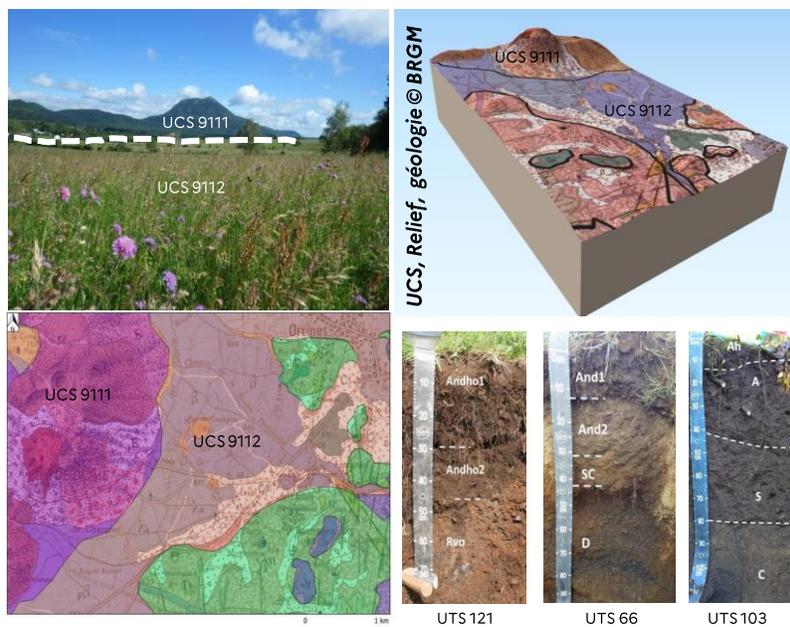
Extrait carte Moulins au 1/100 000<sup>ème</sup> Quae

**Une couleur sur la carte = un type de sol**

Nombre de sondage = 1 pour 30 à 60 ha  
Nombre de fosse ouverte = 1 pour 300 à 600 ha

## Carte de pédopaysages

Echelle : 1/ 250 000<sup>ème</sup>



**Une couleur sur la carte = plusieurs types de sol**

Nombre de sondage = 1 pour 200 à 600 ha  
Nombre de fosse ouverte = 1 pour 2 000 à 6000 ha

Il est nécessaire de porter une attention toute particulière à l'échelle des cartes que l'on utilise. En effet, suivant cette échelle, les données contenues dans les cartes n'auront ni la même précision ni les mêmes définitions. Si l'on compare une carte des sols avec une carte des pédopaysages, il est possible de constater que pour construire une carte des sols, le nombre de sondages et le nombre de fosses à ouvrir est nettement supérieur à ceux nécessaires pour construire une carte des pédopaysages. Une carte des sols, regroupe un lot de données plus important, et à ce titre, est plus précise qu'une carte des pédopaysages.

