



Le mont chauve : exemple d'un paysage expliqué par la géologie

Il s'agit ici d'un site proche des villages de Moncaup et d'Arguenos, dans le sud de la Haute-Garonne, qui n'a donc rien à voir avec le cirque de Barrosa. Si ce n'est qu'il est, comme lui, l'exemple typique d'un paysage dont l'explication passe par la géologie. C'est un des petits **massifs de lherzolites** qui parsèment la zone nord-pyrénéeenne (voir la [figure 1](#)). L'intérêt de leur étude tient en outre au fait qu'elle fait appel à des notions provenant de diverses disciplines : géologie, tectonique, minéralogie, mais aussi biologie cellulaire, biologie végétale, botanique.

Les photos des [figures 2 à 5](#) ci-dessous ont été prises aux alentours de **Moncaup**, petit village de la Haute-Garonne, dans le canton d'Aspet. On le surplombe lorsque, venant de Juzet d'Izaut, on monte par la route au col des Ares sur son versant est. Les cartes ci-dessous permettent de le localiser.

Cette colline intéresse les géologues car il s'agit de **l'un des quelques petits massifs de lherzolite** (une quarantaine, de taille décimétrique à kilométrique) qui s'égrènent dans la zone nord-pyrénéeenne, le long de la faille nord-pyrénéeenne (dans la zone interne métamorphique) ([cliquer ici pour voir une carte de l'ensemble de Pyrénées](#)), surtout en Ariège (figure 1), le plus connu et le plus étudié étant celui de l'**étang de Lherz** (ou de Lers), qui a donné son nom à cette roche ([notes 3 et 5](#)).

Figure 1 . Carte des massifs de lherzolite de la Haute-Garonne et de l'Ariège

>

Situé dans le sud de la Haute-Garoone près de Juzet-d'Izaut, le **massif de lherzolite de Moncaup** est encaissé dans des calcaires du Jurassique et du Crétacé inférieur (âge d'environ -200 à -100 millions d'années [Ma]), calcaires qui constituent, juste au sud, le pic du Gar), le long d'une faille qui est une branche de la faille nord-pyrénéeenne ([note 6](#)).

La lherzolite est rare à la surface de la croûte terrestre, car elle provient du **manteau supérieur**, dans la partie de la lithosphère qui est juste au-dessous de la croûte continentale, à 30 ou 40 kms de profondeur sous la surface. Sa cristallisation implique d'ailleurs une température élevée et une très forte pression (voisines de 1000° à 1300° et 15 kilobar). Elle s'est formée il y a plus de 2 milliards d'années.

C'est, avec des roches de la même famille, la roche dominante de tout le manteau qui est la partie du globe terrestre (dont le rayon est de 6370 Km) située entre la croûte ("pellicule" de moins de 30 Km d'épaisseur) et le noyau (rayon : 3470 Km). Comme le volume du manteau représente environ 83% de celui de la terre, on peut, sans exagérer beaucoup, dire que la terre est une boule de lherzolite (voir la [figure 10](#), et les pages consacrées à la formation des Pyrénées).

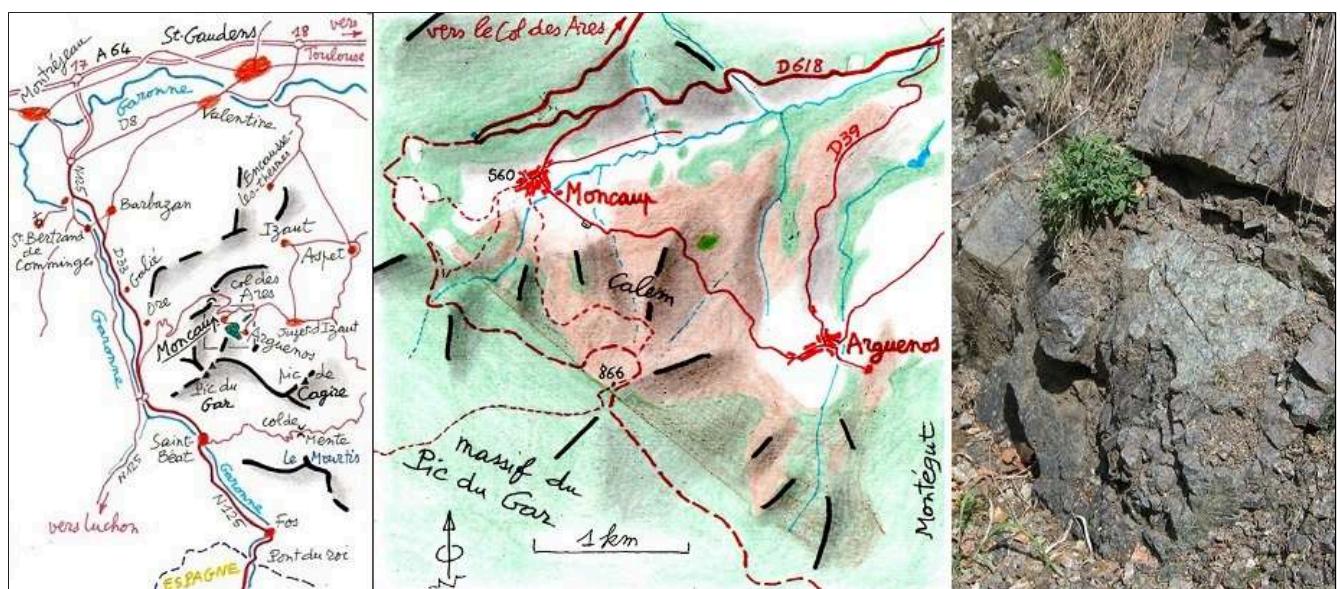
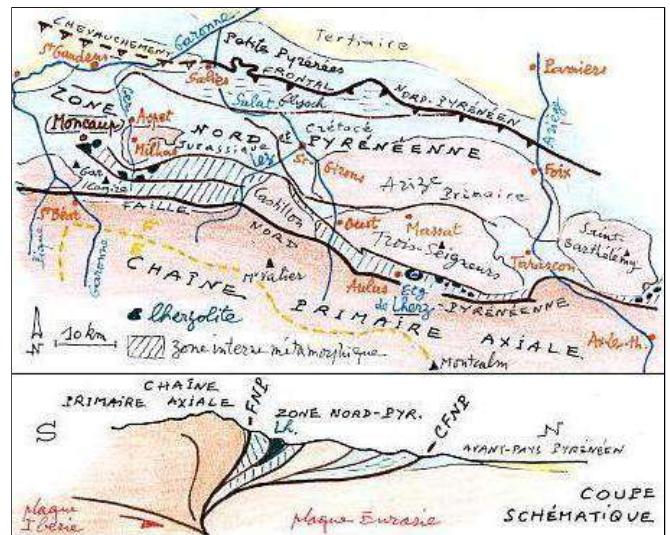


Figure 2. A gauche : carte localisant les villages de Moncaup et d'Arguenos et le massif de lherzolite, qui les domine ;

Au milieu : carte focalisée sur ce massif, délimité en marron, en grande partie dépourvu de végétation ;

A droite : photo d'un **affleurement de lherzolite** (il s'agit d'une cassure fraîche au bord d'une route : un affleurement ancien serait rougeâtre, par altération de sa surface).

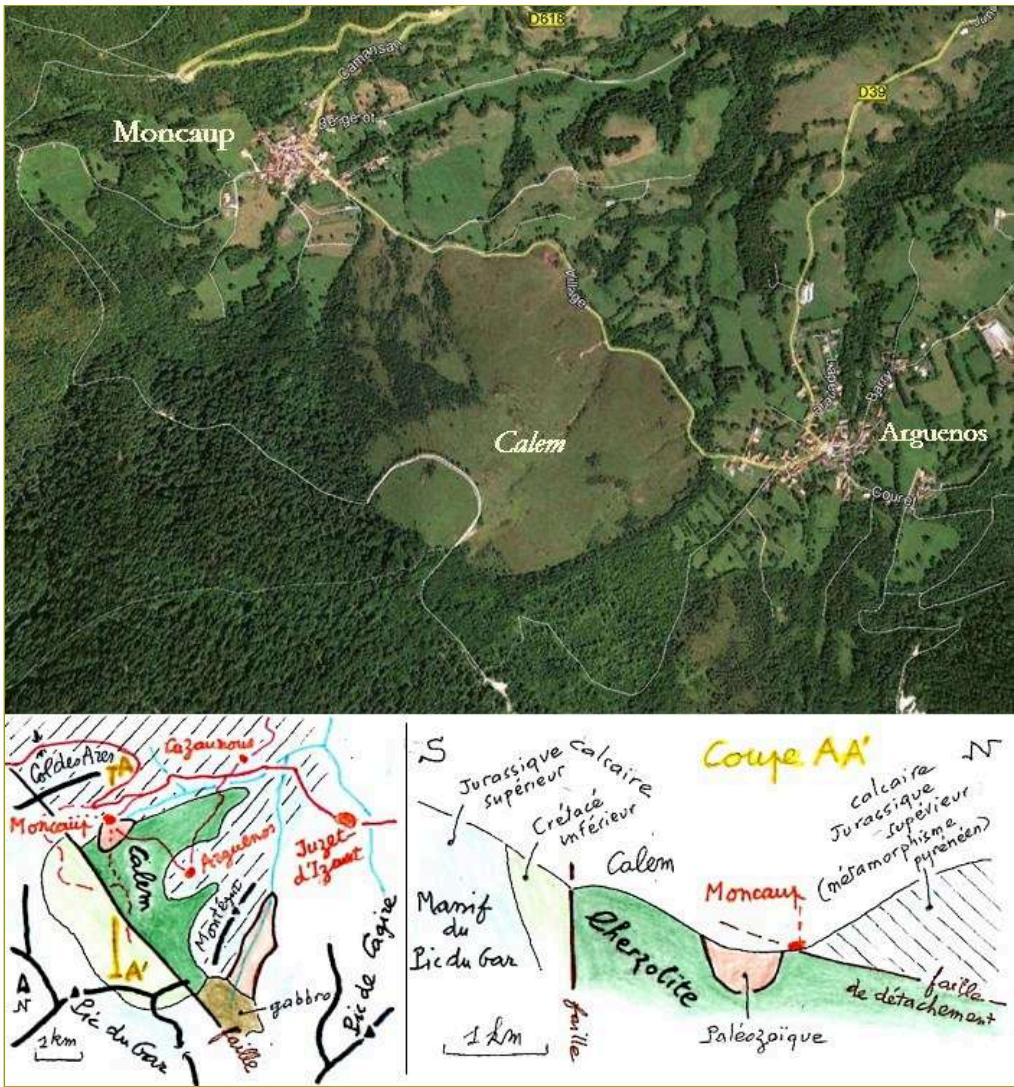


Figure 3 . En haut : vue aérienne par Google Earth de la butte de lherzolite (appelée Calem), entre les villages de Moncaup et d'Arguenos ;
 En bas : à gauche : carte géologique simplifiée ;
 à droite : coupe géologique hypothétique (la faille de détachement est une faille subhorizontale en relation avec l'extension et
 l'amincissement de la croûte terrestre qui s'est produite vers -100 millions d'années et a permis la montée d'un bloc de manteau lherzolitique et sa mise
 en place à la surface)



Figure 4. Sur ces photos on voit que le village de Moncaup est dominé par une butte, à l'arrière-plan (appelée le "Calem") sur la plus grande partie de laquelle la végétation appauvrie, rabougrie, contraste avec la luxuriance de la forêt voisine et l'écrin de verdure qui entoure le village. C'est une végétation de sol acide, très pauvre : lande à bruyère, petit bosquet de pins sylvestres, quelques cyprès, rares bouleaux.

