

Janvier  
2013

Projet de Réserve Naturelle Nationale  
d'intérêt géologique du département du Lot

Dossier scientifique



ENQUÊTE PUBLIQUE



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DU LOT

Direction Régionale de l'Environnement,  
de l'Aménagement et du Logement Midi-Pyrénées

Ministère de l'Égalité des territoires et du Logement



# Enquête publique

---

PROJET DE CLASSEMENT

AU TITRE DES ARTICLES L. 332-1 ET SUIVANTS

DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT

DES SITES A INTERET GEOLOGIQUE DU DEPARTEMENT DU LOT

Réserve Naturelle Nationale





**PREFECTURE DU DEPARTEMENT DU LOT**

**PROJET DE CLASSEMENT**

**AU TITRE DES ARTICLES L. 332-1 ET SUIVANTS**

**DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT**

**DES SITES A INTERET GEOLOGIQUE DU DEPARTEMENT DU LOT**

**(Réserve Naturelle Nationale)**



SYNTHESE DU DOSSIER.....	3
1. INTRODUCTION.....	5
1.1. De la mémoire de la Terre à la mémoire des hommes.....	5
1.2. La notion de patrimoine écologique.....	7
1.2.1. Le patrimoine géologique.....	7
1.2.2. Terminologies relatives au patrimoine géologique.....	7
1.3. Charte de la mémoire de la terre.....	11
1.4. Année internationale de la Terre 2007 – 2008 – 2009.....	13
1.5. Les temps géologiques.....	15
2. SYNTHESE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DU LOT.....	21
2.1. Les Grandes unités géographique du Lot.....	21
2.1.1. Le Ségala.....	21
2.1.2. Le Limargue.....	21
2.1.3. Les causses du Quercy.....	21
2.1.4. Le Quercy blanc.....	23
2.1.5. La Bourriane.....	23
2.1.6. Les vallées de la Dordogne et du Lot.....	24
2.1.7. Les vallées secondaires.....	24
2.1.8. Les phénomènes karstiques.....	24
2.1.9. L'Hydrogéologie.....	26
2.1.10. Ressources du sous-sol.....	26
2.1.11. Les phosphorites du Quercy.....	27
2.1.12. Le karst "plio-quadernaire".....	28
2.2. Cadre géologique structural.....	28
3. INVENTAIRE DU PATRIMOINE GÉOLOGIQUE LOTOIS.....	31
3.1. Les premiers inventaires du patrimoine géologique.....	31
3.1.1. Inventaire des phosphatières du Lot.....	31
3.1.2. L'inventaire minéralogique du BRGM (1982).....	32
3.1.3. Inventaire pour l'encyclopédie BENNETON (mai 2000 et avril 2006).....	32
3.1.4. Les grands ensembles paléontologiques lotois.....	36
3.2. Inventaire national du patrimoine géologique (2007-2008).....	37
3.3. Patrimoine géologique du Lot - note de synthèse - 7 MARS 2008.....	38
3.3.1. Présentation générale de l'opération.....	38
3.3.2. Synthèse des résultats de l'inventaire du lot.....	39
3.3.3. Protection et gestion actuelles des sites géologiques du Lot.....	42
3.4. Localisation des sites de l'inventaire du patrimoine géologique.....	45
3.5. Stratégie de création des aires protégées (SCAP).....	47
3.6. Méthodologie de relevé des sites.....	49
3.7. Sélection des sites du projet.....	53
4. DESCRIPTION DES SITES DU PROJET.....	59
4.1. Les phosphatières du Quercy.....	59
4.1.1. Historique de la découverte des phosphatières du Quercy.....	59
4.1.2. La genèse des phosphorites.....	59
4.1.3. Intérêt des phosphatières du Quercy.....	65
4.1.4. Autres intérêts des phosphatières du Quercy.....	65
4.1.5. Menaces sur les phosphatières du Quercy.....	79
4.1.6. Les phosphatières, une histoire qui a marqué profondément le Quercy.....	81
4.1.7. Le Lot au temps de la « FIEVRE DES PHOSPHATES».....	83
4.2. Le site de « la plage aux Ptérosaures » à Crayssac.....	89
4.2.1. Historique de la découverte de « la plage aux Ptérosaures ».....	89

4.2.2.	Intérêt scientifique de « la plage aux Ptérosaures » .....	89
4.2.3.	Protection en urgence de « la plage aux Ptérosaures » .....	90
4.2.4.	Les acteurs du projet.....	90
4.3.	Les autres sites géologiques du projet .....	107
4.3.1.	LES COUPES DE RÉFÉRENCE.....	107
4.3.2.	Les sites minéralogiques :.....	107
4.3.3.	Les sites géomorphologiques :.....	107
4.3.4.	Les coupes pédagogiques - La tranchée de Vaylats :.....	107
4.3.5.	Les sites paléontologiques remarquables :.....	108
4.3.6.	Les sites tectoniques :.....	108
4.4.	Autres intérêts patrimoniaux du Quercy.....	109
4.4.1.	Les paysages du causse.....	109
4.4.2.	Intérêt faunistique .....	110
4.4.3.	Intérêt floristique .....	110
4.4.4.	L'occupation humaine .....	111
4.4.5.	Patrimoine gastronomique .....	112
4.5.	Le projet dans le réseau des réserves a intérêt géologiques existantes .....	121
5.	L'AVENIR DE LA RESERVE NATURELLE DU LOT .....	125
5.1.	Orientations de gestion de la réserve.....	125
5.1.1.	Choix d'un gestionnaire :.....	125
5.1.2.	Evolution de la réserve.....	125
5.1.3.	Orientations de gestion .....	125
5.1.4.	Axes de recherches .....	126
5.2.	Valorisation des sites géologiques Lotois .....	127
5.2.1.	Les phosphatières du Cloup d'Aural à Bach .....	127
5.2.2.	Le site de la plage aux ptérosaures à Crayssac.....	128
5.2.3.	Développement des itinéraires géologiques dans le département du Lot.....	132
5.3.	Projet de création d'un GEOPARK.....	139
6.	ASSOCIATIONS .....	143
6.1.	Association les phosphatières du Quercy .....	143
6.2.	Association de gestion et developpement du site paléontologique de la plage aux ptérosaures .....	147
7.	BIBLIOGRAPHIE .....	151
8.	ANNEXES .....	173

- Brochure-Plage-Aux –Pterosaures
- La phosphatière du « Cloup d'Aural »
- Regard sur le parc n°3
- BT-QUERCY-1116

# SYNTHESE DU DOSSIER

L'inventaire du patrimoine géologique du département du Lot, réalisé fin 2007 et validé par le Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN) le 7 mars 2008, a permis de découvrir la présence d'un patrimoine géologique d'une richesse insoupçonnée avec 279 sites recensés.

Les phosphatières et la « Plage aux ptérosaures » étaient bien sûr connus et déjà célèbres mais ce travail a fait apparaître la présence d'un patrimoine très diversifié avec les oeufs de dinosaures les plus anciens connus au monde, les indices de l'ouverture de l'océan atlantique central il y a 170 millions d'années, une morphologie karstique exceptionnelle, des formes minérales rares etc.

La Commission Régionale du Patrimoine Géologique (CRPG), qui a validé cet inventaire avant son passage devant le CSRPN, a proposé de protéger au titre des réserves naturelles nationales une partie de ce patrimoine en se concentrant sur l'histoire du karst quercynois durant les 70 derniers millions d'années et les terrains dans lesquels il s'est développé, ainsi que sur la « Plage au ptérosaures » de Crayssac. Ces ensembles bénéficient de recherches scientifiques très importantes et présentent des fossiles dans un état exceptionnel de conservation.

C'est ainsi que le projet de protection de cet ensemble concerne 59 groupes de sites, réunissant 85 sites de l'inventaire et portant sur 298 objets géologiques. De nombreux aspects de la géologie sont ici pris en compte : stratigraphie, paléontologie, minéralogie, tectonique, géomorphologie, sédimentologie... Vingt et une communes sont concernées, essentiellement dans le Sud-est du département, pour une superficie d'environ 800 hectares. Un périmètre de protection pourra par la suite compléter ce dispositif sur 23 communes, à leur initiative, totalisant 44 863 hectares.

Ce projet permettra de favoriser les études en mettant à la disposition des chercheurs des sites très nombreux dont le potentiel scientifique est considérable. Un important partenariat avec les différents laboratoires et universités peut être envisagé.

Le but de la gestion qui sera mise en place dans cette réserve naturelle sera la protection et la connaissance de ce milieu. Toutefois, cela n'aura pas pour but de « mettre sous cloche » ce patrimoine, bien au contraire. Au-delà de sa protection et de son étude il s'agira de publier largement les résultats des diverses recherches et de les mettre en valeur comme cela est déjà le cas avec la « Plage aux ptérosaures » à Crayssac et la phosphatière du Cloup d'Aural à Bach en conciliant protection et fréquentation. On peut penser, que rapidement, au moins 50 000 visiteurs viendront visiter ces sites chaque année permettant un développement économique local durable.

A ces deux pôles majeurs de la réserve il sera aussi possible d'ajouter de nombreux autres projets de sensibilisation du public autour du thème de la géologie, tel que les sentiers de « randonnée géologique » dans le Quercy, la visite de sites géologiques remarquables comme l'Igue de Crégols, des promenades en bateaux au fil de la rivière Lot afin de découvrir toute l'histoire de ces paysages etc.

Des sites pourront aussi être aménagés pour la visite des scolaires comme à Limogne en Quercy et à Vaylats où les étudiants se déplacent régulièrement. Cette mise en valeur du patrimoine géologique et son étude, permettront en même temps de valoriser un petit patrimoine rural exceptionnel dans ce département avec ses murets de pierres sèches caractéristiques, ses cazelles, ses puits, ses « lavoirs papillons », ses « lacs de St Namphaise », ses arbres-haies, son architecture typique... C'est en fait tout le patrimoine local, qui sera valorisé dans ce projet, permettant aux habitants de faire découvrir ces exceptionnels lieux de vie tout en contribuant à la vitalité du territoire.

Cet ensemble bénéficiera d'une réglementation somme toute assez faible puisque les seules contraintes importantes seront l'interdiction de la collecte des minéraux et des fossiles ainsi que l'ouverture de nouvelles carrières.



# 1. INTRODUCTION

## 1.1. De la mémoire de la Terre à la mémoire des hommes

L'inventaire du patrimoine géologique réalisé en 2007 dans le département du Lot à permis de mesurer l'exceptionnelle richesse de ce territoire qui compte presque 300 sites inventoriés avec leurs caractéristiques. Ces gisements sont dispersés sur l'ensemble du département avec des noyaux plus importants comme cela est le cas dans le Quercy avec les Phosphatières, dans un tissu humain lui aussi particulièrement riche d'une longue tradition.

Le sol et le sous-sol des causses du Quercy renferme une histoire qui s'étale sur 250 millions d'années d'évolution de la terre et de la vie avec toutes ses variations de climats, de flore, de faune, ... puis la présence de l'homme.

L'histoire de Crayssac remonte à 140 millions d'années et nous livre des scènes de la vie animale à cette époque. On y lit aussi l'évolution des marées, des cycles lunaires et solaires. La surface du Quercy est tout aussi riche de la mémoire des hommes et le visiteur ne peut rester insensible à toute cette mémoire qu'il découvre au détour des chemins.

L'activité des premiers hommes est attestée par quelques sites préhistoriques majeurs où l'artiste laisse les premiers vestiges de son talent avec, par exemple, les gravures de la grotte de Pergouset à Saint Géry (parmi les plus vieilles gravures au monde : 30 000 ans) et les dessins de la grotte de Pech Merle à Cabrerets..

L'époque romaine nous a laissé des aqueducs et des traces de voies de circulation, principalement celle qui reliait Cahors à Rodez, qui ont été réutilisées en partie au cours des siècles et qui se retrouvent aujourd'hui dans le paysage quercynois sous la forme de chemins bien lisibles sur les cartes.

Au fil des siècles l'homme a coupé les bois et développé l'agriculture. Sur ces terrains arides il a dû composer avec la nature, d'abord en libérant ses champs des pierres qui les encombraient, puis en recherchant l'eau si précieuse en terrain calcaire. C'est un travail de tous les jours qui est inscrit maintenant dans le paysage.

Cela se traduit par une architecture caractéristique avec la présence de kilomètres de murs de pierres qui longent les routes et chemins, mais aussi qui délimitent les innombrables parcelles. Lorsque le minéral était trop présent dans les champs et qu'il n'était plus possible de le stocker dans les murets il a fallu construire des pierriers, appelés localement « Cayrous ». Certains de ces murs accueillent des petits abris totalement intégrés dans le paysage, ils permettaient le stockage des outils et la protection des usagers contre la pluie ou le soleil toujours très intense en été.

L'eau étant une ressource essentielle il a fallu construire d'innombrables puits ou des citernes que l'on retrouve couramment dans le paysage. Ils sont parfois creusés sur une couche argileuse imperméable qui empêche l'écoulement du précieux liquide, parfois il ne s'agit que de citernes qui recueillent l'eau des précipitations.

Toutefois certaines réserves d'eau sont taillées directement en pleine roche, en profitant de l'imperméabilité du calcaire lorsqu'il n'est pas fissuré. Une légende quercynoise nous est parvenue à ce sujet : celle de Saint Namphaise. Ce lieutenant de Charlemagne se serait retiré en Quercy où, pour expier ses péchés, il aurait vécu en ermite, creusant ainsi une multitude de points d'eau qui portent son nom « lacs de St Namphaise ».

Toujours en rapport avec l'eau et son usage public, de très nombreux et magnifiques lavoirs ont été construits dans les villages, au bord de maisons de maîtres ou bien simplement en pleine campagne, en profitant du contexte hydrogéologique local que les habitants savaient lire. Dans le secteur de Limogne – Lalbenque, les pierres à laver sont disposées face à face en forme de V, d'où leur nom de « lavoir papillon ».

Enfin, plus tard, le cours du Lot a été aménagé pour la navigation. Des écluses et des chemins de halage, parfois taillés en pleine roche ont été construits, comme cela est le cas face au confluent du Lot et du Célé.

Dans un territoire où l'élément minéral domine, les demeures ont été construites en pierre calcaire donnant aux habitations et aux villages un aspect caractéristique qui fait aujourd'hui la renommée du Quercy. Souvent un pigeonnier, bâti selon la même architecture, vient se placer à côté de la maison du maître des lieux.

Autour des années 1870 c'est le phosphate qui marque le territoire de son empreinte toujours bien visible. De très nombreuses « carrières » sont creusées un peu partout dans le Quercy et livrent de très importantes quantités de ce précieux fertilisant.

Durant les années de « la fièvre des phosphates » les hommes vont se relayer pour creuser le sol et remonter des milliers de tonnes de roche. Quand on visite ces sites aujourd'hui et que l'on découvre les volumes de matériaux transportés, on ne peut qu'être admiratif devant le travail effectué et surtout prendre conscience de sa dureté. Il demandait une résistance physique remarquable et si les accidents mortels sont exceptionnels, il n'en reste pas moins que les risques encourus étaient importants. L'étude de ces très nombreux vestiges nous permet de mieux comprendre comment ces exploitations fonctionnaient. Cela nous permet surtout de garder la mémoire d'un élément essentiel de l'histoire récente du Quercy afin de le transmettre aux générations futures.

Ces anciennes mines à ciel ouvert vont alors se peupler d'une flore et d'une faune d'invertébrés remarquable. En effet elles disposent, en quelques mètres seulement, de conditions extrêmes de vie, passant du soleil, de la chaleur, et d'une grande sécheresse en surface, à la nuit la plus totale, la fraîcheur et une humidité relative de 100% dans les grottes et le sous-sol. C'est tout cela le cadre de vie des habitants du Quercy : un lieu de vie exceptionnel.

Le projet de réserve naturelle nationale, objet du présent dossier, va s'attacher à conserver pour les générations futures un patrimoine géologique exceptionnel en en mettant une partie à disposition du public afin de promouvoir un développement économique local durable. Ce projet n'oubliera pas non plus de tenir compte et de valoriser toute l'histoire humaine qui est liée à ce territoire remarquable du département du Lot

## 1.2. La notion de patrimoine écologique

### 1.2.1. Le patrimoine géologique

Note : Ce document est extrait du « vade mecum » pour l'inventaire du patrimoine géologique. Il a été établi par la Conférence Permanente du Patrimoine Géologique (CPPG) et principalement par la commission « Patrimoine Géologique » de Réserves Naturelles de France, sous la direction de Patrick De Wever, Professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle. La rédaction a été assurée par Yoann Le Néchet (2005 –2006)

La notion de patrimoine naturel mérite dans un premier temps une approche étymologique.

Le patrimoine est décrit comme un “ bien commun d'une collectivité, d'un groupe d'hommes, de l'humanité, considéré comme un héritage transmis par les ancêtres ”. En anglais, il se traduit par le mot heritage : tout objet patrimonial trouve donc son origine dans le passé. Il représente la mémoire de l'évolution humaine et naturelle.

Ce patrimoine existe en second lieu s'il est conservé au présent et transmis aux générations futures. A défaut, il disparaît si cette volonté de partager la connaissance et le savoir faire n'est pas assurée par ses détenteurs. Cette vision, quelque peu réduite à l'essentiel, confère ainsi au patrimoine le sens d'un bien commun, à conserver et à transmettre. Une approche plus humaniste consiste à dire : « nous n'héritons pas la Terre de nos parents, nous l'empruntons à nos enfants » (proverbe Massaï repris par Antoine de Saint Exupéry)..

Partant de ce postulat, la notion de patrimoine naturel fait référence aux biens naturels, constituant en cela la mémoire de la nature. Les objets géologiques faisant partie intégrante de la nature, il en résulte que le patrimoine géologique englobe tous les objets et sites qui symbolisent la mémoire de la terre, à diverses échelles, de l'infra-microscopique à celle du paysage et de différentes natures : fossiles, minéraux, roches, structures sédimentaires et tectoniques, morphologie, cavités naturelles, mines et carrières, volcans etc... Les traces de vie, de structure et les climats anciens, les sols, les sous sols et les paysages passés et actuels sont les témoins de l'histoire de la terre.

### 1.2.2. Terminologies relatives au patrimoine géologique

- Généralités

Rares sont les décisions qui fassent l'unanimité, dans le milieu des sciences de la Terre comme ailleurs.

Concernant le choix du terme géologique pour définir ce patrimoine, il ne faut pas perdre de vue qu'il s'agit d'abord d'un bien à conserver et à transmettre. Le registre est celui du partage des connaissances et de leur conservation au nom de l'humanité, pour les générations futures.

Ainsi, le terme "géologique", utilisé dans l'expression "patrimoine géologique", considère tous les objets (patrimoine ex situ) et sites (patrimoine in situ) relatifs aux disciplines des sciences de la Terre.

Tous ces objets et sites sont les témoins d'un ou plusieurs phénomènes géologiques. Le champ de vision de la géologie inclut donc la paléontologie, la minéralogie, la tectonique, la sédimentologie... Ce terme est donc à prendre dans son acception large.

- Géosite et géotope.

Sur la scène internationale, le terme de « géosite » (geosite en anglais) est le plus souvent usité, notamment par l'IUGS (International Union of Geological Sciences) et l'UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation) .

En Europe, l'Angleterre parle plutôt de sites d'intérêt scientifique spécial (GRAY, 2004) tandis qu'en Espagne le terme géosite est préféré. Par contre l'Allemagne, la Suisse, la Slovénie, l'Italie, le Kazakhstan ou encore l'Autriche sont des adeptes des géotopes. Finalement, le choix d'utilisation d'un de ces termes ne représentant pas ici une préoccupation de premier ordre, il est laissé libre à l'appréciation de chacun.

Quant aux définitions, Grube et Wiedenbeim (1992) soulignent que géotope est employé en ex RDA depuis plus de 30 ans dans le vocabulaire. [...] Il désigne la plus petite étendue d'une unité paysagère. Ce terme est définitivement adopté par la communauté scientifique (1992) qui définit le géotope comme des modelés de surface ou des parties accessibles de la géosphère, limités dans l'espace, présentant un intérêt pour la compréhension géoscientifique de leur environnement.

Pour Strasser et al. (1995), les géotopes sont des portions de territoire dotées d'une valeur pour les sciences de la Terre. Ce terme comprend donc des montagnes, des collines, des vallées, des vallums morainiques, des ravins, des grottes, des phénomènes karstiques, des berges et rivages, des carrières, des gravières, des mines, des portions de routes ou de chemin ou des blocs erratiques, des sites qui portent des informations indiscutables et caractéristiques sur une situation ou un événement que la Terre a connu au cours des temps géologiques ou sur l'histoire de la vie et du climat.

Les géotopes permettent de comprendre l'évolution spatio-temporelle d'une région, la signification des processus superficiels et l'importance des roches en tant qu'élément de l'édification du paysage. Les géotopes, dans ce sens, sont des monuments naturels d'une grande importance, voire même indispensables, aussi bien pour le public que pour la science.

- Géodiversité: un concept qui s'impose

La définition retenue pour la géodiversité est empruntée à Sharples (1995), souvent cité en exemple : elle représente l'ensemble des éléments des sous-sols, sols et paysages qui, assemblés les uns aux autres, constituent des systèmes organisés, issus de processus géologiques.

Cela concerne autant les phénomènes passés de la Terre (traces de vie, d'écosystèmes et d'environnements), observables dans les sous-sols, sols et paysages, que les phénomènes courants actuels (biologiques, climatiques, atmosphériques) qui agissent sur ces mêmes sous-sols, sols et paysages (EBERHARD, 1997).

Les autorités scientifiques et politiques françaises reconnaissant la nécessité de réaliser un inventaire du patrimoine géologique, cela permet de valider le concept de géodiversité, comme équivalent à la biodiversité. La géodiversité n'a cependant pas encore atteint le même statut que la biodiversité : elle est notamment loin d'être connue et reconnue par le "tout public", qui n'y voit pas ou peu d'intérêt. Pour atteindre cet objectif de respectabilité, il est indispensable de considérer la géologie dans ses rapports avec la nature ou la culture, avec lesquels elle interagit continuellement.

Sur ce principe, la notion de géodiversité s'est lentement imposée dans certains programmes internationaux pour la sauvegarde du patrimoine, en tant qu'entité à part entière. Plusieurs initiatives se relaient aujourd'hui sur la scène internationale, européenne ou française pour faire reconnaître concrètement le concept.

La loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, aujourd'hui codifiée, prend pour la première fois en compte dans notre pays, en les mettant au même niveau d'intérêt, le patrimoine naturel qu'il soit « vivant » avec la faune, la flore, les biotopes, ou « mort » avec la géologie et même l'archéologie avec les « premières activités humaines ». On peut parler ici d'unification du patrimoine qui n'est qu'un. C'est en France, à Digne (Alpes de Haute Provence) qu'à été adoptée « La charte de la mémoire de la Terre » (1991)

- Le statut juridique du patrimoine géologique

Etablir un inventaire du patrimoine lui confère une valeur informative, et non juridique. La Loi relative à la démocratie de proximité institue, certes, l'inventaire du patrimoine naturel pour l'ensemble du territoire national, terrestre, fluvial et marin, mais elle n'engage pas forcément de contraintes juridiques systématiques. Par contre, il existe déjà tout un ensemble de mesures de protection juridique adaptables aux éléments géologiques.

Un inventaire exhaustif de ces mesures est apparu nécessaire. En 1989, le Service de la Recherche, des Etudes et du Traitement de l'Information sur l'Environnement (SRETIE) du Ministère de l'Environnement a confié à l'Institut de Droit de l'Environnement de Lyon la mission de définir précisément l'ensemble de ces mesures applicables au patrimoine géologique (CABROL, 1997 ; BILLET, 1997). Réalisée par Philippe BILLET, cette étude a été formalisée dans un premier temps sous la forme d'un rapport, puis intégrée et développée dans le cadre de sa thèse soutenue en 1994 sur La protection juridique du sous-sol en droit français (BILLET, 1994).

En 1998, le Ministère de l'Environnement demande à Ph. BILLET d'élaborer un guide juridique à vocation pédagogique. Ce guide intitulé - La protection du patrimoine géologique – Guide juridique, et publié en 2002 par l'ATEN, sera écrit en étroite collaboration avec la commission patrimoine géologique de Réserves Naturelles de France. Il fait référence à la législation française (Codes, Lois, Décrets, Circulaires...) et aux directives européennes.

Le droit français précise en ces termes le patrimoine : il représente les seuls biens qui sont transmis de génération en génération, que l'on tient de la main du père. Quant à la patrimonialisation d'un élément naturel, elle a pour fonction de le mettre en valeur [...] et d'induire un régime juridique protecteur. [...] Il s'agit de dépasser la propriété en identifiant les éléments ... dont on veut assurer la conservation et la gestion. Ainsi, tous les biens ou les espaces qui vont ainsi être qualifiés de "patrimoine" par le droit de l'environnement vont devoir faire l'objet d'une attention toute particulière [...] de la part de leur propriétaire juridique [...] et de l'ensemble de la collectivité.

Le patrimoine géologique est avant tout un ensemble d'éléments naturels, ce qui permet d'envisager le recours aux mécanismes de protection des espaces naturels dans lesquels il se situe et, plus généralement, aux mécanismes de protection des éléments du patrimoine naturel. Les instruments qui existent ne lui sont pas, dans la plupart des cas, spécialement dédiés, mais leur champ d'application permet de l'englober. Ce patrimoine se rapproche également de l'histoire, et pas seulement parce que la géologie a pour objet de reconstituer l'histoire de la Terre. Certains des éléments qui le composent sont intimement liés à l'histoire de l'Homme, comme les mines anciennes : il est alors possible de mettre en œuvre les mécanismes juridiques qui permettent de garantir sa valeur historique ou de tirer parti de la valeur historique des éléments à proximité desquels il se trouve pour le protéger. (BILLET, 2002)

- Le patrimoine selon l'Unesco

L'Unesco, dans son article 2 de la Convention pour la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel, établie le 16 novembre 1972, a retenu la définition suivante (UNESCO, 1972), pour le caractère naturel du patrimoine :

Aux fins de la présente convention sont considérés comme patrimoine naturel :

les monuments naturels constitués par des formations physiques et biologiques ou par des groupes de telles formations qui ont une valeur universelle exceptionnelle<sup>1</sup> du point de vue esthétique ou scientifique, les formations géologiques et physiographiques et les zones strictement délimitées constituant l'habitat d'espèces animale et végétale menacées, qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science ou de la conservation, les sites naturels ou les zones naturelles strictement délimitées, qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science, de la conservation ou la beauté naturelle.

Et les articles 3 et 4 de préciser :

Art. 3 - Il appartient à chaque Etat partie à la présente convention d'identifier et de délimiter les différents biens situés sur son territoire et visés aux articles 1 et 2 ci-dessus. Art. 4 - Chacun des Etats parties à la présente Convention reconnaît que l'obligation d'assurer l'identification, la protection, la conservation, la mise en valeur et la transmission aux générations futures du patrimoine culturel et naturel visé aux articles 1 et 2 et situé sur son territoire, lui incombe en premier chef. Il s'efforce d'agir à cet effet tant par son propre effort au maximum de ses ressources disponibles que, le cas échéant, au moyen de l'assistance et de la coopération internationale dont il pourra bénéficier, notamment aux plans financier, artistique, scientifique et technique.

Le but de ce texte est de faire reconnaître des sites universellement exceptionnels, et surtout d'assurer leur état de conservation, de les protéger en instaurant un système de gestion adapté. Cette convention est certainement le premier texte officiel à considérer les phénomènes géologiques comme éléments potentiels du patrimoine. Pourtant, il faudra attendre la Déclaration de Digne de 1991, à la valeur informelle, pour que les termes évoqués précédemment fassent partie du vocabulaire plus courant.

---

<sup>1</sup> Définition (UNESCO, 2005) : une valeur universelle exceptionnelle signifie une importance culturelle et/ou naturelle tellement exceptionnelle qu'elle transcende les frontières nationales et qu'elle présente le même caractère inestimable pour les générations actuelles et futures de l'ensemble de l'humanité.



### 1.3. Charte de la mémoire de la terre

Adoptée le 13 JUIN 1991



**Déclaration internationale  
des droits de la mémoire de la Terre**

---

**International declaration  
of the rights of the memory of the Earth**

# Déclaration internationale des droits de la mémoire de la Terre

1 - Chaque Homme est reconnu unique, n'est-il pas temps d'affirmer la présence et l'unicité de la Terre ?

2 - La Terre nous porte. Nous sommes liés à la Terre et la Terre est lien entre chacun de nous.

3 - La Terre vieille de quatre milliards et demi d'années est le berceau de la Vie, du renouvellement et des métamorphoses du vivant. Sa longue évolution, sa lente maturation ont façonné l'environnement dans lequel nous vivons.

4 - Notre histoire et l'histoire de la Terre sont intimement liées. Ses origines sont nos origines. Son histoire est notre histoire et son futur sera notre futur.

5 - Le visage de la Terre, sa forme, sont l'environnement de l'Homme. Cet environnement est différent de celui d'hier et différent de celui de demain. L'homme est l'un des moments de la Terre; il n'est pas finalité, il est passage.

6 - Comme un vieil arbre garde la mémoire de sa croissance et de sa vie dans son tronc, la Terre conserve la mémoire du passé... une mémoire inscrite dans les profondeurs et sur la surface, dans les roches, les fossiles et les paysages, une mémoire qui peut être lue et traduite.

7 - Aujourd'hui les Hommes savent protéger leur mémoire : leur patrimoine culturel. A peine commence-t-on à protéger l'environnement immédiat, notre patrimoine naturel.

Le passé de la Terre n'est pas moins important que le passé de l'Homme. Il est temps que l'Homme apprenne à protéger et, en protégeant, apprenne à connaître le passé de la Terre, cette mémoire d'avant la mémoire de l'Homme qui est un nouveau patrimoine : le patrimoine géologique.

8 - Le patrimoine géologique est le bien commun de l'Homme et de la Terre. Chaque Homme, chaque gouvernement n'est que le dépositaire de ce patrimoine. Chacun doit comprendre que la moindre déprédation est une mutilation, une destruction, une perte irrémédiable. Tout travail d'aménagement doit tenir compte de la valeur et de la singularité de ce patrimoine.

9 - Les participants du 1er Symposium international sur la protection du patrimoine géologique, composé de plus d'une centaine de spécialistes issus de trente nations différentes, demandent instamment à toutes les autorités nationales et internationales de prendre en considération et de protéger le patrimoine géologique au moyen de toutes mesures juridiques, financières et organisationnelles.

Fait le 13 Juin 1991, à Digne, France

## 1.4. Année internationale de la Terre 2007 – 2008 – 2009

Le projet de création d'une réserve naturelle nationale dans le département du Lot était déjà à l'étude au moment même de la célébration de l'année internationale de la terre

### **L'année Internationale de la Terre lancée par l'UNESCO :**

Faire de notre planète une Terre plus sûre, plus saine et plus riche pour ses communautés humaines en utilisant de façon plus efficace les connaissances des 400 000 spécialistes en sciences de la Terre est l'objectif principal de l'Année internationale de la Planète Terre - Géosciences au service de l'humanité - qui sera lancée les 12 et 13 février 2008 à l'UNESCO.

