

LES MASSIFS DE LHERZOLITE DES PYRENEES : 40 "MONUMENTS HISTORIQUES" DU PATRIMOINE GEOLOGIQUE MONDIAL A METTRE EN VALEUR ET A PROTEGER

Elie-Jean Debroas*

Les Amis de Moncaut

Bulletin d'information n°6

« Spécial géologie »

Août 2011



Au recto - La plus élevée des lherzolites pyrénéennes : le massif de Fontête rouge (1839 m, à l'est de Lherz, Ariège).

* Laboratoire Géosciences Environnement Toulouse, 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse,

elie-jean.debroas@get.obs-mip.fr

Cette présentation succincte de l'intérêt scientifique et patrimonial exceptionnel des lherzolites pyrénéennes est la version rédigée et illustrée d'un entretien avec Patrice Teisseire-Dufour reporter à Pyrénées Magazine qui a eu lieu lors de la préparation de son article «Lherzolite, la roche mystérieuse» (P M, n° 129). C'est dès la parution de cet article, fin Avril 2010, que Joëlle Braud, de l'association « Les Amis de Moncaut », m'a interrogé sur l'intérêt des lherzolites pyrénéennes en m'avertissant de la menace qui pesait depuis peu sur celle de Moncaut.

Je la dédie donc à eux deux en premier lieu, avec l'espoir que mes réponses à leurs nombreuses questions, les auront aidés à démystifier cette roche. Ensuite, naturellement, je la dédie également à tous les autres amis des lherzolites des Pyrénées et, en particulier, à ceux qui actuellement s'inquiètent pour l'avenir de celles de Moncaut.

Parmi ces derniers, je tiens enfin à exprimer toute ma gratitude à Bernard Azambre, Jean-Pierre Lorand et Pierre Monchoux qui ont toujours répondu à mes propres questions dans les meilleurs délais! Et spécialement, à Bernard et Jean-Pierre dont les suggestions, suite à leur lecture, m'ont aidé à préciser ce texte.

Sommaire

Résumé	6
1 - Localisation et caractères originaux des lherzolites	7
2 - Un intérêt géologique général exceptionnel	11
3 - Un intérêt géologique régional fondamental	12
4 - Un intérêt pédagogique majeur	15
5 - Un patrimoine géologique mondial à mettre en valeur et à protéger	16
6 - Quelques notes complémentaires pour en savoir un peu plus	17
7 - Quelques références bibliographiques pour en savoir encore plus...	21

Les photos de couverture et des 41 figures qui illustrent ce texte sont de l'auteur à l'exception de celles des figures 15 (extraite de Pierre Monchoux, 1970), 7 et 8 (obligeamment communiquées par Jean-Pierre Lorand), 32 et 33 (obligeamment communiquées par Joëlle Braud).

Merci à Christiane Cavaré-Hester du GET qui a redessiné les figures 16, 18 et 25.

Résumé

Dans les Pyrénées affleurent une quarantaine de massifs de lherzolite. Une roche de composition et de structure particulière qui a été découverte et définie dans les Pyrénées ariégeoises près de l'étang de Lherz (ou Lers). Depuis, grâce à la présence de cette roche, ce site et la chaîne pyrénéenne sont connus de tous les géologues qui viennent du monde entier pour la visiter. Cet intérêt général est d'autant plus grand que les lherzolites sont extrêmement rares à la surface des continents à la suite d'une mise en place originale et particulièrement complexe. Régionalement, cette mise en place correspond précisément à un épisode crucial dans l'édification des Pyrénées. Les lherzolites pyrénéennes sont donc régulièrement visitées par les géologues spécialistes, enseignants, étudiants et amateurs. De tels intérêts scientifique et pédagogique confèrent une valeur patrimoniale élevée à l'ensemble des massifs de lherzolite pyrénéens. Ils méritent donc des mesures de mise en valeur et de protection appropriées. Une protection qui est devenue particulièrement urgente au moment où l'un d'entre-eux est sérieusement menacé de disparition par un projet d'exploitation en carrière.

1 – Localisation et caractères originaux des lherzolites

Une quarantaine de massifs de lherzolite de taille décamétrique à kilométrique s'aligne tout au long du versant nord des Pyrénées entre l'Aude (sud de Salvezines) et le Pays basque espagnol (Ciga) via les massifs de Prades d'Aillon et de Lherz (Ariège), du Tuc Desse et de Moncaup-Arguenos (Haute-Garonne), du Moncaut, du Turon de Técoùère, du pic de Sarailié et du col d'Urdach (Pyrénées-Atlantiques) pour ne citer que les plus remarquables¹ (Fig. 1). La moitié d'entre eux se rencontre en Ariège où le plus élevé des massifs culmine à 1839 m d'altitude (Fontête rouge ; première de couverture) et où la concentration des plus petits est la plus forte (Vidcessous ; quatrième de couverture).

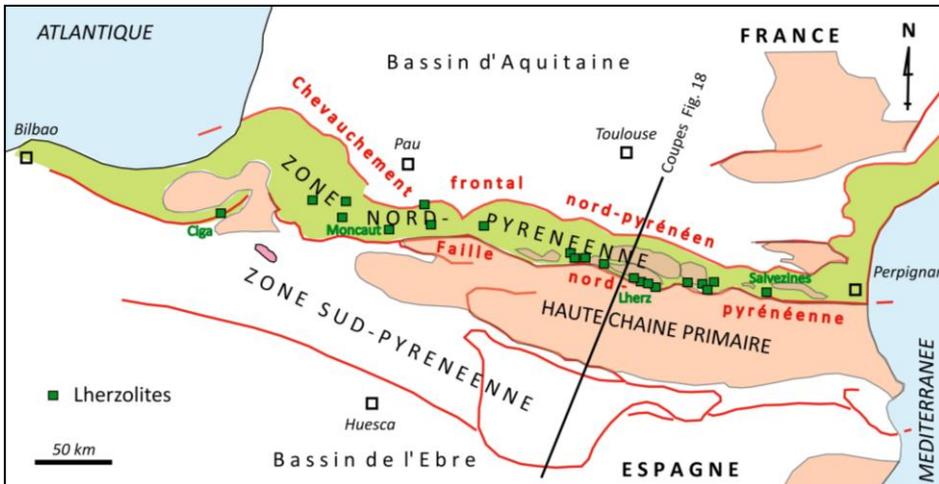


Fig. 1 – Localisation des massifs de lherzolite sur le versant nord des Pyrénées (en vert, la « zone nord-pyrénéenne ») et localisation des coupes de la fig. 18

Le plus célèbre de ces massifs est celui de **l'étang de Lherz**², entre Massat et Aulus-Bains, en Ariège. D'abord, parce que la lherzolite lui doit son nom depuis 1797³ pour avoir été signalée pour la première fois entre l'étang et le port de Lherz en Mai 1787⁴. Ensuite parce que ses conditions d'affleurement au sein des marbres blancs qui l'entourent, sont les plus spectaculaires. Il est également le mieux conservé, l'un des plus grands (1800x900m) et des plus faciles d'accès et il donc le plus étudié et le plus visité de la chaîne (Fig. 2 et 3). Ainsi aujourd'hui, il est devenu un « haut-lieu » de



Figure 2 - L'étang, le port de Lherz et la surface brune en relief de la lherzolite vus depuis le Mont Béas.



Figure 3 - Contraste entre les marbres blancs et la lherzolite brun-rougeâtre au sud de l'étang de Lherz.

la géologie pyrénéenne et mondiale dont la renommée dépasse le cadre des publications scientifiques et des guides géologiques ou naturalistes si bien qu'il n'y a pratiquement plus une présentation sur l'Ariège ou un guide de randonnée qui omette de signaler sa lherzolite⁵. Pour que l'intérêt géologique exceptionnel de ce site finisse par être porté à l'attention du grand public, il ne resterait donc plus qu'à baptiser les pistes de ski de fond locales du nom de ses roches (lherzolite, harzburgite, webstérite, serpentine, lherzite, ariégite...) et de leurs minéraux (olivine, diopside, enstatite, picotite, grenat, hornblende...) ⁶! Bien que moins emblématiques que celui de Lherz dont ils partagent la plupart des caractères fondamentaux, les 39 autres massifs pyrénéens méritent autant d'attention. Ils sont également intéressants car chacun d'eux apporte des informations complémentaires spécifiques qui donnent tout son intérêt à l'ensemble des massifs pyrénéens. Les principaux de ces massifs sont cités ou illustrés dans ce texte.