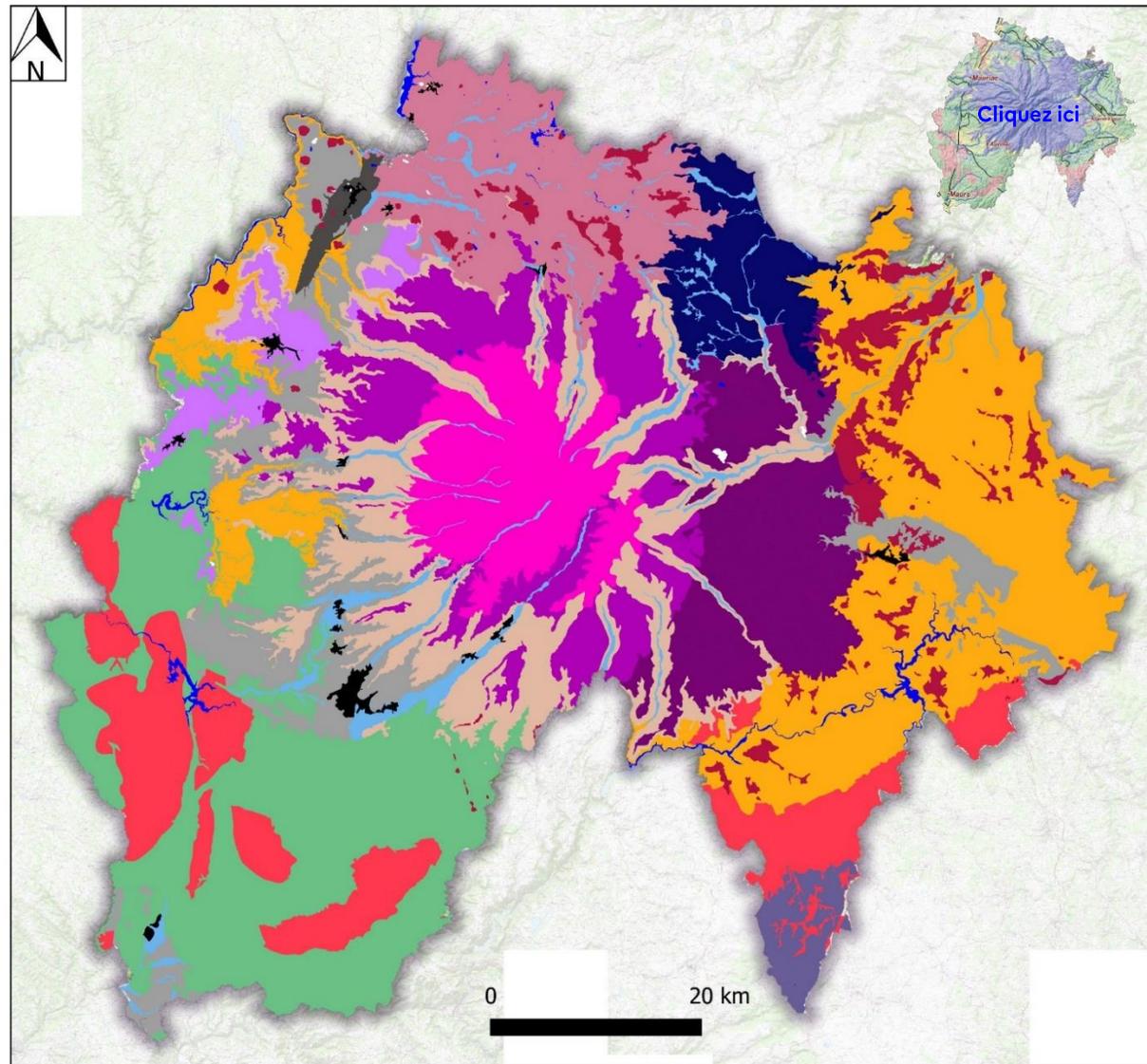
Cartographiquement parlant, la principale différence qu'il existe entre ces deux types de cartes réside dans le fait qu'une carte des sols va représenter un seul et unique type de sol tandis qu'une carte des pédopaysages présentera un assemblage de types de sols. D'après ce constat, il est possible d'affirmer qu'une carte des pédopaysages ne permet pas de localiser spatialement et de façon cartographique un type de sol en particulier.

**Pour la carte des pédopaysages du Cantal**

**Nombre de sondage = 1 pour 286 ha**

**Nombre de fosse ouverte = 1 pour 3216 ha**

## Proposition de découpage en grands domaines de paysages pour le classement des UCS pour la carte du Cantal



Paysage	
1.	Plaines alluviales et fonds de vallées du Cantal
2.	Bassins, plateaux et versants aux matériaux variés (socle et volcanisme) fortement influencés par des dépôts sédimentaires ou présentant quelques traces de dépôts sédimentaires
3.	Coulées, plateaux inclinés et talwegs des Planèzes volcaniques de Saint-Flour, Pierrefort et Malbo, principalement compris entre 600 mm et 1100 mm de bilan hydrique annuel
4.	Coulées, plateaux inclinés des Planèzes et versants de la zone centrale volcaniques principalement compris entre 600 mm et 1100 mm de bilan hydrique annuel
5.	Coulées, plateaux inclinés des Planèzes et versants et pointements volcaniques supérieurs à 1100 mm de bilan hydrique annuel
6.	Plateaux des coulées volcaniques et des dépôts glaciaires influencés par le volcanisme du Cézallier
7.	Pointements et coulées ponctuelles dispersés, parfois en mélange avec des matériaux sédimentaires et édifices volcaniques scoriacés
8.	Collines, versants et replats des massifs granitiques du Caldaguès et de la Chataigneraie
9.	Collines, plateaux, versants et vallons cristallophylliens du Cantal (de Chalvignac à la Margeride)
10.	Plateaux et versants du socle de l'Artense, souvent recouverts par des dépôts glaciaires volcaniques
11.	Plateaux, versants et bordures des coulées volcaniques des massifs micaschisteux du Cantalès et de la Chataigneraie
12.	Plateaux et versants des brèches d'avalanche de débris et autres produits volcaniques variés du massif Cantalien
13.	Fossé houiller et formations impactées par ces dépôts
14.	Plateaux, replats et vallons du Nord Aveyron et Sud Cantal, sur dépôts glaciaires mixtes, matériaux en mélange ou coulées volcaniques
15.	Coulées basaltiques et plateaux inclinés volcaniques entre le Monteil, Mauriac, Pleaux et Saint-Santin-Cantalès, généralement inférieurs à 600 mm de bilan hydrique annuel

Voici une proposition de classement des UCS selon 15 grandes entités paysagères définies sur la carte ci-contre. Les UCS pourraient être renumérotées et classées en fonction de ces entités. Ces paysages sont également mentionnés au sein du tableau synthétique UCS-UTS.