Sous l'égide de Koïchiro Matsuura, Directeur général de l'UNESCO, la manifestation réunira scientifiques de renom, dirigeants de grandes entreprises et décideurs politiques. Ils seront rejoints par des étudiants du monde entier, choisis pour leur créativité sur la base d'un concours géosciences organisé en 2007. Les débats porteront sur trois thèmes : Croissance démographique et changement climatique : défis pour la planète ; Ressources de la Planète : vers un usage durable ? ; Risques naturels : minimiser les risques, maximiser la prévention.

Née d'une initiative conjointe de l'UNESCO et de l'Union internationale des sciences géologiques (IUGS), l'Année internationale de la Planète Terre se déroulera de janvier 2007 jusqu'à décembre 2009. l'année centrale de cette période de trois ans, 2008, ayant été proclamée Année des Nations Unies par l'Assemblée générale de l'ONU.

L'année participe aux objectifs des Nations Unies pour le développement durable en promouvant une utilisation raisonnée des ressources de la Terre et en encourageant de meilleures planifications et gestion en vue de réduire les risques pour les habitants de la Planète. Elle s'efforce d'attirer davantage de jeunes vers les géosciences, d'atteindre le grand public en soulignant l'importance centrale des sciences de la Terre pour notre avenir et d'encourager les décideurs politiques à utiliser les connaissances disponibles pour concevoir leurs politiques nationales.

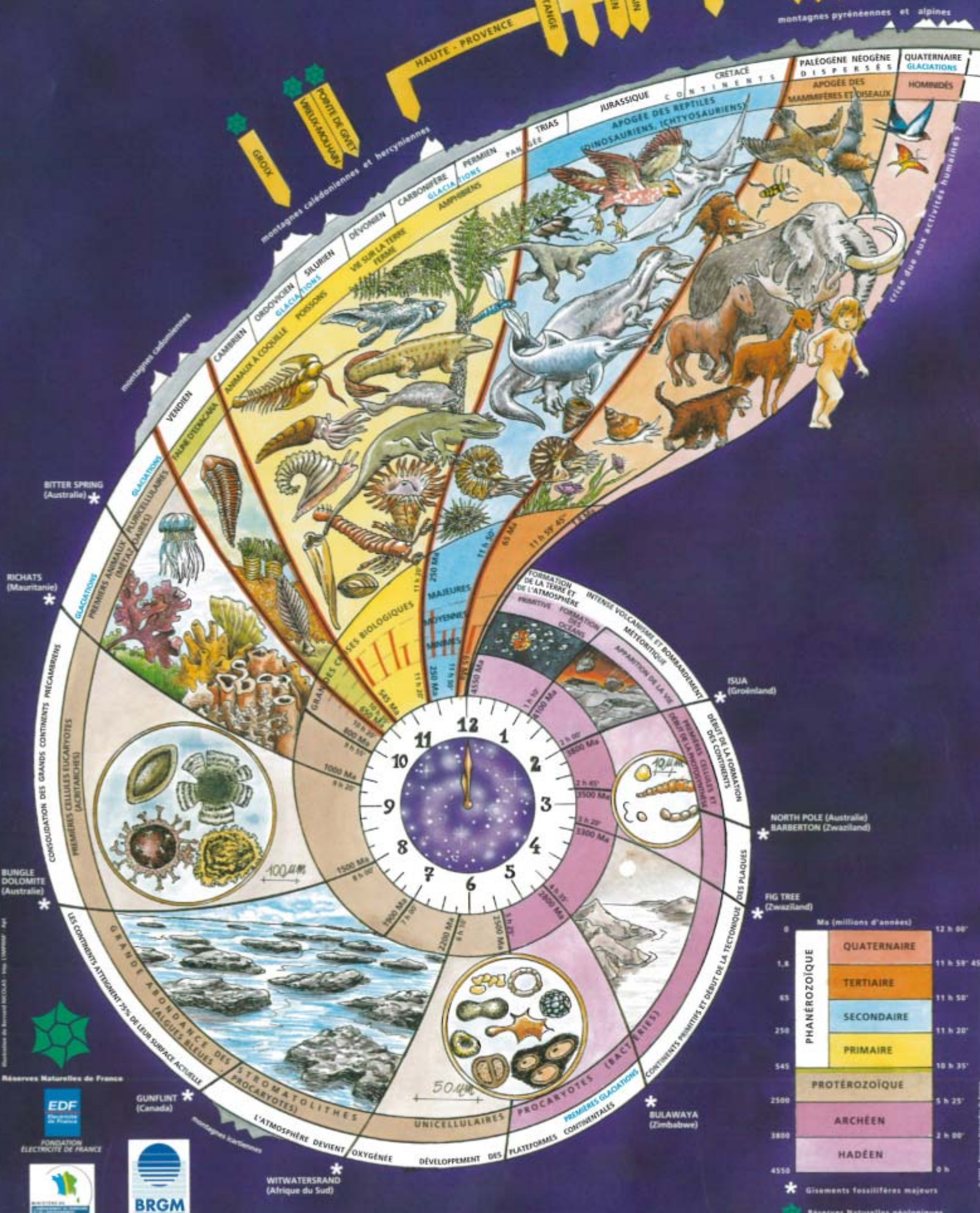
Elle appelle les scientifiques à travailler sur dix grands thèmes particulièrement pertinents pour l'humanité : la santé, le climat, les eaux souterraines, les océans, les sols, les profondeurs de la Terre, les mégaloïdes, les risques naturels, les ressources naturelles et la vie ».

Publié le dimanche 10 février 2008.



# LES TEMPS GÉOLOGIQUES

un tour d'horloge de 4550 millions d'années



TMI 71  
 SAUCATS  
 LUBERON  
 ESSONNE  
 STE-VICTOIRE  
 HAUTE-PROVENCE  
 CAP ROMAIN  
 TOURNAI  
 VERTHAIS

montagnes pyrénéennes et alpines

CRÉTACÉ  
 JURASSIQUE  
 TRIAS  
 PALÉOÈNE  
 NEOÈNE  
 DISPERSÉS  
 APOGÉE DES  
 MAMMIFÈRES ET OISEAUX  
 QUATÉNAIRE  
 GLACIATIONS  
 HOMINIDÉS

CONTINENTS  
 APOGÉE DES REPTILES  
 DINOSAURIENS, ICTHYOSAURIENS

PERMIEN  
 PALEOÈNE  
 CARBONIFÈRE  
 GLACIATIONS  
 AMPHIBIENS

DÉVONIEN  
 SILURIEN  
 OROGÈNE  
 VIE SUR LA TERRE  
 FERME

CAMBRIEN  
 ANIMAUX À COQUILLE  
 POISSONS

VENDEÛN  
 PREMIERS ANIMAUX  
 (BRETKEY)  
 PREMIERS VÉGÉTAUX  
 (BRETKEY)

FORMATION DE LA TERRE ET  
 DE L'ATMOSPHÈRE  
 PRIMITIVE

INTENSE VOLCANISME ET BOMBARDÈMENT  
 APPARITION DE LA VIE  
 PRIMITIVE

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES  
 DÉBUT DE LA GLACIATION

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

DÉBUT DE LA TECTONIQUE  
 DES PLAQUES

Réserves Naturelles de France

Réserves Naturelles de France



GUNFLINT (Canada)



WITWATERSRAND (Afrique du Sud)

BULAWAYA (Zimbabwe)

Gisements fossilifères majeurs

Réserves Naturelles géologiques

© 2007 - Réserve Géologique de France

# les temps géologiques

## UN TOUR D'HORLOGE DE 4550 MILLIONS D'ANNÉES

**E**n 1830, Charles Lyell, un des inventeurs de la géologie moderne, a pu écrire à propos de la Terre : "le résultat de notre enquête est que nous ne trouvons ni vestige d'un commencement ni signe avant-coureur d'une fin". Il venait d'inventer le temps long, le temps de la géologie, pour lequel l'unité de base est le million d'années, noté Ma. Mais on sait aujourd'hui que la terre n'existe pas de toute éternité, et nous connaissons son âge : 4550 Ma, à quelques dizaines de Ma près. Cependant, l'immensité des temps géologiques défie la compréhension ordinaire. Aussi est-il utile de comparer leur durée à une journée de 12 heures. On s'aperçoit alors que 100 Ma correspondent à un gros quart d'heure et que, par exemple, l'Homme moderne, qui est apparu il y a moins de cent mille ans, a fait son entrée en scène une demi-seconde seulement avant midi !

La Terre a bien changé depuis sa prime enfance. En effet, si nous pouvions revenir 4200 ou 4300 Ma en arrière, nous serions confrontés à des conditions extrêmes, de notre point de vue : fréquentes chutes de météorites, volcanisme intense, un océan mondial d'eau chaude (il n'y avait pas encore de continents émergés), une atmosphère riche en gaz carbonique et dépourvue d'oxygène et surtout, aucune trace de vie. Tout a bien changé depuis, notamment avec l'apparition des êtres vivants, d'abord microscopiques et peu variés, puis progressivement de plus en plus complexes et diversifiés, en réponse à l'évolution biologique, qui est une propriété fondamentale du monde vivant. On sait que l'évolution de la Terre, de ses continents et de son climat, a influé sur l'évolution biologique notamment en déclenchant d'importantes crises marquées par des extinctions de nombreuses espèces, suivies par l'apparition d'espèces nouvelles. En retour, les changements du monde vivant ont pu induire des changements dans les conditions de vie de la surface terrestre, en particulier l'apparition d'une atmosphère oxygénée. C'est d'abord cette double évolution, physique et biologique, que nous avons voulu illustrer : les changements indiqués concernant le monde physique sont ceux qui ont interféré avec l'évolution biologique.

Il n'a pas bien sûr été possible de signaler tous les événements physiques ou biologiques importants, il sont bien trop nombreux. De même, il n'est pas possible d'expliquer ici tous les termes employés. Pour tout cela, le lecteur devra consulter des ouvrages de géologie ou interroger les personnes qui savent ces choses. Par exemple, voici deux livres utiles, le premier très général, le second plus spécialisé : S.J. Gould, 1990, Aux racines du temps, Grasset éditeur ; F. Lethiers, 1998, Evolution de la biosphère et événements géologiques, Gordon and Breach Science Publishers. Parmi les endroits où ce savoir peut être rencontré, il faut signaler les Réserves Naturelles géologiques, dont la mission est de préserver des sites géologiques remarquables.

## RÉSERVES NATURELLES DE FRANCE

**E**n France, une douzaine de Réserves Naturelles a été créée spécialement pour la protection du patrimoine géologique : les Réserves Naturelles géologiques. Mais parmi les quelque 150 Réserves Naturelles et les plus de 140 Réserves Naturelles Volontaires existant aujourd'hui, une quarantaine abrite aussi un patrimoine géologique d'un grand intérêt.

Dispersées sur l'ensemble du territoire, les réserves ont pour objectif premier la protection du patrimoine naturel, couvrant des sites aussi diversifiés que les glaciers alpins, les îles bretonnes, les berges de nos grands fleuves... Leur nombre témoigne de la richesse et de la grande variété des milieux naturels de notre pays.

Les Réserves Naturelles sont toutes différentes, elles constituent cependant un réseau cohérent d'espaces qui protègent une part importante des animaux, des plantes, des fossiles, des minéraux et des milieux vivants menacés en France.

Mais les Réserves Naturelles ne sont pas seulement des lieux de préservation et de recherche. Chaque année, elles accueillent plus de 4 millions de visiteurs qui viennent y prendre un "grand bol de nature".

### POUR CONTACTER LES RÉSERVES NATURELLES GÉOLOGIQUES

- Réserve Naturelle géologique François Le Bail  
Ile de Groix  
Rue Maurice Gourong - Le Bourg  
56590 ILE DE GROIX  
☎ 02 97 86 55 97
- Réserve Naturelle géologique du Toarcien  
BP N°160  
79104 THOUARS CEDEX  
☎ 05 49 96 14 01
- Réserve Naturelle géologique de Saucats-La Brede  
17 chemin de l'église  
33650 SAUCATS  
☎ 05 56 72 27 98
- Réserve Naturelle géologique du Cap Romain  
Centre régional d'études côtières  
Station marine  
54, rue Dr Charcot  
14530 LUC SUR MER  
☎ 02 31 36 22 22
- Réserve Naturelle géologique de l'Essonne  
12 route de Lardy  
Domaine de Chamarande  
91730 CHAMARANDE  
☎ 01 60 82 66 66
- Réserve Naturelle géologique d'Hettange-Grande  
Mairie  
57330 HETTANGE-GRANDE  
☎ 03 82 53 10 02
- Réserve Naturelle géologique de Haute Provence  
Quartier Saint-Benoit  
04000 DIGNE LES BAINS  
☎ 04 92 36 70 70
- Réserve Naturelle géologique du Luberon  
60, place Jean Jaurès  
84404 APT CEDEX  
☎ 04 90 04 42 00
- Réserve Naturelle Grotte du TM71  
Mijanes  
09460 QUERIGUT  
☎ 04 68 20 45 38
- Réserve Naturelle géologique de Sainte-Victoire  
DIREN PACA  
BP N°120  
13603 AIX EN PROVENCE CEDEX 1  
☎ 04 42 66 66 00
- Réserve Naturelle géologique de la Pointe de Givet  
DIREN Champagne Ardennes  
44 rue Titon  
51037 CHALON EN CHAMPAGNE CEDEX  
☎ 03 26 64 69 04
- Réserve Naturelle géologique de Vireux-Molhain  
Office national des forêts  
1 rue André Dhôtel  
08098 CHARLEVILLE MEZIERES  
☎ 03 24 33 74 40

POUR EN SAVOIR PLUS



Réserves Naturelles de France, 6 bis, rue de la Gouge, BP-100, 21803 QUETIGNY CEDEX  
E-mail : RNF@espaces-naturels.fr  
www.reserves-naturelles.org

# Échelle des temps géologiques

L'**échelle des temps géologiques** est un système de classement chronologique utilisé, notamment en géologie, pour dater les événements survenus durant l'histoire de la Terre. Les premières échelles des temps géologiques trouvent leur source au XVIII<sup>e</sup> siècle mais prennent une forme de datation précise avec Arthur Holmes, dans les années 1930. Celui-ci publie une première échelle en 1937 et il est aujourd'hui reconnu comme le père de l'échelle des temps géologiques.

Bénéficiant du croisement de plusieurs disciplines scientifiques, celles concernant notamment les techniques de datation, la science de la chronostratigraphie ne cesse de s'enrichir, et les échelles doivent être périodiquement mises à jour, avec des âges numériques donnés avec une précision accrue.

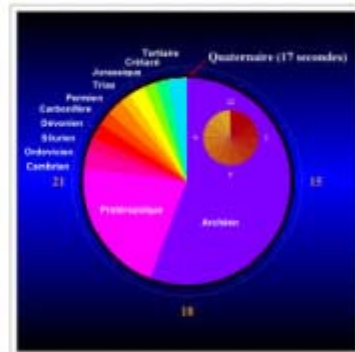
Tous les quatre ans, l'Union internationale des sciences géologiques (UISG) organise le Congrès géologique international dont la 34<sup>e</sup> édition va se dérouler du 2 au 10 août 2012<sup>1</sup> à Brisbane, en Australie. À l'occasion de la tenue de ces congrès, la Commission internationale de stratigraphie, qui dépend de l'UISG, statue officiellement sur la dénomination et le calibrage des différentes divisions et subdivisions des temps géologiques. Ces congrès sont également parrainés par d'autres organismes nationaux, comme la Commission de la carte géologique du monde (CCGM), établie à Paris.

Les dernières échelles publiées intègrent notamment les magnétochrones (inversions du champ magnétique terrestre) et comportent 5 à 6 niveaux et sous-niveaux normalisés. D'anciennes nomenclatures, notamment celles des ères Primaire, Secondaire, et Tertiaire, ont ainsi été abandonnées au profit de subdivisions plus précises et rigoureuses. Les échelles présentées dans cet article sont basées sur les publications de la Commission internationale de stratigraphie.

L'échelle des temps géologiques débute généralement avec l'âge estimé de la Terre, soit plus de 4,6 milliards d'années.



Diagramme de l'Échelle des temps géologiques.

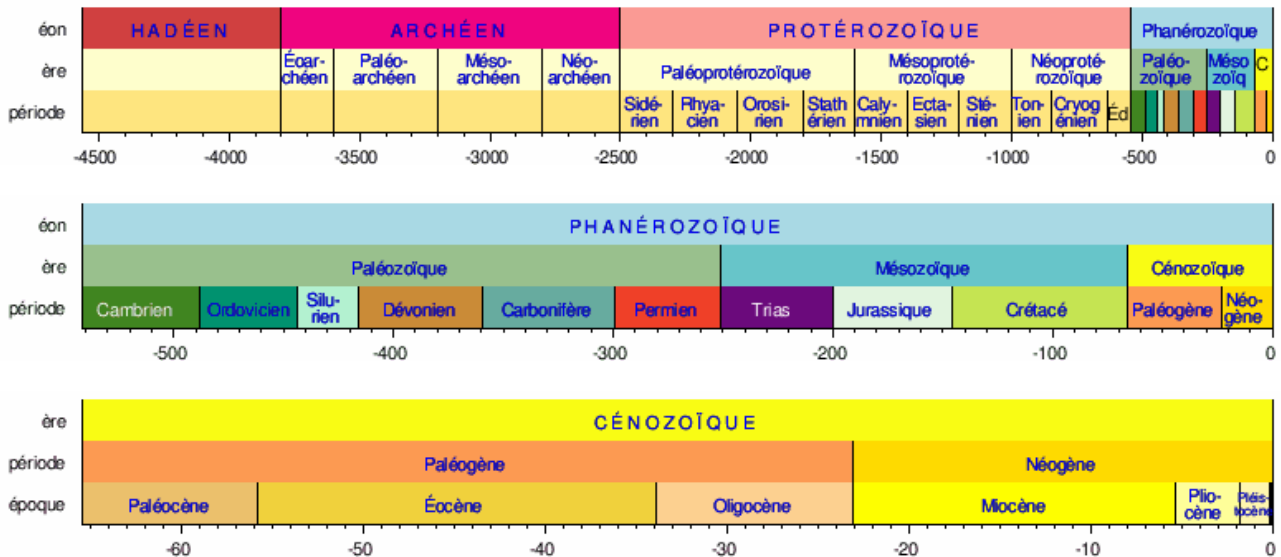


Histoire de la Terre cartographiée en 24 heures.

## Sommaire

- 1 Échelle synoptique linéaire des temps géologiques
- 2 Échelle des temps géologiques

### Échelle synoptique linéaire des temps géologiques



# Échelle des temps géologiques [modifier]

Éon	Ère	Période <sup>2</sup> ou Système	Époque ou Série	Étage	Bornes		Événements majeurs	Fossiles spécifiques	
					Ma <sup>3</sup>	± <sup>45</sup>			
PHANÉROZOÏQUE	CÉNOZOÏQUE	Quaternaire <sup>6</sup>	Holocène	Atlantique	0,011784*	-	Agriculture et sédentarisation		
				Boréale					
			Pléistocène <sup>6</sup>	Tarantien	0,126*	-			Cycles glaciaires dans l'hémisphère Nord ; extinction des mammifères géants ; évolution de l'homme moderne
				Ionien	0,781**	-			
				Calabrien	1,806*	-			
		Néogène	Pliocène	Gélasien <sup>6</sup>	2,588*	-	Séparation de la lignée humaine et de la lignée des chimpanzés		
				Plaisancien	3,600*	-			
			Miocène	Zancléen	5,332*	-			
				Messinien	7,246*	-			
				Tortonien	11,608*	-			
	Serravallien			13,82*	-				
	Langhien			15,97	-				
	Burdigalien	20,43	-						
	Aquitainien	23,03*	-						
	Paléogène	Oligocène	Chatien	28,4	0,1	Nombreuses nouvelles espèces de petits mammifères (cétartiodactyles, rongeurs...).			
			Rupélien	33,9*	0,1				
			Priabonien	37,2	0,1				
			Bartonien	40,4	0,2				
		Éocène	Lutétien	48,6	0,2				
			Yprésien	55,8*	0,2				
			Thanétien	58,7*	0,2				
		Paléocène	Sélandien	61,1*	0,2		Premiers périsso-dactyles, glires, primates...		
			Danien	65,5*	0,3				
			Maastrichtien	70,6*	0,6				
	Crétacé	Supérieur	Campanien	83,5	0,7	Isolement de l'Euramérique ; extinction des dinosaures ; premiers mammifères placentaires.			
			Santonien	85,8	0,7				
			Coniacien	89,3	1,0				
Turonien			93,6*	0,8					
Cénomannien			99,6*	0,9					
Inférieur		Albien	112,0	1,0	Isolement de l'Afrique				
		Aptien	125,0	1,0					
		Barémien	130,0	1,5					
		Hauteriviens	133,9	2,0					
		Valanginien	140,2	3,0					
Démassiens	145,5	4,0							
Jurassique	Supérieur	Tithonien	150,8	4,0	Mammifères marsupiaux, premiers oiseaux ; premières plantes à fleurs.				
		Kimméridgien	155,6**	4,0					
		Oxfordien	161,2	4,0					
	Moyen	Callovien	164,7	4,0	Division de la Pangée				
		Bathonien	167,7*	3,5					
		Bajocien	171,6*	3,0					
		Aalénien	175,6*	2,0					
	Inférieur	Toarcien	183,0	1,5					
		Pliensbachien	189,6*	1,5					
		Sinemurien	196,5*	1,0					
Trias	Supérieur	Hettangien	199,6**	0,6	Premiers dinosaures, mammifères ovipares ; algues calcaires dans les mers.				
		Rhétien	203,6	1,5					
		Norien	216,5	2,0					
	Moyen	Carnien	228,7*	2,0					
		Ladinien	237,0*	2,0					
Inférieur	Anisien	245,0**	1,5						
	Olenekien	249,7**	0,7						
Permien	Lopingien	Indusien	251,0*	0,4	Extinction massive du Permien (90 % des espèces marines, 70 % des vertébrés)				
		Changxing'ien	253,8*	0,7					
	Guadalupéen	Wuchiaping'ien	260,4*	0,7					
		Capitanien	265,8*	0,7					
		Wordien	268,0*	0,7					
	Cisuralien	Roadien	270,6*	0,7					
		Kungurien	275,6**	0,7					
		Artinskien	284,4**	0,7					
		Sakmarien	294,6**	0,8					
	Assélien	299,0*	0,8						
Carbonifère	Pennsylvanien cf. Silésien	Gzhélien (Stéphanien)	303,4	0,9	Insectes géants ; premiers sauropsides (reptiles) ; arbres primitifs de grande taille ; fossilisation importante de matière organique...				
		Kazimovien	307,2	1,0					
		Moscovien	311,7	1,1					
		Bashkirien	318,1*	1,3					
	Mississippien cf. Dinantien	Serpoukhovien	328,3	1,6					
		Viséen	345,3*	2,1					
		Toumaziens	359,2*	2,5					

PALÉOZOÏQUE	Dévonien	Supérieur	Famennien	374,5*	2,6	Crise de la faune marine ; premiers vertébrés terrestres ; premières plantes à graines ; premiers arbres.	Archaeopteris					
			Frasnien	385,3*	2,6							
		Moyen	Givétien	391,8*	2,7			Plantes ligneuses : prêles, fougères...				
			Eifelien	397,5*	2,7							
		Inférieur	Emsien	407,0*	2,8					« Sortie des eaux » : premières plantes terrestres, arthropodes terrestres.	Euryptérides Cooksonia	
			Praagien	411,2*	2,8							
	Lochkowien		416,0*	2,8								
	Pridolien		418,7*	2,7								
	Silurien	Ludlowien	Ludfordien	421,3*	2,6	Prédominance des invertébrés.	Graptolites					
		Wenlockien	Gorstien	422,9*	2,5							
			Homérien	426,2*	2,4							
		Llandoveryen	Sheinwoodien	428,2*	2,3							
			Télychien	436,0*	1,9							
	Aéronien		439,0*	1,8								
	Ordovicien	Supérieur	Rhuddanien	443,7*	1,5			« Explosion cambrienne » : faune de Burgess, premiers chordés	Trilobites, Conodontes			
			Hirnantien	445,6*	1,5							
		Moyen	Katien	455,8*	1,6							
			Sandbien	460,9*	1,6							
			Darmien	468,1*	1,6							
		Inférieur	Dapingien	471,8*	1,6							
Fonien			478,6*	1,7								
Tancredien			488,3*	1,7								
Cambrien	Furongien	Étage 10	492,0	-	Organismes archaïques de classement incertain ; métazoaires bilatériens							faune de l'Édiacarien
		Étage 9	496,0	-								
		Paibien	499,0*	2,0								
	Série 3	Guzhangien	503,0*	-								
		Drumien	506,5*	-								
		Étage 5	510,0	2								
	Série 2	Étage 4	517,0	-								
		Étage 3	521,0	-								
		Étage 2	528,0	-								
	Terreneuvien	Fortunen	542,0*	1,0								
Fin du Précambrien												
PROTÉROZOÏQUE	NÉO	Édiacarien		635*		-	Glaciation Varanger					
			Varangien			650		-				
		Cryogénien	Sturtien			850*		-				
			Tonien			1000*		-				
	MÉSO	Sténien		1200*		-	Formation du continent Rodinia	Acritarches (Pyramimonadales)				
		Ectasien		1400*		-						
		Calymnien		1600*		-						
	PALÉO	Stathénien		1800*		-	Eucaryotes multicellulaires					
			Orosinien			2050*			-			
		Rhyacien		2300*	-							
		Sidérien		2500*	-							
	ARCHEÏEN	NÉOARCHEÏEN <sup>9</sup>		2800	-	Emergence du continent Columbia Premiers eucaryotes ; atmosphère riche en dioxygène O <sub>2</sub> ; Grande oxydation ; couches rouges ; glaciation huronienne	Stromatolites					
			MÉSOARCHEÏEN		3200			-				
		PALEOARCHEÏEN		3600	-							
ÉOARCHEÏEN				4000	-							
HADRIEN						Bactéries ; archées ; photosynthèse (cyanobactéries) ; disparition du méthane CH <sub>4</sub> ; gisements de fer rubané						
						Formation des océans par condensation de l'eau de l'atmosphère composée de N <sub>2</sub> , de CO <sub>2</sub> et de CH <sub>4</sub> ; refroidissement de la Terre ; solidification de la croûte terrestre ; Grand bombardement tardif.						
						4600 -						



## 2. SYNTHÈSE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE DU LOT

Nous allons rappeler ici les grands thèmes de la géologie lotoise grâce aux travaux de Guy ASTRUC (Guy Astruc et Quercy Net, 2003). Le site de Crayssac sera décrit grâce aux résultats obtenus par l'équipe de Jean Michel MAZIN de l'université de Poitiers (aujourd'hui à Lyon). Les phosphatières du Quercy seront présentées grâce aux travaux de l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc et principalement Jean Yves Crochet et Bernard Marandat. N'oublions pas ici « La phosphatière du Cloup d'Aural » et Thierry Pellissié, organisateur des journées Bernard Gèze à Lalbenque les 1, 2 et 3 octobre 2005.

### 2.1. Les Grandes unités géographiques du Lot

Le département du Lot, situé sur la bordure orientale du bassin d'Aquitaine, constitue le piedmont du Massif central. L'âge des terrains formant l'ossature du département s'échelonne du Primaire au Quaternaire (cf. carte géologique). Ce territoire qui ne possède pas d'unité géographique particulière est formé par la réunion de plusieurs terroirs calqués sur les ensembles géologiques. On peut distinguer du NE au SW :

#### 2.1.1. Le Ségala

Le Ségala, au substratum primaire, occupe la marge orientale du département dans les cantons de Latronquière et de Sousceyrac. C'est le prolongement quercynois du Massif Central. C'est ici que se localise le point culminant du Lot à Labastide-du-Haut-Mont (783 m). Ces reliefs appartiennent à l'ancienne chaîne Hercynienne qui depuis l'Irlande traverse la France pour atteindre les confins de l'Europe orientale. Elle est représentée dans le département par un cortège de roches métamorphiques et granitiques qui s'étirent en bandes étroites du SE au NW, selon la direction armoricaine. Les petits bassins de Saint-Perdoux et du Bouyssou comblés par des conglomérats, des grès et des pélites d'âge Stéphanien et Autunien témoignent du démantèlement de la chaîne Hercynienne à la fin du Primaire.

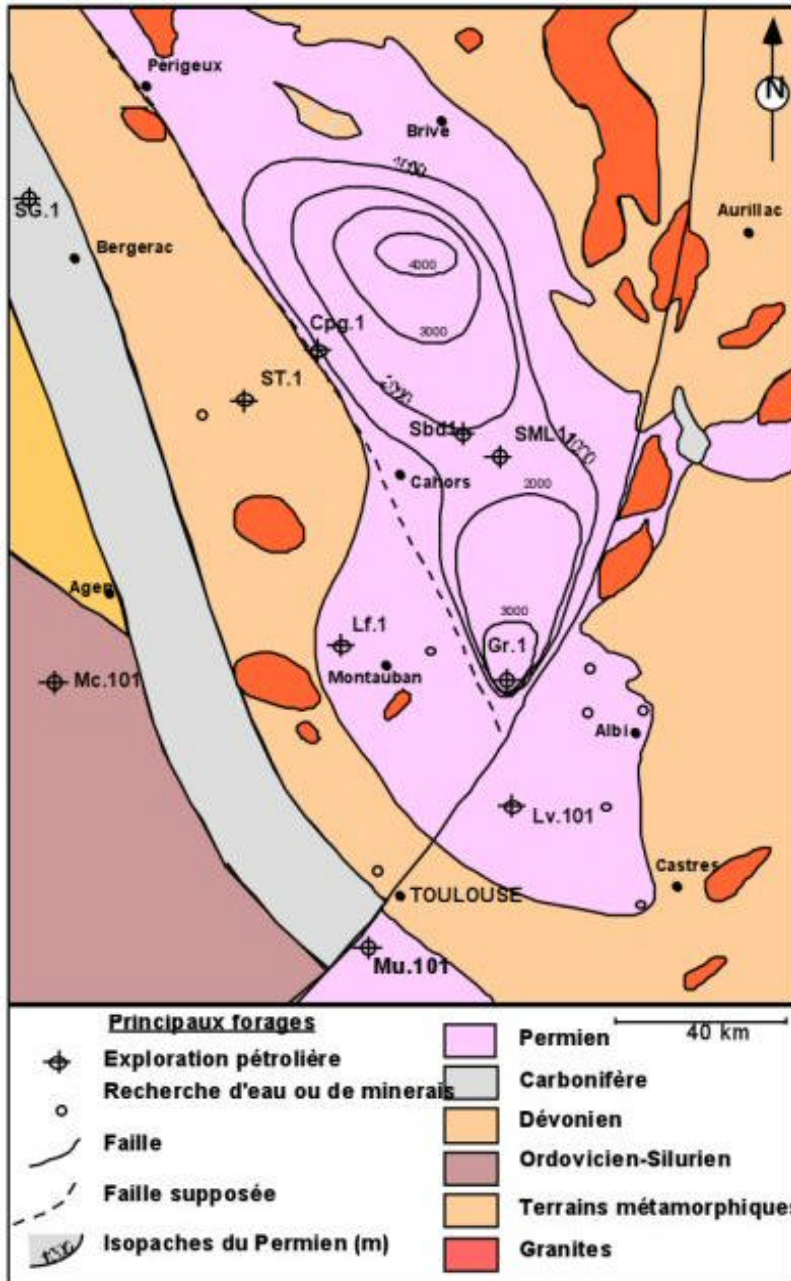
#### 2.1.2. Le Limargue

Le Limargue, aux sols argilo-marneux, calcaires et gréseux liasiques sépare les causses du Quercy du Ségala cristallophyllien. Cette bande étroite de terrain s'étire entre les vallées de la Dordogne et du Lot. Dans les environs de Figeac elle est parfois désignée Terrefort comme dans le Rouergue voisin. (voir la carte au chapitre 221.2 – Inventaire de l'encyclopédie BENNETON )

#### 2.1.3. Les causses du Quercy

Les causses du Quercy forment un ensemble de plateaux calcaires, s'étendent sur environ 8000 km<sup>2</sup>, traversés par les vallées de la Dordogne et du Lot. Celles-ci individualisent, du Nord au Sud, les causses de Martel, de Gramat et de Limogne. Ce dernier, se prolonge en Tarn-et-Garonne, jusqu'au massif de la Grésigne.