A l'échelle de l'échantillon, les **lherzolites** sont des roches de densité élevée ($d = 3.3$ contre 2.3 pour les calcaires). Elles se reconnaissent facilement à leur couleur superficielle d'altération brune à orangée et à celle verte d'intensité variable de leur cassure fraîche (Fig. 4). Elles sont composées de cristaux identifiables à l'œil nu en raison de leur taille millimétrique ou, plus rarement, centimétrique.

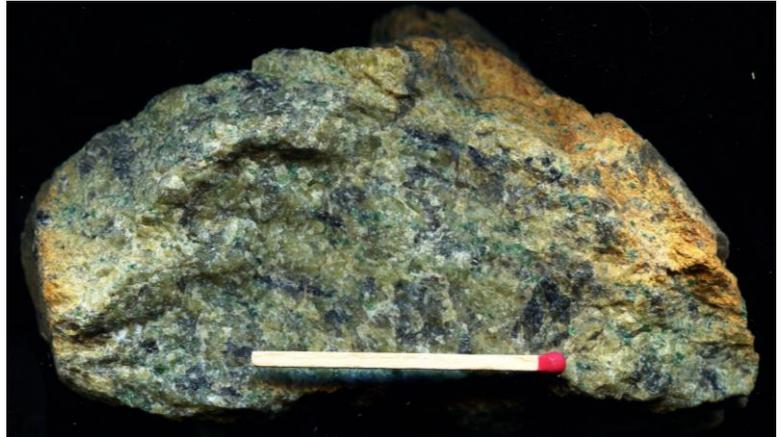


Figure 4 - Echantillon de lherzolite fraîche et sa croûte d'altération (Lherz).



Figure 5 - Détail des principaux minéraux de la lherzolite visibles sur la surface altérée d'un échantillon (Lherz).

Les plus abondants de ces cristaux⁷ (Fig. 5) correspondent aux minéraux suivants :

- un péridot, l'**olivine** verdâtre à jaunâtre, dont l'abondance (de 50 à 60% en volume) permet de la rattacher à la famille des péridotites et dont l'altération superficielle donne leur teinte rouille aux affleurements de lherzolite⁸ ;

- deux pyroxènes, de l'**enstatite** gris beige (25 à 30 %) et du **diopside** vert émeraude (5 à 15%) ;

- un spinelle chromifère noir, autrefois dénommé **picotite**⁹ (2 à 3%).

Une vingtaine d'autres minéraux bien moins fréquents mais tout aussi importants dans la reconstitution de l'évolution des lherzolites les accompagnent. Il s'agit de rares amphiboles (pargasite), d'oxydes de fer (magnétite), d'oxydes de fer et titane (ilménite) ou titane (rutile) ainsi que de sulfures de nickel, fer et cuivre accessoires mais ubiquistes (pentlandite, pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, mackinavite). Des minéraux de métaux précieux (platine, palladium, ruthénium, osmium, irridium, or) récemment mis en évidence les accompagnent¹⁰.

A l'affleurement, les massifs lherzolitiques se présentent généralement sous forme d'un complexe lité dont les bancs de lherzolite d'épaisseur plurimétriques sont associés à d'épaisses lentilles de **harzburgite**, une autre péridotite ne renfermant pratiquement qu'un seul pyroxène (Enstatite) et à de minces lits¹¹, parfois plissés, de **webstérite**, une pyroxénite riche en diopside (Fig. 6) ou plus rarement de pyroxénites à grenats (ou **ariégite**) également verte mais reconnaissable à ses grenats roses (Fig. 7). Le litage de cet ensemble est localement recoupé par de minces (cm à dm) et rares filons de pyroxénite à amphibole et de hornblendite (ou **lherzite**) cette dernière reconnaissable à la teinte très sombre de ses cristaux d'amphibole (Fig. 8). Les noms d'origine locale de deux de ces roches nous rappellent qu'elles ont également été découvertes dans les Pyrénées au début du XXe siècle¹².

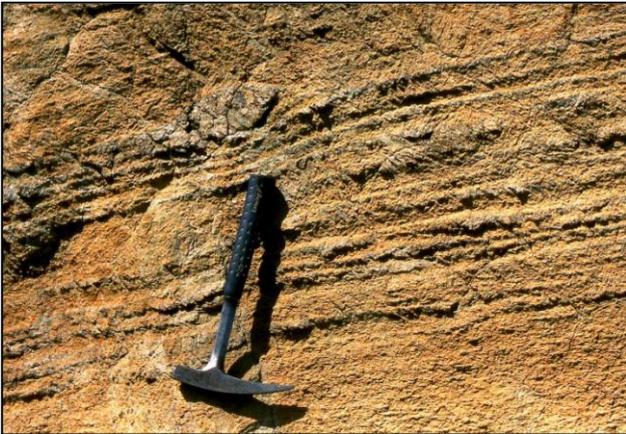


Figure 6 - Lits de webstérite plissés dans la lherzolite (Etang de Lherz).



Figure 7 – Pyroxénite à grenats (« Ariégite ») (Région de Lherz)



Figure 8 - Filonnet de lherzite noire recoupant le litage webstéritique (Etang de Lherz)



Figure 9 - Bloc de plumasite à gros cristaux (Urdach, Pyrénées-Atlantiques)

Les roches de ces massifs sont également recoupées par de nombreux plans de fractures (Fig. 10). Le long de certains d'entre eux, elles sont parfois transformées en une **serpentine** verdâtre qui est remarquable par ses surfaces luisantes et lisses ou striées (Fig. 11). Dans d'autres fractures, elle peut également apparaître sous la forme fibreuse de la **chrysotile** (Fig. 12). Cette serpentinisation peut aussi se développer plus largement jusqu'à ne laisser subsister que des reliques des minéraux de la roche initiale. Une fracturation bien plus intense mais d'un autre type, peut enfin conduire à l'apparition de brèches dont les éléments de lherzolite et parfois même des marbres encaissants (eux-mêmes bréchifiés) sont emballés dans un liant de grains formés par les cristaux désagrégés de la lherzolite (Fig. 13). Ces minéraux peuvent également être fracturés (Fig. 14) jusqu'à atteindre parfois un broyage complet (la « mylonitisation ») qui donne une structure planaire à la lherzolite (Fig. 15).

Enfin, au contact des lherzolites apparaissent des roches exceptionnelles. Des amas de **plumasite**, blanche et à grands cristaux (Fig. 9)¹³ sont associés à seulement deux massifs du centre-ouest des Pyrénées (Espéchère et Urdach), tandis que des roches très fortement métamorphisées (**granulite**) et renfermant saphirine et kornéropine, sont connues en Ariège et Haute-Garonne.



Fig. 10 - Réseau de fractures recoupant la lherzolite (Etang de Lherz)



Fig. 11 - Serpentine luisante et striée (Etang de Lherz)



Figure 12 - Serpentine fibreuse (Chrysotile) (Bestiac, Ariège)



Figure 13 - Brèche de lherzolite (Etang de Lherz)



Figure 14 - Cristaux de la lherzolite diversement fracturés aux débris peu déplacés (E. de Lherz)

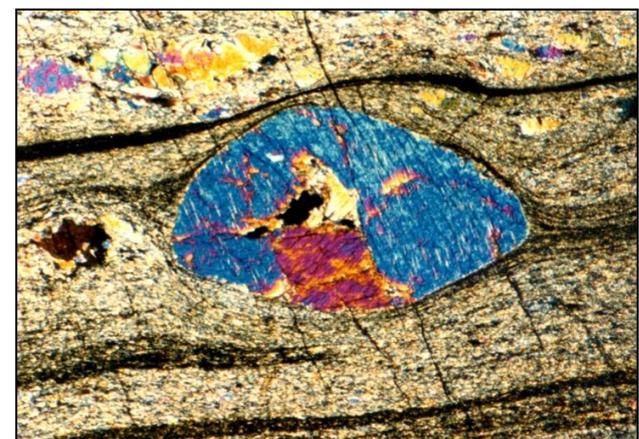


Figure 15 - Cristaux de la lherzolite finement broyés et déplacés (Turon de la Técoùère, Pyr.-Atl.)