Or justement le nom de ce village était encore au Moyen-Age, en latin, "**Monte Calvo**", le mont chauve (de "monte calvo" vient aussi "Montcalm"). Le "p" final est curieux mais s'entend dans la prononciation gasconne du mot (renseignement aimablement communiqué par M. Jacques Ducos, d'Aspet).

Le nom de la butte elle-même est "**Calem**" (ou *Gar Calem*), qui a sans doute la même origine (*Gar* signifie rocher).
En haut à gauche de la photo du haut, enneigé : le Cagire.

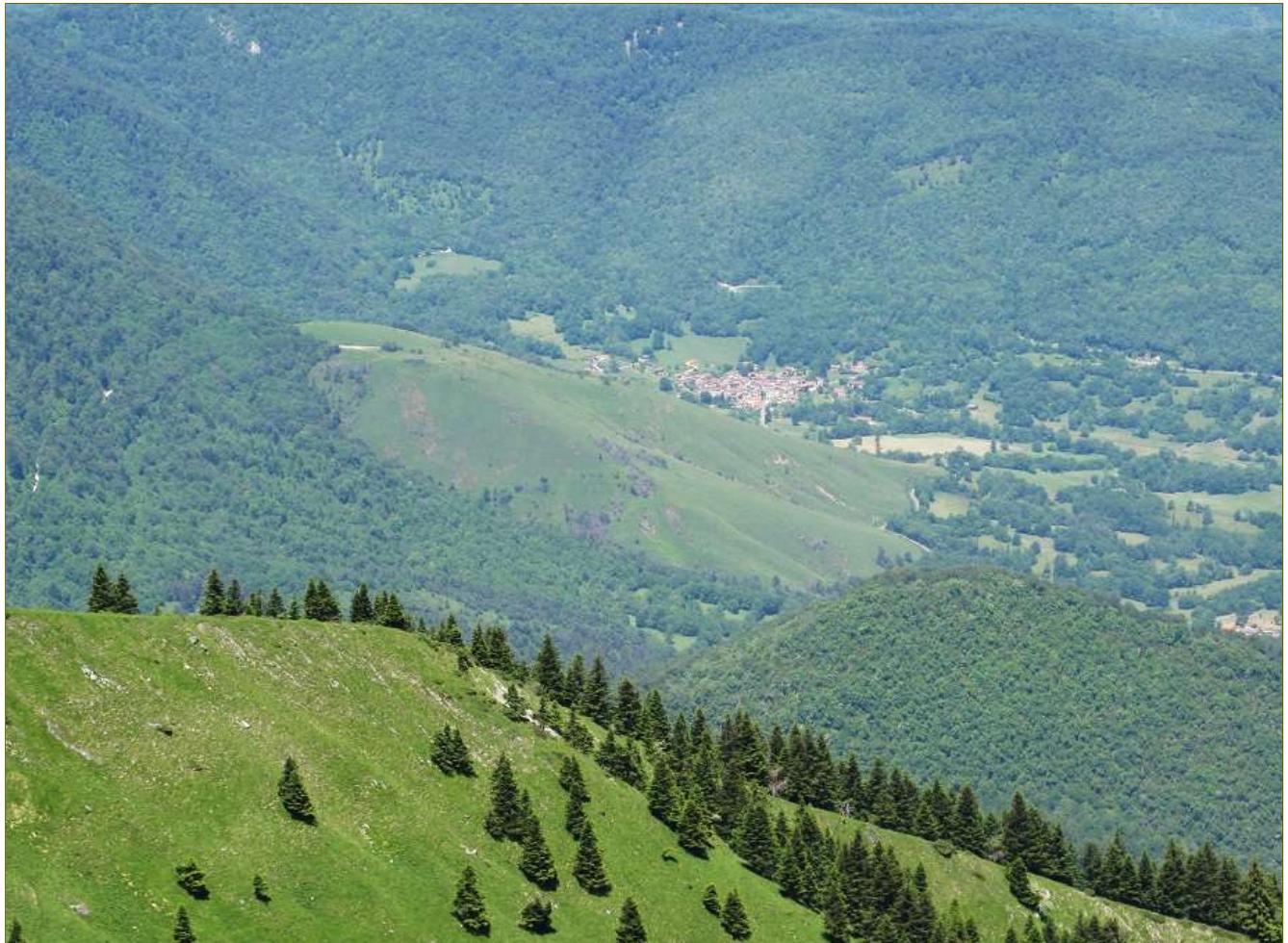


Figure 4 bis. Du haut du pic de Cagire, vue, vers le nord-ouest, sur le "mont chauve" (au milieu de l'image, au troisième plan, avec à ses pieds le village de Moncaup). Il est cerné par la forêt mais lui-même est presque dépourvu d'arbres. Il est vert (la photo a été prise à la fin du printemps, le 21 juin 2016), donc pas totalement dépourvu de végétation ; mais, vue de près, cette végétation est pauvre et anormale.



Figure 5. D'autres photos :

- 1 : depuis le Calem, au premier-plan, vue sur le prolongement vers le nord du massif de lherzolite sous forme de deux bosses dégarnies ; au loin la route du col des Ares et le village de Cazaounous ;
- 2 : section fraîche de lherzolite et la croûte d'altération couleur rouille ;
- 3 : aspect fréquent de la lherzolite, recoupée par des fractures et discrètement litée ;
- 4 : possible plan de fracture recouvert de serpentine ;
- 5 : autre section fraîche où on distingue de petits cristaux de nature différente, dont certains jaunâtres, d'olivine, d'autres noir^tres ;
- 6 : cassure fraîche où sont visibles des filonnets noirs, peut-être de "webstérite".



1. La lherzolite

La lherzolite appartient à la famille des périclites, roches magmatiques grenues (les deux autres types de roches étant les roches sédimentaires et les roches métamorphiques), qui ont en commun d'être riches en un minéral, l'olivine, de couleur vert olive) appelée aussi "périclote".

C'est une roche sombre, verdâtre sur une cassure fraîche (figures 2 et 5, et note 7), mais rougeâtre (brun rouille) en surface par altération (oxydation). Elle est lourde à la prise en mains, sa densité étant élevée (3,3 contre 2,5, par exemple, pour les calcaires).

Sa composition minéralogique est la suivante (ses cristaux sont identifiables à l'œil nu) (figure 6 et note 7) :

- olivine (note 10) : 60-70 % en volume (ce minéral constitue finalement plus de 60% du manteau supérieur) ; elle contient, au sein de sa structure cristallographique, environ 0,1 p.100 d'eau sous forme de liaisons OH ; c'est son altération à la superficie de la roche qui lui donne la teinte rouille ;

- pyroxènes contenant eux aussi du fer et du magnésium seuls : un orthopyroxène (*enstatite*) brun foncé ou gris beige, 25-30 %, et un clinopyroxène (*diopside*) vert émeraude, 5-15 %, qui tire la couleur de la roche vers le vert ;

- un minéral contenant de l'aluminium (mais pouvant contenir aussi du calcium ou du sodium), 5-10 %, qui est, en fonction de la profondeur : un *feldspath plagioclase* entre 0 et 30-40 km ; un *spinelle* (minéral non silicaté) chromifère (noir) appelé picotite, entre 30-40 et 60-70 km ; et du *grenat* (rose) au-delà de 60-70 km.

Ces cristaux sont presque tous des silicates, dont l'unité de base est le tétraèdre de silice SiO₄ (figure 10). Ce sont les plus abondants. Une vingtaine d'autres sont bien moins fréquents.

Lors de la fusion de la lherzolite les pyroxènes et les minéraux alumineux (notamment les plagioclases) quittent la roche (accompagnés d'un peu d'olivine) pour former du basalte (note 1). Appauvrie en ces minéraux, la lherzolite devient alors de la harzburgite, qui est une autre périclote.

Lorsqu'elle est en contact avec l'eau la lherzolite se transforme par hydratation en serpentinite (on dit plus couramment "serpentinite", qui est le minéral, la serpentinite étant la roche), verdâtre avec une surface luisante. C'est le cas en particulier sur les flancs de fissures de la roche où de l'eau a circulé (voir les photos des figures 2 et 5; au sujet de la serpentinite, voir les notes 8 et 14).

La lherzolite est souvent associée à un autre membre de la famille des périclites, l'harzburgite (périclote appauvrie en diopside et minéral alumineux) (note 1), sous forme d'épaisses lentilles. Parfois à d'autres roches plus rares, composées essentiellement de pyroxène : webstérite (riche en diopside), à grenat (ariégite), avec amphibole (lherzite, dans de minces filonnets sombres), etc.. Au contact de la lherzolite peuvent être présentes d'autres roches exceptionnelles

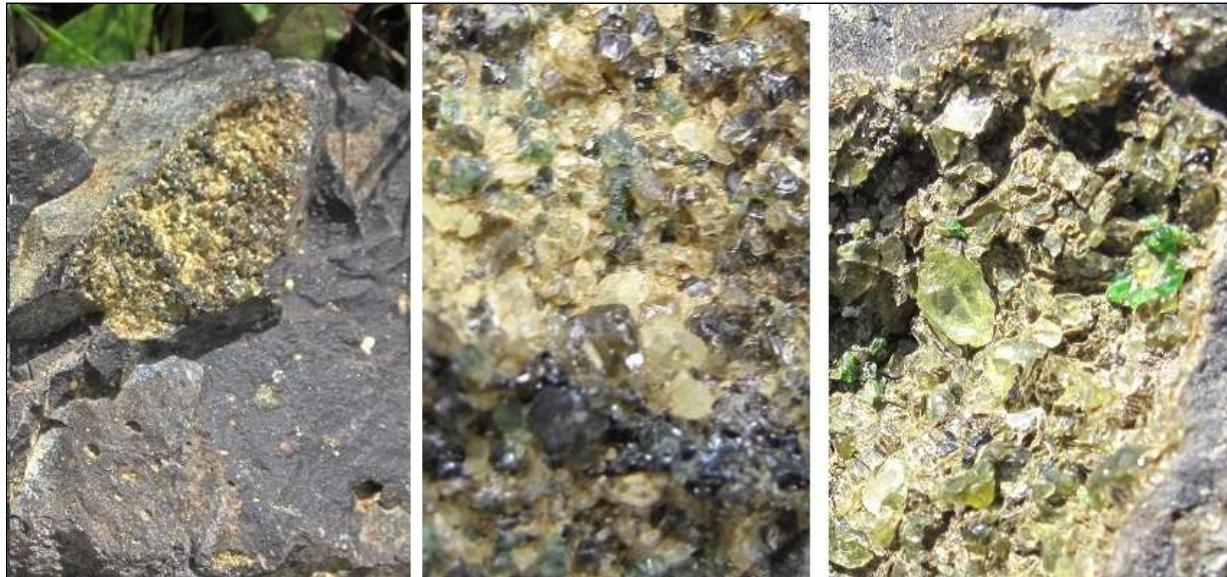


Figure 6. En dehors des massifs de lherzolite les périclites du manteau peuvent apparaître à la surface de la croûte terrestre (mais en bien moindre quantité) sous la forme d'*enclaves* dans le basalte émis par des volcans (note 13). En montant vers la surface dans une cheminée volcanique (à une vitesse de l'ordre 10 km/h) le basalte, qui résulte de la fusion partielle des périclites du manteau supérieur (entre -70 et -30 km de profondeur), arrache des fragments de celles-ci et les fait monter jusqu'à la surface.