Ce sont des reliefs karstiques typiques, tarudés par d'innombrables cloups (dolines) et igues (gouffres). Dans les environs de Flaujac-Gare, Caniac-du-Causse et de Beaugard, on peut compter jusqu'à 30 dolines au km<sup>2</sup>. Les causses sont entaillés par de longues vallées à écoulements épisodiques, telle la vallée de la Dame sur le causse de Gramat ou les vallées de la Valse et de la Joyeuse sur le causse de Limogne. Ici les écoulements sont souvent collectés par des ruisseaux souterrains à l'origine de puissantes émergences comme les sources du Blagour, de l'Ouysse, la Fontaine des Chartreux ou le gour de Lantouy.



LE DEPARTEMENT DU LOT  
A L'ERE PRIMAIRE

Cartographie simplifiée du socle d'âge  
primaire de l'environnement quercynois  
(Cahors est au centre de la carte)

L'entablement calcaire des causses du Quercy, constitué principalement par des calcaires et des dolomies du Jurassique moyen et supérieur, supporte localement des formations superficielles tertiaires, qui donne un caractère propre à chaque cause. Le causse de Martel a piégé, dans de vastes cuvettes, des formations détritiques argilo-sableuses à l'origine de sols fertiles supportant cultures et forêts. Le causse de Limogne est partiellement couvert, aux environs de Bach et de Vaylats, par un important manteau de formations argilo-marneuses tertiaires qui favorise une couverture végétale contrastée. Ce caractère le distingue du Causse de Limogne septentrional, beaucoup plus aride.

A l'ouest de la vallée de la Dame, au voisinage de la vallée du Céou et dans les environs de Cahors, un réseau de combes (vallons), entaille profondément des terrains marno-calcaires kimméridgiens. Entre les combes, les interfluvies sont occupés par de hautes collines convexes, aux versants abrupts souvent encombrés de castines (grèzes). Cette morphologie particulière (downs) caractérise la région comprise entre Payrac et Labastide-Marnhac.



LE QUERCY

Localisation des limites des ères géologiques dans le Quercy (Cahors est situé au centre) de la carte

### 2.1.4. Le Quercy blanc

Le Quercy Blanc, au sous-sol argilo-calcaire (Eocène à Miocène), est caractérisé autour de Lalbenque, Laburgade et Cieurac par des plateaux de calcaires lacustres, crayeux. Les vallées, du Lendou, de la Barguelonne et du Lemboulas, établies dans les marnes oligocènes sont orientées vers le sud-ouest en direction du Tarn et de l'Aveyron. Les coteaux s'étirent alors en lanières étroites et ramifiées appelées serres ; ils sont souvent couronnés par des marnes à bad-lands. La couleur généralement blanchâtre de ces terrains lacustres et palustres est à l'origine du nom de cette région naturelle.

### 2.1.5. La Bourriane

La Bourriane est le prolongement lotois du Périgord Noir. Anciennement, la Bourriane correspondait seulement à une petite seigneurie des environs de Gourdon. Aujourd'hui, les géographes, utilisent ce nom pour désigner un ensemble de micros pays : la Châtaigneraie, le Frau de Lavercantière, et des lambeaux de causses. Le trait commun de cette zone est la présence d'une couverture détritique argilo-sableuse tertiaire nappant des calcaires jurassiques et crétacés intensément karstifiés.

La Bourriane possède une mosaïque de sols, souvent acides dans les vallées et sur les plateaux, toujours calcaires au voisinage des pechs (collines). Cette région est couverte d'une végétation abondante, presque luxuriante, contrastant fortement avec l'aridité des causses.

Les vallées de la Thèze, de la Masse, du Céou et de la Marcillande issues de sources abondantes et pérennes, entaillent les formations crétacées et jurassiques leur conférant un aspect des plus pittoresques.

### **2.1.6. Les vallées de la Dordogne et du Lot**

Les vallées de la Dordogne et du Lot entaillent les causses du Quercy d'Est en Ouest. Tel des rubans déroulés, ces plaines alluviales fertiles et accueillantes contrastent avec l'austérité des pays traversés.

La Dordogne, aux eaux « tumultueuses », a sculpté des méandres qui supportent des terrasses alluviales où se sont installées de nombreuses agglomérations. La vallée très large dans son tronçon liasique, se rétrécit considérablement en aval de Saint-Denis-lès-Martel dans la traversée des calcaires plus durs du Jurassique moyen.

Le Lot, aux eaux domestiquées par les aménagements hydrauliques effectués depuis le Moyen Age pour faciliter la navigation, s'écoule lentement par biefs successifs séparés par des chaussées (petit barrages). Il pénètre dans le département du Lot au pied des falaises de Capdenac-le-Haut et rejoint les plaines de l'Agenais en aval de Soturac ; c'est sur cette commune que se trouve le point le plus bas du département vers 65 m d'altitude.

La basse plaine et les terrasses des vallées de la Dordogne et du Lot, supportent des alluvions aux sols fertiles, qui unies à un climat plus doux et à la présence d'eau dans son sous-sol en font depuis des temps reculés une région à vocation agricole essentiellement réservée à la culture fruitière et maraîchère. Les sols de la basse plaine de la Dordogne sont souvent remaniés par les crues, ils offrent des sols sablo-limoneux profonds, localement caillouteux.

### **2.1.7. Les vallées secondaires**

Les vallées secondaires et les combes entaillent l'ensemble des formations jurassiques crétacées et tertiaires. C'est un réseau de vallées particulièrement dense sur la moitié occidentale du Lot : aux environs de Cahors, de Payrac, en Bouriane et dans le Quercy Blanc. Ces vallons sont généralement parcourus par des ruisseaux souvent secs ou à écoulements épisodiques. Leurs fonds, le plus souvent plats possèdent des alluvions et les versants sont parfois couverts par des colluvions et des castines (grèzes : éboulis cryogénique). Ces dépôts détritiques sont constitués d'éléments issus de l'érosion des formations lithologiques voisines et transportés par les ruisseaux sur de courtes distances. Lorsque les vallées sont établies dans des calcaires, les alluvions sont composées de galets calcaires, mal roulés, souvent plats, emballés dans une matrice argilo-silteuse ; dans les vallons du Limargue et du Quercy Blanc, les alluvions nourries par le colluvionnement des argiles et des marnes du Lias supérieur et de l'Oligocène sont plus argileuses. Les sols de ces fonds de vallées et vallons sont généralement limono-argileux avec des lithosols à la base des versants, souvent hydromorphes et tufacés en aval des sources karstiques. Sur les versants, les sols de grèzes (castines), profonds, à l'horizon blanc enrichi en calcaire, à faible pourcentage sont généralement instables et couverts de végétation calcicole (noisetier et buis).

### **2.1.8. Les phénomènes karstiques**

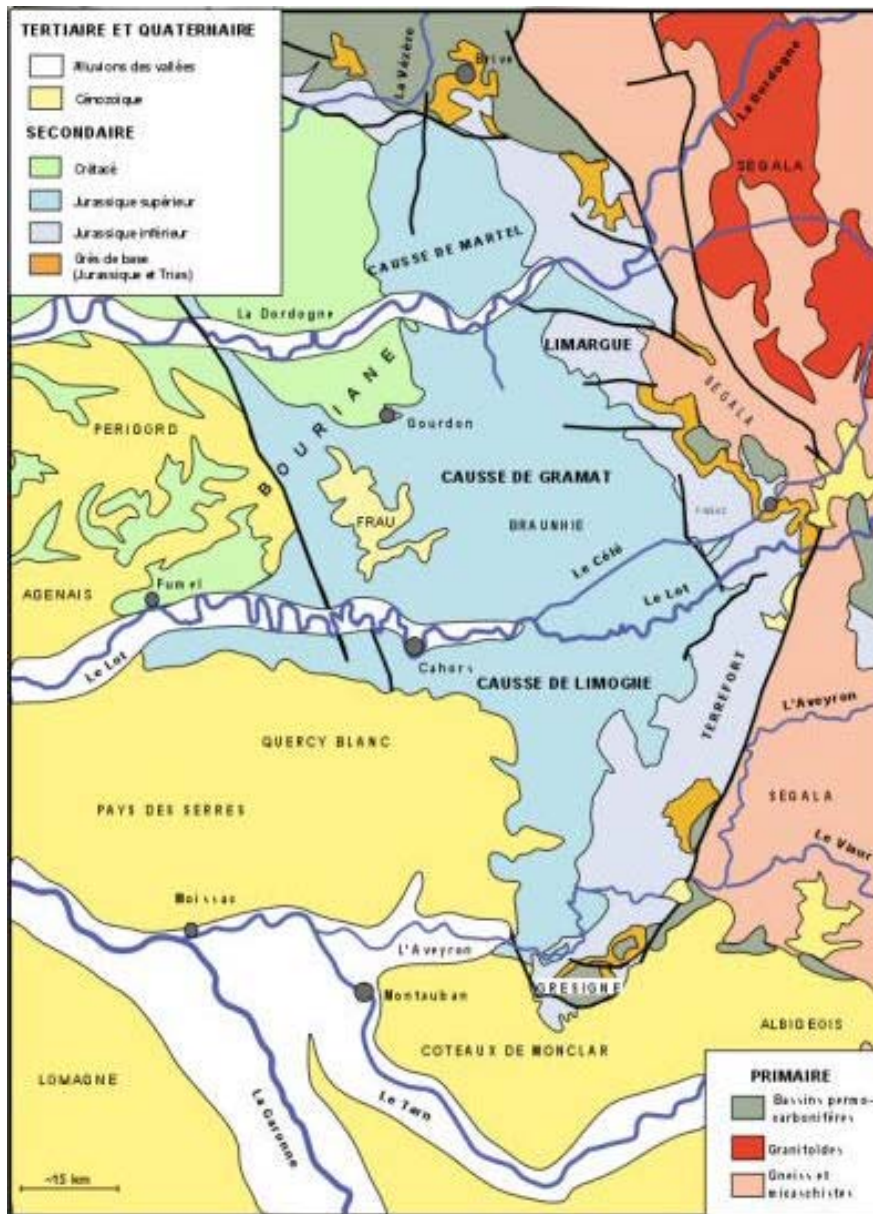
Le Quercy est certainement le lieu privilégié pour l'exploration et l'étude du karst . En effet, l'histoire géologique de cette région montre que les terrains carbonatés jurassiques ont été soumis à l'érosion et à la dissolution pendant des périodes d'émersion qui ont duré plus de 80 Millions d'années, au Crétacé inférieur et au Tertiaire. Pendant ces longues périodes émerives, les autres régions françaises ont été protégées des érosions-dissolutions par enfouissement dans les bassins sédimentaires et les géosynclinaux, alors que sur les massifs anciens (Bretagne, Massif central, etc.), les réajustements orogéniques ont provoqué une érosion quasi continue sur des sédiments jurassiques ou crétacés d'épaisseur réduite.

Sur la quasi-totalité du Quercy, les phénomènes karstiques sont nombreux et variés. On peut les classer d'après leur histoire en 3 ensembles :

- les paléokarsts stricto sensu (Paléocène à Miocène inférieur, Plio-Quaternaire), cavités entièrement colmatées, pénétrables par l'homme seulement à la suite d'une exploitation du remplissage (sables, argiles, argiles phosphatés, etc.) ;

- les cavités héritées, dont le remplissage a été partiellement déblayé, éventuellement pénétrable par l'homme, avec ou sans circulation d'eau.

- les cavités récentes (Quaternaire post-Mindel), souvent pénétrables par l'homme, avec ou sans circulation d'eau.



Cartographie simplifiée des ères tertiaires et quaternaires dans le Quercy

A la fin du Miocène, l'exhaussement du Massif Central a créé sur les causses des conditions nécessaires aux processus de karstification. Des phases de creusement successives se sont échelonnées sur 7 Millions d'années. Le réseau hydrographique aérien a peu à peu creusé les vallées dans la périphérie des causses. Un certain nombre d'écoulements sont devenus alors quasiment souterrains.

Sur sa bordure orientale des causses, les ruisseaux issus des formations liasiques imperméables (Limargue et Terrefort) disparaissent entièrement dans des pertes établies au contact des calcaires : Réveillon, Saut de Pucelle, Thémines, Théminettes, Assier, Martiel, Laramière, etc.. à l'exception de l'Alzou qui conserve une faible activité temporaire en aval de Gramat.

L'examen des hydrogrammes indique une évolution différenciée du régime des grosses émergences des causses de Martel, Gramat et Limogne et celles localisées dans la vallée du Lot en aval de Cahors (les Chartreux, Source Bleue) qui sont alimentées partiellement par le Lot et semi-captives sous le toit des marnes du Kimméridgien supérieur.

Les causses du Quercy, constituent un fluvio-karst remarquable. Si les vallées sèches occupent largement le paysage à l'ouest, en entaillant sur plusieurs dizaines de mètres la masse calcaire, elles deviennent dans leur partie amont plus difficilement repérables, compte tenu de la désorganisation opérée postérieurement par des centaines de dolines.

Des dolines géantes jalonnent le cours souterrain de l'Ouyse (dolines-puits des Besaces et Vitarelles) et de la fontaine des Chartreux (dolines-puits : de Saint-Circe et d'Aujols).

Les ouvalas (regroupement de dolines) occupent des secteurs bien précis des causses de Martel (Baladou et les Landes basses), de Gramat (les Cloups, les Aspes et Rhodes), du causse de Limogne (Pasturat et Berganty) et les nombreux lapiés, dont les plus remarquables sont situés dans la Braunhie, sont les témoins d'une intense karstification.

Les paysages karstiques des trois causses lotois sont différenciés ; ainsi les causses de Martel et de Limogne ont conservé un important manteau de formations argilo-marneuses tertiaires alors que la plupart de ces formations ont été enlevées par l'érosion sur le causse de Gramat lui conférant ainsi une aridité plus accentuée et masquant moins les formes exokarstiques (caractérise les formes superficielles du karst, doline, lapiaz, ouvalas, etc.).

### **2.1.9. L'Hydrogéologie**

Dans le département du Lot, on peut déterminer deux catégories de réservoirs aquifères correspondant à des ensembles lithologiques différenciés :

- des réservoirs souvent profonds à porosité de fissures et de chenaux karstiques dans les calcaires : Lias inférieur, Jurassique moyen et supérieur, des calcaires crétacés et oligocènes ;
- des réservoirs à porosité d'interstices dans les alluvions récentes des vallées de la Dordogne, du Lot et des vallées secondaires, dans la frange d'altération des roches grenues du Ségala et dans les altérites sableuses issues du crétacé de la Bouriane.

Ces réservoirs sont captés pour l'alimentation en eau potable, par pompage dans les sources karstiques et par des puits dans les formations alluviales et les altérites.

Le Jurassique moyen et supérieur renferme un aquifère karstique multicouche (cf. Carte Géologique du Quercy), scindé en trois par la matrice argilo-marneuse des brèches à cailloux noirs de Vers et les faciès argileux de la formation de Cajarc. Il est limité au « mur » par les marnes toarciennes et au « toit » par les marno-calcaires de la formation de Francoulès (Kimméridgien). Des drainances intercouches peuvent localement se produire à la faveur de la fracturation ou de la réduction d'épaisseur des faciès argilo-marneux. Le corps sédimentaire correspondant, très épais, affleure largement : il forme les causses du Quercy. A partir d'une zone d'alimentation localisée à l'est du méridien de Cahors, ce réservoir s'enfoncé progressivement vers le Nord-Ouest, sous les séries argilo-marneuses jurassico-crétacées et tertiaires de son toit, pour constituer un aquifère captif exploité par forages dans l'Agenais (80 kilomètres à l'Ouest).

La source Bleue de Soturac-Touzac et la Fontaine des Chartreux à Cahors, sont des exutoires locaux de ce réservoir. Sur la périphérie des causses lotois, il y a de nombreuses sources karstiques, parfois utilisées pour les adductions d'eau potable. Les trois plus remarquables d'entre elles sont : les sources de l'Ouysse (causse de Gramat), la fontaine des Chartreux (Cahors) et la Source Bleue (Soturac-Touzac) qui ont chacune un débit d'étiage supérieur à 1 m<sup>3</sup>/seconde.

### **2.1.10. Ressources du sous-sol**

Globalement, les ressources minérales sont réparties sur l'ensemble du territoire départemental. De nombreuses substances minérales ont été anciennement exploitées, mais seuls les phosphates de chaux du causse de Limogne, le gisement de plomb-zinc de Figeac et le fer de «Bouriane» ont fait l'objet d'une importante exploitation minière à la fin du XIX<sup>ème</sup> et au XX<sup>ème</sup> siècle.

Actuellement les principales substances minérales exploitées sont localisées essentiellement dans les terrains sédimentaires. L'inventaire ci-dessous présente les principales ressources actuellement en cours d'exploitation :

- Les roches dures exploitées en carrière, utilisées essentiellement après concassage comme granulats pour la fabrication du béton et la viabilité des voies de communication. Les plus exploitées sont les calcaires jurassiques et dans une moindre mesure, les calcaires plus tendres crétacés et tertiaires. Aux alentours de Figeac une carrière exploite des roches métamorphiques primaires.

- Les calcaires en dalles du Tithonien sont activement exploités, le gisement le plus connu, est celui de Crayssac qui fournit « la pierre de Cahors » ou « la pierre du Lot » utilisée principalement pour le dallage. Entre les niveaux exploités pour le dallage, les parties les plus massives du gisement sont utilisées comme pierre à bâtir et pour la fabrication de cheminées.

- Les galets et graviers de quartz oligocènes sont exploités aux environs de Saint-Denis-Catus et Lavercaillère, soit comme sable pour le béton et la viabilité, en substitution partielle de celui des vallées du Lot et de la Dordogne, soit en exploitant spécifiquement les galets de quartz purs à destination de l'industrie des ferro-alliages.

- Les castines (grèzes) qui forment des accumulations importantes aux pieds des versants, abondent dans toutes

les vallées dans la périphérie des causses. Ces cailloutis sont activement exploités sur toutes les formations calcaires. Ils ne constituent qu'un matériau médiocre réservé à l'empierrement des chemins.

- Les argiles kaoliniques, utilisées pour la céramique, sont localisées dans des remplissages karstiques en plusieurs points de l'ouest du département, actuellement ces gisements semblent épuisés, et ne donnent lieu qu'à quelques grattages éphémères.

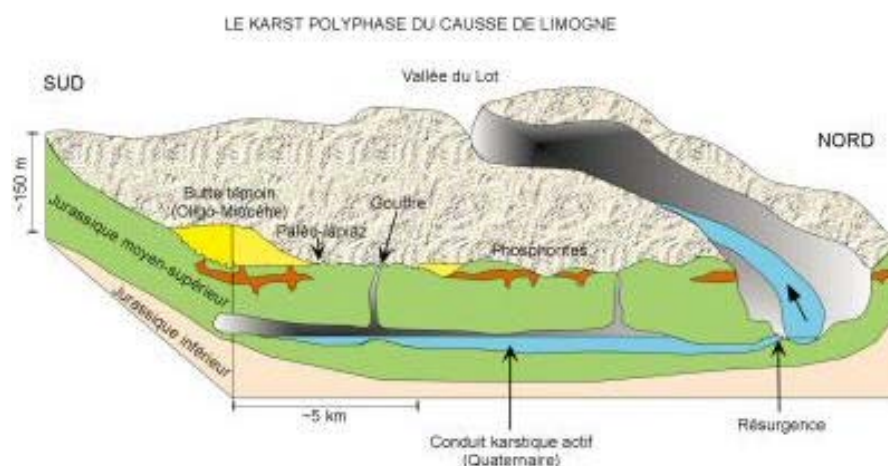
- Deux sources minérales sont exploitées : les eaux sulfatées sodiques d'Alvignac-Miers et les eaux bicarbonatés calciques de Saint-Martin-le-Redon.

### 2.1.11. Les phosphorites du Quercy :

Ce paléokarst exceptionnel se localise au Sud-Ouest du Quercy, principalement sur le causse de Limogne. Ce sont des conduits karstiques qui ont été partiellement vidés de leurs remplissages, pour l'extraction d'argiles phosphatées utilisées pour fertiliser les sols. Les remplissages des " poches " à phosphorites montrent une prédominance de la kaolinite dans les argiles à pisolites (goethite) du Breton, alors que le remplissage de Garouillas, caractérisé par des illites avec de rares pisolites, est très semblable à la molasse palustre oligocène.

Les fouilles récentes effectuées par les paléontologistes montrent que les phosphorites du Quercy sont un laboratoire extrêmement riche qui permet de déchiffrer l'évolution, en particulier des mammifères, au cours de l'ère Tertiaire.

Ces fouilles révèlent que les faunes extraites des remplissages s'échelonnent sur une période supérieure à 22 millions d'années, de l'Éocène inférieur au Miocène inférieur, la spécialisation faunique de chaque cavité et le passage d'un climat tropical humide à l'Éocène à un climat à aridité croissante au cours de l'Oligocène.



*Le karst polyphasé du causse de Limogne*

La figure ci-dessus montre les relations entre la paléosurface du causse de Limogne, où subsistent encore quelques buttes témoins de sédiments tertiaires, le karst des phosphorites (figuré en rouge), et le karst quaternaire actif qui alimente les résurgences et exurgences de la vallée du Lot.

La morphologie du paléokarst des phosphorites du Quercy a été décrite par B. Gèze et Y. Billaud. Les anciennes exploitations montrent des portions de réseaux de conduits, parfois labyrinthiques, éléments d'un vrai karst hypogé. Les galeries (drains horizontaux) sont de taille variable, parfois vastes (10 mètres de diamètre), tronquées par l'érosion quaternaire, elles donnent ce qui était appelé " filon " par les anciens carriers. Les puits (drains verticaux) sont généralement de section allongée ils peuvent atteindre 60 mètres de profondeur. Les microformes observables sur les parois (banquettes, anastomoses, coupoles,..) montrent une évolution en régime noyé.

### 2.1.12. Le karst "plio-quaternaire"

A la fin du Miocène, l'exhaussement du Massif Central a créé sur les causses des conditions nécessaires aux processus de karstification. Des phases de creusement successives se sont échelonnées sur 7 Ma. Le réseau hydrographique aérien a peu à peu creusé les vallées dans la périphérie des causses. Un certain nombre d'écoulements est devenu alors quasiment souterrains.

Sur sa bordure orientale des causses, les ruisseaux issus des formations liasiques imperméables (Limargue et Terrefort) disparaissent entièrement dans des pertes établies au contact des calcaires : Réveillon, Saut de Pucelle, Thémines, Théminettes, Assier, Marciel, Laramière, etc.. à l'exception de l'Alzou qui conserve une faible activité temporaire en aval de Gramat.

Les causses du Quercy, constituent un fluvio-karst remarquable. Si les vallées sèches occupent largement le paysage à l'ouest, en entaillant sur plusieurs dizaines de mètres la masse calcaire, elles deviennent dans leur partie amont plus difficilement repérables, compte tenu de la désorganisation opérée postérieurement par des centaines de dolines.

Des dolines géantes jalonnent le cours souterrain de l'Ouyse (dolines-puits des Besaces et Vitarelles) et de la fontaine des Chartreux (dolines-puits : de Saint-Cirice et d'Aujols).

Les ouvalas (dépression fermée assez vaste, formée par la coalescence de plusieurs dolines) occupent des secteurs bien précis des causses de Martel (Baladou et les Landes basses), de Gramat (les Cloups, les Aspès et Rhodes), du causse de Limogne (Pasturat et Berganty) et les nombreux lapiez, dont les plus remarquables sont situés dans la Braunhie, sont les témoins d'une intense karstification.

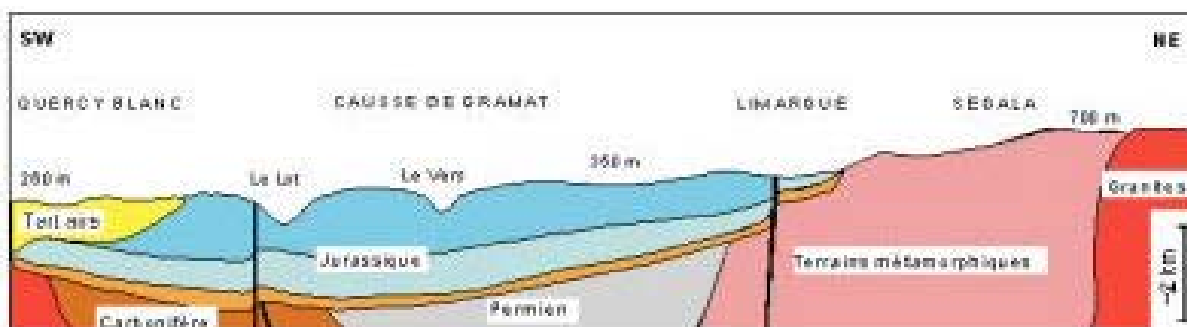
Les paysages karstiques des trois causses lotois sont différenciés ; ainsi les causses de Martel et de Limogne ont conservé un important manteau de formations argilo-marneuses tertiaires alors que la plupart de ces formations ont été enlevées par l'érosion sur le causse de Gramat lui conférant ainsi une aridité plus accentuée et masquant moins les formes exokarstiques (caractérise les formes superficielles du karst, doline, lapiaz, ouvalas, etc..).

Devant un tel ensemble patrimonial il était nécessaire de réaliser un inventaire du patrimoine géologique lotois et de hiérarchiser les priorités. C'est ce qui a été fait dans un premier temps avec les phosphatières du Quercy en 1990 (Association : ASPROGEO), puis dans un second temps avec l'inventaire des sites géologiques remarquables de ce département en 2003 (Guy Astruc)

## 2.2. Cadre géologique structural

Au point de vue de la tectonique, le Quercy est situé sur deux unités structurales : le Ségala et la Grésigne qui appartiennent au Massif Central et le Limargue, les causses, la Bouriane, le Quercy Blanc, le Pays des Serres et les Coteaux de Monclar qui sont inclus dans le bassin Aquitain.

Le Ségala porte les stigmates des anciens plissements qui donnèrent naissance à la fin de l'aire primaire à la chaîne de montagne hercynienne. Celle-ci couvrit une grande partie de l'Europe et de l'Afrique du Nord. La structuration de ces roches c'est effectuée à grande profondeur comme nous le montre la schistosité et les auréoles métamorphiques autour des intrusions granitiques.



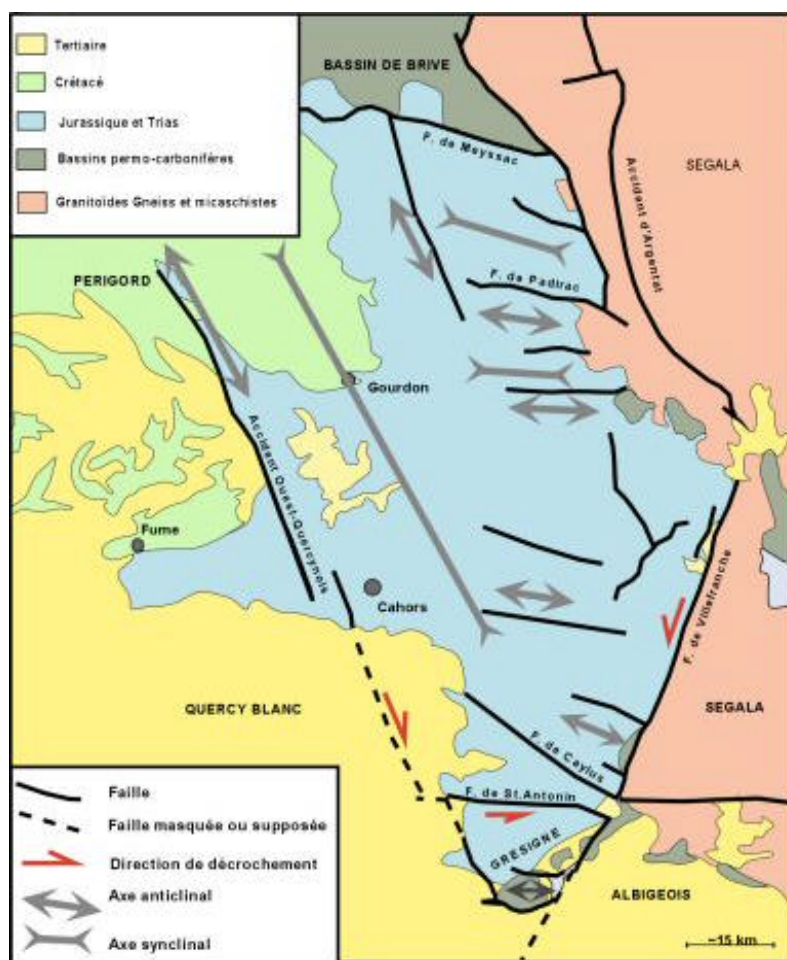
Coupe géologique du Quercy Lauzerte-Latronquière

Le reste du Quercy est situé sur le flanc nord-est du vaste synclinorium Charentes-Quercy, d'axe NW.-SE., affecté d'ondulations de deuxième ordre. Cette structure majeure est limitée au sud par le dôme de la Grésigne, à l'ouest par l'antiforme (ensemble de déformations anticlinales) de Montauban-Moissac et par les dômes jalonnant l'accident Ouest-quercynois (Vaste couloir de déformations, matérialisé par des failles N140 160E, traversant le Quercy occidental et se prolongeant en Périgord), au nord-est par la remontée du Jurassique à l'approche du socle cristallophyllien du Massif Central dans le secteur de Figeac - Saint-Céré - Terrasson et à l'est par la faille de Villefranche.

Les éléments structuraux observés dans le Quercy s'intègrent dans le cadre tectonique de la plate-forme nord-aquitaine, où les sédiments ont subi un enfouissement assez faible, estimé à 1500 m dans la vallée du Lot, pour le sommet du Bajocien (Kafa,1988), traduit par un style tectonique cassant. Les événements tectoniques sont commandés par les rejeux du socle hercynien induits par les mouvements des plaques ibérique et eurasienne.