2 - Un intérêt géologique général exceptionnel

Depuis plus de 200 ans, ce sont d'innombrables travaux de recherches géologiques, minéralogiques et pétrographiques puis géochimiques et géophysiques qui ont progressivement établi la diversité de composition et de structure des massifs lherzolitiques des Pyrénées ainsi que les caractéristiques propres à chacun d'entre eux. Ils ont ainsi dévoilé peu à peu le caractère tout à fait exceptionnel de ces roches et donc leur intérêt scientifique majeur. Dans les 40 dernières années ces travaux ont ainsi montré :

- que les massifs de lherzolite proviennent d'une profondeur de l'ordre 60 à 70 kilomètres correspondant à la partie supérieure lithosphérique du « manteau », l'enveloppe majeure du globe terrestre comprise de 30 à 70 km et jusqu'à 700 km de profondeur, c'est-à-dire au-dessous de sa croûte superficielle, un domaine où règnent des températures et des pressions élevées voisines de 1000° et de 15kb (Fig. 16) ;

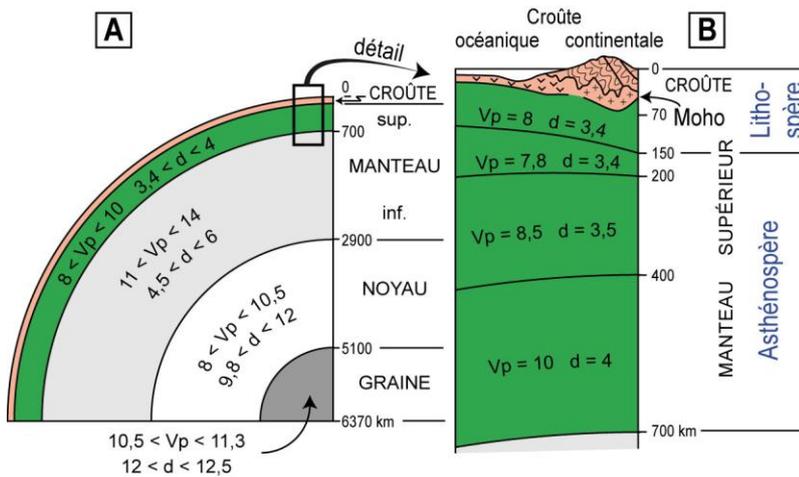
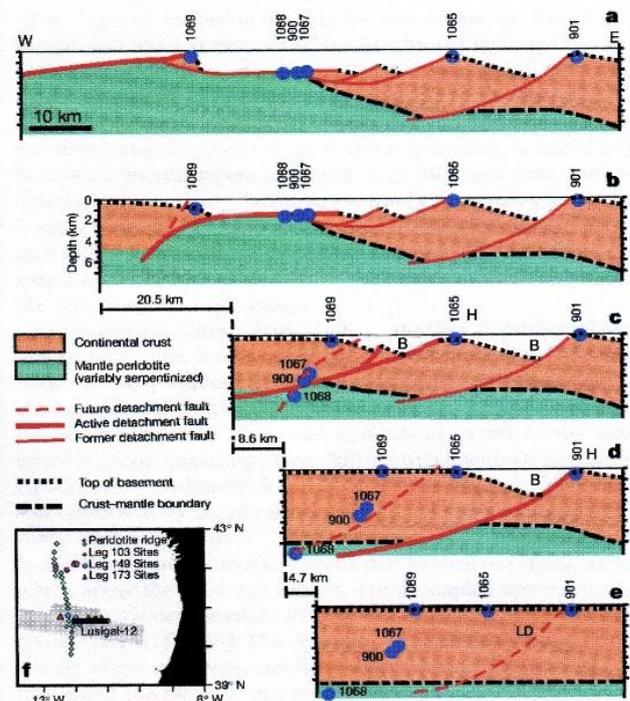


Figure 16 – Place du manteau supérieur, en vert, dans le globe terrestre (A) et détail de l'organisation du manteau supérieur (B). d : densité moyenne des roches ; Vp : vitesse de propagation des ondes sismiques P en km/s (d'après Foucault & Raoult, Dictionnaire de Géologie, Dunod, 2003).

- que les premières traces de leur histoire géologique remontent à plus de 2 milliards d'années ;
- qu'ils ont traversé la croûte continentale à l'état solide grâce au jeu de grandes failles dites de détachement dont le jeu normal en extension morcelle et amincit la croûte jusqu'à la faire disparaître par une déchirure plus ou moins large qui permet leur exhumation à la frontière entre des plaques continentales indépendantes (Fig. 17) ;

Figure 17 - Dénudation des péridotites mantelliques de la marge continentale ibérique au large du Portugal (Withmarsch, Manatschal & Minshull, *Nature*, v. 413, 13 sept. 2011). A partir d'une croûte continentale déjà bien amincie vers la fin du Jurassique (e), au début du Crétacé une extension d'environ 34 km en environ 9 Ma à entrainé progressivement le morcellement et l'amincissement extrême de la croûte (d et c) puis sa déchirure (b et a). Simultanément, le toit du manteau sous-continental est progressivement remonté vers la surface jusqu'à être dénudé sur le fond de l'océan à près de 2000 m de profondeur. Le jeu de failles de détachement successives détermine d'abord l'ouverture de bassins (B) séparés de hauts-fonds (H) puis l'individualisation de la marge continentale.



- qu'ils n'affleurent qu'exceptionnellement à la surface des continents¹⁴ et seulement grâce au jeu inverse en compression des grandes failles qui achève de les fragmenter au cours de la surrection des chaînes de montagnes par écrasement des anciennes frontières de plaques.

A une exception près¹⁵, sans ce dernier stade dit « d'inversion structurale » et les érosions consécutives, les roches du manteau supérieur ne sont directement observables que difficilement et seulement dans deux cas. D'abord, dans certaines roches volcaniques mais seulement sous la forme de petits fragments ramenés en surface par la lave (les « nodules de péridotites » des basaltes⁴). Ensuite, sur de vastes étendues mais seulement au pied de certaines marges continentales et donc sous quelques milliers de mètres d'eau de mer par dragage, forage et plongées d'engins habités ou téléguidés. Partout ailleurs, l'épaisseur normale de la croûte continentale, une trentaine de kilomètres, empêche de l'atteindre directement par des forages.

3 - Un intérêt géologique régional fondamental

D'aussi insolites lherzolites ont également un intérêt régional fondamental. Il est essentiellement lié aux deux derniers stades de leur ascension vers la surface au cours de l'édification des Pyrénées¹⁶.

L'avant-dernier stade de l'ascension s'est effectué pendant le Crétacé, de -107 à -85 millions d'années (Ma), dans les tréfonds d'un étroit et complexe bassin sédimentaire le « sillon des flyschs nord-pyrénéens » (Fig. 18A). Ce bassin représentait l'expression superficielle et sous-marine de la frontière des plaques continentales Ibérie et Europe, un rift qui a conditionné l'apparition ultérieure de la chaîne. Son individualisation s'est accompagnée de plusieurs phénomènes géologiques fondamentaux tous étroitement liés à l'intense morcellement et à l'amincissement auxquels sa croûte continentale est alors soumise. Cette dernière a même fini par se déchirer ponctuellement il y a près de 95 Ma en laissant le manteau supérieur lherzolitique sous-jacent affleurer sous la mer dans des escarpements de failles alimentant des éboulis grossiers (col d'Urdach, près d'Oloron ; Fig. 19).