A gauche, la photo montre une telle enclave (3 cm sur 4) dans un bloc de basalte pris à un petit volcan des Causses aveyronnais (à Azinières, dans le Causse rouge) ;

Au milieu, une macrophotographie révèle la nature de ses grains (dont la grosseur est de l'ordre du mm) : olivine jaune (qui domine), clinopyroxène vert émeraude, orthopyroxène brun foncé (abondant dans le bas de l'image, ce qui pourrait faire parler de "pyroxénite"). et spinelle noir (parfois difficile à distinguer de l'orthopyroxène) ;

A droite, macrophotographie d'une autre enclave, de même provenance, où on voit bien un gros cristal d'olivine, et des cristaux de diopside.

La lherzolite est souvent recoupée par des fractures (figure 5-3, et note 7), et ses affleurements mélangés à des brèches (roches formées de petits blocs rocheux anguleux pris dans un ciment)

[Haut de page](#)



2. Mise en place des massifs de lherzolite

Comment les massifs de lherzolite se sont-ils hissés depuis le haut du manteau supérieur jusqu'à la surface ? Le mode de leur mise en place est un peu différent selon les massifs, mais la **figure 7** ci-dessous tente de schématiser l'"ancien" (élaboré il y a une cinquantaine d'années) **mode général** d'explication, s'appliquant peu ou prou à l'ensemble des massifs (**note 3**).

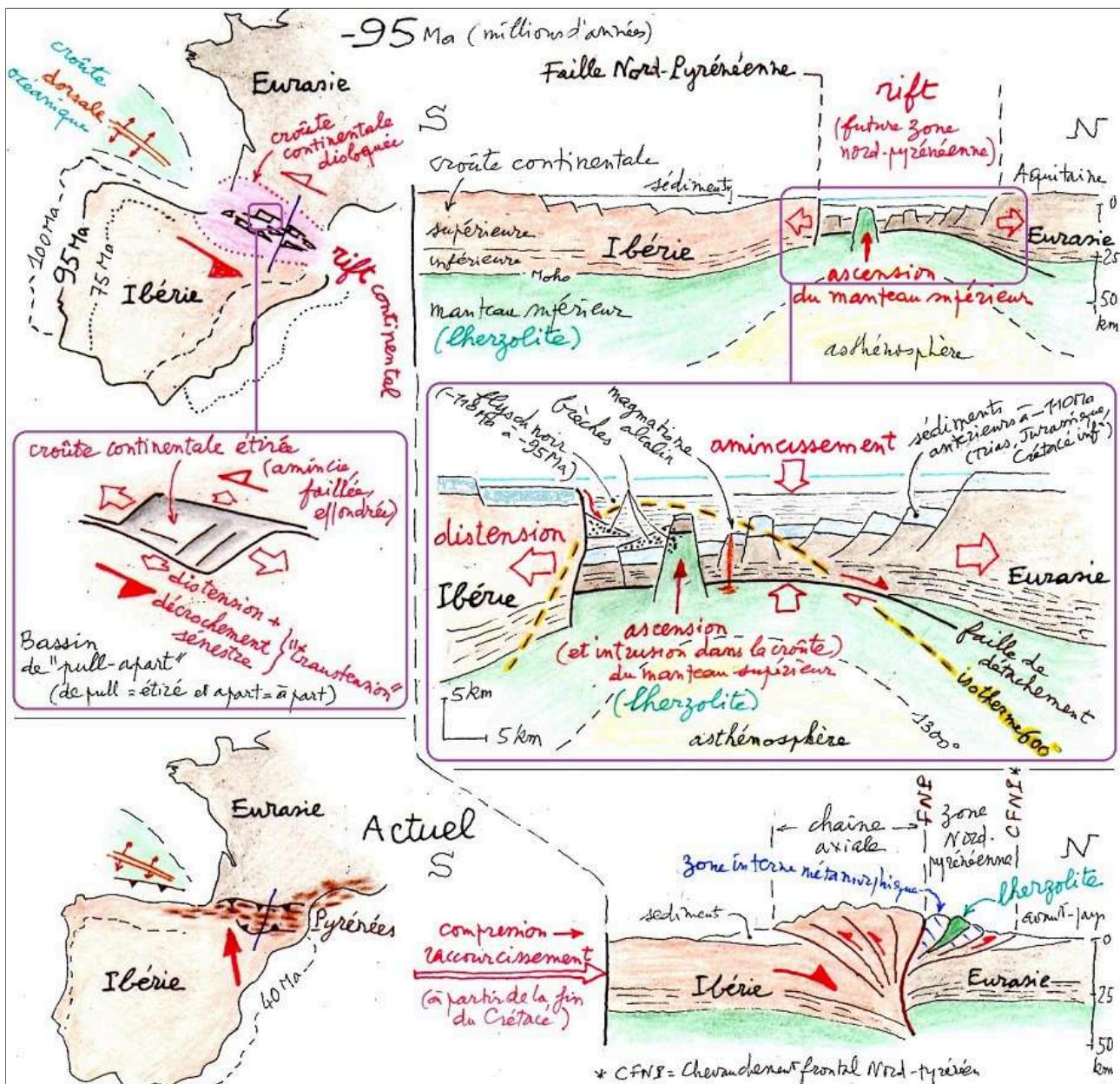


Figure 7. Schéma général de la mise en place des massifs de lherzolite.

Cette figure résume les faits suivants :

Au milieu du Crétacé le coulisage de la plaque Ibérique (qui, depuis le Trias ou le Jurassique mais plus rapidement au Crétacé inférieur, dérive vers le sud-est par rapport à l'Eurasie fixe : on parle de "décrochement sénestre"), entraîne, sur une assez grande largeur, une dislocation de la zone de croûte continentale qui les joint (encore continentale parce qu'elle n'a pas été atteinte, ou seulement un peu amincie, par la formation de croûte océanique qui a ouvert le golfe de Gascogne). Cette dislocation est un **rift continental** qui consiste essentiellement en un **amincissement et un morcellement de la croûte par étirement** (ou distension).

L'étirement se fait dans le sens nord-sud (surtout à l'ouest), la dérive de l'Ibérie l'écartant un peu de l'Eurasie), et principalement dans le sens NW-SE avec formation, à l'**Albien** et au **Cénomanien**, soit entre -110 et -95 Ma, d'une série de **bassins d'effondrement dits de "pull-apart"** (voir le schéma), profonds, aux parois escarpées, et un fond parcouru de failles normales sur lesquelles s'accumulent, dans beaucoup d'entre eux, pendant le "rifting" et après, des sédiments à type de flysch (d'où le "**flysch noir**" de certaines parties de la zone nord-pyrénéenne actuelle) et des brèches (conglomérat de blocs rocheux anguleux) qui résultent d'éboulements rocheux et boueux (turbidites) à partir des sédiments voisins..

L'amincissement crustal est facilité par le jeu d'une faille quasi-horizontale parcourant la lithosphère, dite "**faille de détachement**" (voir les figures 3, et de 7 à 9), et implique le glissement vers le bas (en marches d'escalier) de gros blocs crustaux entre des failles normales courbes. Il implique aussi une **montée de la lithosphère**, donc du manteau, par "ajustement isostatique" (selon le principe d'Archimède), qui peut aller jusqu'à un bombement, à peine contrarié par le poids des sédiments.

Ce rifting avec amincissement de la lithosphère s'accompagne de deux phénomènes annexes :

- un **réchauffement de la croûte** amincie (l'isotherme 600° monte jusqu'à son niveau) : il est responsable du métamorphisme dit "pyrénéen", de basse pression mais de haute température, qu'on voit actuellement affecter, en particulier, les calcaires où sont encaissés certains massifs de lherzolite le long de la faille nord-pyrénéenne (c'est la "zone interne métamorphique") ;

- un "**magmatisme alcalin**" : une fusion partielle des péridotites mantelliques juste sous la croûte entraîne dans celle-ci des montées de magma basaltique qui cristallise souvent à l'intérieur de la croûte sous forme de gabbro (ce basalte est dit alcalin parce qu'il est, pendant sa traversée de la croûte, contaminé par des minéraux riches en sodium et potassium).

C'est l'**ascension et l'extrusion**, autour de -100 Ma, dans l'épaisseur de cette croûte amincie et morcelée, d'un bloc de manteau supérieur, qui explique l'affleurement actuel, après érosion, d'un massif de lherzolite à la surface de la croûte. Ce bloc monte jusqu'au niveau des sédiments qui se sont déposés sur la croûte, avant et pendant le rifting (du Trias au Crétacé inférieur). Les **brèches** que son ascension provoque dans la lherzolite (fracturation) se **mélangent** avec celles de ces sédiments. Par exemple à l'étang de Lherz la lherzolite affleure au sein de marbres blancs jurassiques.

Par la suite, à la fin du Crétacé, le **déplacement de l'Ibérie s'inverse** ("inversion structurale") : il se fait dès lors du sud vers le nord ou le nord-ouest, avec pour conséquence la collision avec l'Eurasie et la **compression du rift responsable de la surrection des Pyrénées au début de l'ère tertiaire**. La zone nord-pyrénéenne, au nord de la faille du même nom, est alors écrasée, parcourue de failles inverses, et charriée vers le nord sur les sédiments de l'avant-pays (chevauchement frontal nord-pyrénéen). Cette **compression achève d'expulser vers le haut, et souvent de fragmenter, le bloc de lherzolite**.

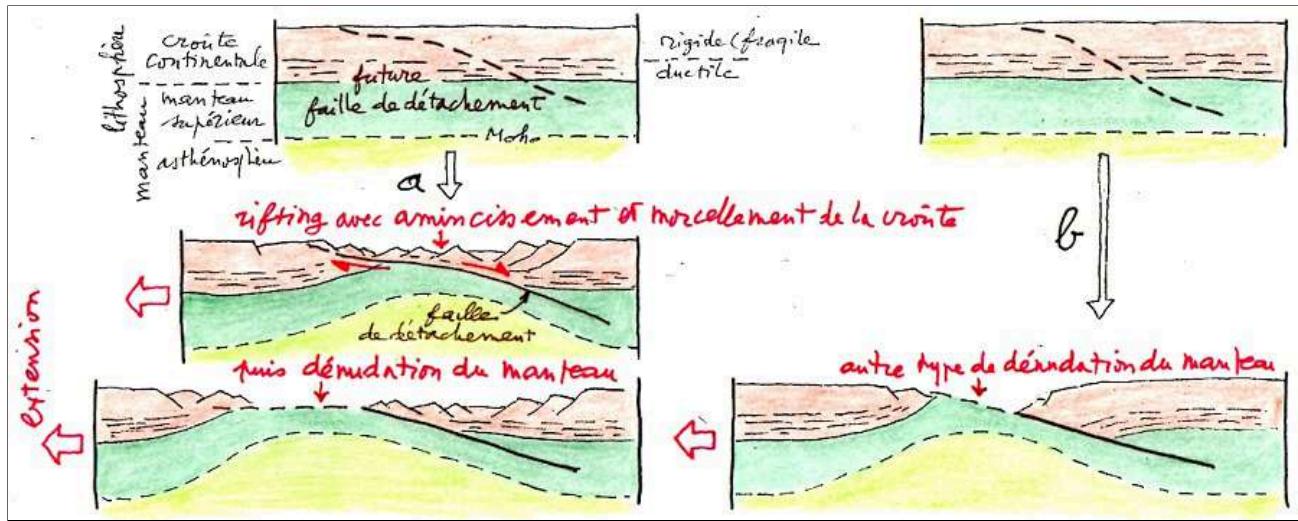


Figure 8. Schéma expliquant l'aminçissement de la croûte continentale et la dénudation (ou exhumation) du manteau (a), ou cette dernière sans aminçissement préalable (b).