Les changements de faciès et de puissance des sédiments du Jurassique inférieur (Hettangien à Carixien), de part et d'autre de failles à rejeu tertiaire, sont les manifestations syngénétiques de la distension liasique E-W sur la bordure nord orientale du Bassin Aquitain (Bonijoly et Lefavrais Raymond, 1989).

Les variations brutales d'épaisseur, voire la disparition de certains des membres ou formations du Dogger (les calcaires oolitiques et graveleux de Larnagol, les calcaires cristallisés de Saint Chels et les calcaires micritiques de Vers) sur les flancs de l'anticlinal de Saint-Martin-Labouval, les brèches bajociennes de Pongens (Miers) à proximité de la faille de Padirac et l'absence de sédiments cénomaniens sur les structures anticlinales de Sauveterre-la-Lémance et de Campagnac les Quercy témoignent d'une instabilité à proximité de ces structures au Jurassique moyen et au début du Crétacé supérieur. La localisation du "golfe" portlandien Charentes-Quercy (Delfaud et Gottis, 1966) indique que la restructuration du synclinorium a commencé à la fin du Jurassique.



LA TECTONIQUE DANS LE QUERCY

Structure tectonique simplifiée du Quercy (Cahors est au centre de la carte)



# 3. INVENTAIRE DU PATRIMOINE GEOLOGIQUE LOTOIS

## 3.1. Les premiers inventaires du patrimoine géologique

### 3.1.1. Inventaire des phosphatières du Lot

En 1990 la DRAE (aujourd'hui la DIREN, puis la DREAL) a commandé à l'Université de Montpellier l'inventaire de phosphatières du Quercy qui a été terminé en 1994.

Pour la première fois en France l'intérêt des sites géologiques était hiérarchisé de façon très précise dans les fiches de saisie afin de distinguer les gisements d'intérêt international, européen, national, régional, départemental, en les classant de 5 à 1 étoiles.

Un nombre important d'anciennes exploitations ne comportent plus de faune aujourd'hui, elles n'ont donc pas été reprises dans ces inventaires concernant l'intérêt paléontologique seul, même si d'autres thèmes patrimoniaux sont présents (géomorphologie, archéologie industrielle...). Ce premier travail est donc incomplet puisqu'il ne prend en compte que l'un des aspects du patrimoine géologique : la paléontologie.

Le bilan des sites encore aujourd'hui fossilifères s'établit donc de la manière suivante :

Département	Nombre gisements	Nb de sites à 5 étoiles	Nb de sites à 4 étoiles	Nb de sites à 3 étoiles	Nb de sites à 2 étoiles	Nb de sites à 1 étoile
Lot	51	3	19	13	15	1
Tarn et Garonne	31	2	13	3	8	5
TOTAUX	82	5	32	16	23	6

Les sites comportant 5 étoiles correspondent à : « Gisements comportant une faune servant de référence internationale d'après le symposium de Mayence en 1987 » (5 sites) (Intérêt international).

Les sites comportant 4 étoiles correspondent à : « Gisements comportant une faune abondante dont les populations ont servi à définir de nouvelles espèces de vertébrés de l'ère tertiaire » (32 sites) (Intérêt international à européen).

Les sites comportant 3 étoiles correspondent à : « Gisements comportant une faune relativement abondante (plus de 10 espèces) permettant d'établir sa position dans l'échelle stratigraphique » (16 sites) (Intérêt national).

Les sites comportant 2 étoiles correspondent à : « Gisements comportant une faune peu abondante permettant toutefois une datation précise » (23 sites) (Intérêt régional).

Les sites comportant 1 étoile correspondent à : « Gisements comportant quelques éléments faunistiques non caractéristiques et ne permettant pas d'établir une datation précise » (6 sites) (Intérêt départemental à local).

Seuls les sites marqués 5, 4 et 3 étoiles présentent un patrimoine important et demandent en fait à être pris en compte dans le cadre d'une protection réglementaire.

Il faut indiquer que les études ou fouilles paléontologiques effectuées sur ces gisements peuvent largement contribuer à modifier la valeur de son intérêt. Un site qui est aujourd'hui d'intérêt local peut ainsi après étude s'avérer être un site majeur après une campagne de recherches.

Pour chaque site retenu pour ce dossier une visite de terrain a permis de réaliser un relevé GPS qui a ensuite été transféré sur « la BD Orhto » de l'Institut Géographique National et sur le « Scan 1/25 000 » du même institut.

Les cadastres correspondants ont ensuite été superposés aux précédents relevés afin d'obtenir le maximum de précision sur la propriété foncière du site paléontologique. Nous sommes en effet situé souvent dans des zones très boisées ne possédant pas de limites parcellaires bien visibles. La précision des relevés par GPS sur le terrain est dans les faits toujours inférieure à 5 mètres.

Les pointages effectués sur des zones caractéristiques (carrefours, puits etc...) permettent de vérifier que, dans le cadre de bonnes conditions de dégagement, la précision réelle descend en fait à moins de deux mètres, ce qui est remarquable puisque le site mesure très souvent plus de 10 mètres carrés.

### **3.1.2. L'inventaire minéralogique du BRGM (1982)**

L'inventaire minéralogique des départements du Lot et du Tarn et Garonne a été réalisé par R. Pierrot, G. Poulou, C. Laforet, F. Pillard et publié par le BRGM dans le fascicule n°10 de l'inventaire minéralogique de la France.

Comme son nom l'indique il s'agit bien d'un inventaire minéralogique et non d'un inventaire patrimonial. Il a donc fallu reprendre tout ce travail, le rentrer dans la base de données GEOTOPE et rechercher les sites qui pourraient éventuellement s'inscrire dans le cadre d'une protection de type réserve naturelle ou autre.

### **3.1.3. Inventaire pour l'encyclopédie BENNETON (mai 2000 et avril 2006)**

Nous reprendrons ici les principaux sites retenus dans le travail de Guy Astruc pour cette encyclopédie.

La source Bleue (Touzac et Soturac). Très belle résurgence localisée sur une faille traversant le Lot. L'eau jaillit sur les deux rives et dans le lit mineur de la rivière. Cette source draine un bassin versant situé principalement au sud de la vallée du Lot.

Le moulin de Floressas. Des grès rouges affleurent à la base de la colline supportant le moulin à vent de Floressas. Il s'agit de paléo latérites témoins du climat tropical humide qui régna dans cette région au début du Tertiaire.

La grotte de Roland (Montcuq). Cette cavité, ouverte au public, est ornée de concrétions. Elle est creusée dans des calcaires lacustres tertiaires.

Les carrières de la Pierre du Lot (Crayssac). Elles exploitent activement les calcaires en plaquettes et petits bancs du Jurassique supérieur pour pierres de parement et dallages. La surface des bancs permet d'observer de très belles figures sédimentaires (fentes de dessiccation, ripple-marks, traces de gouttes de pluie...) et de magnifiques empreintes de dinosaures, de tortues, de crocodiles...

Les chaos de Roquebert (Castelfranc). De très gros blocs de grès quartzitiques sont éparpillés sur le plateau. Longtemps confondus avec des mégalithes protohistoriques, ils proviennent en réalité de paléosols d'âge éocène démantelé par érosion. Certains de ces blocs pèsent plus de 200 tonnes.

Les phosphatières du Quercy d'après l'inventaire de 1994 (J.Y. Crochet – B. Marandat)

Le méandre de la Pistoule (Luzech). Ce superbe méandre présente un lobe de 5 km de pourtour et un pédoncule réduit à moins de 100 m de largeur. Il est encaissé dans des calcaires et marnes jurassiques.

La source de Ladoux (Les Arques). Cette belle source karstique est située au fond d'une reculée creusée dans un entablement de calcaires jurassiques.

La fontaine des Chartreux (Cahors). Cette très importante source restituée au Lot des eaux infiltrées dans la partie occidentale du Causse de Limogne. Le débit, de 2 m<sup>3</sup>/s en étiage peut dépasser 50 m<sup>3</sup>/s en crue. Elle est en partie captée pour l'alimentation en eau potable de la ville de Cahors.

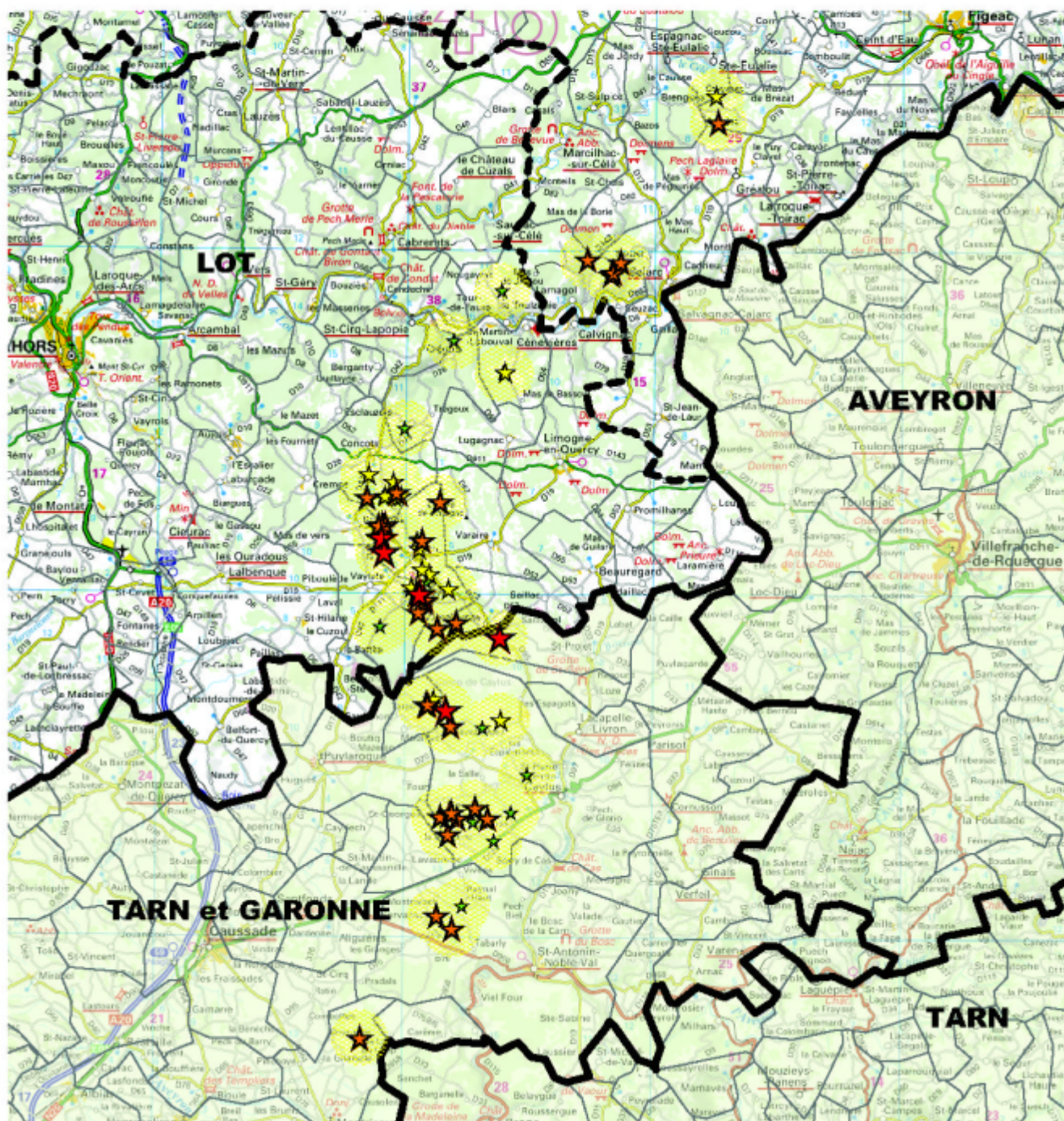
Les Igues d'Arcambal (Arcambal et Aujols). Localisées de part et d'autre de la D 911, ces gouffres d'effondrement ont des dimensions exceptionnelles (de l'ordre de 100 m diamètre et 50 m de profondeur). Ils jalonnent le cours souterrain de la fontaine des Chartreux.

La grotte de Fonderbie (Crégols). Un remarquable pigeonnier est encastré sous un porche de caverne. Le ruisseau souterrain issu de ce porche alimentait jadis un moulin.

Le Cloup d'Aural (Bach). De 1865 à 1920, on a exploité dans le sud du Quercy des remplissages de cavités karstiques très riches en phosphate ; celui-ci était utilisé comme engrais pour l'agriculture et exporté en grande partie vers l'Angleterre. Au cours de cette exploitation, de très nombreux fossiles de vertébrés terrestres datant du Tertiaire ont été mis à jour.

# LOT

## Phosphatières du Quercy



- AVRIL 2006 -

0 5 10 Kilomètres

Fonds : GEOFLA® IGN - SCAN Regional® IGN sources : DIREN Midi-Pyrénées

- Limite de communes
- Limite d'arrondissement
- Limite de département
- Frontière

### Intérêt des phosphatières

- 5 étoiles
- 4 étoiles
- 3 étoiles
- 2 étoiles
- 1 étoile

Le gouffre de Lantouy. (Saint-Jean-de-Laur). Cette belle résurgence restitue les eaux souterraines de la partie orientale du causse de Limogne et du Terrefort aux environs de Laramière.

La grotte de Pech Merle (Cabrerets). Cette caverne est universellement connue pour ses peintures rupestres et ses superbes cristallisations.

La Fontaine de la Pescalerie (Cabrerets). Cette très belle source jaillit au pied d'une falaise de calcaire jurassique.

La grotte Bellevue (Marcilhac). Cette caverne ouverte au public est ornée de riches cristallisations de calcite (stalactites, stalagmites, excentriques).

La fontaine de Lestang (Saint-Chels). Deux kilomètres au sud du village Saint-Chels, la combe de Tiron del est partiellement barrée par une accumulation de travertin, très spectaculaire, d'une quinzaine de mètres d'épaisseur. Ce travertin est déposé par les eaux d'une petite source perchée au-dessus des marnes lacustres jurassiques,

Les grottes de Cougnac (Payrignac). Creusées dans les calcaires gréseux du Crétacé supérieur, elles recèlent des cristallisations de calcite d'une pureté exceptionnelle ainsi que des peintures rupestres d'âge Aurignacien.

Le Pied Noir (Gourdon). ). Un très gros blocs de grès quartzitiques, haut d'une dizaine de mètres, repose sur un plateau boisé. Ce bloc provient en réalité de paléosols d'âge éocène lessivés par érosion.

La source du Blagour (Lachapelle-Auzac). Source vaclusienne remarquable alimentant une pisciculture et plusieurs moulins.

La cascade d'Autoire. Le belvédère de la cascade d'Autoire offre un panorama exceptionnel sur vallée de la Dordogne. A proximité du parking on observe une série de fractures remarquables affectant les calcaires jurassiques.

Le gouffre de Padirac. Cet abîme donne accès à une rivière souterraine rassemblant les eaux enfouies au contact des terrains argileux du Limargue et des calcaires du Causse. La rivière souterraine de Padirac revoit le jour aux résurgences vaclusiennes de Saint-Georges du Lombard et de la Finou au pied du cirque de Montvalent. Sur plus de trente de kilomètres de galeries explorées à partir de ce gouffre, une est accessible au public.

Le gouffre de Réveillon (Alvignac). Cette perte, très spectaculaire, avale le ruisseau de Salgues ; après un parcours souterrain d'une dizaine de kilomètres, celui-ci ressort à la résurgence des Limons. Cette perte est située au contact des terrains argileux du Limargue et des calcaires du Causse. Il en est de même pour la magnifique perte voisine du « Sault de la Pucelle »

La grotte des Merveilles (Rocamadour). Caverne ouverte au public recelant des peintures paléolithiques.

Les sources de l'Ouyse (Calés et Rocamadour). Les résurgences vaclusiennes de Saint-Sauveur, Cabouy et Fontbelle restituent les eaux d'un bassin versant d'une surface supérieure à 550 km<sup>2</sup> s'étendant sur une grande partie du Causse de Gramat et du Limargue.

Le canyon de l'Alzou (Rocamadour et Gramat). Ce canyon entaille sur plus de cent mètres les calcaires jurassiques. Les environs du Moulin du Saut, accessible uniquement par des sentiers, sont particulièrement pittoresques.

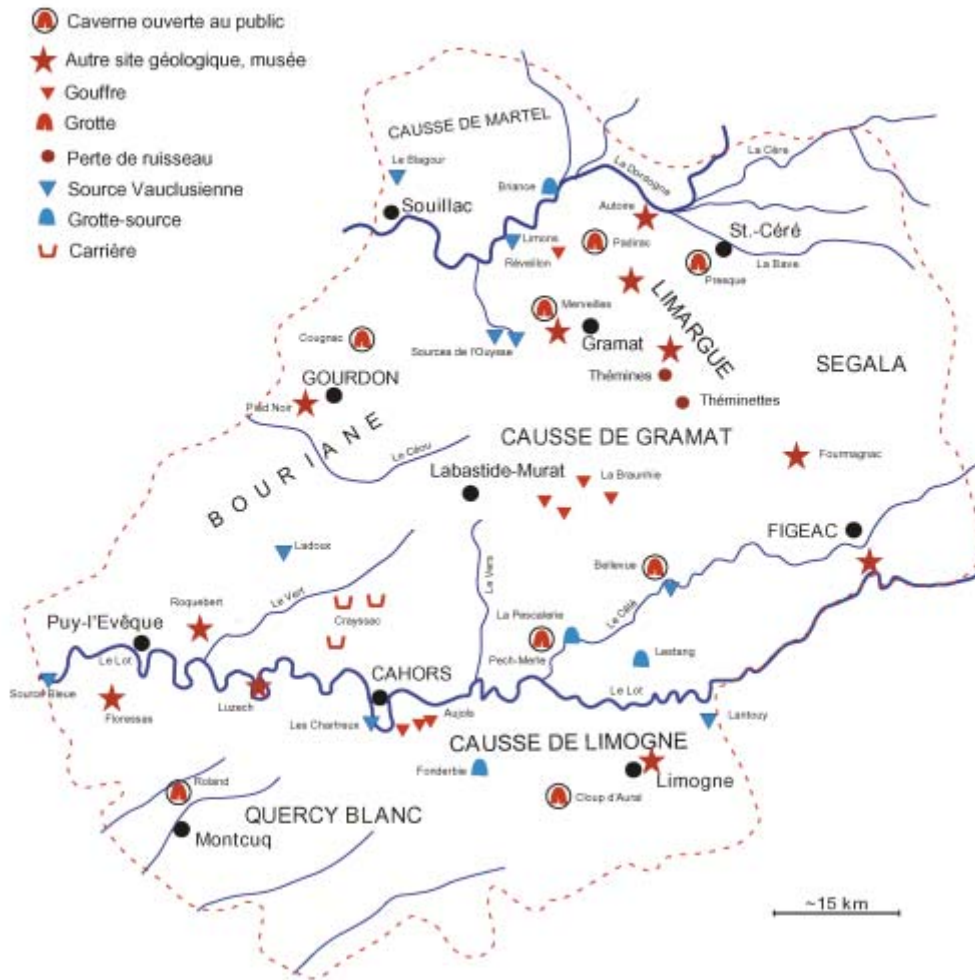
Les pertes de Thémines et de Théminettes. Les ruisseaux l'Ouyse et le Francès s'engouffrent dans les calcaires du Jurassique moyen de la bordure est du Causse de Gramat. Après un parcours de plus de vingt kilomètres, leurs eaux mêlées réapparaissent aux deux résurgences de Cabouy et Saint-Sauveur, principales sources de l'Ouyse.

La grotte de Lacave. Cette cavité ouverte au public, creusée dans les calcaires jurassiques moyen, offre de belles cristallisations de calcite.

La Fontaine de Briance (Martel). Située à l'ouest de Saint-Denis-les-Martel, l'eau qui sort du porche d'une caverne forme une cascade qui actionne un vieux moulin.

La grotte de Presque (Saint-Médard-de-Presque). Cette caverne, ouverte au public, est ornée d'une multitude de colonnes stalagmitiques très colorées par des minéralisations

## Les sites géologiques remarquables



Travaux issus de GUY ASTRUC (Encyclopédie Benneton – 2006, page 296)

### 3.1.4. Les grands ensembles paléontologiques lotois

Au cours des temps géologiques, les terrains sédimentaires formant l'ossature des paysages quercynois, ont enregistré de nombreux témoignages permettant de reconstituer la paléogéographie et l'évolution de la vie. Le Quercy est particulièrement riche en gisements paléontologiques dispersés sur l'ensemble des séries sédimentaires.

À Luzech l'Ichnospace a été réalisé en collaboration avec l'université Pierre et Marie Curie de Paris. On y découvre, dans une scénographie inédite, un moulage de 60 m<sup>2</sup> de pistes et d'empreintes de pas de dinosaures, extraites du sol d'une plage du jurassique (140 millions d'années).

À proximité, le musée archéologique présente une remarquable collection d'ammonites du jurassique supérieur, plus précisément, des étages Kimméridgien et Tithonien (environ 140 millions d'années).

À Crayssac la Plage aux Ptérosaures, site exceptionnel ouvert au public, est installé dans une ancienne carrière renfermant une multitude d'empreintes laissées par plus de trente espèces différentes (ptérosaures, tortues, poissons, etc...) anciennes de 140 millions d'années.

À Bach, la phosphatière du Cloup d'Aural permet de visiter un site géologique unique, aménagé dans une ancienne exploitation de phosphate avec des aides pédagogiques adaptées. Les exposés effectués par des géologues locaux, amoureux de leur terroir, sont d'une grande richesse.

GISEMENTS PALEONTOLOGIQUES NOTOIRES				
Âges en Ma (*)	Ères	Système	Gisements	Fossiles et empreintes
20 50	TERTIAIRE	NEOGENE	Phosphorites du Quercy	Vertébrés continentaux : Mammifères, amphibiens, reptiles, lézard, serpents, oiseaux, et poissons.
		PALEOGENE		
70 100 145 155	SECONDAIRE	CRETACE	Bouriane	Bois, rudistes, ammonites, lamellibranches, oursins.
165 175 190		JURASSIQUE	Crayssac Gigouzac Cahors Cressenssac Limogne Figeac Le Limargue	Empreintes de pas de reptiles volants, crocodiliens, poissons. Bois et troncs d'arbres silicifiés Pistes et oeufs de dinosaures.
200		TRIAS	Le Bourg	Ammonites, lamellibranches, Bois et troncs d'arbres silicifiés.
300	PRIMAIRE	PERMIEN CARBONIFERE	Le Bouyssou Saint-Perdoux	Nombreuses empreintes végétales : Fougères, tiges de Calamites, etc...

(\*) Ma = Millions d'années

### 3.2. Inventaire national du patrimoine géologique (2007-2008)

L'inventaire national du patrimoine géologique a été lancé officiellement au muséum National d'Histoire Naturelle le 5 avril 2007. Une base de données sur le logiciel GEOTOPE a été mise en place après une phase test en région Bretagne. La méthodologie est développée dans le « Vade Mecum » du patrimoine géologique mise à disposition à l'ensemble des partenaires. Ce travail permet de travailler sur une base de données uniforme à l'échelle nationale.

La méthodologie prévoit une phase régionale puis une phase nationale.

La phase régionale prévoit que :

- . L'inventaire est de la compétence de l'Etat représenté par la DIREN
- . Un coordinateur scientifique régional du patrimoine géologique est nommé par le CSRPN. Il constitue une Commission Régionale du Patrimoine Géologique (CRPG)
- . Collecte des données – visite des sites – par les géologues de terrain
- . Renseignement des données sur le logiciel Géotope
- . Recueil des fiches informatisées par la DIREN
- . Validation de l'inventaire par la CRPG
- . Validation de l'inventaire par le CSRPN

La phase nationale prévoit :

- . le transfert des données régionales dans la base nationale
- . la validation scientifique nationale par le Muséum National d'Histoire Naturelle
- . Intégration des données au système d'information sur la nature et les paysages.

En Midi-Pyrénées le CSRPN a nommé Francis Duranthon (Géologue et président du CSRPN) coordinateur scientifique régional pour le patrimoine géologique, lors de sa séance du 8 octobre 2007.

Francis Duranthon s'est aussitôt entouré de deux autres géologues, membres du CSRPN, Alain Mangin et Joseph Canerot, afin de créer le noyau permanent de la Commission Régionale du Patrimoine Géologique.

### **3.3. Patrimoine géologique du Lot - note de synthèse - 7 MARS 2008**

Coordination administrative :

Patrick CABROL

Chargé de mission Patrimoine souterrain, DIREN Midi-Pyrénées

Contrôle scientifique :

Francis DURANTHON

Conservateur au Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse,

Président du CSRPN – Président de la Commission Régionale du Patrimoine Géologique (CRPG) du Lot

Avec la collaboration de :

Alain MANGIN - Chargé de Mission CNRS - Membre du CSRPN

Joseph CANEROT - Professeur émérite, Géologie - Membre du CSRPN

Jean Yves CROCHET – Maître de conférences émérite

Jean-Guy ASTRUC – Retraité du BRGM

Thierry PELISSIE : Docteur es Sciences – Association « les Phosphatières du Quercy »

Jean Michel MAZIN – Directeur de recherches CNRS – Université de Lyon 1

Coordination et réalisation de l'inventaire :

Sandrine Tomezak

Chargé de mission, Laboratoire d'Etude et de Conservation du Patrimoine, UPS Toulouse

Chronologie :

. Lancement de l'inventaire le : 31 octobre 2007. Il bénéficie des pré-inventaires (de 1991 à 1994) sur les phosphatières

. Fin de l'inventaire le : 31 décembre 2007

. Validation par la Commission Régionale du Patrimoine Géologique du Lot : les 4 et 17 janvier 2008

. Validation par le CSRPN : 7 mars 2008

#### **3.3.1. Présentation générale de l'opération**

Le 5 avril 2007 l'Etat a lancé l'inventaire national du patrimoine géologique.

La constitution d'une base de données nationale a été mise en place sous le contrôle de la Conférence Permanente du Patrimoine Géologique (CPPG). Un logiciel, « GEOTOPE », a été conçu par le BRGM en partenariat avec les membres de la CPPG, après une phase pilote initiée par Réserve Naturelles de France sur une région pilote, la Bretagne et validation par le Muséum National d'Histoire Naturelle.

C'est l'Etat qui a en charge la réalisation de ce travail dont les résultats sont validés par le CSRPN au niveau régional puis par le Muséum National d'Histoire Naturelle, au niveau national.

Comme cela a été le cas pour l'ensemble des départements de Midi-Pyrénées la même procédure a été appliquée pour réaliser ce travail :

. Dans un premier temps les principaux géologues du Lot ont été consultés afin de recueillir leurs propositions.

. Les renseignements fournis par les géologues ont été synthétisés par un chargé d'étude (Sandrine TOMEZK) qui a renseigné les fiches du logiciel GEOTOPE.

. Les fiches des sites ont été validées par la Commission Régionale du Patrimoine Géologique (CRPG) au cours de deux réunions en date du 4 et du 17 janvier 2008, avant d'être validées par le CSRPN du 7 mars 2008.

Cette base de données recensant l'ensemble des sites géologiques d'intérêt patrimonial permettra à terme de constituer un outil décisif dans la définition et la mise en place d'une politique d'aménagement du territoire pour une meilleure préservation de l'espace et la mise en place d'une politique de gestion, de valorisation du patrimoine, et de protection selon les cas.

### 3.3.2. Synthèse des résultats de l'inventaire du lot

L'inventaire du patrimoine géologique du département du Lot fait apparaître un patrimoine varié doté d'une richesse insoupçonnée. Deux grands groupes de sites ressortent de ce travail :

. Les sites d'intérêt paléontologiques, représentés essentiellement par des gisements connus sous le nom de « phosphorites du Quercy », d'âge tertiaire. Ces sites présentent la particularité exceptionnelle de permettre l'étude de l'évolution des vertébrés continentaux, sur une toute petite surface, durant 50 millions d'année ce qui est unique au monde. Particulièrement important, ils ne sont pas encore tous identifiés, ce qui laisse espérer dans les années à venir de nombreuses nouvelles découvertes qui viendront enrichir ce premier inventaire. Ils forment la part la plus importante des sites à intérêt patrimonial cotés 3 étoiles. Il est souhaitable que des mesures de gestion et/ou de protection soient déployées sur l'ensemble de la zone concernée.

L'importance de tels sites tient en premier lieu à leur richesse et à l'état de conservation des fossiles qu'ils livrent. Plusieurs d'entre eux (Escamps, Garouillas...) ont d'ailleurs été érigés en niveaux de référence internationaux dans les échelles biostratigraphiques continentales. En outre, de nombreux sites ont permis de définir une quantité importante d'espèces, dont le nom traduit clairement l'origine : vaylatius, cadurcotherium, bachytherium, limogneensis...). En second lieu, les découvertes faites dans le Lot ont contribué à l'essor de la Paléontologie durant le 19<sup>e</sup> siècle. Plusieurs des gisements ont donc une place importante dans l'histoire de la Géologie, tant par les débats et les progrès que leur découverte ont suscitées, que par les personnalités scientifiques impliquées dans leur étude : Louis Filhol, Teilhard de Chardin, Bernard Gèze...

Au-delà de ce cas emblématique, l'importance des gisements lotois ne se dément pas au cours du temps, chaque génération de chercheurs mettant au jour de nouveaux sites majeurs. Sur les dernières décennies, on peut citer les exemples Cremat, Valbo, Baraval....

Enfin, à ces gisements de mammifères présents dans les phosphatières, il faut ajouter le site de Crayssac qui est le plus important site de pistes de vertébrés actuellement connus avec des tortues, des crocodiles, les dinosaures (ptéropodes à trois doigts) mais surtout des ptérosaures, ces reptiles volants bien connus dans les bandes dessinées.

Les sites liés aux phénomènes karstiques qui sont une des caractéristiques géologiques de toute la région quercynoise qui accueille toute l'histoire de l'évolution d'un karst depuis 80 millions d'années jusqu'à nos jours. Quand on ajoute les sites hydrogéologiques et les sites géomorphologiques on obtient un total de 87.

Le contact limargue-cause est caractérisé par la présence de très importantes pertes karstiques (Réveillon, Roc de Corn, saut de la Pucelle, Thémines...) et de grandes sources emblématiques comme la Fontaine des Chartreux

Il faut signaler aussi la présence de nombreux petits sites d'intérêt minéralogique local (68 sites).

Même s'ils sont peu nombreux, les sites tectoniques du département du Lot témoignent de phénomènes souvent mal conservés ailleurs.