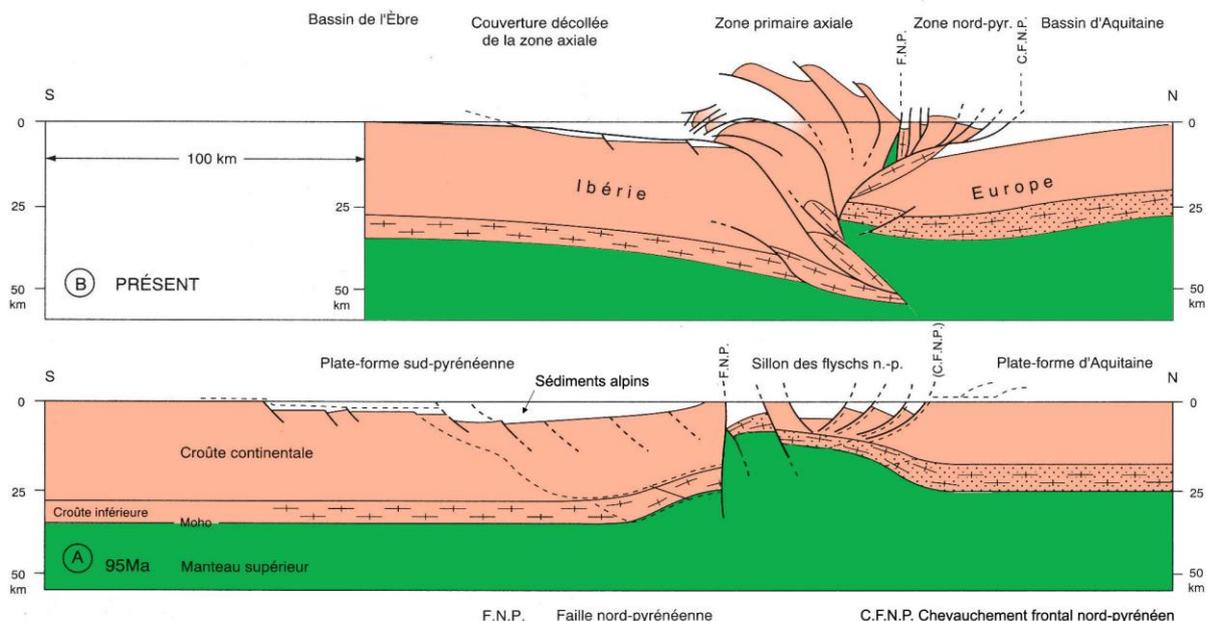


Figure 18 – Les deux dernières étapes de l'ascension du manteau supérieur lherzolitique en coupe (d'après Roure & al., 1989, *Tectonics*, 8, 1, 41-50).

F.N.P. = faille nord-pyrénéenne ; C.F.N.P. = Chevauchement frontal nord-pyrénéen. L'état anté-rift, mal connu, n'est pas représenté¹⁷. A : de -107 à -85 Ma dans les tréfonds du sillon des flyschs nord-pyrénéens ouvert à la frontière Europe –Ibérie. B : de -85 à -40 Ma dans la zone nord pyrénéenne apparue par écrasement de l'ancienne frontière.

Ces phénomènes qui étaient à peu près contemporains, ont duré environ de 15 à 20 Ma. Ils correspondaient :

- à l'enfoncement continu de son plancher (sa « subsidence ») progressivement enfoui sous 4 à 5000 mètres de flysch formé d'éboulis grossiers au pied des escarpements de faille bordiers (Fig. 19) et, plus au large, de boues et de sables (Fig. 20) ;

- à un magmatisme alcalin effusif dans le flysch (coulées sous-marines de basalte en coussinets ; Fig. 21) et intrusif dans le flysch et dans son substratum sédimentaire, crustal (amas et filons de gabbros ; de teschérites, Fig. 22 ; de syénites) ou mantellique (filons d'ariégite à amphibole et de lherzite, Fig. 8).

- à un flux géothermique élevé (de l'ordre de 100°C/km) à l'origine d'une transformation métamorphique (recristallisation à l'état solide) essentiellement sous l'effet d'une chaleur pouvant atteindre jusqu'à 600°C, des calcaires en marbres à scapolite¹⁸ et/ou à minéraux divers (tel ceux d'Aulus, Fig. 23 ; ou ceux encore exploités à Saint Béat) et des boues du flysch en ardoises (telles celles encore exploitées dans le « flysch ardoisier » de Bigorre ou abandonnées dans celui de la Ballongue, Fig. 19) ;

- aux premiers plissements de la chaîne pyrénéenne qui ont précédé l'écrasement proprement dit du rift et dont les rares plis sont accompagnés du développement par compression de plans de clivage liés à un aplatissement notable des minéraux des ardoises du flysch et de certains éléments des brèches associées (Fig. 24).



Figure 19 - Eboulis sous-marin de blocs de lherzolite (Urdach, Pyrénées-Atlantiques)



Figure 20 - Boue sombre et grès du flysch transformés en ardoises (Ballongue, Ariège)



Figure 21 - Surface en coussinets d'une coulée sous-marine de basalte (Herrère, Pyrénées-Atlantiques)

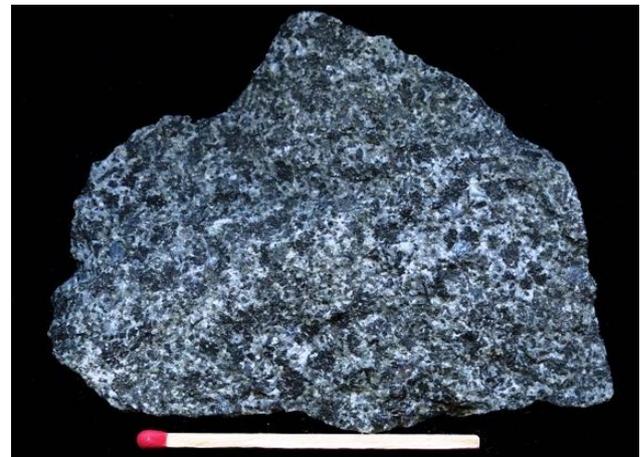


Figure 22 - Echantillon de Teschénite (Filon de Buzy, Pyrénées-Atlantiques)



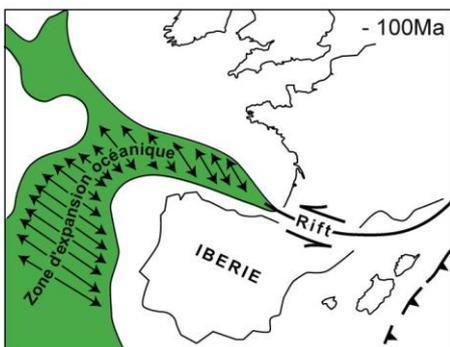
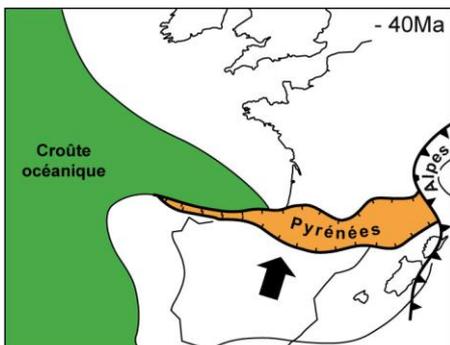
Figure 23 - Cristaux de scapolite noire dans un calcaire métamorphique gris (Ustou, Ariège)



Figure 24 - Éléments calcaires d'une brèche du flysch aplatis par les 1^{er} plissements (Avezac, Htes-Pyrénées)

Cette individualisation complexe du rift était déterminée par la « dérive » du continent ibérique, un déplacement vers le sud-est et une rotation antihoraire d'une trentaine de degrés, qui accompagnait la formation de la croûte océanique de l'Atlantique et du Golfe de Gascogne (Fig. 25).