Un autre mode d'explication de la présence d'un massif de lherzolite à la surface de la croûte, un peu différent, a été proposé à partir de 2008 (par Yves Lagabrielle de l'université de Montpellier2), appliqué au **massif de lherzolite de l'étang de Lherz**. Il est schématisé par les **figures 8 et 9**.

Selon cette interprétation ("moderne") une large **dénudation (ou exhumation) sous-marine du manteau supérieur, se produit au cours de l'Albien** (-110 à -100 Ma, peut-être dès l'Aptien : -125 à -112 Ma) dans le bassin d'Aulus (de type "pull-apart") liée à l'extension de la croûte. Elle est schématisée à la **figure 8** (en bas à droite), précédée d'un faible degré de d'aminçissement de celle-ci. Sur la partie dénudée du manteau des fragments de lherzolite (des brèches) se mélangent à des brèches calcaires jurassiques blanches. La formation des Pyrénées et l'érosion ont porté à l'affleurement ce mélange lherzolite-calcaire

Cependant l'application de ce modèle au massif de lherzolite de l'étang de Lherz est en fait contestée (par Elie-Jean Débroas en 2012, de l'université de Toulouse) en raison d'un défaut dans sa chronologie. En effet la dénudation du manteau est située à l'Albien alors que les brèches sédimentaires sont constituées de calcaire jurassique métamorphisé en marbre. Or c'est au Cénomanien-Turonien (-100 à -90 Ma) que ce métamorphisme s'est produit, peu avant le début de l'inversion structurale à l'origine des Pyrénées. De plus le calcaire qui est sensé s'être déposé sur la lherzolite (pour former de l'ophicalcite) pendant l'exhumation est en fait plus récent (fin du Crétacé).

Ce modèle s'appliquerait mieux aux massifs de lherzolite de l'ouest des Pyrénées, tel celui d'Urdach.

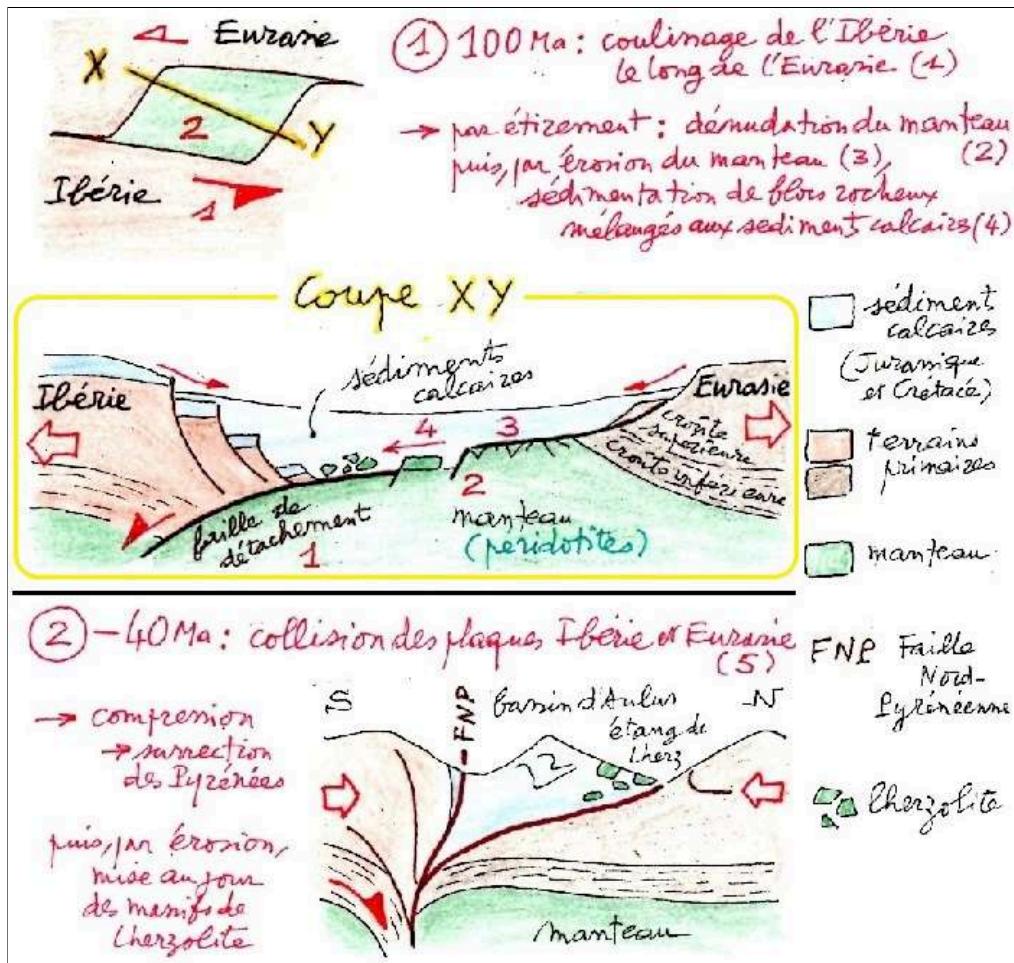


Figure 9. Schématisation du modèle expliquant la mise en place du massif de l'étang de Lherz par dénudation (ou exhumation).

[Haut de page](#)

*

3. Pourquoi le "Mont chauve" est-il chauve ?

La **structure de la lherzolite à l'échelle atomique** fournit en grande partie la réponse à cette question.
Elle est résumée schématiquement dans la planche ci-dessous (figure 10), où elle est comparée à celle du feldspath.

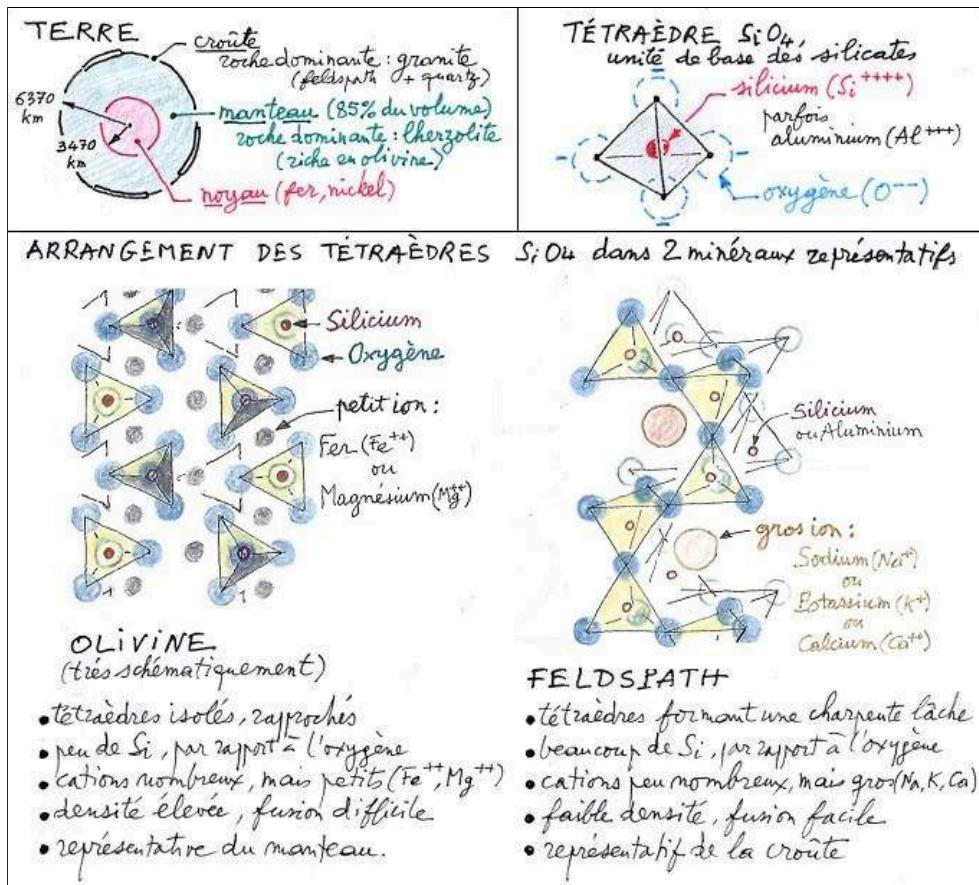


Figure 10. Planche rappelant la **structure de la terre** et schématisant la **structure de l'olivine**, comparée à celle du feldspath.

(Voir aussi :

- des schémas moins simplifiés dans un montage ([cliquer ici](#)) : y figurent en haut deux schémas tirés de Wikipédia, en bas un schéma tiré du site de Sébastien Merkel ;

- des images tridimensionnelle de la structure de l'olivine, qu'on peut faire tourner à sa guise dans deux sites :

* l'un de Sébastien Merkel : [cliquer ici](#) ;

* l'autre, Webmineral.com : [cliquer ici](#).

Dans la **structure du feldspath** chaque tétraèdre partage un atome d'oxygène avec les tétraèdres voisins (c'est un "tectosilicate" ; **figure 10**), ce qui limite la mobilité des uns par rapport aux autres et implique qu'ils forment une charpente aérée. D'où la faible densité de ce minéral et le fait que de **grosses cations**, peu nombreux, de **sodium, potassium ou calcium**, y trouvent suffisamment de place (des sites où ils sont en contact avec 7 ou 9 oxygènes) pour venir équilibrer les liaisons chimiques laissées libres dans les quelques tétraèdres où l'aluminium (3 valences positives) remplace le silicium (4 valences) (**note 9**).

Quand la lherzolite (voir plus haut sa structure minéralogique) du manteau supérieur (lithosphérique) subit une **fusion partielle**, par décompression sous les dorsales océaniques ou favorisée par hydratation dans les zones de subduction, c'est le feldspath surtout, avec une partie des pyroxènes (le diopside), qui passe dans le liquide de fusion, c'est-à-dire le magma de composition basaltique dont la cristallisation en **basalte** va, plus haut, "fabriquer" de la croûte océanique. La subduction de celle-ci est à l'origine de l'élaboration de la croûte continentale (**note 1**). C'est ainsi que le feldspath est le plus représentatif des minéraux de celle-ci, avec le quartz, auquel il est associé dans le granite, et dont la structure est voisine, mais qui est dépourvu d'aluminium, donc de cations.

La **structure de l'olivine** est très différente (**figure 10**). Les tétraèdres y sont isolés les uns des autres (ils n'ont pas d'atomes d'oxygène communs, dits "pontants" : c'est un "inosilicate"), liés seulement par des cations. De ce fait ils peuvent se placer tête-bêche et se tasser les uns contre les autres (tassemement qui s'accroît d'ailleurs sous l'effet des hautes pressions et de la température qui règnent dans les profondeurs du manteau (**note 12**)). D'où la forte densité du minéral (3,2 à 3,6), et le fait que seuls de **petits cations**, comme le **fer** et le **magnésium**, peuvent se loger dans les interstices (des sites octaèdriques, c'est-à-dire des polyèdres à 6 sommets, des oxygènes, et 8 faces), où ils sont d'ailleurs nombreux, et lier ainsi les tétraèdres (**note 9**).