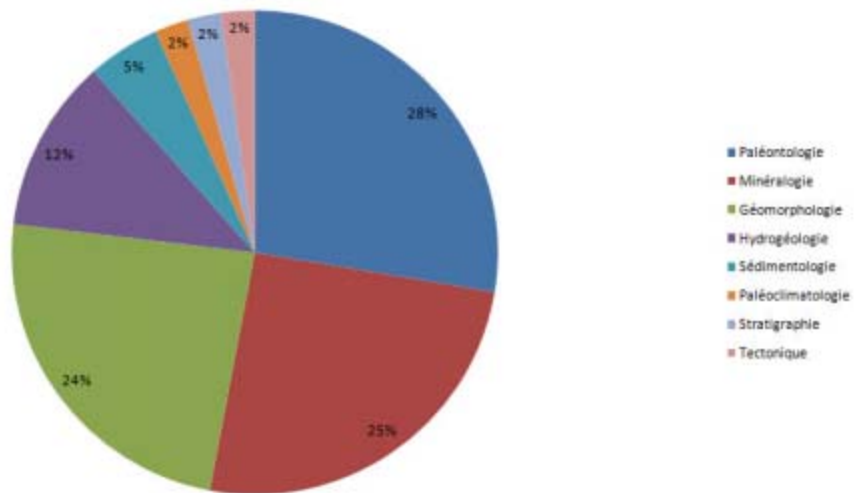
En ce qui concerne la classification patrimoniale de ces sites nous obtenons les résultats suivants pour un total de 279 sites :

Sites 3 étoiles	25
Sites 2 étoiles	38
Sites 1 étoile	74
Sites 0 étoile	131
Grottes touristiques	9
TOTAL	279

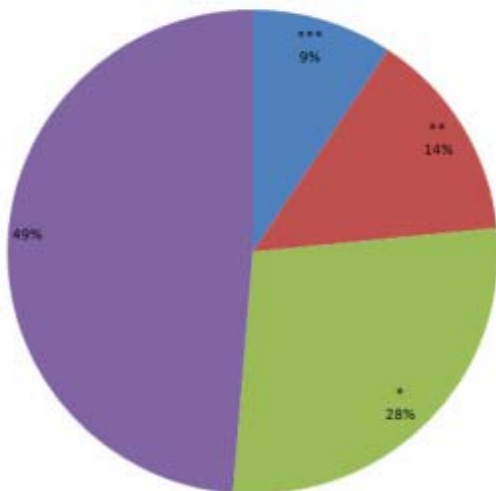
La classification par intérêt géologique principal (un seul intérêt retenu par site) donne les résultats suivants :

Paléontologie	75
Minéralogie	68
Géomorphologie	65
Hydrogéologie	30
Sédimentologie	13
Paléoclimatologie	6
Stratigraphie	6
Tectonique	6
Géochronologie	1
Grottes touristiques	9
TOTAL	279

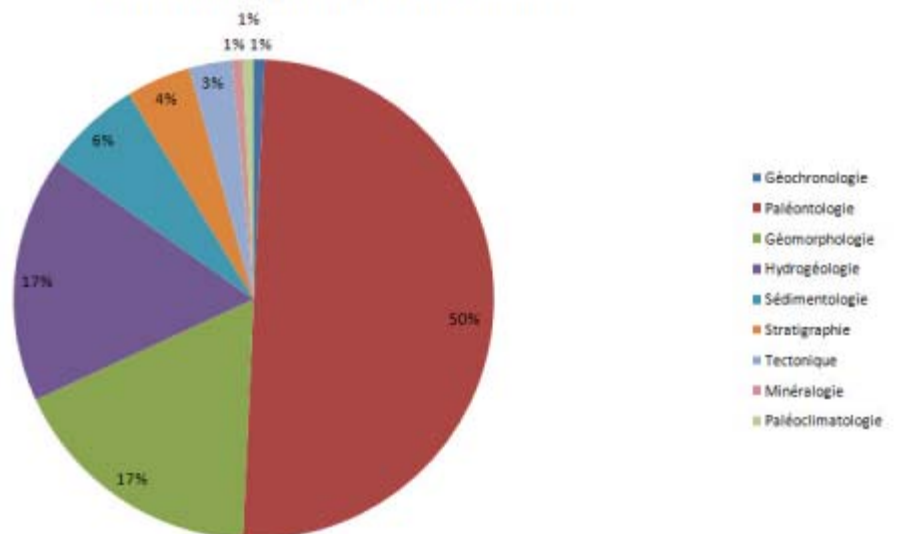
### LOT - Intérêt principal inventaire complet



### LOT - Proportion de sites étoilés



### LOT - Intérêt principal sites étoilés



### 3.3.3. Protection et gestion actuelles des sites géologiques du Lot

En dehors des cavités aménagées pour recevoir le tourisme, trois sites sont concernés à ce jour dans le Lot, un pour la protection, le site de Lavergne (à Concots) et deux pour la gestion : Crayssac (à Crayssac) et le Cloup d'Aural (à Bach)

. La phosphatière du Cloup d'Aural à Bach

La phosphatière du Cloup d'Aural appartient à la commune de Bach. Elle est gérée par l'association « Les Phosphatières du Quercy ». Elle a fait l'objet d'une importante opération de dépollution en 1999, puis a été aménagée pour recevoir du public en 1999/2000 puis en 2006/2008. Elle a été inscrite au titre des monuments historiques le 10 décembre 1998

. La phosphatière de Lavergne à Concots

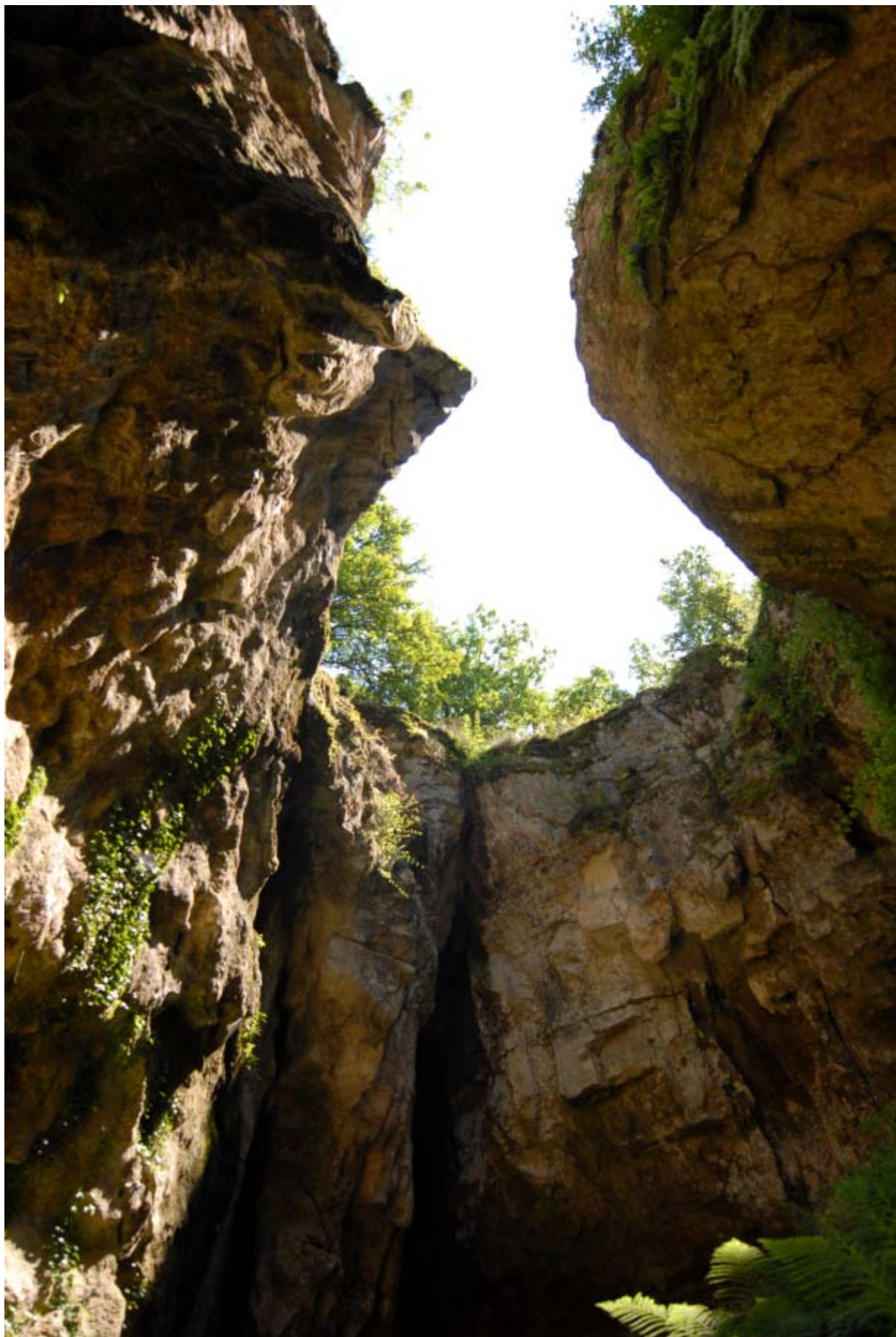
Cette très intéressante phosphatière présente un paléofaune remarquable disposant de « 4 étoiles » dans l'inventaire de 1990-1993 de Bernard Marandat et Jean Yves Crochet de l'Université de Montpellier. Ceci signifie que ce gisement comporte une faune abondante dont les populations ont servi à définir de nouvelles espèces de vertébrés de l'ère tertiaire. Il existe dans cet inventaire 32 sites comportant 4 étoiles sur un total de 82 pour l'ensemble du Quercy (Lot et Tarn et Garonne).

Le site de Lavergne a été classé en réserve naturelle volontaire le 07 septembre 1992, mais cette disposition n'a pas été reconduite lors du passage en réserve naturelle régionale, comme le prévoyait la nouvelle réglementation. Elle ne bénéficie donc plus de protection juridique à ce jour. Elle deviendra réserve naturelle nationale dans le présent projet.

. « La plage aux Ptérosaures » à Crayssac

Les premières empreintes paléontologiques (« pattes d'oiseaux ») ont été signalées par Jean-Luc Obereiner (Quercy-Recherche de juillet 1978. Dans les années 1990, Gérard Lafaurie averti les chercheurs de l'université de Poitiers de ses propres découvertes.

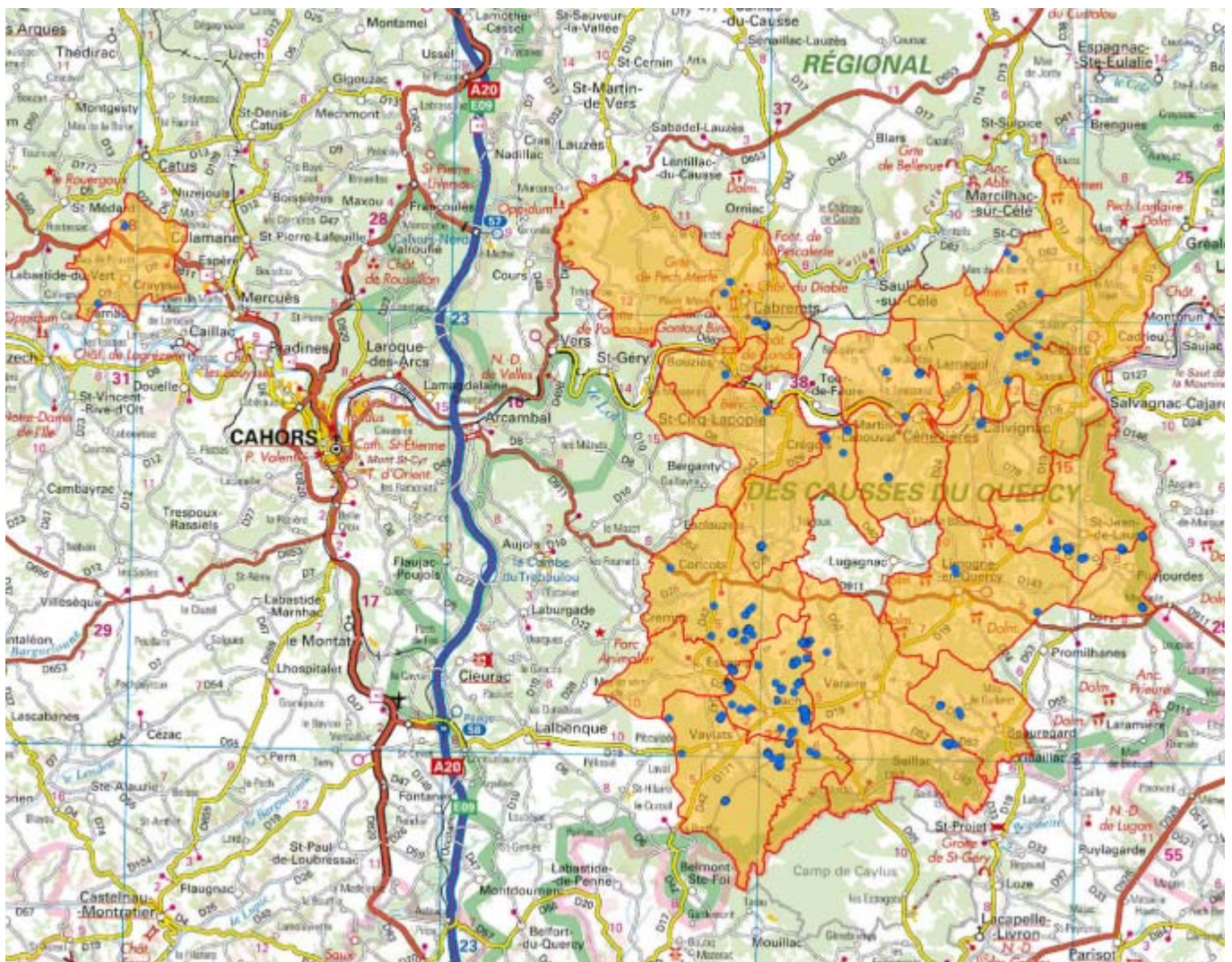
Les universités de Poitiers et de Lyon 1 ont alors organisé une série de fouilles importantes sur le site, de 1994 à 2001. Un congrès international s'est tenu à Toulouse avec visite de terrain le 8 septembre 2001. Depuis les parcelles foncières ont été achetées par la Communauté de Communes de Catus, qui a fusionné aujourd'hui avec le « Grand Cahors ». Un important projet de valorisation porté par la communauté de communes et le Conseil Général est en train de se mettre en place. Des visites sont organisées régulièrement sur le site durant la période estivale. Malgré le peu de publicité qui est faite le nombre de touristes est toujours relativement élevé ce qui montre l'intérêt porté à ce gisement par les lotois et les touristes.

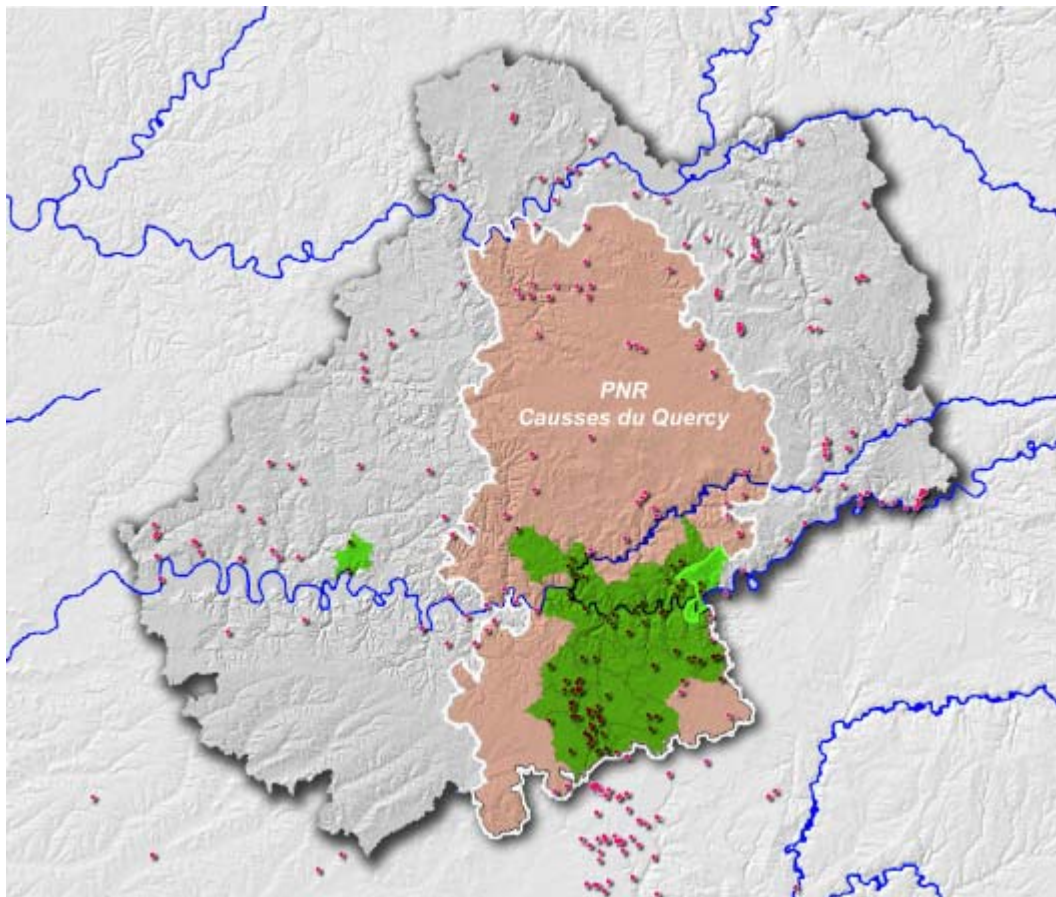


Phosphatière du Cloup-d'Aural à Bach

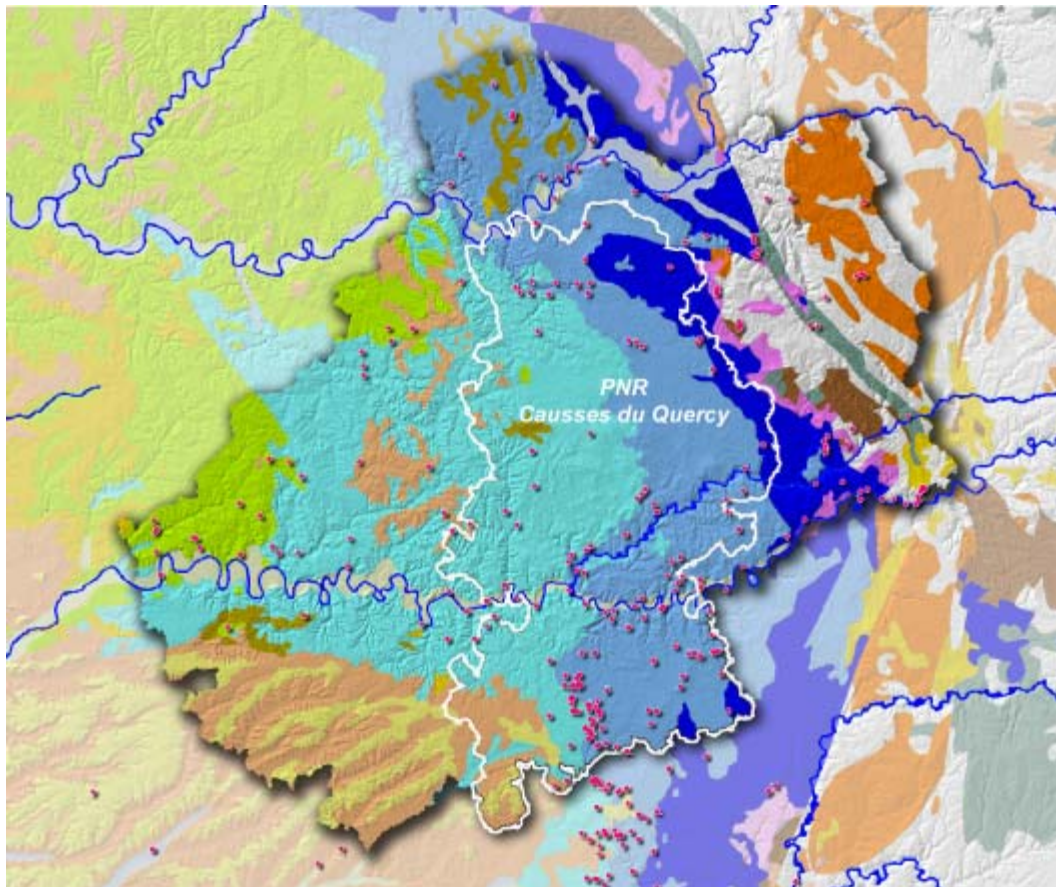


### 3.4. Localisation des sites de l'inventaire du patrimoine géologique





Inventaire des sites géologiques du Lot (sur fond géologique ci-dessous)



### 3.5. Stratégie de création des aires protégées (SCAP)

Le projet de création de la réserve naturelle nationale à intérêt géologique du département du Lot s'inscrit pleinement dans le cadre de la Stratégie de Création des Aires Protégées (SCAP) et de sa déclinaison régionale en Midi-Pyrénées initiée fin 2010.

Il permet en effet de contribuer aux objectifs de la SCAP qui vise à doter d'une protection adaptée certains éléments majeurs du patrimoine géologique français, recensés dans l'annexe Midi-Pyrénées à la circulaire du 13 août 2010 relative aux déclinaisons régionales de la SCAP et listés ci-dessous :

Catégorie	Sites	Localisation	Données scientifiques	Statut actuel
Étalons internationaux	Mas de Pauffié	Vaylats Lot	Niveau MP 26 Oligocène	Néant
Étalons internationaux	Garouillas	Bach Lot	Niveau MP 25 Oligocène	Néant
Étalons internationaux	Escamps	Escamps Lot	Niveau MP 19 Oligocène	Néant
Cavité souterraine	Les phosphatières du Quercy	Quercy 23 communes Lot	Sites géologiques multiples	Néant
Sites ponctuels de conservation	Plage aux Ptérosaures	Crayssac Lot	Jurassiques (Thitonique)	Propriété de la communauté de communes
Sites ponctuels de conservation	Lavergne	Concots Lot	Niveau MP 16 Oligocène	Néant (Ancienne RNV)

En conclusion, le projet de RNN du Lot représente un apport essentiel à la mise en œuvre des priorités «géodiversité» identifiées par la SCAP.



### 3.6. Méthodologie de relevé des sites

La mise en place de ce projet de réserve naturelle nationale a demandé un important travail cartographique afin de bien préciser la localisation des sites et l'identification des propriétaires.

Une fois le premier inventaire réalisé nous nous sommes rendus sur le terrain avec un GPS afin de procéder à un relevé très précis des lieux. La précision de l'appareil est toujours inférieure à 10 mètres pour les rares cas les plus défavorables, mais elle est la plupart du temps inférieure à 5 mètres, voire 3 mètres. Ceci permet une très bonne localisation du site, surtout quand on croise avec les éléments fournis par la photographie aérienne (BD. Ortho).

De retour au bureau, nous opérons les démarches suivantes :

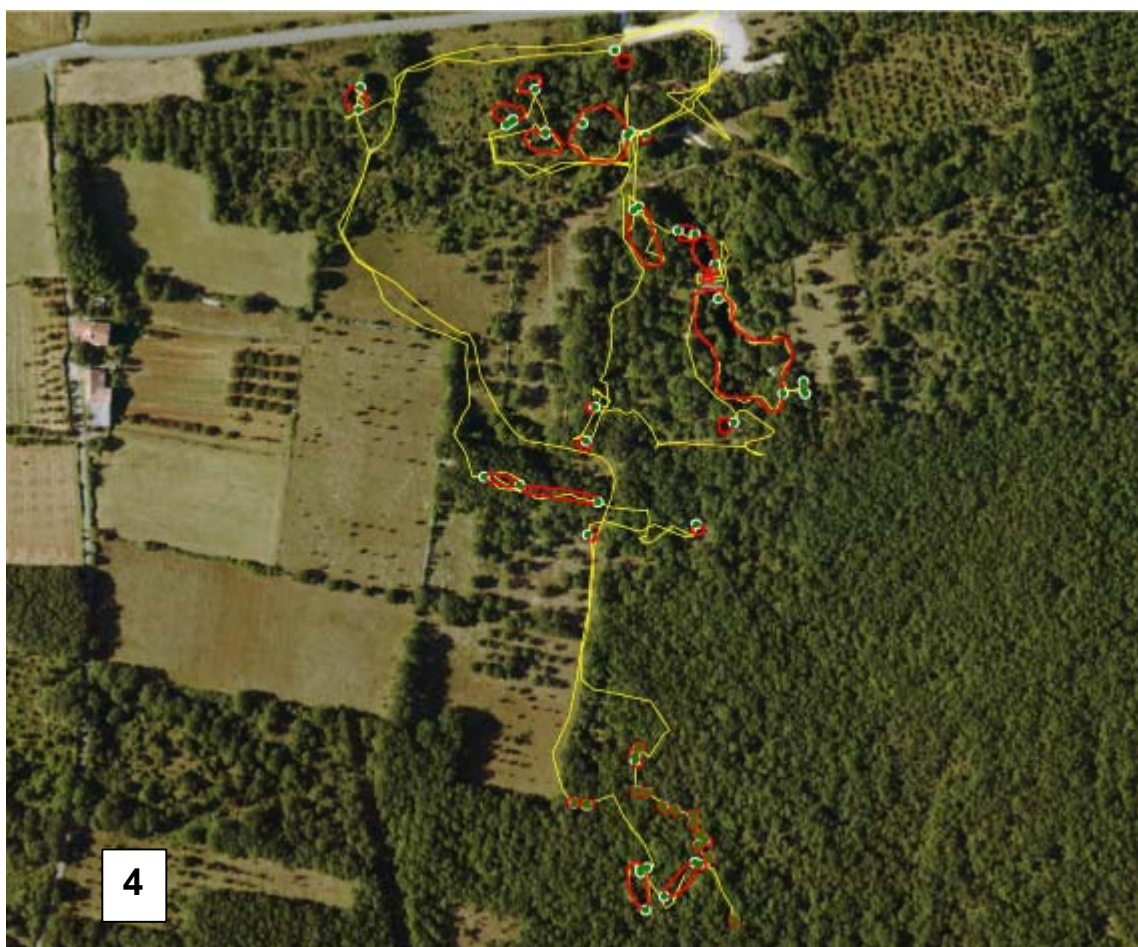
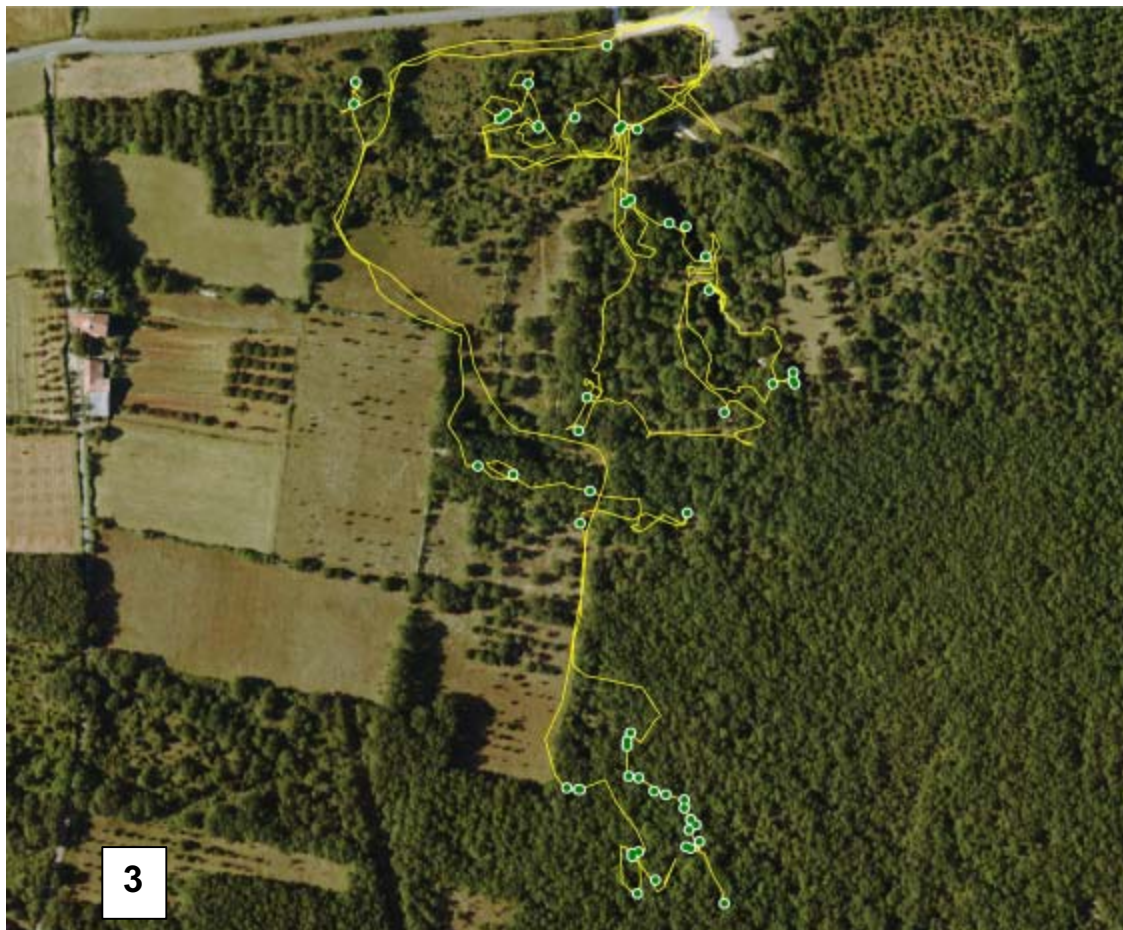
- (photo 1 ) nous partons de la photographie aérienne
- (photo 2 ). Nous ajoutons le cheminement que nous avons effectué avec le GPS. Dans certains cas nous avons tourné autour des sites afin d'en relever le tracé exact Nous notons toutes les informations sur le carnet de terrain.
- (photo 3 ) Nous positionnons les points caractéristiques que nous avons effectués avec le GPS
- (photo 4 ) Nous traçons alors la position des limites du site géologique à partir des deux relevés GPS précédents (lignes et points) et des notes de terrain.
- (photo 5 ) nous retirons les points et le parcours qui nous ont permis de dresser la cartographie, nous laissons le tracé des sites et nous ajoutons le cadastre (limites et numéros de parcelles)
- (photo 6 ) nous pouvons ensuite visualiser les parcelles directement concernées par les sites géologiques. Nous pouvons aussi placer un centroïde à l'intérieur de chaque site afin d'en posséder les coordonnées moyennes.