Le dernier stade de l'ascension des lherzolites s'est déroulé de la fin du Crétacé au début du Tertiaire, de -85 à -40 Ma, lorsque la frontière précédente a été progressivement plissée, écrasée, soulevée et émergée sous l'effet du rapprochement des deux plaques.



Ainsi charriée (superposée) sur le bord méridional de la plaque Europe depuis près de 40 Ma, et profondément érodée, l'ancienne frontière coïncide actuellement avec une partie étroite et extrêmement morcelée du versant nord des Pyrénées, la « zone nord-pyrénéenne » des géologues (Fig. 1 et 18B), qui ne sépare plus que les reliefs majeurs de la chaîne et les collines de son piémont aquitain. Particulièrement complexe, cette zone est un véritable puzzle géologique où sont associés des terrains très divers et très déformés : non seulement les massifs de lherzolite, les granulites, gneiss, micaschistes, schistes, calcaire et granites de la croûte continentale amincie, les milliers de mètres de flyschs, les roches magmatiques et les roches métamorphiques formées dans le rift mais aussi les roches sédimentaires du Trias, du Jurassique et du début du Crétacé déposées antérieurement au rift (argiles, marnes calcaires et dolomies).

Figure 25 – Les deux dernières étapes de l'ascension des lherzolites en carte (d'après M. Mattauer, 1989). De -107 à -85 Ma : dans les tréfonds du rift (sillon des flyschs nord-pyrénéens) lors de la « dérive » de l'ibérie par rapport à l'Europe. De 85 à 40 Ma : dans la zone nord-pyrénéenne lors du rapprochement de l'ibérie et de la surrection de la chaîne pyrénéo-provençale.

Toutefois, bien des épisodes d'une aussi riche et complexe histoire des lherzolites pyrénéennes restent encore à préciser. L'étude de leurs massifs et celle de leur contexte géologique se poursuivent donc encore aussi bien sur le terrain qu'en laboratoire, comme l'attestent de nombreuses publications scientifiques récentes des chercheurs français du Muséum national d'Histoire naturelle, du CNRS ou des Universités de Clermont-Ferrand, Montpellier, Strasbourg et Toulouse ainsi que d'équipes internationales¹⁹.

4 - Un intérêt pédagogique majeur

Enfin, le dernier mais pas le moindre, dans le contexte précédent il est évident que l'intérêt pédagogique des lherzolites est majeur. Il est d'ailleurs régulièrement exploité dans le but de faire découvrir les caractères originaux de cette roche, ses origines insolites ainsi que sa longue et complexe histoire pyrénéenne. D'une part, aux géologues venant du monde entier qui se réunissent sur le terrain à l'occasion de congrès nationaux ou internationaux²⁰ (Fig. 26). D'autre part, aux enseignants et à des centaines d'étudiants, de lycéens ou de collégiens lors des traditionnelles « excursions de géologie » qui tous les ans s'effectuent sur les sites aisément accessibles de l'étang de Lherz (Fig. 2), de Moncaup-Arguenos²¹ (Hte-Garonne, Fig. 27) et du Turon de la Técoùère (Pyr.-Atlantiques, Fig. 28). Sans oublier tous les amateurs qui la découvrent à l'aide des guides géologiques précédemment cités⁵.



Figure 26 - Les participants à l'excursion de l'« International workshop on orogenic lherzolites and mantle processes » (Montpellier, 12-15 Septembre 1990) sur le massif ariégeois de Fontête rouge (près de Lherz, voir photo couverture).



Figure 27 - Le « mont chauve » de Moncaup-Arguenos, le plus grand des massifs de lherzolite des Pyrénées (environ 2 x 3 km) au pied des pentes septentrionales boisées du Pic du Gar (Haute-Garonne).

Figure 28 - La pyramide dénudée du Turon de la Técoùère (Pyrénées-Atlantiques), longtemps confondue avec l'ophite voisine, elle est l'avant-dernier des massifs pyrénéens identifié (Canérot, 1964, *Thèse 3^e cycle*, Univ. Toulouse).



5 - Un patrimoine géologique mondial à mettre en valeur et à protéger

Les 40 massifs de lherzolite nord-pyrénéens apparaissent ainsi comme les témoins absolument irremplaçables de deux histoires géologiques aussi remarquables l'une que l'autre :

- la première, générale et longue, 2 milliards d'années, est celle d'un vieux manteau sous-continentale ;
- la seconde, régionale et courte, 200 millions d'années, est celle d'une jeune chaîne de montagnes, les Pyrénées.

Compte tenu de la rareté des lherzolites à la surface du globe, de leurs intérêts scientifique et pédagogique, ces 40 massifs pyrénéens forment un ensemble indissociable. La disparition d'un seul de ces massifs constituerait la perte d'une source d'informations irréparable pour cet ensemble pyrénéen. En effet, même s'ils sont parents, ils sont également tous différents et semblent provenir de divers endroits du manteau sous-continentale. Ainsi, aussi bien cet ensemble que chacun de ses massifs pris individuellement a un intérêt patrimonial évident et mérite donc d'être considéré comme un véritable « **monument historique** » du patrimoine géologique mondial²².

A ce titre tous ces massifs méritent également une meilleure mise en valeur pour révéler leur singularité jusqu'au grand public ainsi qu'une protection appropriée afin que leur étude scientifique puisse se poursuivre et que leur intérêt pédagogique soit longtemps encore exploité²³. De telles actions restent à concrétiser par la diffusion de plaquettes d'information, la pose de panneaux explicatifs, l'ouverture de sentiers pédagogiques, l'intervention de « médiateurs scientifiques », la création de sites protégés ou de réserves géologiques. Le plus souvent, elles contribueront à éviter ou au moins à limiter, la dégradation des meilleurs affleurements par les martelages et les prélèvements intempestifs qui pourraient conduire à la disparition des roches les plus rares de ces massifs (ariégite, lherzite, avezacite, plumasite). Plus exceptionnellement, elles permettront également de s'opposer à toute exploitation en carrière susceptible d'entraîner la disparition partielle ou complète de certains massifs.

Localement, et dans un proche avenir, le nouveau Parc Naturel Régional des Pyrénées ariégeoises contribuera sûrement à ces objectifs pour l'emblématique massif de Lherz et sans doute aussi pour ses proches voisins. Mais, qu'en sera-t-il des autres massifs tant qu'ils ne seront pas inscrits puis classés à l'inventaire du patrimoine géologique national qui est en cours de réalisation? En particulier, là où des carrières, anciennes (Bestiac en Haute-Ariège, Fig. 29 ; Avezac en Bigorre) ou plus récentes (Urdach en Béarn ; Fig. 30 et 31), les ont déjà éventrés ou bien encore menacent depuis peu de faire disparaître l'un d'eux à moyen terme (Moncaut, en Béarn ; Fig. 32 et 33).



Figure 29 - Anciennes carrières de recherche d'amiante de Bestiac (Haute vallée de l'Ariège)



Figures 30 et 31 - La Iherzolite serpentinisée du massif d'Urdach-Les Pernes et l'une des trois carrières abandonnées l'ayant exploitée pour de l'empierrement (Col d'Etche, sud d'Oloron-Sainte-Marie Pyrénées-Atlantiques).



Figure 32 et 33 - La Iherzolite dénudée du Moncaut émergeant des forêts de son cirque montagnard et l'un des sondages préliminaires au projet d'exploitation qui menace de la transformer... en granulats !



Figure 34 - Une exploitation respectueuse de l'environnement et une rareté architecturale dans les Pyrénées : mur de grange édifié en blocs de Iherzolite (Tuc Desse, Haute-Garonne).