La structure des **pyroxènes** peut être considérée comme intermédiaire entre les deux.

La lherzolite, riche en olivine, est donc pauvre en gros cations (sodium, potassium et calcium). Or ces cations sont indispensables au fonctionnement des cellules vivantes, animales et végétales : par exemple ce sont leurs flux à travers la membrane des cellules qui commandent la contraction des muscles (du myocarde en particulier, où ils sont aussi à la base de l'électrocardiogramme) et la conduction des influx dans les neurones (**note 2**).

D'où la pauvreté de la végétation sur les massifs de lherzolite, et le nom de "Mont Chauve" qu'ils portent souvent ("Bald [ou Bare] Mountain" dans les pays de langue anglaise) et qui se retrouve dans la toponymie : "Moncaup" donc, "Moncaut" (Moun Caou : mont chaud), l'"Escourgeat" (l'écorché).

Cette pauvreté de la végétation se retrouve d'ailleurs dans les **massifs de serpentinite**, ce qui n'est pas étonnant puisque cette roche est le résultat d'une altération par l'eau de l'olivine contenue dans la lherzolite ou les roches voisines (**note 8**).

Cependant cette règle n'est pas absolue. Certaines variétés de pins, en particulier (comme le pin des Caraïbes), peu exigeantes en sels minéraux et préadaptées de longue date, peuvent pousser sur ces sols (**note 7**)

Un géologue et géologue signale à l'auteur du site que les vastes massifs de péridotites (lherzolites ou roches voisines, telle la harzburgite, roches dites ultra-mafiques, c'est-à-dire contenant des minéraux riches en fer et magnésium) qui occupent à peu près la moitié du territoire de la Nouvelle-

Calédonie et font la richesse du pays, sont porteurs d'une **végétation luxuriante** très riche (2000 espèces environ).

Mais ceci n'est que **partiellement contradictoire** avec la notion d'hostilité de ces sols à la vie végétale.

Il s'agit en effet d'une **végétation très particulière** : toutes ces espèces sont des espèces endémiques et préhistoriques, qui sont adaptées à ces sols depuis très longtemps (depuis le Crétacé), et fragiles. Les autres espèces, plus modernes, n'ont pas eu le temps de s'y adapter. Un fois détruites par le feu ces forêts ne repoussent qu'avec une extrême lenteur, sauf si l'il s'agit de pins introduits à partir des Caraïbes et préadaptés. A noter que d'une façon générale une vie animale ou végétale a souvent fini par s'adapter à des milieux extrêmes par leur température ou leur composition chimique.

Sans doute y a-t-il eu aussi, dans un passé lointain, sur les massifs de lherzolite pyrénéens, une végétation plus riche qu'actuellement, et peut-être que ce sont **les hommes qui ont su profiter d'une faiblesse de la nature pour y entretenir un milieu ouvert**. Mais faute de cet entretien, seule une pinède y aurait repoussé péniblement, ou d'autres espèces également peu exigeantes en sels minéraux (sur ces sols on ne trouve pas, par exemple, de pousses de hêtres pourtant abondants dans les forêts immédiatement voisines), alors qu'ailleurs une reconquête par la végétation normale d'un milieu ouvert se fait aisément et rapidement.

L'action de l'homme, peut-on penser, s'ajoute donc à l'hostilité, d'origine minéralogique, de ces sols à la végétation (lui imposant une très longue adaptation par sélection naturelle), pour rendre "chauves" les massifs de lherzolite.

[Haut de page](#)

4. Il existe

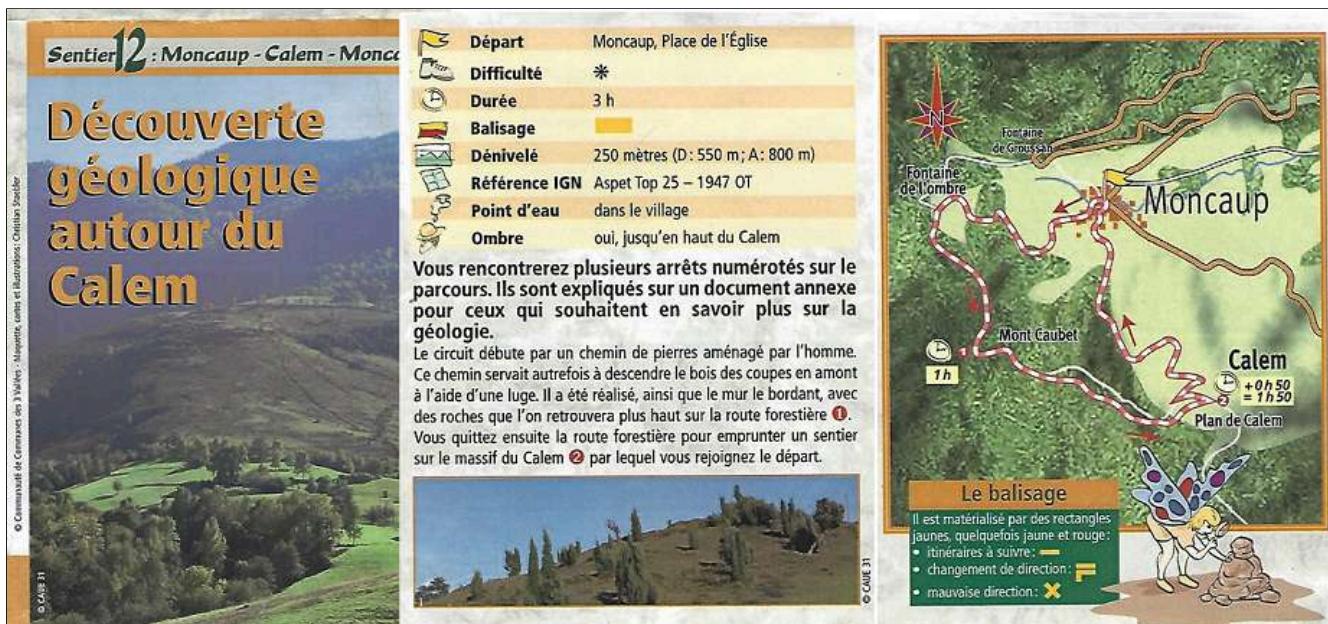


Il existe un sentier balisé, en circuit à partir de Moncaup

4. Un sentier permet la découverte géologique du Calem

Ce sentier, balisé, en circuit à partir du village de Moncaup, facile (durée 3 h, dénivelé 250 m) est susceptible d'intéresser tout randonneur, surtout s'il est un passionné de géologie.

À l'**Office de tourisme du Canton du canton d'Aspet**, à Aspet (31160 ; tel. 05 61 94 86 51, contact@opyrenees.fr), à la Maison des trois vallées, rue Arnaud Latour (face au restaurant des 3 vallées), on trouve un **dépliant (figure 12)** qui donne les informations nécessaires et suffisantes pour parcourir au mieux ce sentier, tout en fournissant un bon résumé de la géologie de ce "mont chauve" appelé Calem.



A première vue il n'y a pas de lien entre ce compositeur russe (**Modeste Moussorgski** : ci-contre) et la lherzolite. Pourtant il y en a bien un. Il a en effet composé l'œuvre symphonique "**Une nuit sur le Mont Chauve**", dont la version définitive est due à Rimsky-Korsakov.

([Cliquer ici](#) pour entendre un extrait du début de cette œuvre, dans la version pour piano, par Brigitte Engerer, disque harmonia mundi [45", 714 Ko].)

Or ce Mont Chauve n'est pas le fruit de son imagination. Il existe une colline de ce nom dans les environs de Moscou, bien connue des moscovites (il existe une autre version : Moussorgski aurait composé son œuvre après une promenade sur un "Mont Chauve" voisin de la ville de Kiev en Ukraine, appelé "Lysa Hora", réputé être un repaire de sorcières et lieu de culte sacré).

Elle est bien connue également des géologues, car il s'agit là aussi d'un **petit massif de lherzolite** : d'où son nom ([note 4](#)).



A VOIR AUSSI, POUR EN SAVOIR PLUS sur la lherzolite, les péridotites et les massifs de lherzolite en général, les SOURCES suivantes :

Sur le web :

- site **Planet-Terre** (*hébergé par l'Ecole Nationale Supérieure de Lyon*), page sur les **péridotites** (Comment présenter les péridotites ?) par Pierre Thomas, 2003 : <http://planet-terre.ens-lyon.fr> (rechercher : "péridotites")
- site du **Muséum d'Histoire Naturelle de Paris**, page Les lherzolites de l'étang de Lherz : <http://mnhn.fr/lherz/description.php> ;
- site **Géolval**, document pdf : Des roches venues des profondeurs, les lherzolites (*sur le massif du col d'Urdach dans les Pyrénées Atlantiques, entre la vallée d'Aspe et celle du Vert (Barétous), à 4,5 km à l'est d'Aramits ; 2011*) :
http://www.geolval.fr/images/geolval/sorties/2011/sortie02/sortie_02.pdf ;
- site **Géosciences Montpellier, université de Montpellier2** : Camille Clerc, Exhumation du manteau pyrénéen à l'Albien : de la tectonique à la sédimentation. Cartographie détaillée de la région de Lherz, Mémoire Master 2, 2008 : http://gm.univ-montp2.fr/spip/IMG/pdf/Memoire_M2_Camille_Clerc.pdf ;
- site de **Christian Nicollet**, page La lherzolite de l'Etang de Lers en Ariège (*photos intéressantes*) :
<http://christian.nicollet.free.fr/page/manteau/Lherz/lherzolite.html> ;
- articles mis en ligne (pdf) par l'Association des Géologues du Sud-ouest :
 - . de **Elie-Jean Debroas, Joseph Canérot et Michel Bilotte**, de l'université de Toulouse : Les Brèches d'Urdach, témoins de l'exhumation du manteau pyrénéen dans un escarpement de faille vraconnien-Cénomanien inférieur (zone nord-prénéenne, Pyrénées-Atlantiques, France, *paru dans la revue Géologie de la France*, n° 2 p. 53-64 :
<http://agso.brgm.fr/HTML/2010%20Debroas%20&%20al%20Géol%20France.pdf> ;
 - . de **Elie-Jean Debroas**, du laboratoire Géosciences-Environnement de l'Université de Toulouse : Les massifs de lherzolite des Pyrénées : 40 "monuments historiques du Patrimoine géologique mondial à mettre en valeur et à protéger", *paru dans le Bulletin d'information Les Amis de Moncaut*, n°6, "Spécial géologie" (**note 5**) : <http://agso.brgm.fr/HTML/Debroas%202011.pdf> (très intéressant) ;
- articles en anglais (mais dont les illustrations sont à elles seules instructives) :
 - . en pdf, de **Yves Lagabrielle et Jean-Louis Bodinier** : Submarine reworking of exhumed subcontinental mantle rocks : field evidence from the lherz peridotites, French Pyrénées, *Geosciences Montpellier, université de Montpellier2 et CNRS Cc60*, *paru dans la revue Terra Nova*, 20, 1 (2008) 11-21 : http://www.gm.univ-montp2.fr/IMG/pdf/Lagabrielle_Bodinier2008.pdf ;
 - . de **Yves Lagabrielle, Pierre Labaume et Michel de Saint-Blanquat**, de l'université de Montpellier2 : Mantle exhumation, crustal denudation, and gravity tectonics during Cretaceous rifting in the Pyrenean realm (SW Europe) : Insights from the geological setting of the lherzolite bodies *paru dans la revue Tectonics, volume 29, issue 4, 2010* :
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009TC002588/full> (il y est question du massif de Moncaup).