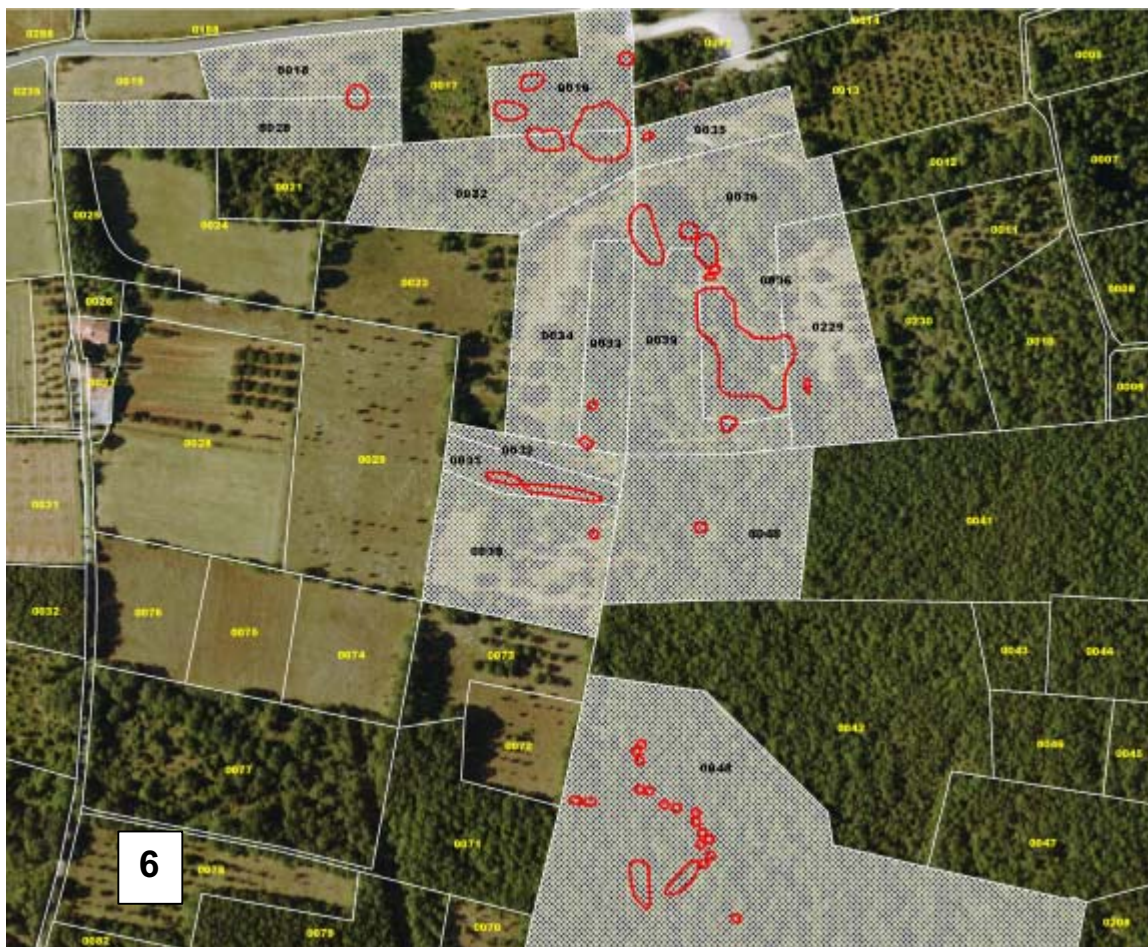
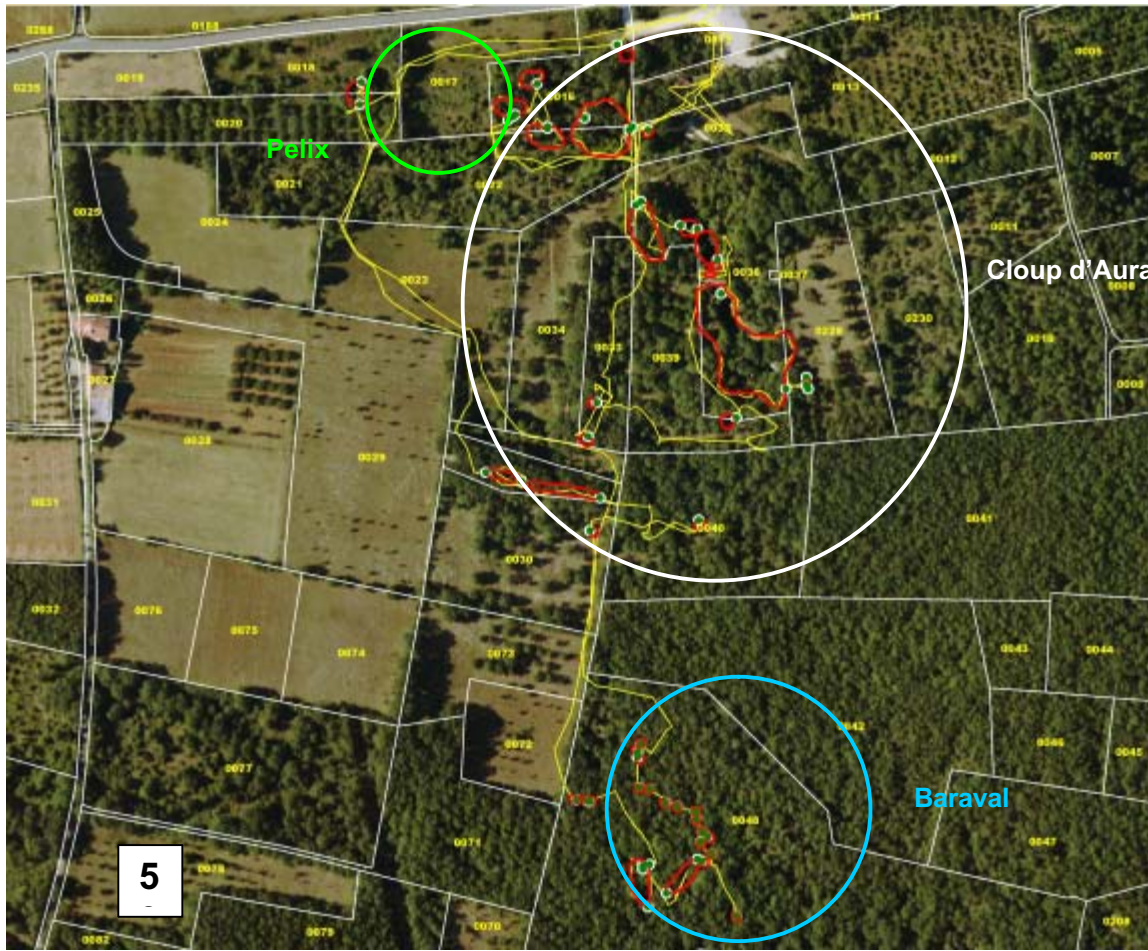
Nous pensons ainsi pouvoir disposer d'une localisation très précise des sites sur les emprises cadastrales.

La limite de la réserve sera ensuite déterminée en fonction des connaissances locales : indices non relevés, tas de déblais, potentialité etc... qui font que la surface nécessaire à la protection des sites est toujours supérieure à celle des sites connus eux-mêmes.

NB : le Groupe «Cloup d'Aural» est constitué de trois sites : Cloup d'Aural ; Baraval ; Pelix localisés sur la photo 5.







### 3.7. Sélection des sites du projet

Les critères d'éligibilité pour qu'un site, ou un groupe de sites, puisse constituer une réserve naturelle sont précisés dans l'article L.332-1 du code de l'Environnement :

*« Des parties du territoire d'une ou de plusieurs communes peuvent être classées en réserve naturelle lorsque la conservation de la faune, de la flore, du sol, des eaux, des gisements de minéraux et de fossiles et, en général, du milieu naturel présente une importance particulière ou qu'il convient de les soustraire à toute intervention artificielle susceptible de les dégrader. Le classement peut affecter le domaine public maritime et les eaux territoriales françaises. »*

*Sont prises en considération à ce titre :*

- 1° La préservation d'espèces animales ou végétales et d'habitats en voie de disparition sur tout ou partie du territoire national ou présentant des qualités remarquables ;*
- 2° La reconstitution de populations animales ou végétales ou de leurs habitats ;*
- 3° La conservation des jardins botaniques et arboretums constituant des réserves d'espèces végétales en voie de disparition, rares ou remarquables ;*
- 4° La préservation de biotopes et de formations géologiques, géomorphologiques ou spéléologiques remarquables*
- 5° La préservation ou la constitution d'étapes sur les grandes voies de migration de la faune sauvage ;*
- 6° Les études scientifiques ou techniques indispensables au développement des connaissances humaines ;*
- 7° La préservation des sites présentant un intérêt particulier pour l'étude de l'évolution de la vie et des premières activités humaines. »*

C'est l'inventaire du patrimoine géologique du département du Lot, validé par le CSRPN le 7 mars 2008, qui a servi de base de travail à la sélection des sites retenus pour le projet de réserve naturelle nationale lotois.

Quand on regarde les résultats de l'inventaire des sites géologiques du Lot on se rend compte de l'importance que prend le karst fossile, le paléo karst et le karst actuel dans ce département. Tout le secteur du sud du Lot est exceptionnel et présente un intérêt mondial avec des phosphatières, des remplissages argileux ou sableux, une géomorphologie caractéristiques en surface et en sous-sol correspondant à une érosion et une sédimentation continentale depuis la fin du crétacé, c'est-à-dire sur 70 millions d'années. Cet ensemble a été auparavant soumis à une tectonique d'extension d'âge jurassique moyen (témoin de l'ouverture des océans atlantiques et alpins)

La hiérarchisation des sites de l'inventaire géologique lotois permet d'avoir une bonne approche de ce patrimoine. On remarque toutefois que certains sites qui présentent un réel intérêt national sont déjà protégés au titre d'autres réglementations. Il en est ainsi de la cascade d'Autoire qui est déjà site classé, il en est de même des falaises de Saint Cirq Lapopie qui sont classées au titre des sites et enfin de la grotte de Pech-Merle qui est déjà classé au titre des monuments historiques (17-02-1951) et inscrit au titre des sites (01-07-1976). Un dernier site majeur, à Floressas, est trop excentré à l'ouest du département du Lot pour être pris dans le présent projet. Son importance patrimoniale mérite toutefois d'être pris en compte dans une autre procédure de protection.

L'ossature de ce projet est donc basée sur le sud-est du département du Lot, entre le camp militaire de Caylus et le bord Nord de la vallée du Lot, avec ses très nombreuses phosphatières, ainsi que sur un site d'intérêt international situé en dehors de cette zone : la plage aux ptérosaures à Crayssac, à l'ouest de Cahors.

Au cours de l'été 2007, puis au début 2009, des prospections ont été faites autour des phosphatières déjà connues, les habitants ont été rencontrés. Cela a permis de découvrir un nombre très important de nouveaux sites potentiellement fossilifères. Ceci signifie que nous ne connaissons aujourd'hui qu'un petit nombre de gisements à phosphates et que nous devons en tenir compte dans le présent projet.

Au vu de l'inventaire validé par le CSRPN et des découvertes de l'été 2007, puis des apports de 2008 et 2009, il s'avère nécessaire de prendre en compte des zones plutôt que des sites isolés. Un relevé précis de l'ensemble des vestiges connus à ce jour a été effectué, à titre d'exemple, sur la phosphatière du Cloup d'Aural et de ses environs.

Ce point a été contrôlé en juillet 2008. Il existe en fait 3 gisements inventoriés sur ce secteur : les phosphatières du Cloup d'Aural (5 cavités), de Baraval (2 cavités) et de Pelix (1 cavité) soit un total de 8 cavités inventoriées pour un total de 37 cavités effectivement relevées le 10 juillet 2008 et trois qui n'ont pas été retrouvées ce jour là (voir carte).

Ce travail permet donc de mettre en évidence un point remarquable : nous ne connaissons qu'une petite partie des phosphatières et donc le patrimoine à découvrir et à étudier est considérable. La mise en place d'une réserve naturelle nationale sur ce secteur est vraiment justifiée vu l'importance patrimoniale des gisements qui sont connus et ceux qui vont être découverts et étudiés dans les années à venir. Dans les relevés qui ont été fait durant les fouilles de l'été 2007 il a été possible de se rendre compte que le nombre de phosphatières connues par rapport aux phosphatières indexées sur l'inventaire départemental est en fait de l'ordre de 1 à 10, jusqu'à 1 à 15 suivant les lieux, comme vu plus haut.

Par ailleurs nous devons insister sur le fait qu'une phosphatière qui est aujourd'hui sans intérêt patrimonial particulier peut devenir d'intérêt majeur suite à une simple campagne de fouilles de quelques jours. Il faut donc être très prudent dans la détermination des limites à prendre en compte dans le présent projet et aller un peu au-delà des zones déjà connues.

La concentration de phosphatières est donc telle qu'il a été impossible de réduire le projet de réserve aux seules parcelles les contenant directement, il a fallu parfois inclure au projet des parcelles qui étaient potentiellement susceptibles de contenir ces précieux vestiges. Ceci peut se voir à la morphologie, la végétation etc.

Afin de simplifier la lecture du document nous avons réuni les sites en « groupe de sites » ils sont au nombre de 59. Chacun d'entre eux est susceptible de renfermer un à plusieurs sites de l'inventaire du patrimoine géologique du département du Lot. Ces 59 groupes de sites renferment donc 85 sites constitués de 298 objets de l'inventaire départemental.

Nous avons ainsi mis en place un projet de réserve naturelle nationale éclatée sur plusieurs groupe de sites, chacun de ces groupes pouvant réunir un ou plusieurs gisements déjà inventoriés ainsi que les sites mineurs non inventoriés qui leur sont contigus.

Comme nous l'avons vu le Quercy nous offre une histoire du karst vieille de 70 millions d'années avec de très nombreux sites exceptionnels nous montrant toute son évolution avec des exemples de karsts fossiles, de paléokarst et de karsts actifs actuels avec des pertes grandioses comme Réveillon, Roc de Corn, Saut de la Pucelle, ou des rivières souterraines dont certaines sont très connues comme Padirac, les Vitarelles...

Par ailleurs, les découvertes sont courantes dans le Quercy et le nombre de nouveaux sites à découvrir est très important. Par exemple à l'occasion de la réalisation d'un contournement d'une carrière à Vaylats une tranchée a été ouverte permettant d'observer une très belle coupe, pédagogique, dans le paléokarst quercynois : « la tranchée de Vaylats » qui mesure près de 300 mètres de longueur. On y observe les différentes étapes de la karstification avec les phénomènes d'érosion, mais aussi des remplissages de type, argiles blanches, ou rouge suivant les lieux. Les premières études faunistiques réalisées en 2007 n'ont permis de découvrir à ce jour que des vestiges d'une faune d'âge quaternaire.

Ces sites et gisements remarquables pourront faire partie du périmètre de protection qui complètera, dans un second temps, la réserve naturelle nationale permettant ainsi de disposer d'outil de protection et de gestion de ces espaces présentant un grand intérêt patrimonial pour la géologie.

Signalons aussi que plusieurs cavités du département du Lot bénéficient déjà de protections au titre de la loi sur les monuments historiques, ou bien au titre de la loi sur les monuments naturels et les sites :

Le tableau suivant synthétise les remarques précédentes :

Commune	Cavité	Protection
Assier	Grotte du Cirque	Classée au titre des sites : 29 04 1997
Bouziès	Grotte Christian	Classée Monument historique : 07 02 1980
Bouziès	Grotte Carriot	Inscrite Monument historique : 09 02 1993
Blars	Grotte du Cuzoul des Brasconies	Inscrite Monument historique : 14 04 1994
Cabrerets	Grotte de Marcenac	Classe Monument historique : 17 02 1951
Cabrerets	Pech Merle	Classée Monument historique : 17 02 1951 Inscrite au titre des sites : 01 07 1976
Cabrerets	Grotte du Cantal	Inscrite Monument historique : 09 02 1993
Miers	Grottes des Fieux Est	Classée Monument historique : 17 01 1967
Miers	Grotte des Fieux	Inscrite Monument historique : 09 02 1993
Padirac	Gouffre de Padirac	Inscrite au titre des sites : 28 12 1937 Classée au titre des sites : 26 03 2001
Payrignac	Grotte de Cognac « Chêne Vert »	Classée Monument historique : 19 05 1954
Rocamadour	Grotte des Merveilles	Classée Monument historique : 16 05 1925
Saint Cirq Lapopie	Grotte du Moulin	Inscrite Monument historique : 09 02 1993
Sainte Eulalie	Grotte Sainte Eulalie	Inscrite Monument historique : 09 02 1993
Saint Géry	Grotte de Pergouset	Classée Monument historique : 17 01 1967 Classée au titre des sites : 31 01 2003
Thémines	Grotte des Escabasses	Classée Monument historique : 19 06 1968
Thémines	Grotte de Roucadou	Classée Monument historique : 28 08 1964
Thémines	Perte de l'Ouyse	Classée au titre des sites : 27 08 1986

Page de droite :

EXEMPLE DE CONCENTRATION DE PHOSPHATIERE AROUND DU CLOUP D'AURAL :

« Le groupe du Cloup d'Aural »

- 1 : Phosphatière du Cloup d'Aural (en rouge) (20 objets géologiques)
- 2 : Phosphatière de Baraval (en bleu-vert) (19 objets géologiques)
- 3 : Phosphatière de Pélix (en ocre) (1 objet géologique)

Les autres phosphatières repérées par GPS, mais non inventoriées, sont entourées en jaune.

# Site du Cloup d'Aural et de ses environs (Bach)




Phosphat 16 (Pelix)

Phosphat 10 (Cloup d'Aural)

Phosphat 35 (Baraval)



 Autres Phosphatières

La nouvelle tranchée de Vaylats, creusée pour couper un grand virage et s'éloigner d'une importante carrière.



Coupe dans le paléo-karst de la « tranchée de Vaylats »



On note la présence d'une importante karstification avec des remplissages argileux

## 4. DESCRIPTION DES SITES DU PROJET

### 4.1. Les phosphatières du Quercy

#### 4.1.1. Historique de la découverte des phosphatières du Quercy

Étonné et curieux de voir son champ de blé livrer des moissons abondantes, André Poumarède eut l'idée un jour de 1865 de faire analyser cette terre si fertile ainsi que les pierres qui gênaient son labour. Elles contenaient plus de 70 % de phosphate de chaux. La première phosphatière quercynoise était découverte au hameau de Cos près de Caylus (Tarn-et-Garonne), mais l'exploitation industrielle ne commença qu'en 1870 avec la découverte d'autres sites à Concots et à Larnagol dans le Lot.

En 1886, 30 000 tonnes de minerais furent exploitées dans plusieurs centaines de carrières. Mais dès la fin du XIX siècle, le minerai très riche qui s'épuise par une exploitation aussi intense et la mauvaise qualité de celui qui reste provoque le déclin de cette industrie. Après 25 ans de « fièvre du phosphate » cette région comprise entre Cahors, Figeac, Gaillac et Montauban retrouve son calme et ses traditions agricoles et pastorales.

Nous pouvons récapituler ici sommairement l'histoire de cette « fièvre des phosphates »

1865 : Découverte du premier gisement de phosphorite par Jean André Poumarède.

1865/1870 : Prospection, inventaire des principaux gisements, achat des parcelles ou des droits par des locaux.

1870/1886 : Exploitation intense, essentiellement par des compagnies anglaises : 161 carrières et plus de 2 000 ouvriers recensés. De l'ordre de 30 000 tonnes de minerai extrait chaque année, ils représentent une valeur marchande de 1 000 000 de francs or de l'époque.

1887 : Crise liée à l'augmentation des coûts d'exploitation, à la découverte de nouveaux gisements et à une crise agricole affaiblissant la demande d'engrais 112 exploitations sont fermées, 90% des ouvriers sont mis au chômage.

1888/1920 : Exploitation sporadique et saisonnière avec retraitement des déblais pour récupérer le minerai titrant aux environs de 40% délaissé par les premiers exploitants, tentatives de reconversion dans la chaux et le ciment.

1932/1938 : Inventaire et étude des cavités par Bernard Gèze.

1942 : Tentative avortée de reprise liée au blocus stoppant l'arrivée des phosphates nord-africains et à la volonté de jeunes locaux d'échapper au S.T.O. (Service du Travail Obligatoire).

Depuis 1965 : Inventaire et études par l'Université de Montpellier, puis conjointement avec celle de Lyon, avec l'association 'Les Phosphatières du Quercy »..

#### 4.1.2. La genèse des phosphorites

Nous invitons le lecteur à suivre la lecture de ce texte sur l'échelle des temps géologiques située précédemment. . (D'après : Jean, Guy Astruc et Quercy Net, 2003 - Géologie en Quercy)

L'étude des forages profonds effectués à Saint-Martin-Labouval, à Campagnac-les-Quercy, à Sauveterre-la-Lémance, à Sabadel-Lauzès et le forage de la Grésigne, ainsi que les observations sur les affleurements du Quercy oriental, ont permis de reconstituer l'histoire géologique tardi-hercynienne et mésozoïque du Quercy.

Issus de l'orogène hercynien, se déposent, durant le Stéphano-Permien (fin de l'ère primaire), des sédiments continentaux détritiques (où dominent les grès et argiles rouges) sur de grandes épaisseurs (3 000 à 4 000 m) dans un bassin subméridien NNW-SSE de Brive-la-Gaillarde à la Grésigne (B. Delsahut, 1981).

- DEBUT ET MILIEU DE L'ERE SECONDAIRE (TRIAS ET AU JURASSIQUE)

Au Trias et au début de l'Hettangien, la réactivation d'accidents tardi-hercyniens définit un vaste bassin qui s'enfoncé peu à peu. Des dépôts détritiques forment un épandage fluvial dont les affleurements actuels sont limités approximativement au nord par la vallée de la Vézère et au sud par la vallée de l'Aveyron.

L'étude des structures sédimentaires et la minéralogie montre que cet épandage a trouvé son origine dans l'érosion du socle du Massif central (C. Grignac, 1983). Rapidement, à l'Ouest du méridien de Cahors, cet ensemble sédimentaire passe latéralement à des formations lagunaires comparables à la dolomie de Carcans (définie par les géologues pétroliers en Médoc).

Ces dépôts argilo-détritiques vont constituer la base d'un super cycle sédimentaire (transgressif / régressif) couvrant tout le Jurassique.

De la fin de l'Hettangien (-200 Millions d'années) à la fin du Lias inférieur le bassin s'ouvre vers l'Ouest, il fait partie des marges du proto-atlantique. Des vases évaporitiques, puis carbonatées, se déposent dans un environnement lagunaire.

Au Lias moyen et supérieur, les tendances marines s'affirment, une mer plus profonde et ouverte s'installe, permettant des dépôts marno-calcaires à céphalopodes.

Pendant le Dogger (Jurassique moyen) et presque tout le Malm (Jurassique supérieur), une grande plate-forme carbonatée proximale s'installe, de milieu plus ou moins confiné ; à l'ouest, une sorte de "récif barrière" occupant l'actuel Périgord, l'isolait de l'Atlantique. Durant ces deux périodes, sous une faible tranche d'eau et avec un taux de sédimentation relativement important, vont s'enregistrer les effets de la dissension accompagnant l'ouverture océanique de l'Atlantique central et de la Téthys ligurienne.

Durant presque tout le Malm (Jurassique supérieur), se crée une vaste plate-forme marine sans barrière. Puis vers -145 Millions d'années à la fin du Jurassique, la mer portlandienne, régressive, se restreint au nord-ouest du Quercy où elle forme le « golfe de Bouriane ». Ces réorganisations paléogéographiques sont à relier à l'ouverture de l'Atlantique nord et aux manifestations précoces de la tectonique pyrénéenne.

- FIN DE L'ERE SECONDAIRE (CRETACE)

Au Crétacé inférieur, la totalité du Quercy est émergée ; les brachyantoclinaux de Sauveterre-la-Lémance et de Campagnac s'individualisent. Cette émergence est soulignée par une surface d'érosion et une discordance des terrains du Crétacé supérieur.

Cette discordance est soulignée par les calcaires cénomaniens et turoniens qui reposent sur les terrains jurassiques, du Bathonien au Nord du Quercy, et du Kimméridgien supérieur et Portlandien au sud. Cette disposition correspond à la transgression de la mer cénomaniennne qui envahit d'abord les zones basses de la topographie précédente.

Avec le Turonien inférieur cette transgression s'affirme, les sédiments de cette époque indiquent un approfondissement de la mer, rien ne permettant de situer la proximité d'un rivage. Mais, à la fin du Turonien, la mer régresse laissant place à une courte émergence. Elle recouvre à nouveau la région au début du Sénonien comme l'attestent les altérites sableuses (1) piégées dans le karst au nord de Souillac et sur la quasi-totalité du Causse de Gramat et dans plusieurs cavités du causse de Limogne..

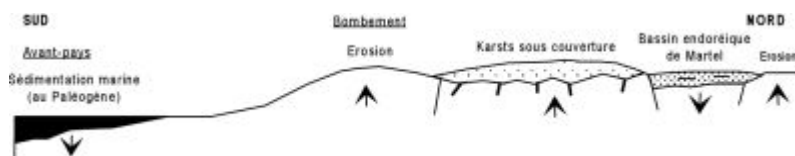
A la fin du Campanien la mer quitte définitivement le Quercy.

(1) Ces latérites ont souvent livré des faunes crétacées marines silicifiées.

- L'ERE TERTIAIRE

Au cours du Paléocène et de l'Éocène inférieur, les premiers échos de l'orogénèse pyrénéenne vont se traduire par un bombement de la bordure nord-est du bassin aquitain. Cette tectonique va créer des grabens (appuyés aux grands accidents : faille de Villefranche, Grand accident bordier armoricain) qui vont fonctionner en bassins endoréiques (Astruc et al., 1995) et accueillir une sédimentation fluviolacustre.

Au Nord du Quercy, le bassin de Martel, un des plus vastes, va accueillir plusieurs centaines de mètres d'épaisseur d'argiles à graviers.



Coupe entre les Pyrénées et le Massif Central au début du Tertiaire

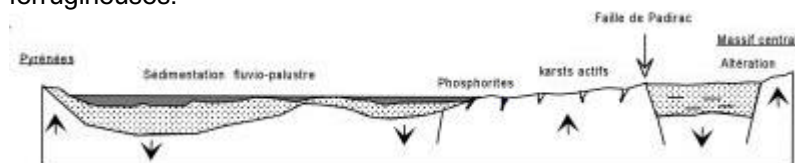
Le littoral est progressivement repoussé au sud de l'actuelle vallée de la Garonne pour atteindre une ligne approximative Bordeaux-Auch-Muret et le Quercy est soumis à l'érosion et à la karstification.

A l'Éocène inférieur, des karsts vont tarauder les reliefs naissants dans la périphérie de la Grésigne, où ils seront rapidement remplis d'argiles à pisolites de fer.

Au pied des Pyrénées et Sud de la Grésigne, l'orogénèse alimente de puissants talus conglomératiques. En Grésigne, les karsts à remplissage ferrifère subissent des contraintes tectoniques et sont recouverts par les conglomérats.

A l'Éocène moyen (Fini-Yprésien), la surrection des Pyrénées entraîne une migration de la mer vers l'ouest de l'avant-pays Nord-pyrénéen. L'érosion des reliefs en cours d'édification au sud et de ceux issus de la réactivation des accidents hercyniens bordant le Quercy à l'est, alimente une sédimentation détritique qui tend à combler le bassin Aquitain. Ce comblement, lié à une subsidence d'ensemble, va se poursuivre jusqu'au milieu du Miocène.

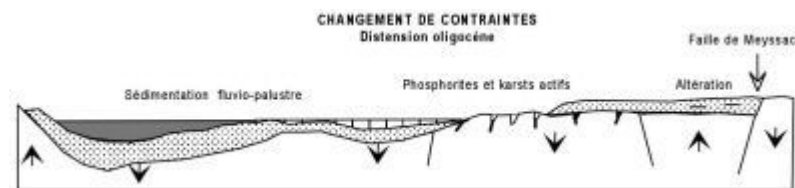
Au cours de cette longue période (Crétacé terminal à Bartonien), un climat tropical humide a contribué à une altération ferrallitique kaolinisante dont les témoins prennent en écharpe les terrains jurassico-crétacés et plus particulièrement les calcaires détritiques du Turonien supérieur et du Sénonien, plus poreux et en conséquence plus karstifiables. En Bouriane, les sondages effectués pour les levés géologiques ont montré que la frange altérée avait une épaisseur souvent supérieure à 50 mètres. A Fumel, Floressas, etc., les altérites, silicifiées par des fluctuations de nappes et par des circulations paléohydrologiques, forment parfois de véritables "cuirasses" silico-ferrugineuses.



Coupe entre les Pyrénées et le Massif Central au Bartonien

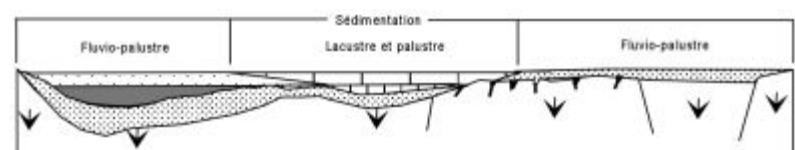
A la fin du Bartonien, alors que les plateaux jurassico-crétacés du Quercy sont toujours soumis à l'érosion, les molasses d'origine pyrénéenne progressent vers le nord. La remontée de niveau de base commence à bloquer les écoulements du réseau hydrographique en direction du bassin ; des lacs et de vastes étendues marécageuses s'installent au pied des reliefs karstiques quercynois, certaines cavités du karst des phosphorites du Quercy se fossilisent. En Quercy et en Agenais, des argiles sableuses et des marnes vertes riches en smectites, contenant parfois attapulgites et sépiolites s'intercalent entre les cuirasses ferrugineuses et les calcaires lacustres oligocènes. Tout ceci caractérise des climats évoluant vers l'aridité (Trauth et al., 1985).

A cette période, un affaissement du Quercy au sud de la faille de Padirac va mobiliser les argiles à graviers du bassin de Martel qui vont alimenter la formation alluviale de Saint-Denis-Catus en ravinant les paléo-altérites ; elles vont s'étaler en direction du sud, jusque dans le "golfe" lacustre de Cieurac. Au sud de Cahors, la "progradation" des molasses pyrénéennes vers le nord fossilise la formation de Saint-Denis-Catus.



Coupe entre les Pyrénées et le Massif Central au début de l'Oligocène

A Thédirac (feuille Puy-l'Évêque), des argiles à illite (Kulbicki, 1957) de l'Oligocène s'intercalent entre les séquences fluviales à galets et graviers ; ces argiles comme le calcaire des Gunies et, au Nord, la meulière de Bord témoignent de conséquences liées à l'affaissement progressif du plateau quercynois au cours de l'Oligocène. Tout le Quercy méridional accueille une sédimentation palustre et lacustre couvrant progressivement l'ensemble des plateaux sous des molasses à dominantes carbonatées jusqu'au début du Miocène ; le karst est complètement fossilisé.



Coupe entre les Pyrénées et le Massif Central à l'Oligocène terminal

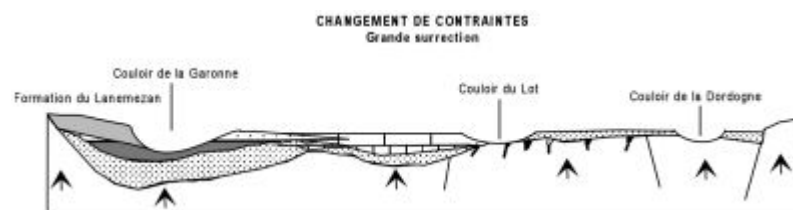
A partir du Burdigalien (B. Sigé et al, 1991) des cours d'eau, dirigée par la structuration acquise au Paléogène, s'organisent traversant le Quercy d'Est en Ouest, préfigurant le réseau hydrographique actuel. La première incision



Fouilles sur le site de Pech Crabit (dans une cavité et dans les anciens déblais)



par le proto-réseau hydrographique, des formations jurassiques et paléogènes du NE du bassin Aquitain, a été traditionnellement attribuée au Plio-Villafranchien. Les découvertes récentes, de gisements paléontologiques (2) associés à des sédiments fluviaux sur les causses du Quercy (B.Sigé et al, 1991), conduisent à vieillir le proto-réseau hydrographique, qui aurait commencé de s'installer dès le Burdigalien.