6 - Quelques notes complémentaires pour en savoir un peu plus

- 1 - le nombre exact de ces massifs reste approximatif malgré le minutieux inventaire de terrain réalisé en 1970 par **Pierre Monchoux** (Les lherzolites pyrénéennes, Thèse Doctorat Etat, Univ. Toulouse). Il a recensé et étudié 41 massifs principaux (dont quelques uns, près de Lherz, sont entièrement bréchifiés et regroupent en fait plusieurs fragments dispersés) mais il n'a pas pu retrouver 5 autres massifs que les auteurs anciens avaient signalé et parfois même échantillonné.
- 2 - actuellement « **Lers** » dans les meilleurs cas mais aussi **Lerz, Lhers, l'Hers, l'Herse, l'Ers...** ! Un retour officiel à l'orthographe de Lherz serait amplement justifié dans la mesure où actuellement le site est mondialement connu grâce à sa lherzolite ! Néanmoins, il ne faut pas oublier qu'à la fin du XVIII^e siècle cette orthographe était apparemment aussi incertaine que de nos jours. La feuille n° 40 de la célèbre « Carte de Cassini » publiée vers 1780 mentionne un étang « **de Lars** ». En 1781 dans son célèbre « Essai sur la Minéralogie des Monts Pyrénées » Pierre-Bernard Palassou cite le port et la montagne « **de Lers** » où il ne voit d'ailleurs que « des masses de marbre gris » (mais s'il rate l'étang et sa lherzolite, il a le mérite d'avoir signalé une serpentine noire entre Issor et Ance qui ne sera identifiée comme lherzolite d'Urdach qu'en 1928). En 1786, l'éminent naturaliste toulousain Philippe Picot de Lapeyrouse (1744-1818) note qu'« Au milieu de ces montagnes de serpentine est un grand lac appelé l'Etang **de Lhers** » (Fragments de la Minéralogie des Monts Pyrénées, *Mémoire de l'Académie de Toulouse*, 1788).
- 3 - donné par **Jean-Claude de la Métherie** (Delamétherie après 1793) (1743 La Clayette - 1817 Paris). Naturaliste, minéralogiste, géologue et paléontologue, il a dirigé le Journal de Physique de 1787 à sa mort. Par délégation du Cuvier, il enseigne la géologie au Collège de France et est un des premiers pédagogues à enseigner la géologie sur le terrain. C'est en 1797 (Théorie de la Terre, Paris, vol. II, p. 281 et Leçons minéralogiques, t. II, p. 206) qu'il crée le terme de « Lherzolite » pour désigner la nouvelle roche découverte dix ans plus tôt entre le port et l'étang de Lherz par Lelièvre.
- 4 - par **Claude-Hugues Lelièvre** (1752 Paris - 1835). Ingénieur des Mines, breveté en 1784 (première promotion de l'Ecole des Mines). Il découvre la future « lherzolite » à l'occasion d'un voyage dans les Pyrénées, de la Soule au Pays de Foix, à la recherche des « productions de la Terre » qu'il a effectué au cours de l'année 1786 et au début de 1787 avec son confrère et ami François Pierre Nicolas Gillet de Laumont. Dans une lettre à M. de la Métherie publiée en Mai 1787 au *Journal de Physique* et intitulée « **Sur la chrysolite des volcans** », il décrit la nouvelle roche qu'il a observé « dans les montagnes qui environnent le port et l'étang de Lherz » où elle se trouve en abondance. Comme cette roche est en grande partie composée par de l'olivine (la « chrysolite » du XVIII^e siècle), il propose d'y voir la source d'où proviennent les olivines présentes dans les roches volcaniques. Une déduction juste qui s'est vérifiée ultérieurement car les nodules à olivine sont des péridotites qui proviennent bien du manteau supérieur de composition lherzolitique (Fig. 35).



Fig. 35 - Petit nodule de péridotite (2 cm) dans un basalte.

5 - par exemple :

Jaffrezo M. (1977) - **Guide géologique des Pyrénées orientales-Corbières** - Masson, p. 51-52.

Mirouse R. (1988) - **Découverte géologique des Pyrénées occidentales** - Ed. BRGM et Ed. elf-aquitaine, p. 49-52.

Mirouse R. (1992) - **Guide géologique des Pyrénées centrales franco-espagnoles** - Masson, p. 53-55.

Claeys L., Lagarde A., Pailhès C., Pédoussat D., Sébastien M. & Simmonet R. (1996) - **Ariège** - Bonneton, p. 187-192.

Dendaletche C. (1997) - **Guide du Naturaliste dans les Pyrénées** - Delachaux et Niestlé, p.29-30.

Véron G. (1997) - **Le guide rando Couserans (Pyrénées ariégeoises)** - Rando-éditions, p. 16.

Michel P. (2008) - **Le tour de France d'un géologue : Nos paysages ont une histoire** - Delachaux & Niestlé/BRGM éditions, p.352-353.

Fert D. (en ligne) <http://www.ariège.com/geologie/lherzolite.html>

- 6 - Dans les Hautes-Pyrénées, c'est bien ainsi que la station de ski de fond de Nistos a mis en valeur ses divinités gauloises locales ! Depuis l'automne 2010, une publication du Conseil scientifique du Parc Naturel Régional des Pyrénées Ariégeoises y contribue déjà mais encore discrètement (<http://www.parc-pyrenees-ariegeoises.fr/Les-actions-menees>).
- 7 - Il a toutefois fallu trois quart de siècle de discussions et de confusions ayant impliqué les plus grands savants de l'époque⁹ pour que cette composition soit définitivement fixée par **Augustin, Alexis Damour** en 1862 (Examen minéralogique d'une roche nommée lherzolite, *Bull. Soc. Géol. France*, 2^{ème} sér., t. XIX. p. 413-416).
- 8 - cette couleur d'altération superficielle qui est souvent, mais pas toujours (Fig. 36 et 41), associée à une couverture végétale réduite, permet de remarquer les massifs de lherzolite à distance. Elle a également conduit aux noms locaux de trois d'entre eux, l'Escourgeat ou l'« écorché » (près de Lherz), le Moncaup ou « mont chauve » près du village du même nom en Haute-Garonne et le Moncaut (Moun Caou) ou « mont chaud » voisin de Pédéhourat dans les Pyrénées-Atlantiques. Ce dernier massif de forme vaguement conique était même localement considéré comme un ancien volcan.
- 9 - Un minéral identifié sur le site de « Lherz » en Novembre 1812 par **Johan de Charpentier** (Sur la nature et le gisement du pyroxène en roche connu sous le nom de lherzolite, *Journal des Mines*, vol. XXXII, p. 321-340). Cet auteur de la première carte géologique de la chaîne jointe à son « Etude géognostique des Pyrénées » (1823), le dédie à **Philippe Picot de Lapeyrouse** qui l'avait déjà observé en 1786 mais en l'attribuant à un « schorl » noir (une variété de tourmaline). Toutefois, aucun de ces deux géologues n'a reconnu l'originalité de la lherzolite, sa richesse en chrysolite (olivine), le premier la considérant comme de la « serpentine mêlée de hornblende » et le second comme du « pyroxène en roche ». C'est précisément cette dernière définition, corroborée par **René Just Haüy** (1743-1822), un des pères de la cristallographie, qui va jeter le doute pendant un demi-siècle. En fait, J. de Charpentier avait montré à R.J. Haüy un échantillon de webstérite au pyroxène vert chrome, collecté dans le massif de Fontête-Rouge. L'identification était donc juste, mais l'échantillon n'était pas le bon (il est conservé dans la « Collection de Roches Endogènes » du MNHN sous le n° H64) !
- 10 - Des minéraux inventoriés en 1983 par C. Laforêt, P. Monchoux, E. Oudin et F. Tollon dans « Ariège t. 1, Bassin versant du Salat » (*Inventaire minéralogique de la France*, n° 11, BRGM éd., p. 107-108) et la même année étudiés en détail par Jean-Pierre Lorand (Thèse de 3^e cycle, Univ. Paris VI et MNHN). Depuis, de nombreuses publications sur ces minéraux sont dues à cet auteur. En 2010, il a publié une mise au point générale « Inventaire et origine du cortège de micro-minéraux de métaux précieux (platine, palladium, ruthénium, osmium, iridium, or) dans les lherzolites des Pyrénées ariégeoises, France », *Le Règne Minéral*, n° 95, p. 17-21. C'est grâce aux isotopes radioactifs de l'osmium contenus dans ces minéraux qu'a pu être déterminé en 1995 l'âge de plus de 2 Milliards d'années des harzburgites pyrénéennes (L. Reisberg & J.-P. Lorand, *Nature*, 376, 159-162).
- 11 - Ce litage est associé à une disposition planaire des minéraux. En 1967, c'est précisément l'orientation de ces structures, indépendante de la forme du massif de Lherz et les déformations plastiques associées subies par l'olivine de la lherzolite qui ont entre autre permis à **Hans G. Avé Lallemant** (Structural and petrofabric analysis of an « Alpine-type » peridotite : the lherzolite of the french Pyrenees, *Leidse Geologische Mededelingen*, 40, 1-74) de montrer que la mise en place de cette lherzolite s'était effectuée à l'état solide et que ses structures rendaient donc compte des déformations que le manteau subit à la base des plaques lithosphériques. Auparavant, les lherzolites étaient traditionnellement considérées comme des roches éruptives intrusives à l'état liquide (magma). Cependant dès 1959, Jean Ravier dans les dernières lignes de sa thèse « Le métamorphisme des terrains secondaires des Pyrénées » (*Mém. Soc. Géol. France*, n° 86, 250 p.) s'interrogeait à leur sujet « D'où viennent ces roches ? Sous quelle forme se sont-elles mises en place ? Il ne suffit pas d'avoir dit qu'elles étaient intrusives et éruptives pour que le problème de leur genèse soit élucidé ». Les preuves de l'origine mantellique des lherzolites pyrénéennes s'accumulent ensuite très rapidement grâce aux travaux des minéralogistes et pétrographes **Pierre Monchoux** à Toulouse, puis **Fernand Conquéré** (1936-1983) et **Jacques Fabriès** (1932-2000), tous deux au MNHN qui produisent une somme considérable de faits et réunissent une collection d'échantillons de références à la base de la plupart des idées modernes sur la lherzolite.
- 12 - Des découvertes dues à **Alfred Lacroix** (1863 Maçon -1948 Paris), Professeur de Minéralogie au Muséum national d'Histoire naturelle et Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences de 1914 à sa mort. Il est l'auteur de plus de 600 publications, dont une somme en 5 volumes « La Minéralogie de la France » (1893 à 1913, réédité en 1962 par A. Blanchard, Paris, pour le centenaire de sa naissance) ainsi que de nombreux travaux consacrés aux roches des Pyrénées et plus spécialement aux lherzolites et aux roches magmatiques ou métamorphiques qui les