Bibliographie :

- **Joseph Canérot** : Les Pyrénées, volume 1 : histoire géologique et volume 2 : Itinéraires de découverte, *Atlantica/BRGM éditions*, 2008 (*au sujet des lherzolites voir surtout les p. 247-255*) ;
- **Patrick Cordier et Hugues Leroux** : Ce que disent les minéraux, *éditions Belin et Pour la science*, 2008 ;
- **Débroas Elie-Jean et Azambre Bernard** : Des brèches aux lherzolites. La mise en place des lherzolites dans les fossés du flysch noir albo-cénomanien de la Ballongue et d'Aulus (zone nord-pyrénéenne, Ariège), *topo-guide pour une excursion des 9 et 10 juin 2012 organisée par l'Association des Géologues du Sud-Ouest (très complet)* ;
- **Maurice Mattauer** : Monts et Merveilles, Beautés et richesses de la géologie, *Hermann*, 1989 ;
- **François Michel** : Le tour de France d'un géologue. Nos paysages ont une histoire, *Delachaux et Niestlé, BRGM éditions*, 2008 (*voir notamment la page 353, sur la lherzolite*) ;
- **Michel Jaffrezo** (coordinateur) : *Pyrénées orientales Corbières*, Masson (*Guides géologiques régionaux*), 1977 (*au sujet des massifs de lherzolite voir principalement les p. 24-25, 27 [carte] et 51-52*).

[Page GEOLOGIE](#)
[Page d'accueil](#)

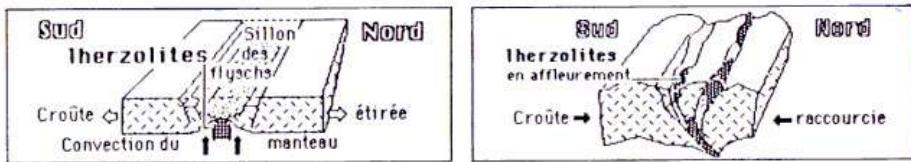
[Haut de page](#)

NOTES :

- 1.** La fusion partielle de la lherzolite **produit donc le basalte** : en effet les pyroxènes (notamment le diopside) et le minéral alumineux (notamment le plagioclase) passent dans le liquide de fusion, de composition basaltique. Reste la **harzburgite**, péridotide qui est donc appauvrie en ces minéraux, et incapable, elle, de donner du basalte.
La **lherzolite est donc la roche mère, représentative du manteau primatif**.
Cependant, à force de produire du basalte, le manteau (par ailleurs malaxé par la convection) s'est depuis longtemps enrichi en harzburgite. Or, au contact de la harzburgite, certains magmas basaltiques pourraient rendre à celle-ci du diopside et du minéral alumineux, et reconstituer ainsi de la lherzolite. Les massifs de lherzolite étaient donc peut-être initialement, lors de leur mise en place, des massifs de harzburgite, mais reconvertis ultérieurement en lherzolite, comme le suggèrent certains détails de leur texture.
- 2.** Les roches de la famille des péridotites (à laquelle appartient la lherzolite) sont dites "**ultrabasiques**" (ou plus rarement "ultramafiques"), le mot basique désignant des roches magmatiques relativement pauvres en silice SiO₂ (moins de 50% en poids : les tétraèdres de Si comptent pour moins de la moitié dans leur poids, et il n'y a pas de cristaux de quartz), mais riches en ions de magnésium et de fer. Elles s'opposent aux roches dites "acides" qui sont riches en silice (et peuvent contenir des cristaux de quartz) mais pauvres en ions ferromagnésiens (comme par exemple le granite).
On les range dans les roches magmatiques bien qu'elles ne résultent pas du refroidissement d'un magma ; elles s'apparentent plutôt aux roches métamorphiques.

(pour en savoir plus on peut consulter dans le site Planet-Terre de l'Ecole Normale Supérieure de Lyon [une page](#) consacrée aux péridotites)

3. Dans le livre de Raymond Mirouse (de l'université de Toulouse) "Découverte des Pyrénées occidentales", éditions du BRGM et Elf aquitaine, 1988, la mise en place des massifs de lherzolite est déjà bien expliquée par le schéma suivant



4. Il s'agit peut-être de lherzolite appartenant non exactement à un massif identique à ceux qu'on trouve dans les Pyrénées, mais à une "ophiolite", c'est-à-dire à un morceau d'écorce océanique égaré sur un continent sous l'effet d'une poussée tectonique.

Dans son livre "Les montagnes sous la mer" (BRGM, 1990), Adolphe Nicolas écrit (p. 111) au sujet des massifs de péridotite en général: "Mont Chauve mis en musique par Moussorgski, Bald Mountain ou Red Mountain, sur les cartes des pays de langue anglaise, Kizil Dag ou Djebel Aswad (montagne rousse ou noire) en turc ou en arabe, ces vocables peu encourageants annoncent aux voyageurs les massifs de péridotites. On lie la dénudation de ces montagnes, aux teintes noirâtres ou rougeâtres, à un chimisme particulièrement pauvre, dominé par le magnésium, le silicium et le fer. Austères, souvent sinistres, les massifs de péridotites n'attirent guère plus les géologues que les foules. Et pourtant sous la monotonie des paysages et l'uniformité brunâtre des affleurements se dissimulent les secrets du manteau terrestre !".

5. **Moncaut** (avec un t ; l'étymologie est un peu différente : moun caou = mont chaud) est le nom d'un autre "mont chauve", un pic (782 m) qui est lui aussi un petit massif de lherzolite (*figure ci-dessous*) menacé par une carrière (d'où l'intérêt des "Amis de Moncaut" pour ces massifs), dans les Pyrénées-Atlantiques, situé dans la commune de Louvie-Juzon, environ 10 km à l'E - SE de cette petite ville, entre la vallée d'Ossau et la vallée de l'Ouzom (on y va par Pé de Hourat), donc pas très éloigné de celui du col d'Urdach ([cliquer ici](#)).



6. A noter qu'il existe, dans les Baronnies, tout près de la partie basse de la **vallée d'Aure**, à **Avezac** (à 4 km à l'W-SW de La Barthe-de-Neste) un petit massif de lherzolite associée à du calcaire jurassique : c'est la petite butte qui porte la tour d'Avezac (*photo ci-dessous, associée à une coupe géologique*), bien visible de la route D17. Il en existe d'ailleurs un autre, 3 km plus à l'ouest, à **Espèchère**.



En haut : photo du village d'Avezac, avec sa tour, à gauche, vestige d'une ancienne place forte fo

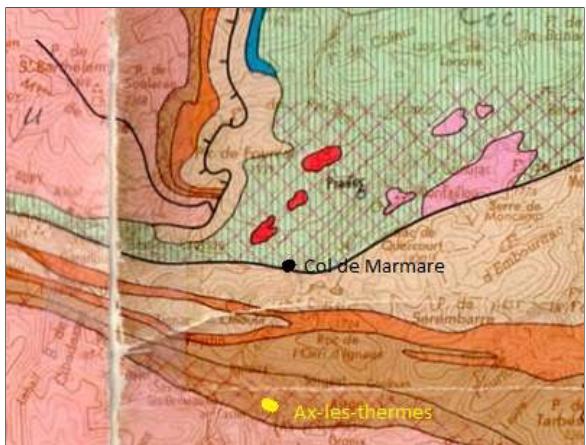
rtifiée du XIIe siècle, portée par un piton rocheux constitué en partie de lherzolite ;

A mi-hauteur : coupe géologique de la région d'Avezac ;

En bas : photos, de la lherzolite à gauche, du flysch noir à droite.

- 7.** Dans son article sur les massifs de lherzolites des Pyrénées paru en 2011 dans un numéro spécial du Bulletin d'information de l'association "Les Amis de Moncaut" et édité sur le web en document pdf (voir la rubrique "VOIR AUSSI" ci-dessus, en bas de page), Elie-Jean Debros a inséré à la page 23 la photo d'un massif de lherzolite, présenté comme étant "**Une exception qui confirme la règle**", celui du **pic de Géral** (1775 m.), au nord d'Ax-les-thermes (2 km au nord du col de Marmare), qui "**masqué par sa pinède, domine les pelouses environnantes**". Il en existe d'autres dans les Pyrénées.

Pourquoi cette exception ? Peut-être parce que la pinède qui coiffe le sommet s'est adaptée à la pauvreté du sol au cours de millions d'années d'évolution, puis n'a jamais été défrichée.



Extrait de la carte au 1/250000 de la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine.

Au centre, en rouge, 3 petits massifs de lherzolite ; celui du pic de Géral est le plus petit, entre les deux autres : celui du Bois de la Pinouse au nord-est, et celui du Bois de Fajou au sud-ouest

Leur situation est typique des massifs de l'herzolite pyrénéen. Ils se situent dans une zone, en vert sur la carte,, où le calcaire date du Crétacé inférieur. Le quadrillage indique que ce calcaire est métamorphisé (transformé en marbre) sous haute température et basse pression, et fait partie de la "zone interne métamorphique" juste au nord de la faille nord-pyrénéenne, tout le long des Pyrénées orientales et centrales.

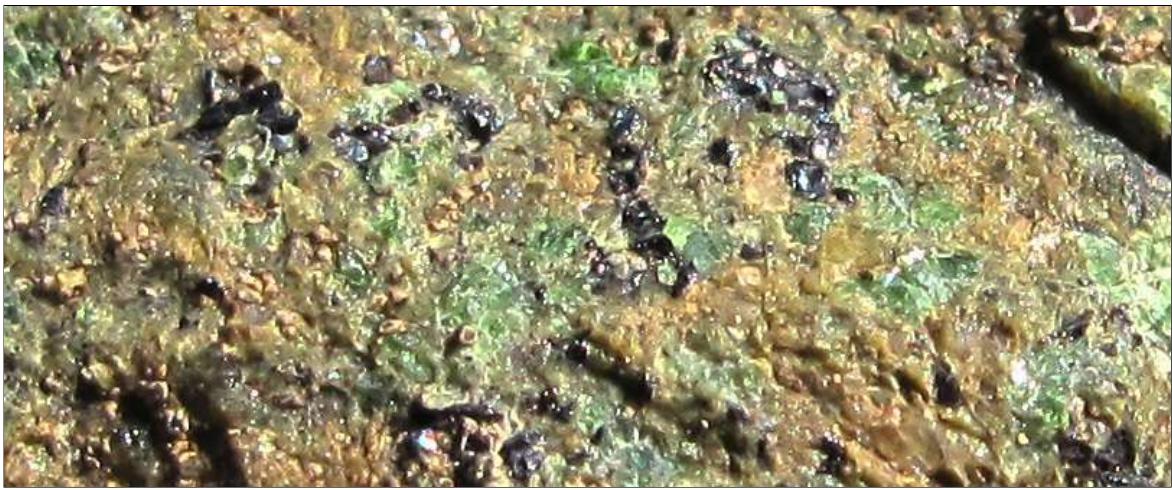
Cette faille est figurée sur la carte par un trait noir gras qui passe par le col de Marmare. Elle sépare la zone nord-pyrénenne de la zone axiale paléozoïque au sud.

En haut à gauche, *en rose*, le massif métamorphique de St-Barthélémy.