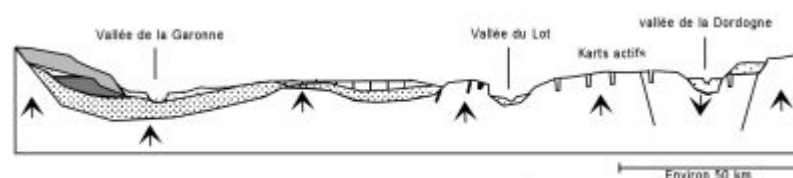


Coupe entre les Pyrénées et le massif Central au Pliocène-Pléistocène inférieur.

(2) Ces gisements sont en relation avec un couloir du bassin versant du Célé (au Nord du Lot), couloir dont la morphologie et l'altitude sont relativement proches de ceux du drainage Puylaroque-Réalville.

### LE PLIO-QUATERNAIRE

Au Pliocène et au Quaternaire, la subsidence graduelle du bassin observée depuis l'Éocène, fait place à un soulèvement qui sera à l'origine de la morphologie actuelle.



Coupe entre les Pyrénées et le massif Central au Pléistocène inférieur.

L'érosion va dégager plus rapidement le nord du plateau quercynois où la couverture molassique est moins puissante.

Les karstifications plio-quaternaires débutent donc au nord du Quercy et sont plus récentes au sud de cette région où le remplissage d'une galerie sur le site de Cremps vient d'être daté à -3,6 Ma Millions d'années.

Ce dégagement plus tardif au Sud du Quercy est à l'origine de la conservation exclusive du paléokarst à phosphorites dans le Quercy méridional (périphérie du causse de Limogne), plus longtemps préservé de l'érosion plio-quaternaire par sa couverture molassique. On peut aussi attribuer à ce phénomène l'évolution différenciée des principales vallées, de plus en plus tardive en allant vers le Sud, de la Dordogne au Lot et à l'Aveyron.

En conclusion on peut dire que :

- La fin du Crétacé et à l'aube de l'ère tertiaire, il y a 70 millions d'années, marquent le début de la karstification des calcaires d'âge jurassique des causses du Quercy.
- Des sédiments (argiles rouges, graviers, sables, pisolithes de fer etc.), issus des sols qui se développent en surface sous le climat tropical qui règne à cette époque, viennent par la suite combler les grottes, avens et gouffres qui se sont développés.
- Ces sédiments entraînent avec eux de nombreux restes d'animaux durant une période de plus de 30 millions d'années. Ce sont ces cadavres d'animaux qui font la renommée des « phosphorites du Quercy » (le phosphate provient pour l'essentiel de l'altération, et de la concentration de la couverture crétacée).
- Puis les grands lacs situés à l'ouest du Quercy débordent sur la partie occidentale des causses et les sédiments lacustres meubles (boues, vases..) se déposent sur leurs fonds. Ces sédiments, transformés en calcaires, scellent l'ouverture des poches à phosphates.
- Ce n'est que vers la fin de l'ère tertiaire que l'érosion décape la surface qui protégeait les poches les remettant ainsi à jour.
- C'est donc des circonstances géologiques exceptionnelles qui ont permis à ces gisements de piéger, de conserver et de ramener à nous pour leur exploitation industrielle puis scientifique des vestiges paléontologiques de haute valeur patrimoniale.



*Phosphatière de Pelix près  
du Cloup d'Aural à Bach (diamètres : 15 mètres –  
Profondeur actuelle : 5 mètres)*



*Phosphatière de Baraval, près du  
Cloup d'Aural à Bach.  
(5 mètres de profondeur pour une  
trentaine de mètres de longueur) (Noter  
la présence d'un magnifique paléo  
karst)*

### 4.1.3. Intérêt des phosphatières du Quercy

Le principal intérêt des phosphatières du Quercy est de pouvoir étudier sur une faible superficie l'évolution de la vie et principalement des vertébrés terrestres, durant une période de plus de 30 millions d'années (de la fin de l'Eocène inférieur au début du Miocène inférieur) ce qui en fait un ensemble actuellement unique au monde. De ce fait, certains géologues pensent que les phosphatières du Quercy mériteraient d'être inscrites au patrimoine mondial de l'UNESCO.

Les recherches réalisées sur les vertébrés fossiles récoltés dans les phosphorites se sont orientées vers de nombreuses voies de recherches :

- connaissance et interprétation des vertébrés fossiles en termes d'évolution,
- affinage des échelles de datation biochronologique,
- études paléobiogéographiques et paléoclimatiques,
- études paléoécologiques et paléoenvironnementales,
- études sur le paléomagnétisme et sur la biogéochimie isotopique.

Pour donner une idée du matériel paléontologique récolté dans ces sites on peut donner quelques chiffres. Pour les seuls mammifères, près de 500 espèces différentes ont été identifiées. Il faut ajouter à cela 15 espèces d'amphibiens, 81 de reptiles, une espèce de poisson et 75 espèces d'oiseaux. Ce matériel exceptionnel et l'ensemble des études conduites dans les phosphatières, ont permis la publication de 250 articles scientifiques, 15 thèses. Le champ d'investigation est encore immense.

### 4.1.4. Autres intérêts des phosphatières du Quercy

#### - Intérêt floristique

Les phosphatières présentent des zones particulièrement riches pour l'installation de biotopes très particuliers où les conditions de vie passent, en quelques mètres seulement, de la pleine lumière à l'obscurité totale et des conditions de vie quasi arides du causse à une humidité relative de 100%.

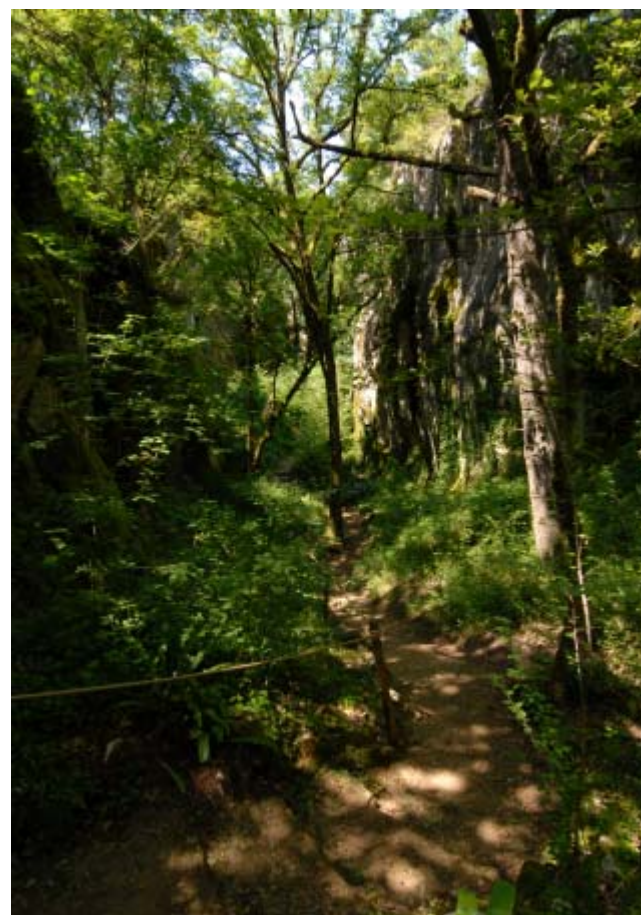
Ces conditions très particulières ont permis la mise en place de biotopes localisés très riches avec de nombreuses fougères, des mousses et des lichens, des invertébrés très nombreux adaptés à ce type de biotope. Toute cette vie s'est mise en place depuis la fin des travaux dans les années 1900, il s'agit donc de biotopes récents qui ont permis à une flore de milieu humide et ombragée de se mettre en place au milieu de zones très sèches et très ensoleillées.

Voici la liste non exhaustive de la flore observée par Géraldine Cérés et Karine Gaffard, étudiantes de l'université de Toulouse et par l'association des Phosphatières du Quercy

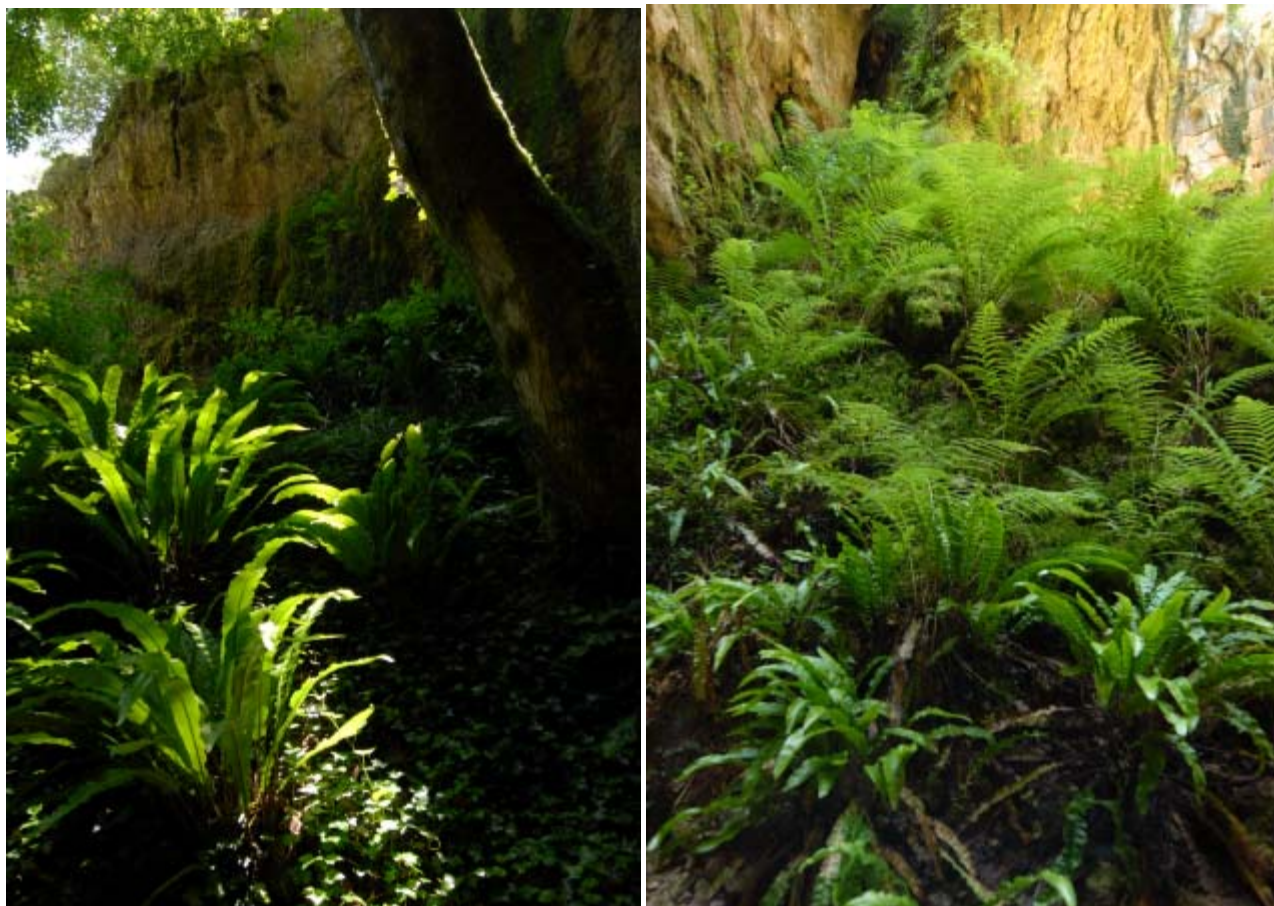
Nom	Nom scientifique	Famille
Achillée millefeuille	<i>Achillea millefolium</i>	Astéracées
Aigremoine	<i>Agrimonia eupatoria</i>	Rosacées
Ail	<i>Allium oleraceum</i>	Liliacées
Alisier torminal	<i>Sorbus torminalis</i>	Rosacées
Alliaire officinale	<i>Alliaria petiolata</i>	Brassicacées
Arum ou gouet d'Italie	<i>Arum italicum</i>	Aracées
Aspérule des chiens	<i>Asperula cynanchica</i>	Rubiacées
Aspérule odorante	<i>Galium odoratum</i>	Rubiacées
Aubépine monogyne	<i>Crataegus monogyna</i>	Rosacées
Avoine	<i>Avena sp.</i>	Poacées
Avoine dorée	<i>Trisetum flavescens</i>	Poacées
Benoîte	<i>Geum sylvaticum</i>	Rosacées
Brachypode	<i>Brachypodium</i>	Poacées
Brire moyenne	<i>Birra media</i>	Poacées
Brome	<i>Bromus</i>	Poacées
Brunelle commune	<i>Prunella vulgaris</i>	Lamiacées
Bugnane rampante	<i>Ononis repens</i>	Fabacées
Buis commun	<i>Buxus sempervirens</i>	Buxacées
Calament vulgaire	<i>Calamintha clinopodium</i>	Lamiacées



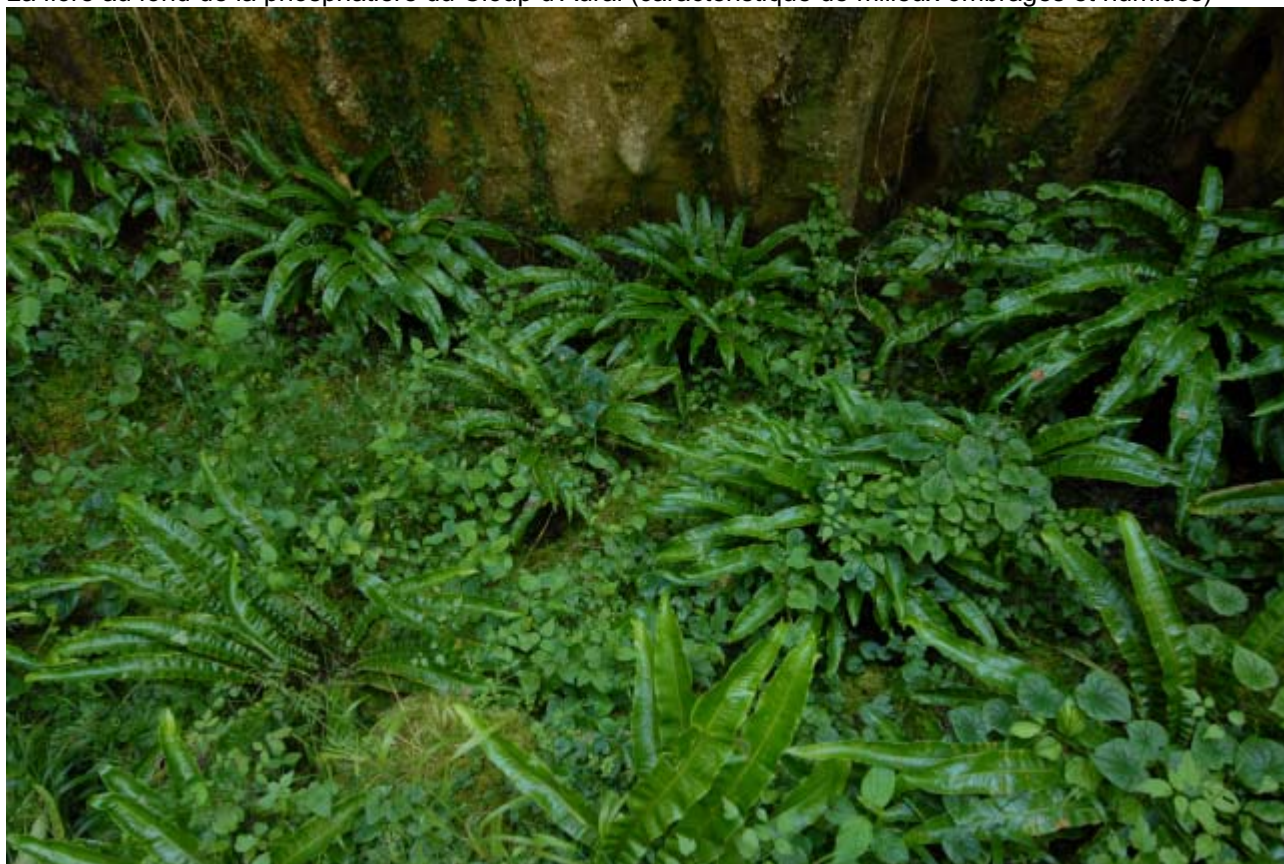
La phosphatière du Cloup d'Aural



Nom	Nom scientifique	Famille
Cardère sylvestre	Dipsacus sylvestris	Dipsacacées
Campanule	Campanula sp.	Campanulacées
Carex glauque	Carex flacca	Cypéracées
Carline commune	Carlina vulgaris	Astéracées
Carotte sauvage	Daucus carota	Apiacées
Centaurée jacée	Centaurea pratensis	Astéracées
Céphalaire à fleurs jaunâtres	Cephalaria leucantha	Dipsacacées
Céphalanthère à longues feuilles	Cephalanthera longifolia	Orchidacées
Céraiste des sources	Cerastium fontanum	Caryophyllacées
Cerisier de Sainte-Lucie	Prunus mahaleb	Rosacées
Cétérach	Asplenium ceterach	Aspleniacées
Chêne pubescent	Quercus pubescens	Fagacées
Chèvrefeuille des bois	Lonicera periclymenum	Caprifoliacées
Chèvrefeuille des haies	Lonicera xylosteum	Caprifoliacées
Circe acaule	Cirsium acaule	Astéracées
Cirse commun	Cirsium vulgare	Astéracées
Cladiona fimbriata	Cladiona fimbriata	Lichens
Clématite des haies Vigne blanche	Clématis vitalba	Renonculacées
Clématite ou sarrazine	Aristolocha clematitis	Aristolochiacées
Cognassier	Cydonia oblonga	Rosacées
Colchique d'automne	Colchicum autumnale	Colchicacées
Conocéphale conique	Conocephalum conicum	Malchiatiées
Coquelicot commun	Papaver rhoeas	Papavéracées
Cornouiller mâle	Cornus mas	Cornacées
Cornouiller sanguin	Cornus sanguinea	Cornacées
Dactyle	Dactylis	Poacées
Digitaire sanguine	Digitaria sanguinalis	Poacées
Doradille noire	Asplenium argenteum nigrum	Aspleniacées
Douce amère	Solanum dulcamara	Solanacées
Eglantier	Rosa canina	Rosacées
Epervière des murs	Hieracium murorum	Astéracées
Epervière piloselle	Hieracium pilosella	Astéracées
Epiaire	Stachys officinalis	Lamiacées
Erable champêtre	Acer campestre L.	Acéracées
Erable de Montpellier	Acer monspessulanum	Acéracées
Euphorbe petit-cyprès	Euphorbia cyparissias	Euphorbiacées
Fausse capillaire	Asplenium tricomane	Aspleniacées
Fléole des près	Phleum pratense	Poacées
Fougère femelle	Athyrium filix femina	Polypodiacées
Fougère mâle	Dryopteris filix-mas	Polypodiacées
Fraisier des bois	Fragaria vesca	Rosacées
Frêne élevé	Fraxinus excelsior	
Fusain d'Europe	Evonymus europaeus	Célestracées
Gaillet gratteron	Galium aparine	Rubiacees
Garance voyageuse	Rubia perigrina	Rubiacees
Genévrier commun	Juniperus communis	Cupressacées
Géranium « herbe à Robert »	Geranium robertianum	Géraniacées
Géranium découpé	Geranium dissectum	Géraniacées
Germandrée petit-chêne	Teucrium chamaedrys	Lamiacées



La flore au fond de la phosphatière du Cloup d'Aural (caractéristique de milieux ombragés et humides)



Nom	Nom scientifique	Famille
Gesse digitale	<i>Lathyrus digitalis</i>	Fabacées
Gesse sans feuille	<i>Lathyrus aphaca</i>	Fabacées
Groseiller	<i>Ribes sp.</i>	Grossulariacées
Héliantheme vulgaire	<i>Helianthemum vulgare</i>	Cistacées
Helléborine à larges feuilles	<i>Epipactis Helleborine</i>	Orchidacées
Hippocrepide chevelu	<i>Hippocrepis comosa</i>	Fabacées
Knautie des champs	<i>Knautia arvensis</i>	Dipsacacées
Laiteron épineux	<i>Sonchus aper</i>	Astéracées
Lichen barbu	<i>Usnea laponica</i>	Lichens
Lierre commun	<i>Hedera helix</i>	Araliacées
Linaire commune	<i>Linaria vulgaris</i>	Scrophulariacées
Listère à feuilles ovales	<i>Listera ovata</i>	Orchidacées
Lotier "pied de poule"	<i>Lotus corniculatus</i>	Fabacées
Luzerne clutivée	<i>Medicago sativa</i>	Fabacées
Marguerite	<i>Leucanthemum vulgare</i>	Astéracées
Mélique ciliée	<i>Melica ciliata</i>	Poacées
Milleperthis	<i>Hypericum perforatum</i>	Hypéricacées
Mourron rouge	<i>Anagallis arvensis</i>	Primulacées
Mousse du chêne	<i>Evernia prunastri</i>	Lichens
Muscari à toupet	<i>Muscari racemosum</i>	Liliacées
Muscari en grappes	<i>Muscari comosum</i>	Liliacées
Myosotis des marais	<i>Myosotis scoposides</i>	Borignacées
Néottie nid d'oiseau		Orchidacées
Noyer commun	<i>Juglans regia</i>	Juglandacées
Ophrys abeille	<i>Ophrys apifera</i>	Orchidacées
Ophrys bécasse	<i>Ophrys scolopax</i>	Orchidacées
Orchis bouc	<i>Himantoglossum hircinum</i>	Orchidacées
Orchis bouffon	<i>Anacamptis morio</i>	Orchidacées
Orchis brûlée	<i>Orchis ustulata</i>	Orchidacées
Orchis mâle	<i>Orchis mascula</i>	Orchidacées
Orchis pourpre	<i>Orchis</i>	Orchidacées
Orchis pyramidale	<i>Anacamptis pyramidalis</i>	Orchidacées
Orchis singe	<i>Orchis simia</i>	Orchidacées
Orme champêtre	<i>Ulmus minor</i>	Ulmacées
Orobranche	<i>Orobranche sp.</i>	Orobanchacées
Orpin blanc	<i>Sedum album</i>	Crassulacées
Panicaud champêtre	<i>Eryngium campestre</i>	Apiacées
Parmelia caperata	<i>Parmelia caperata</i>	Lichens
Pâturin des près	<i>Poa pratensis</i>	Poacées
Petit calament	<i>Calamintha nepeta</i>	Lamiacées
Petit liseron	<i>Convolvus arvensis</i>	Convolvulacées
Petite centaurée commune	<i>Centaurea erythrea</i>	Astéracées
Pimprenelle	<i>Sanguisorba minor</i>	Rosacées
Pissenlit	<i>Taraxacum officinale</i>	Astéracées
Plantain (grand)	<i>Plantago major</i>	Plantaginacées
Plantain lancéolé	<i>Plantago lanceolata</i>	Plantaginacées
Platanthère à deux feuilles	<i>Platanthera bifolia</i>	Orchidacées
Platanthère à fleurs verdatres	<i>Platanthera chloranta</i>	Orchidacées



La phosphatière du Cloup d'Aural à Bach

(En haut : la fosse principale – En bas : exemple d'érosion sous climat tropical)



Nom	Nom scientifique	Famille
Polypode austral	Polypodium cambricum	Polypodiacées
Polypode commun	Polypodium vulgare	Polypodiacées
Primevère officinale	Primula officinalis	Primulacées
Prunellier ou Epine noire	Prunus spinosa	Rosacées
Quintefeuille	Potentilla reptans	Rosacées
Reine des Prés	Filipendula ulmaria Maxim Spiraea ulmaria L.	Rosacées
Renoncule	Ranunculus sp.	Renonculacées
Scabieuse colombarie	Scabiosa columbaria	Dipsacacées
Scolopendre	Asplenium scolopendrium	Aspleniacées
Séneçon jacobée	Senecis jacobea	Astéracées
Séséli des montagnes	Seseli montanum	Apiacées
Sorbier des oiseleurs		
Sureau noir	Sambucus nigra L.	Caprifoliacées
Sureau yèble	Sambucus ebulus L.	Caprifoliacées
Tamier commun	Tamus communis	Dioscoréacées
Torilis du Japon	Torilis japonica	Apiacées
Trèfle des près	Trifolium pratense	Fabacées
Trèfle jaune	Trifolium campestre	Fabacées
Trèfle rampant	Trifolium repens	Fabacées
Véronique Petit-Chêne	Veronica chamaedrys	Scrophulariacées
Vesce à épis	Vicia cracca	Fabacées
Vesce cultivée	Vicia sativa	Fabacées
Vipérine	Edrium vulgare	Béruginacées
Xéranthère cylindracé	Xeranthemum cylindraceum	Astéracées

Complément floristique (non exhaustif) :

Aristolochie clématite	Picris fausse épervière	Orpin réfléchi
Calament neptoïdes	Céphalanthère à larges feuilles	Aspérule taurine
Valériane officinale	Ronce commune	Gaillet jaune
Vesce jaune	Aulne blanc	Saule
Listère à 3 feuilles = Site unique		

- **Intérêt faunistique :**

L'étude de la faune invertébrée cavernicole des phosphatières a été entreprise par Louis Deharveng (Muséum National d'Histoire Naturelle). Déjà un nombre important d'espèces a été découvert mais les études doivent se poursuivre afin d'étendre le champ de connaissance de ce patrimoine méconnu.

Parmi les espèces présentes dans le Quercy notons (Extraits de l'article « Invertébrés cavernicoles et Collemboles des Causses du Quercy ») (Louis Deharveng et Guy Bariviera) :

A - Fiches spécifiques : Invertébrés cavernicoles

Bythinella padiraci Locard (Mollusque)  
Stenasellus virei virei Dollfus (Isopode aquatique)  
Oritoniscus vandeli vandeli Legrand (Isopode terrestre)  
Trichoniscoides albidus speluncarum Vandel (Isopode terrestre)  
Niphargus iadmiraulti Chevreux (Amphipode)  
Trogloneta granulum Simon (Araignée)  
Duvalius cadurcus Jeannel (Coléoptère Trechidae)  
Trechus delhermi Saulcy (Coléoptère Trechidae)  
Bythinella padiraci Locard  
Famille: Bythinellidae - Ordre : Prosobranchia - Classe: Mollusca  
Stenasellus virei virei Dollfus  
Famille: Stenasellidae - Ordre : Isopoda - Classe: Crustacea  
Oritoniscus vandeli vandeli Legrand  
Famille: Trichoniscidae - Ordre : Isopoda - Classe: Crustacea  
Trichoniscoides albidus speluncarum Vandel  
Famille: Trichoniscidae - Ordre : Isopoda - Classe: Crustacea  
Niphargus iadmiraulti Chevreux  
Famille: Stenasellidae - Ordre : Isopoda - Classe: Crustacea  
Trogloneta granulum Simon  
Famille: Theridiidae - Ordre : Araneae - Classe: Arachnida  
Duvalius cadurcus Jeannel  
Famille: Trechidae - Ordre : Coleoptera - Classe: Insecta  
Trechus delhermi Saulcy  
Famille: Trechidae - Ordre : Coleoptera - Classe: Insecta

B - Fiches spécifiques : Collemboles

Cryptopygus bipunctatus Axelson 1903  
\* Deutonura d. deficiens Deharveng 1979  
Deutonura d. sylvatica Deharveng 1982  
Deutonura monticola Cassagnau 1954  
Friesea subterranea Cassagnau 1958  
Gisinurus cf. malatestai Dallai 1970  
Hypogastrura cf. crassaegranulata Stach 1949  
Isotomiella barivierai Deharveng 1989  
\* Mesachorutes sp.  
Megalothorax cf. massoudi Deharveng 1978  
Oncopodura pelissiei Deharveng, 1988  
Onychiurus cebennarius Gisin 1956  
Onychiurus gr. argus Denis 1924  
Onychiurus gr. minutus Denis 1932  
Pseudosinella balazuci Gisin et Gama 1969  
Pseudosinella dodecophthalma Gisin et Gama 1969  
Schaefferia emucronata Absolon 1900  
Schaefferia subcaeca Deharveng et Thibaud 1980  
\* Subisotoma pusilla Schaeffer 1900  
Tomocerus baudoti Denis 1932

Cryptopygus bipunctatus Axelson 1903  
Famille: Isotomidae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
Deutonura d. sylvatica Deharveng 1982

Famille: Neanuridae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
 Deutonura monticola Cassagnau 1954  
 Famille: Neanuridae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
 Friesea subterranea Cassagnau 1958  
 Famille: Neanuridae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
 Gisinurus cf. malatestai Dallai 1970  
 Famille: Sminthuridae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
 Hypogastrura cf. crassaegranulata Stach 1949  
 Famille: Hypogastruridae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
 Isotomiella barivierai Deharveng 1989  
 Famille: Isotomidae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
 Megalothorax cf. massoudi Deharveng 1978  
 Famille: Neelidae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
 Oncopodura pelissiei Deharveng, 1988  
 Famille: Oncopoduridae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
 Onychiurus cebennarius Gisin 1956  
 Famille: Onychiuridae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
 Onychiurus gr. argus Denis 1924  
 Famille: Onychiuridae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
 Onychiurus gr. minutus Denis 1932  
 Famille: Onychiuridae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
 Pseudosinella balazuci Gisin et Gama 1969  
 Famille: Entomobryidae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
 Pseudosinella dodecophthalma Gisin et Gama 1969  
  
 Famille: Entomobryidae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
 Statut : espèce exceptionnelle  
 Schaefferia emucronata Absolon 1900  
 Famille: Hypogastruridae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
 Schaefferia subcaeca Deharveng et Thibaud 1980  
 Famille: Hypogastruridae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta  
 Tomocerus baudoti Denis 1932  
 Famille: Tomoceridae - Ordre : Collembola - Classe: Insecta

- **Patrimoine industriel (patrimoine archéologique)**

En dehors de l'intérêt purement géologique, les phosphatières du Quercy présentent un grand intérêt relatif aux techniques d'exploitation minière à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle. Les recherches d'archives déjà réalisées, que ce soit aux archives départementales du Lot et du Tarn et Garonne (Karine Aymard, 1999) ou dans les études notariales (Association des Phosphatières du Quercy) se sont révélées fructueuses. Elles demeurent néanmoins très partielles et il serait sans aucun doute fort instructif de s'intéresser à celles du Port de Bordeaux ou à des archives industrielles en Grande Bretagne. Toutefois, malgré la rareté des documents relatant les opérations d'extraction il a été possible de reconstituer d'ores et déjà l'activité des carrières durant cette période. Ceci est du en partie à la grande abondance de poches sur certaines zones caussenardes, chacune livre à l'archéologue une partie du secret de ces exploitations.