accompagnent dans la zone nord-pyrénéenne (Etude minéralogique de la lherzolite des Pyrénées et de ses phénomènes de contact, *Nouv. Archives Muséum*, 1894, 6, p. 209-308 ; Les phénomènes de contact de la lherzolite et de quelques ophites des Pyrénées, *Bull. Carte géol. France*, 1895, 6, p.307-446). Il est considéré comme l'un des plus grands minéralogistes et pétrographes du XX^e siècle.

- 13 - une variété d'albitite à corindon. Au sujet des corindons voir : Fauvin L., Ray B., Ott d'Estevou P., Rose J.-E. & Mouthier B. (2010) - Les pegmatites à corindon du col d'Urdach, Pyrénées-Atlantiques - *Le Règne Minéral*, n° 93, p. 37-39.
- 14 - Les massifs de lherzolites semblables à ceux des Pyrénées et en aussi bon état de conservation sont rares à la surface du globe. Ils sont dispersés en quelques points de la chaîne alpine d'Europe occidentale (Ronda au sud de l'Espagne, Beni-Boussera au nord du Maroc et zone d'Ivrée en Italie). Dans tous les cas, ces lherzolites sont associées à des fragments de croûte continentale (granulites, gneiss, micaschistes, schistes, granites). Un manteau supérieur harzburgitique affleure également dans d'autres chaînes de montagne (Oman...) mais il est bien différent de celui des Pyrénées parce qu'il résulte de la fermeture d'un océan et non plus d'un simple rift. Il appartient donc à d'anciennes croûtes océaniques où il apparaît sous quelques milliers de mètres de roches magmatiques (basaltes et gabbros) et non plus sous quelques dizaines de kilomètres de croûte continentale (Fig. 15B).
- 15 - il s'agit de celle de la minuscule île désertique de Zabargad (4 km²), en Mer Rouge au large de l'Égypte, où le manteau apparaît associé à la base de la croûte continentale déchirée par la fissure crustale qui sépare les plaques africaine et arabique sur le prolongement nord-occidental du grand rift africain.
- 16 - Avant ces deux derniers stades, l'ascension des lherzolites pyrénéennes a semble-t-il débuté vers la fin de l'ère Primaire au cours de l'édification de la chaîne hercynienne, vers - 300 Ma ; elles seraient alors remontées vers -50 km de profondeur, puis elle s'est poursuivie au cours des amincissements crustaux triasique (vers 200 Ma) et crétacé (à partir de -125 Ma) qui ont précédé l'individualisation de la frontière entre Ibérie et Europe.
- 17 - Pour cet état, il reste en particulier à préciser l'importance de la fracturation et de l'amincissement crustal associés à un rift subaérien antérieur qui a fonctionné vers la fin du Trias soit environ 100 Ma plus tôt. Il a été le siège de l'affaissement (subsidence) d'immenses lagunes à dépôts argilo-évaporitiques (sel de Salies-de-Béarn et de Salies-du-Salat ; gypse de Tarascon-sur-Ariège et de Betchat) ainsi que de l'intrusion à faible profondeur (hypovolcanisme) de magmas basaltiques à l'origine de dolérites tholéïtiques. Dans les Pyrénées, ces roches sont plus connues sous le nom d'ophites que **Pierre-Bernard Palassou** leur a donné à la fin du XVIII^e siècle en reprenant un nom de porphyre antique déjà utilisé par Pline l'Ancien.
- 18 - Ce minéral traditionnellement connu sous le nom de l'une de ses variétés, le « dipyre », est typique des effets thermiques du métamorphisme pyrénéen sur les calcaires chauffés à 400 ou 500°C. Il a été découvert en 1786, à Gotein-Libarrenx (Pyrénées-Atlantiques), par Lelièvre et Gillet de Laumont au cours de leur périple pyrénéen. A son sujet, voir : Goujou J.-C. (2004) - La scapolite dans les Pyrénées et dans le monde - *Le Règne Minéral*, n° 60.
- 19 - Quelques unes de ces publications scientifiques récentes :
 - Pin C., Monchoux P., Paquette J.-L., Azambre B., Ru Cheng W. & Martin R.F. (2006) - **Igneous albitite dikes in orogenic lherzolites, western Pyrénées, France : a possible source for corundum and alkali feldspar xenocrysts in basaltic terranes. II. Geochemical and petrogenic considerations** - *The Canadian Minerogist*, 44, 4, 843-856.
 - Le Roux V., Bodinier J.-L., Tommasi A., Alard O., Dautria J.-M., Vauchez J.-M. & Riches A.J.V. (2007) - **The Lherz spinel lherzolite : refertilized rather than pristine mantle** - *Earth Planet. Sci. Lett.*, 259, 599-612.
 - Lorand J.-P., Luguët A., Alard O., Bezos A. & Meizel Th. (2008) - **Disribution of platinum-group elements in orogenic lherzolites : a case study in a Fontête Rouge lherzolite (French Pyrenees)** - *Chemical Geology*, 248, 174-194.
 - Lagabrielle Y. & Bodinier J.-L. (2008) - **Submarine reworking of exhumed subcontinental mantle rocks : field evidence from the Lherz peridotites, French Pyrenees** - *Terra Nova*, 20, 11-21.
 - James S., Manatschal G., Lavier L. & Masini E. (2009) - **Tectonosedimentary evolution related to extreme crustal thinning ahead of a propagating ocean : Example of the western Pyrenees** - *Tectonics*, 28, TC4010, doi : 10.1029/2008TC002406.
 - Lorand J.-P., Alard O. and Luguët A. (2010) - **Platinum-group element micronuggetts and refertilization process in the Lherz peridotite** - *Earth Planet. Sci. Lett.*, 289, 298-310.