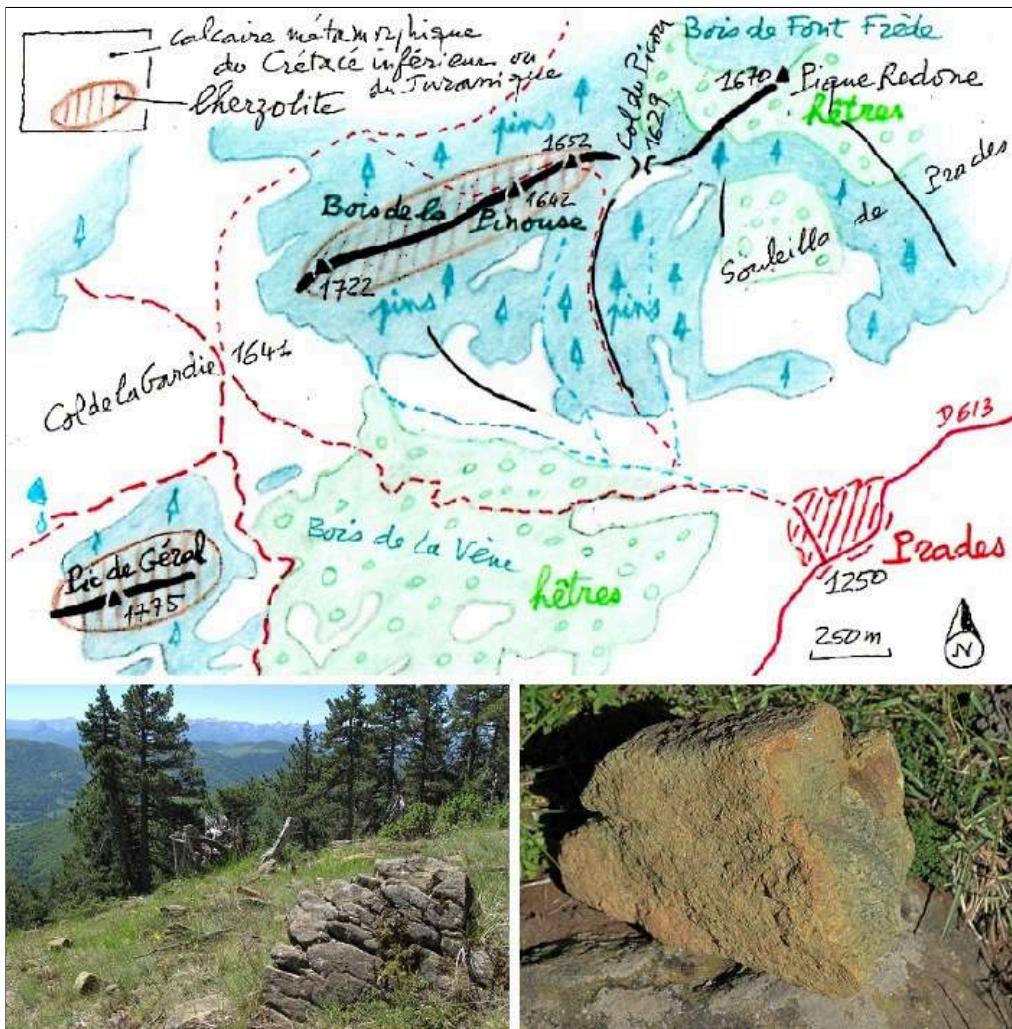


Images du pic de Géral :

- en haut : vue générale vers le sud-est ; au milieu, le pic et la pinède qui le recouvre en partie ; à droite : le rocher de Scaramus ; au fond les Pyrénées ;
- au milieu : carte situant approximativement la partie du pic constituée par de la lherzolite, encaissée dans du calcaire du Crétacé inférieur métamorphisé à haute température ; photo du sommet (il n'y avait le 15 mai 2014 aucune fleur alors qu'elles étaient abondantes sous les pins de la base calcaire) ;
- en bas : à gauche, aspect crevassé de la lherzolite ; à droite, un bloc de lherzolite vu de près, avec sa face superficielle dont la couleur rougeâtre résulte d'une altération.



Macrophotographie de la roche du pic de Géral : comme dans la figure 6 on y voit des grains d'olivine abondants (plus oranges que jaunes), des grains de clinopyroxène verts, et d'orthopyroxène (marron foncé) et de spinelle (noir).



Le Bois de la Pinouse est le petit massif de lherzolite qui se situe au nord-est du pic de Géral (carte). C'est la moitié W d'une longue crête orientée SW-NE. Son sommet est constitué par de la lherzolite (les deux photos), comme le pic de Géral, et elle est quand même couverte comme lui par une forêt de pins. La moitié E, par contre, est constituée par du calcaire métamorphique (on est là dans la "zone interne métamorphique"). Dans la forêt qui la recouvre les hêtres se mêlent aux pins (ce qui se voit même sur des vues aériennes). Il semble donc que si un sol lherzolitique tolère parfois une forêt de pins, ce n'est peut-être pas le cas pour une forêt de hêtres.

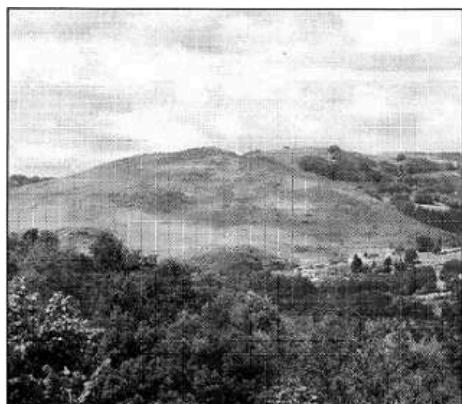
8. Il existe dans le nord-ouest de l'Aveyron, juste au nord-ouest de la petite ville de Firmi, dans le bassin houiller de Décazeville (à 6 km au sud-est de cette ville) un "mont chauve", appelé **PUY DE WOLF**.

C'est un **MASSIF DE SERPENTINITE** (et non un terril, ou un volcan...), le plus grand d'Europe (135 hectares, entre 240 et 425 m. d'altitude). La serpentinite est une roche le plus souvent verte (mais rougeâtre en surface par altération) ayant un aspect variable, ressemblant parfois à des écailles de serpent (d'où le nom), et constituée d'un minéral prédominant (plus de 70%), la serpentinite (la roche est couramment appelée aussi serpentinite, mais son vrai nom, peu usité, est serpentinite)

La serpentinite résulte de l'**altération par l'eau des minéraux des péridotites** (par exemple la lherzolite), l'olivine, le principal, et le pyroxène. Sa structure est différente de celle de l'olivine : structure en feuillets empilés (c'est un phyllosilicate), associés à des molécules d'eau (**note 11**). En fait il en existe trois structures différentes, dont une fibreuse. Mais la composition chimique est voisine de celle des péridotites : notamment richesse en petits cations (magnésium surtout, et fer), pauvre en gros cations (principalement en calcium). D'où, comme sur les massifs de lherzolite, un sol (d'ailleurs peu épais) hostile à la végétation sur les massifs de serpentinite, d'autant plus que s'ajoute la présence (outre celle de magnétite) de métaux lourds toxiques, comme le plomb, le nickel, le chrome, l'arsenic, etc...

Ce massif de serpentinite serait une partie de croûte océanique (avec du manteau sous-jacent, donc des péridotites, mais serpentinisées au contact de l'eau) qui, lors de la fermeture de l'océan qui séparait deux continents (Armorica et Gondwana), au lieu de continuer à s'enfoncer dans le manteau (subduction), serait remontée car prise en sandwich lors de l'affrontement des deux continents responsables de l'édition de la chaîne hercynienne il y a 400 millions d'années (on parle d'"ophiolite" quand une croûte océanique s'égare sur une lithosphère continentale). Incorporée, dans cette chaîne, à une unité chevauchante du nord vers le sud, et métamorphisée par la compression, elle aurait été isolée par l'érosion dans des terrains différents (on parle de "klippe", dite de la Bessenoits, qui est un petit village au nord), érosion, qui aurait de plus fait disparaître sa partie supérieure basaltique.

A noter qu'il existe, environ 50 km au sud-ouest, à l'est de Najac, un autre massif de serpentinite plus petit. Ces massifs de serpentinite sont rares. Il en existe, tout aussi "chauves" (comme les massifs de lherzolite des Pyrénées), entre autres lieux, - un dans le nord de l'Ardèche : le "Suc de Clava" ;
- un autre en Italie, dans la plaine du Pô, au sud-est d'Ivrea, connu sous le nom de "Mont Pelé" ;
- plusieurs au Japon, où ces montagnes de serpentinite sont appelées "Bozu-yama" (bozu, moine bouddhiste à tête chauve, et yama, montagne).



Le Puy de Wolf, gros massif de serpentinite, dénudé, culmine à 596 mètres, au nord-est de Firmi.



La serpentinite du Puy de Wolf

< le Puy de Wolf

- en haut, à gauche : photo du Puy de Wolf, vu du sud, extraite d'un article de la revue SAGA information, n° 229, septembre 2003, qui est la revue de l'association Société Amicale des Géologues Amateurs, article intitulé Aperçu géologique du nord-ouest de l'Aveyron, signé Suzanne Davril de Lalonde, et consultable sur internet ([cliquer ici](#) pour ouvrir le document pdf).

Comme on le voit "C'est une énorme protubérance rocheuse, aux flancs arides recouverts de maigres landes et de quelques broussailles. Malgré ces conditions difficiles il y pousse une flore rare, spécifique des milieux rocheux à serpentinite, d'espèces rares et protégées, qui fait le bonheur des botanistes" (document cité). Donc végétation pas totalement absente mais maigre, rabougrie, vert glauque, avec certaines espèces végétales rares, voire absentes ailleurs, s'étant de longue date adaptées à ces conditions difficiles.

- en haut, à droite : le magnifique bassin du cloître de l'abbaye de Conques (qui est 9 km au nord-est), assemblage de blocs de serpentinite provenant du Puy de Wolf, taillés et sculptés par les moines à la fin du XIe siècle (voir ci-dessous un montage de photos).

Les serpentinites sont majoritairement constituées de serpentinite mais contiennent souvent d'autres phyllosilicates hydratés, notamment du talc : elles sont alors tendres (et douces au toucher) donc faciles à travailler (même avec des outils utilisés pour le bois) et résistantes au feu. On parle de pierres "ollaires" (du latin *olla*, pot) parce que faciles à évider : les romains en faisaient des pots, des marmites, des vases ou des poêles (note 14).

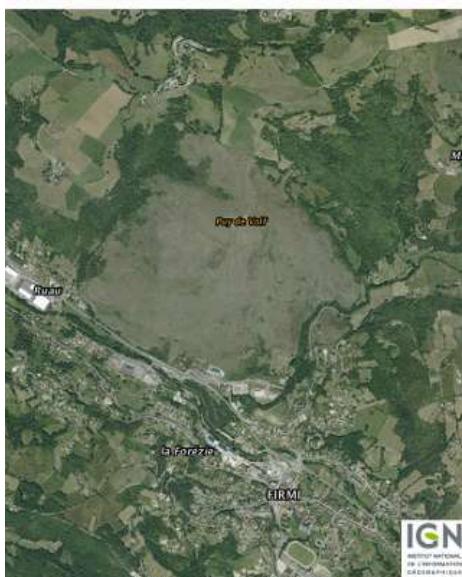
- en bas à gauche : vue aérienne extraite de Géoportail, où l'aridité du Puy de Wolf tranche sur les forêts ou les prairies environnantes.