## Documents mis à disposition dans le cadre de l'étude

- ❖ Compléments géomorphologique et géologique (BE Inselberg et Terramater)
- ❖ 4 Catalogues des profils pédologiques ouverts et décrits dans le cadre de la phase III, répartis selon les zones cartographiées par les différents pédologues (Phase III : VetAgro-Sup, BE Solenvie, CA Somme, BE Terrenis)
- ❖ Tableau notice synthétique UCS/UTS (VetAgro-Sup)
- ❖ Fichier de forme surfacique utilisable sous SIG 30150.shp et style de la carte .qml (dessin des UCS)
- ❖ La carte des pédopaysages au format A3 avec les numéros d'UCS (sous format pdf et jpeg)
- ❖ Une notice sur les Histosols (BE Sphagnum et BE Geo Sol'Eau)

### Ce qu'il resterait à faire afin que l'étude soit vulgarisable :

- Notice complète décrivant les types de sol trouvés (UTS) et des photos et descriptions de chaque pédopaysages (UCS)
- Une carte présentant les sols dominants du Cantal et des références (granulométrie, analyses chimiques ...) pour chacun des grands types de sols du territoire, à l'image du travail réalisé dans le Puy-de-Dôme ;
- La numérotation des UCS suivant une logique d'entité paysagère.

## Intervenants et partenaires



VetAgro Sup  
Campus Agronomique  
de Clermont

### Plateau technique Sols et matières Organiques :

**Laurence Andanson** : I.E. Responsable du plateau technique  
**Véronique Genevois** : I.E. Pédologue cartographe (En charge du RRP)  
**Camille Martin** : I.E. Pédologue cartographe

### Service des marchés – Service des Affaires Economiques et Financières

**Estelle Pietranico**  
**Fabienne Régibaud**

### Département : Agricultures et Espaces (D1)

**Noelle Guix et Benjamin Nowak** : Maître de Conférences en agronomie  
–Réferent RRP VetAgro-Sup  
**Séverine Delorme** : Assistante financière  
**Nathalie De Fransesco** : Secrétaire  
**Sandrine Euvrard** : Secrétaire D1  
**Angélique Bagel** : Secrétaire D1  
**Stéphane Sauvat** : Assistant Ingénieur

Contact :  
VetAgro Sup Campus agronomique  
89, avenue de l'Europe - BP 35 –  
63370 LEMPDES  
☎ V. Genevois : **06 83 70 49 22**



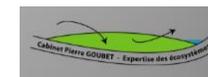
**Bureau d'études Terra  
Mater**  
Beaumont (63)

**Jean Marcel Morel** :  
Géologue-Volcanologue



**Bureau d'études  
Sol Envie**

**Cedric Laveuf** :  
Pédologue



**Bureau d'études  
Sphagnum**

**Pierre GOUBET**  
Expertise des  
Écosystèmes



**Chambre d'Agriculture  
Somme**

**Olivier Suc** : Pédologue



**Bureau d'études  
Géo Sol'Eau**

**Arnaud Tourman**  
Expertise des  
Écosystèmes



**Chambre d'Agriculture  
Nièvre et BE Terrenis**

**Arnaud Vautier**



### DRAAF Auvergne :

**Sabine Lussert** Responsable du pôle  
développement rural et territoire DRAAF  
Auvergne – SREFAT  
04 73 42 15 05  
[sabine.lussert@agriculture.gouv.fr](mailto:sabine.lussert@agriculture.gouv.fr)

**Boris Calland** : Chef du service régional du  
développement rural et des territoires  
(SRDRT)  
[boris.calland@agriculture.gouv.fr](mailto:boris.calland@agriculture.gouv.fr)

### Conseil Régional Auvergne-Rhône-Alpes :

**Yannick Romanaz** Instructeur FEDER  
Mission Europe et Politiques  
Contractuelles  
04 73 31 82 70  
[y.romanaz@auvergnerhonealpes.fr](mailto:y.romanaz@auvergnerhonealpes.fr)

**Maxime Rojët** Responsable du suivi  
financier de l'Autorité de gestion FEDER -  
FSE et Contrôleur FEDER

**GIS Sol et INRAE-Unité INFO&SOLS**  
**Bertrand Laroche**  
[bertrand.laroche@inrae.fr](mailto:bertrand.laroche@inrae.fr)

**Ghislain Girot**  
[ghislain.girot@inrae.fr](mailto:ghislain.girot@inrae.fr)  
**Sébastien Lehmann**  
**Jean-philippe Chenu**

# 2015-2023, par tous les temps !!!



Remerciements aux exploitants agricoles et propriétaires qui nous ont gentiment donnés accès à leur terrain , à Noelle Guix qui a initié le projet Sols et Territoires d'Auvergne et motivé les financeurs sur l'Auvergne, mais aussi à Jean Dejou (pédologue Cantalien), Gérard Burtin (AI CPB) et François Bartoli (chercheur CPB-CNRS) qui ont, sans le savoir, eu une grande importance dans l'aboutissement de ce travail