Lagabrielle Y., Labaume P. & de Saint-Blanquat M. (2010) - **Mantle exhumation, crustal denudation, and gravity tectonics during Cretaceous rifting in the Pyrenean realm (SW Europe) : Insights from the geological setting of the Iherzolites bodies** - *Tectonics*, vol. 29, TC4012, doi:10.1029.2009TC002588.

Debroas E.-J., Canérot J. & Bilotte M. (2010) - **Les Brèches d'Urdach, témoins de l'exhumation du manteau pyrénéen dans un escarpement de faille vraconnien-cénomaniens inférieur (zone nord-pyrénéenne, Pyrénées-Atlantiques, France)** - *Géologie de la France*, 2, 53-63.

20 - Par exemple, le massif de Lherz a été visité en 1980 par trois des excursions du 26^e Congrès Géologique International (Paris) alors que ceux du Turon de la Técoùère et d'Urdach viennent de l'être les 22 et 23 Octobre 2010 par une des excursions de la Réunion des Sciences de la Terre de Bordeaux et les 11 et 12 Juin 2011 par une excursion de l'Association des Géologues du Sud-Ouest. Une réunion spécialisée de la Société Géologique de France consacrée au « Manteau en France » est également en préparation.

21 - Trois exemples toulousains :

<http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/lycee/guchereau/comminge/sortie.htm>

<http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/lycee/geoltheque/pages/lhers/Objet1.htm>

<http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/lycee/gutjahr/andorre/jour1.htm#arret7>

22 - A propos de «monument historique» : Qui, de nos jours, oserait prétendre démanteler une des églises romanes jalonnant les chemins de Saint-Jacques afin de récupérer ses moellons et au prétexte que les seules prestigieuses basiliques Saint-Sernin de Toulouse ou de Sainte-Foy de Conques suffisent à la compréhension de l'art roman ? Il est logique qu'il en soit exactement de même pour les 39 massifs pyrénéens de Iherzolite et le massif de Lherz !

23 - Après les travaux d'A. Lacroix qui ont révolutionné la connaissance des Iherzolites pyrénéennes à la charnière des XIX^e et XX^e siècles, on peut considérer, en schématisant toutefois l'évolution très complexe des idées, que si le massif de Lherz avait disparu au début du XX^e siècle, les deux « révolutions » suivantes de leur compréhension n'auraient pas eues lieu. Ces avancées ne sont précisément survenues que grâce aux résultats des innombrables travaux précurseurs et à ceux de nouvelles méthodes d'analyse, la première dans les années 60/70 lors de leur passage du statut de roches intrusives sous forme de magma à celui d'écaillés de manteau extrusives à l'état solide et la seconde dans les années 2000 lorsque leurs massifs sont passés du statut de manteau appauvri par fusion partielle et perte de magma à celui de manteau enrichi par apport de magma !



Figure 36 - Le discret massif Iherzolitique du Bois du Fajou que seuls quelques affleurements jaunâtres permettent de repérer parmi les marbres blancs des pentes méridionales du rocher de Scaramus (Nord d'Ax-les-Thermes, Ariège)

7 - Quelques références bibliographiques pour en savoir encore plus...

Aubert G., Guillemin C. & Pierrot R. (1978) - **Précis de minéralogie** - Masson et BRGM éd., 335 p.

Conquéré F. & Kornprobst J. (1985) - **Ultrabasiques (Roches)** - Encyclopédia Universalis, vol. 16, p. 413-416 et - <http://www.universalis.fr/encyclopedie/roches-ultrabasiques/>

Mattauer M. (1989) - **Monts et merveilles** - Hermann, p. 178-190.

Debelmas J. & Mascle G. (1991) - **Les grandes structures géologiques** - Masson, p. 124-128 et 170-175.

Kornprobst J. (1996) - **Les roches métamorphiques et leur signification géodynamique** - Masson, p. 174-182.

Dercourt J. (1996) - **Géologie et géodynamique de la France** - Dunod, p. 134-163.

Colchen M., Ternet Y., Debrosas E.-J., Dommagnet A., Gleizes G., Guérangé B., Roux L. (1997) - **Carte géol. France (1/50 000), feuille Aulus (1086)** - et Ternet Y., Colchen M., Debrosas E.-J., Azambre A., Debon F., Bouchez J.-L., Gleizes G., Leblanc D., Bakalowicz M., Jauzion G., Mangin A., Soulé J.-C. (1997) - **Notice explicative, carte géol. France (1/50 000), feuille Aulus (1086)** - Orléans, Bureau de recherches géologiques et minières.

Canérot J. (2008) - **Les Pyrénées : histoire géologique et itinéraires de découverte** - Atlantica/BRGM éditions, 2 t., 643 p.

Foucault A. & Raoult J.-F. (2010) - **Dictionnaire de Géologie** - Dunod, 7^{ème} éd., 416 p.

Lorand J.-P. (en ligne) - <http://www2.mnhn.fr/hdt/lherz/>



Fig. 37 - Les douces collines de piémont des Baronnies cachent bien les minuscules massifs de lherzolite d'Avezac et d'Espéchère, ce dernier étant d'ailleurs le plus récemment identifié des Pyrénées (Bouvier, 1968, Thèse 3^e cycle, Univ. Toulouse).

Figure 38 - Au pied des falaises calcaires embrumées du Sarailé (1242 m, Pyrénées-Atlantiques), le massif de lherzolite de même nom apparaît dans les rares affleurements brunâtres dispersés sous une pelouse aussi dense que verdoyante.



Fig. 39 - Percant à peine l'épaisse hêtraie commingeoise : l'étroit et long massif de lherzolite du Tuc Desse (1237 m, Haute-Garonne).



Fig.40 - Encaissé dans les marbres de la falaise surplombant le village : le petit massif de lherzolite d'Urs (Haute vallée de l'Ariège, au pied du Saint-Barthélémy enneigé)



Fig. 41 - L'exception qui confirme la règle : au nord d'Ax-les-Thermes (Ariège), le massif de lherzolite du pic de Géral (1775 m) masqué par sa pinède domine les pelouses environnantes.

Au verso - Parmi les plus petits des Pyrénées : les quatre massifs de lherzolite du Pic d'Engral (1326m, au nord de Vicdessos, Ariège) sont cachés par la végétation et aussi bien protégés par leur position escarpée que par leur superficie de quelques mètres carrés à environ 1500. 1 : Pic Couder supérieur ; 2 : Pic Couder inférieur ; 3 : Porteteny ; 4 : Les Rouges.

L'auteur



Elie-Jean Debroas a commencé à parcourir le versant nord des Pyrénées en 1968. Il est géologue et ingénieur d'études à l'Université Paul Sabatier de Toulouse depuis 1970. A partir de 1972, comme auteur ou co-auteur, il a réalisé de nombreux travaux consacrés à la zone nord-pyrénéenne et à ses flyschs. Parmi eux, figurent sa Thèse de Doctorat de Spécialité consacrée aux flyschs crétacés pyrénéens de la Ballongue, du Castillonnais et de la région d'Arbas (1976, Université de Toulouse), les cartes géologiques à 1/50 000, et leur notice explicative, de Saint-Girons (1976), Arreau (1982, 1984), Bagnères-de-Bigorre (1988, 1989), Campan (1995, 1996), Aulus-les-Bains (1997) et Aspet (en préparation) et la carte géologique à 1/1 000 000 de la France (1996). Il est également membre de la Commission Régionale du Patrimoine Géologique de Midi-Pyrénées. Une de ses dernières publications est consacrée aux Brèches d'Urdach qui sont constituées par d'anciens éboulis sous-marins dans lesquels de la lherzolite serpentinisée a été remaniée voici environ 95 Ma¹⁹.



1

2

4

3

Les Amis de Moncaut

Bulletin d'information n°6

« Spécial géologie »

Août 2011