- en bas à droite : extrait de la carte géologique au 1/50000 du BRGM Decazeville

Au milieu, le long d'une faille, la tache verte représente la serpentinite du Puy de Wolf (sur les cartes géologiques le symbole grec lambda majuscule = serpentinite, ou périclites serpentiniées), située entre :

* dans la partie inférieure gauche de l'image, les terrains houillers, figurés en marron, datant du Stéphanien, dernier étage de la période carbonifère, vers la fin de l'ère primaire (-290 à -280 Ma).

* et dans sa partie supérieure droite les roches métamorphiques primaires (gneiss et migmatites) du socle hercynien.



PHOTOS du Puy de Wolf, mettant en évidence le **contraste des végétations**, entre celle, pauvre (sans arbre) et brunâtre (photos prises au début du printemps, le 1er avril 2014), ou tout aussi pauvre mais verdie par le printemps (photos prises au début de l'été, le 24 juin 2015) du massif de serpentinite, dominant Firmi, et celle, normalement verdoyante, des terrains environnants :



La pauvreté de sa végétation fait qu'on repère le Puy de Wolf de loin dans le paysage, ici, à droite, sur une photo prise vers le nord-nord-ouest depuis la région de Goutrens, à près de 15 km.



Le Puy de Wolf dans son écrin de verdure, au-dessus de Firmi (photo prise le 24 juin 2015).



Le Puy de Wolf, vu de Firmi, l'hiver ou au début du printemps : la photo a été prise le 1er avril 2014.



Vu de la vallée, le Puy de Wolf, dont la maigre couverture végétale contraste au début du printemps avec la verdure du premier plan.



Même contraste avec un pré qui s'étend à sa base.



Photo prise le 24 juin 2015 des abords du sommet. A droite, un bloc de serpentinite. En haut la petite ville de Firmi étalée au pied du Puy de Wolf. A gauche, l'ancienne carrière de serpentinite (photo ci-dessous) dans un prolongement du massif vers l'est, au bord de la route D502.



Ancienne carrière de serpentinite, au pied du massif : probablement celle d'où ont été extraits les blocs de serpentinite qui, taillés et sculptés, ont constitué, assemblés, le bassin (restauré en 1973) de l'ancien cloître de Conques (voir la planche ci-dessus et le montage ci-dessous). Le matériau extrait a aussi servi à la construction de maisons ou à l'empierrement de routes dans la région..



A gauche : bassin de l'ancien cloître, au pied de l'abbatiale de Conques ;

A droite : - en haut : vue de la margelle du bassin (avec notamment, entre les chapiteaux finement ciselés des colonnettes, des sculptures représentant des masques, des personnages et des animaux) ;

- au milieu : vue du bassin au milieu de l'ancien cloître, dont il reste le côté ouest, au fond, et une petite partie du côté est, au premier plan ;

- en bas : l'un des chapiteaux, à droite, de ce côté est du cloître, probablement taillé dans un bloc de serpentinite.



La serpentinite peut se présenter sous différents aspects correspondant à trois textures différentes, dont une fibreuse.

Aspect ici très crevassé et stratifié d'une petite falaise de serpentinite, sous le sommet du Puy (de l'herbe a poussé à son pied : photo prise le 24 juin 2015).



Bloc de serpentinite (dimension : environ 50 cm) au sommet du Puy de Wolf. La cassure est franchement verte mais la surface est jaune du fait de son altération par oxydation de l'olivine (minéral principal de la serpentinite, comme de la lherzolite dont elle dérive par hydration).



Autre bloc de serpentinite, faite de serpentine fibreuse (dimension : environ 8 cm), dont la surface est luisante et évoque la peau de serpent..

***Noccea caerulescens* subsp. *firmaensis* (F.K.Mey.) B.Bock**
Tabouret de Firmi



© Photoflora – Benoit BOCK

A gauche : une fleur emblématique du Puy de Wolf , le "Tabouret de Firmi" (en latin *Noccea caerulescens* subsp.*firmaensis*, sous-espèce du Tabouret alpestre ; c'est une Crucifère, ou Brassicacée). En raison d'une particularité génétique elle fait partie des plantes capables d'absorber par leurs racines, et d'accumuler dans leurs feuilles, des métaux lourds tels que le zinc, le cadmium et le plomb. On la trouve rarement ailleurs, sur des sols riches en ces métaux (qu'elles peuvent ainsi dépolluer), mais elle est assez spécifique des massifs de serpentinite, en particulier du Puy de Wolf. Ce serait une relique de l'époque pré et post- glaciaire

A droite : la "Doradille de Maranta" (en latin : *Paragymnopteris marantae*), fougère assez commune qui s'est elle aussi adaptée à la serpentinite.

(photo dont l'auteur est Benoit Bock ; elle fait partie des nombreuses photos de fleurs visibles dans le site photoflora.free.fr ; l'auteur du présent site remercie M. Bock pour l'avoir autorisé à y insérer cette photo)



D'autres photos du Tabouret de Firmi prises à des époques différentes sur le puy de Wolf: l'une, à gauche, le 21 mai 2016 ; une autre, au milieu, prise à une époque où les fruits sont bien développés ; une troisième, à droite, le 24 juin 2015, époque à laquelle les fruits ont séché, et les fleurs disparu.



Pour EN SAVOIR PLUS sur ce massif de serpentinite de Firmi, voir :

- le petit livre (par l'épaisseur) "La valse des continents", par Patrick De Wever et Francis Duranthon, EDP sciences, 2015, 90 pages, 12 euros : voir les pages 69 et 70 (Roches du manteau et végétation) ; excellent livre sur la Tectonique des plaques, très bien illustré, facile à assimiler.

- les pages du [site web de Natura 2000 consacré au puy de Wolf](#), notamment la page d'accueil pour accéder à 5 fiches reproduisant une belle **exposition** apportant d'intéressantes informations sur la géologie et la botanique, avec en particulier des **photos de fleurs** (dont certaines ne poussent que sur les rares massifs de serpentinite, notamment une, endémique donc, qui s'appelle "Tabouret de Firmi" : voir une photo ci-dessus) ; y voir aussi les pages de la rubrique "Découvrir le puy de Wolf";

- dans le [site Planet-Terre - Ecole normale supérieure de Lyon](#), 2 articles de Pierre Thomas, du laboratoire de géologie :

- * [Carrière de serpentinite à Chatillon, Val d'Aoste, Italie](#) ;
- * [Sculptures et objets en serpentinite et en pierre ollaire](#) ;

9. Le feldspath appelé orthose contient de ce fait (oxygènes pontants) 4 tétraèdres (dont 3 avec Si et 1 avec Al) pour 1 cation (K) : le pourcentage de Si est supérieur à 50 %, on parle de minéral "**acide**". Dans la variété d'olivine appelée forstérite (où ce sont les cations qui sont pontants) il y a 1 tétraèdre (avec Si) pour 2 cations (K) : le pourcentage de Si est inférieur à 50 %, on parle de minéral "**basique**" (ou même ultra-basique), et comme les péridotites (dont la lherzolite) sont riches en olivine ces roches sont dites basiques.

10. Il n'y a pas "une" olivine, mais une **série continue de variétés d'olivine intermédiaires** entre un pôle ferreux (la fayalite : Fe₂SiO₄) et un pôle magnésien (la forstérite : Mg₂SiO₄) ; l'olivine "usuelle" contient 10% de fayalite et 90% de forstérite.

11. Les **réactions de serpentinitisation** (à relativement haute température) sont les suivantes:

- celle où intervient le fer (qui est présent dans certains silicates de la croûte continentale, comme la péridotite ou la sidérite) et dans laquelle le fer ferreux Fe⁺⁺ se transforme en fer ferrique Fe⁺⁺⁺ : 2FeO + H₂O → Fe₃O₄ + H₂ (cette réaction produit donc, sans dégager du CO₂, de l'hydrogène appelé "hydrogène orange", qui pourrait être dans l'avenir une source d'énergie ; une réaction analogue (3FeCO₃ + H₂O → Fe₃O₄ + 3CO₂ + H₂) produit aussi de l'hydrogène mais en produisant aussi du CO₂ (voir dans la revue Pour la Science, n° 456, Octobre 2015, l'article "De l'hydrogène naturel sous nos pieds", de Alain Prinzhofer et Eric Deville⁹).

- $2 \text{Mg}_2\text{SiO}_4$ (forstérite, pôle magnésien de l'olivine usuelle) + 3 H₂O → Mg₃Si₂O₅(OH)₄ (**serpentinite**) + Mg(OH)₂ (brucite),
- et 3 Fe₂SiO₄ (fayalite, pôle ferreux de l'olivine) + 2H₂O → 2Fe₃O₄ (magnétite) + 3 SiO₂ + 2H₂ (di-hydrogène = hydrogène naturel).

A noter que :

- en présence de CO₂ peut se produire la réaction (catalysée par la magnétite) CO₂ + 4H₂ (di-hydrogène) → CH₄ (méthane) + 2 H₂O, donc production de **méthane** (susceptible de brûler à l'air libre) suggérant que la serpentinitisation pourrait avoir été source de molécules intervenant aux premiers stades du développement de la vie sur terre (voir un article de Pierre Thomas dans le site Planet-Terre - Ecole normale supérieure de Lyon : [Méthane abiotique enflammé et serpentinite du site de La Cimère, Cirali, Turquie](#)).

13. Il existe, à la pointe sud de l'île d'Hawaï (USA), dans une petite crique creusée dans du basalte résultant d'une éruption qui remonte à -40000 ans, une **plage verte** (vert olive).

Cette couleur tient au fait que le "sable" en est constitué non par des grains de quartz, comme celui des plages ordinaires, mais par des **cristaux d'olivine**. Les vagues ont érodé le basalte et ont ainsi libéré les cristaux d'olivine, plus résistants, constitutifs principaux des enclaves de ce basalte.



14. D'une façon générale la serpentinite est un matériau aisément sculptable, avec un bon poli et un fini luisant agréable à l'œil. Depuis longtemps il est utilisé dans la fabrication de divers objets, et dans la décoration ou l'architecture.

Par exemple il a été utilisé pour la décoration de la tribune de l'Assemblée Générale des Nations-Unies (*photo ci-contre, à droite*), ou pour celle d'édifices religieux à Florence (on l'appelle alors "marbre vert").

On l'utilise également en tant que socle, ou piédestal (en raison de son esthétique mais aussi, sans doute, de son poids) de petites sculptures, telles que celles (*photos ci-contre* :

- à gauche : un buste d'Hector Berlioz ;
- au milieu : une tête d'enfant sculptée par Bourdelle (musée d'Ingres-Bourdelle, de Montauban).



15. Dans le manteau terrestre une des phases minérales (fonctions de la pression) des olivines et des périclites, la **bridgmanite**, est majoritaire (environ 70 ou 80%) dans le manteau inférieur qui représente 55% du volume de la Terre (65% du volume de la Terre cristallisée). Elle occupe donc plus de 40% du volume de la Terre et constitue le minéral le plus abondant sur la Terre (source : dans le site web de Planet-Terre et ENS de Lyon, article de Olivier Dequincey et Pierre Thomas : *Le minéral le plus abondant sur Terre a enfin un nom officiel : la bridgmanite (ex "Mg SiO₃-perovskite")* (https://planet-terre.ens-lyon.fr/article/bridgmanite-mineralogie-manteau_xml))

[Haut de page](#)