Par ailleurs, quelques rares photographies de ces premières exploitations ont été retrouvées dans les archives du Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse début 2005. On trouve de nombreux vestiges de l'occupation de l'homme dans ces sites et on peut encore y déchiffrer les techniques qui ont été employées à la fin du XIX<sup>°</sup> siècle et au début du XX<sup>°</sup> siècle pour ressortir des milliers de tonnes de phosphates et de sédiments divers.

Les phosphatières du Quercy sont donc de précieux sites archéologiques qui nous permettent de retracer un pan de notre histoire industrielle. C'est pourquoi la phosphatière du Cloup d'Aural a été inscrite au titre des monuments historiques. On retrouve ce type de vestiges dans plusieurs autres sites quercynois tel que le site de Caussadou à Puyjourdes et à Saint-Jean de Laur.



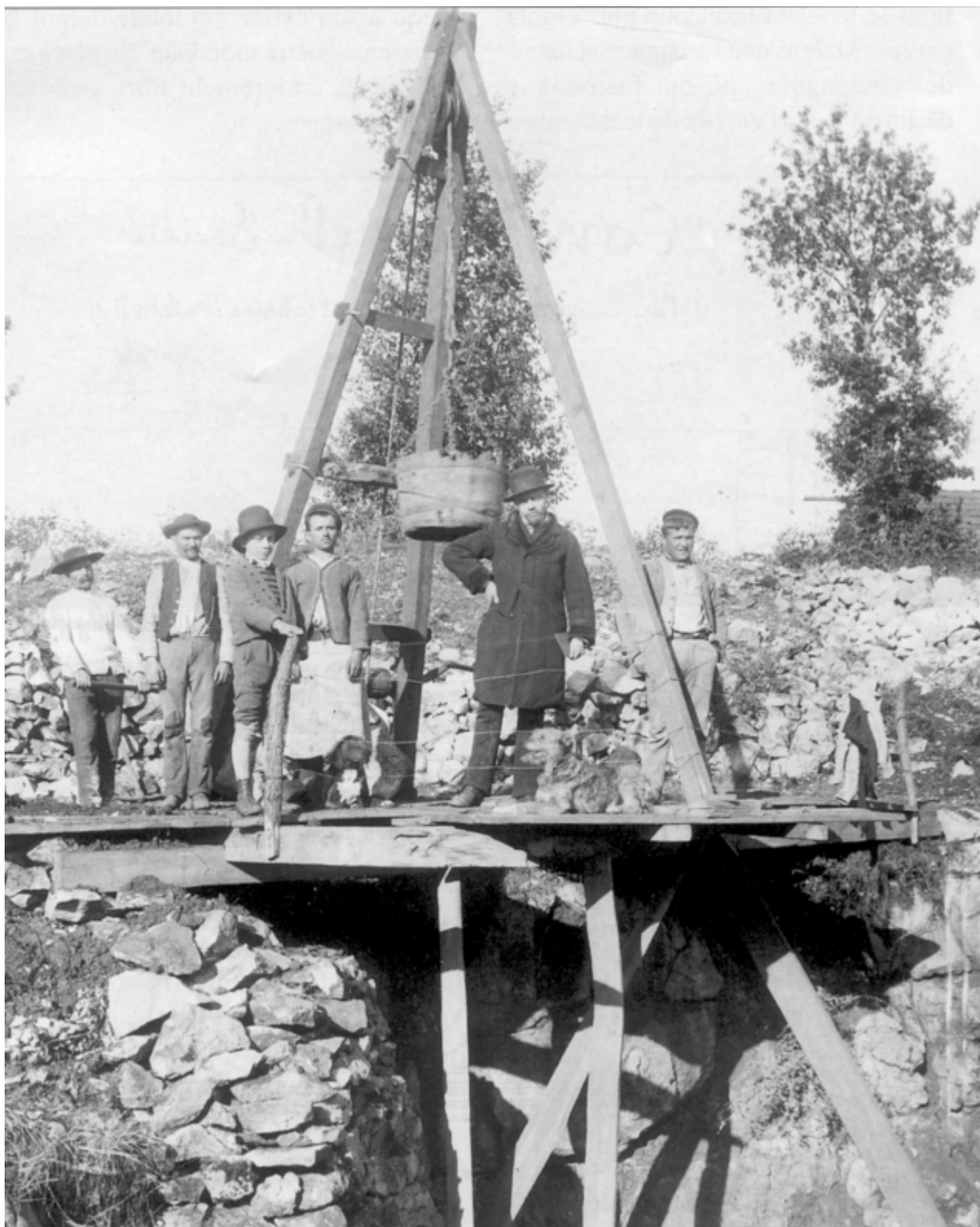
Treuil (Photo T. Pelissié)





Seau et lampe – années 1880 -





Chèvre du XIXème - Collection Phosphatières du Quercy

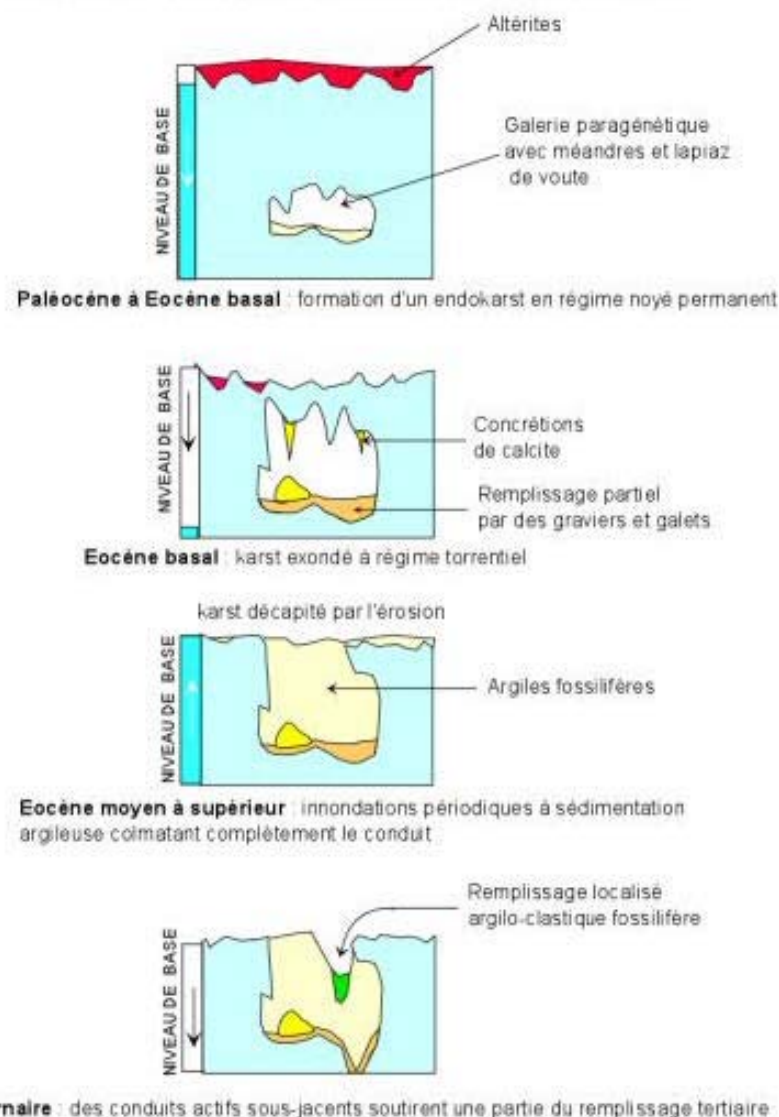
Un exemple de formation d'une phosphatière : le site de Mémerlin - Prajoux

Surplombant la vallée du Lot à Cajarc, le site de Mémerlin - Prajoux constitue un ensemble de phosphatières remarquable. L'examen des photographies aériennes et de la carte topographique à 1/25 000 montre clairement que les sites de Prajoux et Mémerlin appartenaient à un seul ensemble karstique décapité et tronçonné par l'érosion.

Le lambeau de remplissage très grossier (galets et graviers de quartz) observé en place sur le site de Mémerlin et dans les déblais du site de Prajoux montre un épisode d'activité karstique à régime hydraulique torrentiel. Ces matériaux grossiers proviennent de l'érosion du Massif Central (20 km à l'Est). Dans le voisinage, dans les bassins de Maurs et d'Asprières une activité tectonique est attestée dès le Lutétien (Muratet et al., 1985 (2)).

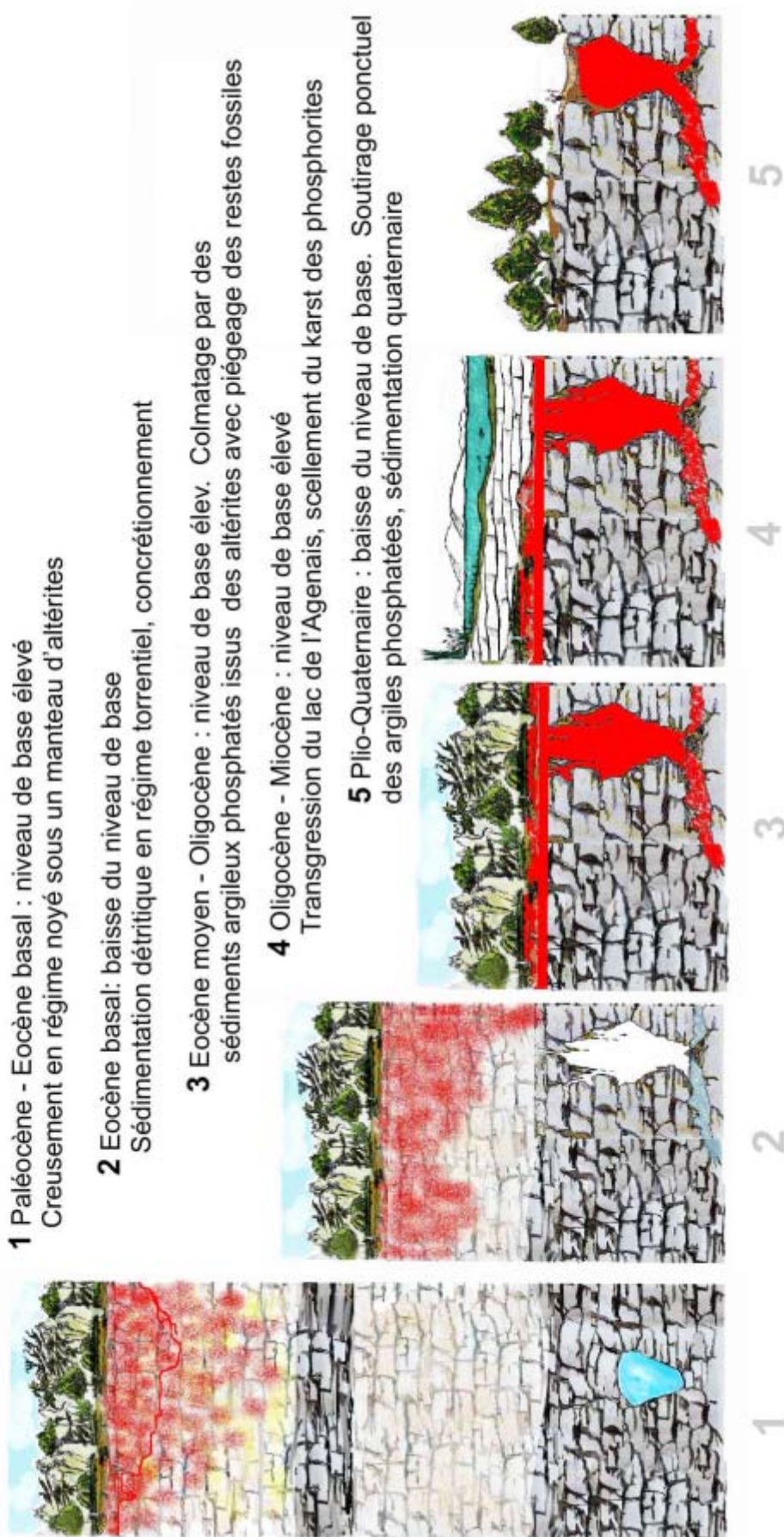
L'interprétation faite, de la découverte du « Lion de Cajarc » sur le site de Prajoux, comme indice d'une reprise quaternaire de l'activité karstique du karst des phosphorites, doit être rejetée. En effet, ce fossile a dû être entraîné par des ruissellements dans un entonnoir d'absorption localisé entre la paroi jurassique et le remplissage tertiaire et certainement provoqué par l'activité sous-jacente du karst quaternaire, sans aucun rapport avec celui des phosphorites.

**EVOLUTION D'UN TRONÇON DE LA GALERIE DE MEMERLIN - PRAJOUX**



Évolution d'un tronçon de la galerie de Memerlin-Prajoux.

# Les principales étapes de l'évolution du paléokarst des phosphorites du Quercy



D'après Thierry Pelissié

#### **4.1.5. Menaces sur les phosphatières du Quercy**

Les principales menaces qui pèsent sur les phosphatières sont de deux ordres : les facteurs naturels et les facteurs humains.

Dans les facteurs naturels le climat est celui qui est le plus difficile à maîtriser. L'érosion (pluies, gels, etc.) dégrade peu à peu mais irrémédiablement les vestiges paléontologiques et archéologiques laissés en surface. C'est pour cette raison que certains sites doivent être protégés par une structure qui les met totalement hors d'eau et surtout hors gel.

Les facteurs humains sont essentiellement de deux ordres : les pollutions et les pillages.

Les phénomènes de pollutions sont bien connus à l'entrée des grottes et des gouffres. Les phosphatières n'échappent pas à cette triste constatation et elles ont bien souvent servi de décharges. A certaines époques les municipalités utilisaient largement ces cavités pour y stocker tous leurs déchets. Heureusement cette pratique n'existe plus aujourd'hui et certains sites ont même été nettoyés. Un très gros effort est ainsi réalisé pour dépolluer certains sites comme la phosphatière du Cloup d'Aural en 1999, celle de Coulou en septembre 2007, celle du Mas de Bégot au printemps 2009

L'autre facteur de dégradation, parfois important, est lié à la collecte sauvage par quelques amateurs de vieilles pierres mais surtout au pillage systématique des gisements par les collectionneurs avides de belles pièces qui échappent complètement aux études scientifiques et à leur conservation dans les collections publiques.

Certains sites du Quercy sont ainsi gravement menacés comme ceux de Mas de Got, Perrière, la Bouffie, Pech Crabit. Au cours de l'année 1984, près de trois tonnes de déblais fossilifères du site de Rosières 2 ont disparu et c'est près de dix tonnes du site de Lavergne (aujourd'hui protégé en réserve naturelle volontaire, maintenant régionale) qui ont été prélevés durant les années 1980 !

Les possibilités réglementaires de protection de ces sites sont peu nombreuses et seul le classement au titre des réserves naturelles permet de mettre en place une gestion et un suivi scientifique et environnemental de ces gisements. C'est pourquoi depuis le début des travaux d'inventaire de ces sites paléontologiques de valeur patrimoniale exceptionnelle, il a été proposé de mettre en place une réserve naturelle éclatée.

Autour des années 1994 - 1995 la DIREN a tenté de mettre en place des réserves naturelles volontaires mais ces tentatives ont échoué pour plusieurs raisons : manque d'intérêt de certains propriétaires, propriétaires vivant essentiellement à l'étranger pour d'autres sites, difficulté de les rencontrer etc. La fièvre des phosphates est totalement retombée et beaucoup des sites quercynois ont failli retourner dans l'oubli total.

Le travail auprès de la population et des élus locaux, de l'association Phosphatières du Quercy, notamment dans le cadre du Parc Naturel Régional des Causses du Quercy (PNR CQ) a permis de sauver in extremis une part de cette mémoire collective. Ces efforts de mise en valeur et de protection doivent maintenant être amplifiés pour remettre les phosphatières sur le devant de la scène, place qu'elles ont injustement perdue tant leur intérêt est grand.



Au-dessus : Nodule de phosphate

Cliché "Ciel bleu et souris verte" - collection Phosphatières du Quercy

Au-dessous : Crâne de cadurcothère (28 millions d'années)



#### 4.1.6. Les phosphatières, une histoire qui a marqué profondément le Quercy.

Au temps de la fièvre des phosphates de nombreux conflits ont surgi entre les exploitants et les propriétaires et même entre les propriétaires des terrains.

L'exploitation des phosphates a été réalisée en tout premier par de grandes compagnies belges mais surtout anglaises. Ces compagnies ont ensuite cédé leurs parts à des sociétés françaises juste au moment où la grande crise des phosphates commençait. Les financeurs de ces sociétés et les ouvriers ont pris la crise de plein fouet et se sont trouvés victimes du système. Ils étaient persuadés de posséder une mine d'or mais il n'y avait plus aucune exploitation, certains ont tout perdu. Un sentiment amer s'est emparé de la population qui pensait en tirer profit pour des dizaines d'années encore.

De plus, les sociétés ayant fait faillite, il n'y a pas eu de remise en état des lieux et d'anciennes parcelles cultivées sont devenues de grands trous ou bien des espaces incultes complètement inutilisables. A la perte financière s'est alors ajoutée une perte des terrains que l'on ne pouvait plus cultiver. Cela s'est traduit dans le langage local par un changement dans la terminologie. Les « carrières à phosphates » sont devenues des « trous à phosphates » puis des « décharges » privées ou même municipales comme la phosphatière du Cloup d'Aural et du Mas de Got à Bach, les Tempories à Escamps, Caussadou à Puyjourdes etc.

Dans les années 1970 ce sont les paléontologues qui sont venus fouiller les terres du Quercy. Ils sont repartis avec les « trésors du Quercy » et les ont entreposés dans les collections de diverses universités (Montpellier, Poitiers, Lyon, Paris...) au lieu de constituer des musées sur place. Au même moment d'autres personnes, moins consciencieuses, pillaient ces gisements et revendaient les pièces dans le monde entier. Une partie de la population s'est sentie dépossédée une seconde fois de son patrimoine.

Totefois, dès 1977, l'association « Quercy-Recherche » organisait sur le terrain et sous la conduite du précurseur Albert Cavaillé, des promenades d'observation des poches à phosphorites tandis que la revue publiait jusqu'en 2000, de façon soutenue, de substantiels articles signés des principaux chercheurs et destinés au grand public.

Le musée de pelin air du Quercy-Cuzals proposait de son côté, dès son ouverture en 1985, des matériels et panneaux relatifs à ce patrimoine paléontologique. Ensuite on verra se développer une nouvelle époque de valorisation active et de réappropriation avec la création en 1992 de l'Assssociation des Phosphatières du Quercy, puis avec l'ouverture de la phosphatière du Cloup d'Aural à Bach.

Aujourd'hui une chance est donc donnée à ce territoire de retrouver sa mémoire en le voyant reconnu à travers la création d'une réserve naturelle nationale qui montre l'intérêt que l'Etat porte au patrimoine présent dans le Lot et principalement dans le Quercy.

La valorisation touristique de la phosphatière du Cloup d'Aural permet dès à présent de faire revivre une partie de cette histoire du causse et de reconnaître tout ce passé. Dès à présent le développement de ce pôle touristique permet aux Lotois de se réappropriier tout un pan exceptionnel de leur environnement naturel et de leur passé, souvent difficile. De même l'ouverture au public de la Plage aux Ptérosaures à Crayssac permettra dans un avenir très proche (été 2012) de valoriser encore plus complètement ce patrimoine lotois.



Crâne d'un primate  
Cliché "Ciel bleu et souris verte" - Collection Phosphatières du Quercy

Ossements de chauve-souris (os et crâne)



#### 4.1.7. Le Lot au temps de la « FIEVRE DES PHOSPHATES»

Nous présentons ici des photographies issues des collections du Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse que nous remercions ici vivement pour leur collaboration à ce projet. Ces documents très rares et exceptionnels se rapportent au temps de la fièvre des phosphates et permettent de se rendre compte de l'énorme importance des travaux mis en place pour extraire le précieux minerai.

PHOTO 1 : Document 138\_B67\_041bis.jpg - © Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse

Plaque négative au collodion - Format 13x18 cm

Inscription manuscrite par Eugène Trutat sur l'enveloppe : « St Antonin : phosphatière de Raynal  
Coll. humide »

PHOTO 2 : Document 1824-A-054bis\_pano.jpg - © Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse

Plaque négative au collodion, format 18x24 cm - Sans inscription ni mention d'auteur.  
Quercy, phosphatière.

PHOTO 3 : Document 138\_BG7\_042.jpg - © Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse

Original : plaque négative au collodion, format 13x18 cm

Inscription manuscrite par Eugène Trutat sur enveloppe : « Saint Antonin : Phosphatière de Raynal  
Coll. humide Dariot »

PHOTO 4 : Document MX-01\_009.jpg - © Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse

Original : plaque négative au collodion, format 12x20 cm

Sans inscription ni mention d'auteur - Phosphatière du Quercy

PHOTO 5 : Document 138st\_hx13.jpg - © Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse

Plaque négative stéréoscopique au collodion.

Format 13x18 cm

Inscription manuscrite par Eugène Trutat sur l'enveloppe :

« St Antonin – Phosphatière de Raynal. - Coll.humide avec Pradel - Stéréoscope »



Photo 1 : phosphatière de Raynal

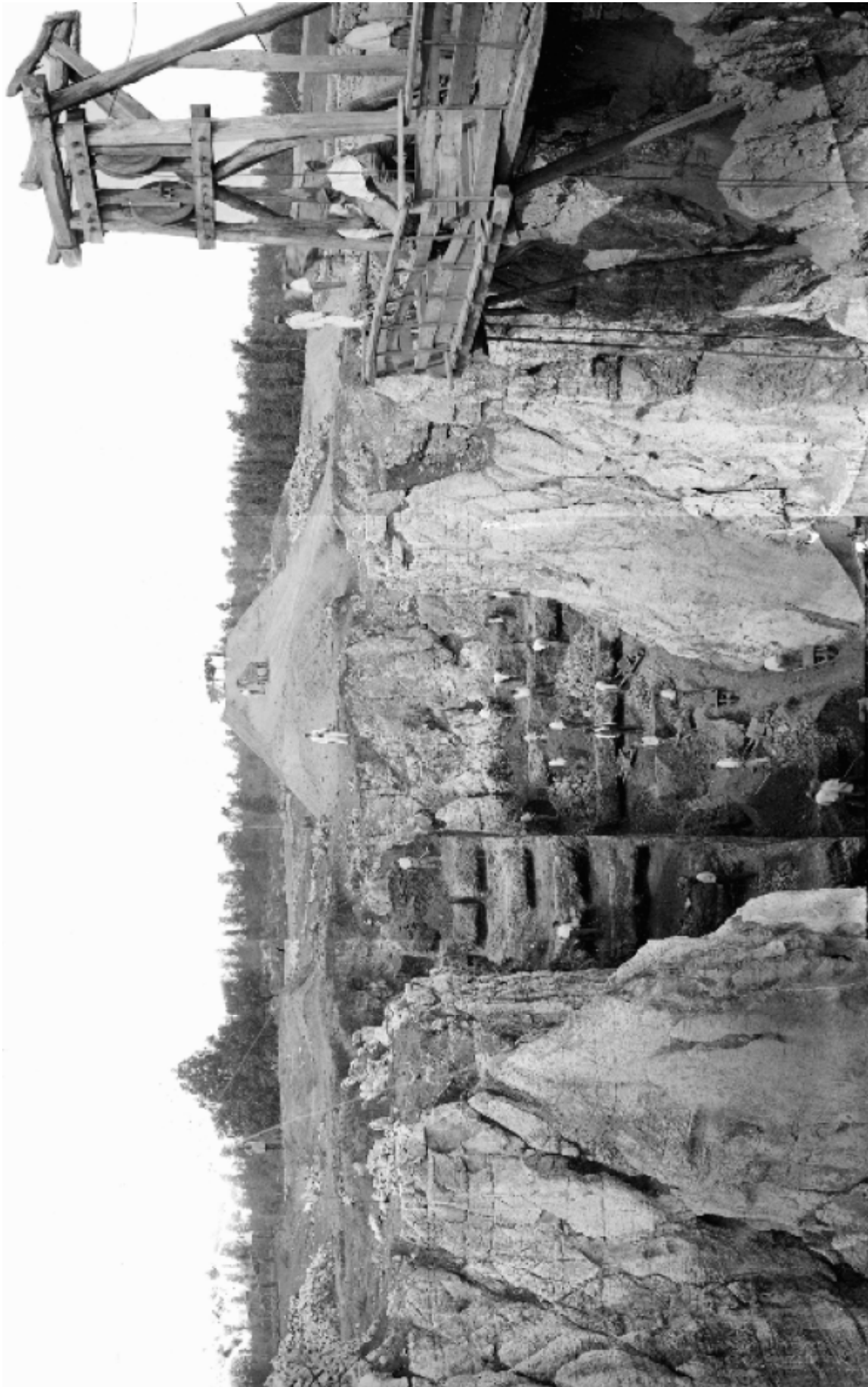


Photo 2



Photos 3 : Phosphatière de Raynal



Photo 4

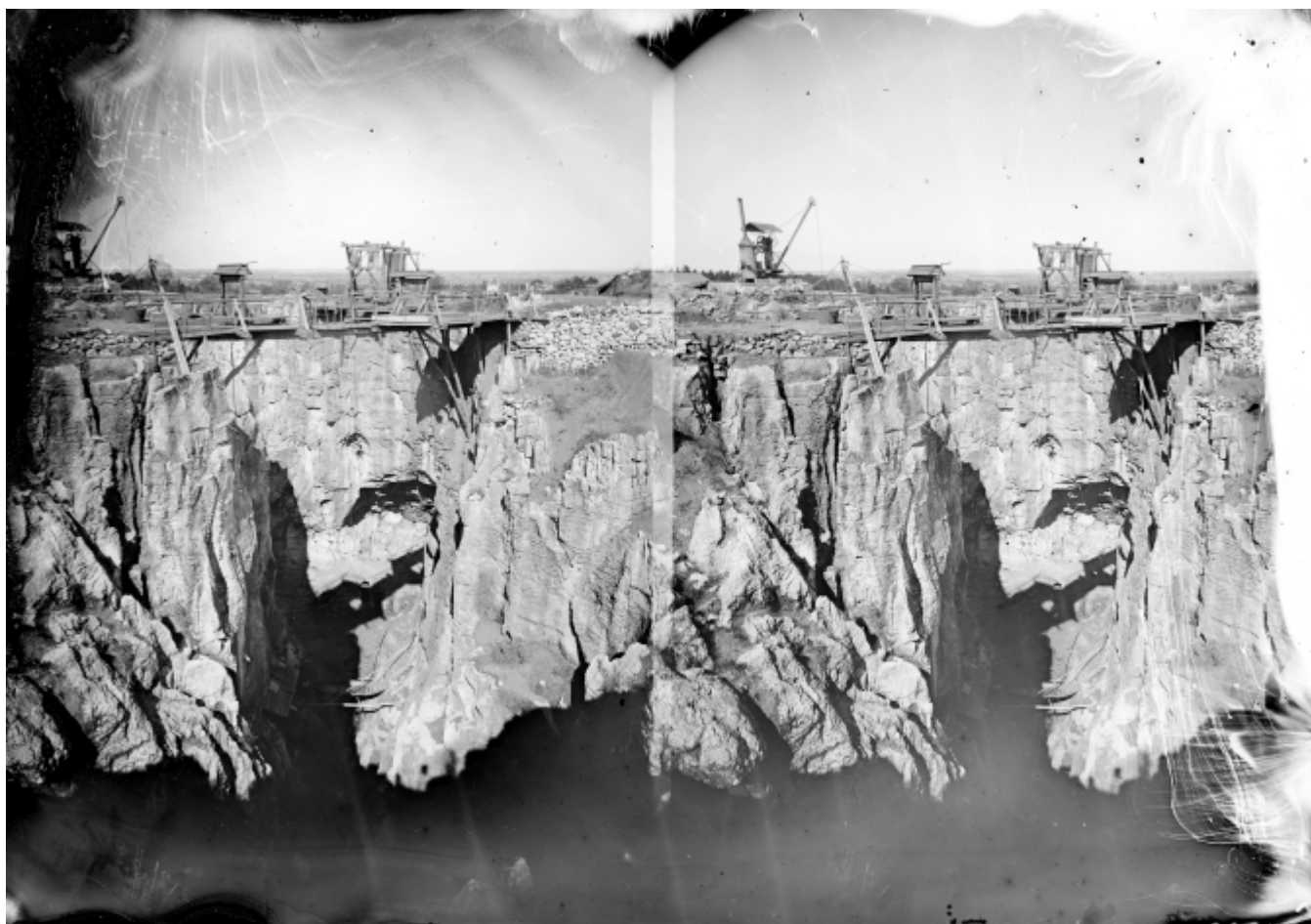


Photo 5 : Phosphatière de Raynal (photo stéréoscopique)

L'ensemble de ces cinq photos anciennes montre la très grande importance de l'extraction dans les phosphatières et l'énorme quantité de matériaux remontés à la surface. On y découvre aussi de précieux renseignements sur les techniques d'exploitation et des conditions de travail sûrement très rudes pour les ouvriers.

## **4.2. Le site de « la plage aux Ptérosaures » à Crayssac**

### **4.2.1. Historique de la découverte de « la plage aux Ptérosaures »**

En 1978, un observateur amateur, Jean-Luc Oberreiner, repère pour la première fois des traces qu'il interprète comme étant des empreintes de pattes d'oiseaux. Comme l'écrira plus tard Jean-Michel Mazin : « Ces fameuses empreintes de pas que les géologues Delfaud et Guttis avaient prédites, étaient pour la première fois officiellement signalée dans les roches de Crayssac. Une découverte paléontologique exceptionnelle venait d'être faite... »

Puis, en 1989 un paléontologue amateur, Gérard Lafaurie, découvre dans une carrière en activité de Crayssac (Lot) des poissons fossiles et des empreintes de pas de dinosaures. Il avertit les chercheurs de l'université de Poitiers. C'est le départ d'une grande aventure humaine et scientifique sur la piste des dinosaures et de leur environnement, il y a 140 millions d'années.

Les premières fouilles ont lieu dès 1993. Le site est exceptionnel car le calcaire est d'une extrême finesse, enregistrant tous les détails de la vie. A cette époque, une très vaste baie, telle le Mont St Michel, permettait un dépôt régulier de boues calcaires très fines. Les études déjà effectuées ont permis de reconstituer la sédimentation et la vie à cette époque.

### **4.2.2. Intérêt scientifique de « la plage aux Ptérosaures »**

Tout d'abord, l'observation approfondie des sédiments eux-mêmes apporte une multitude de renseignements. On observe de fins feuilletés calcaires composés de 7 lamines sombres et 7 couches claires plus épaisses. Cette rythmicité s'accorde avec la périodicité des cycles lunaires (mois lunaire de 4 fois sept jours) ce qui conduit à admettre, comme dans certaines mers actuelles, que cet ancien golfe charentais enregistrerait une seule marée par jour.

Ces dépôts permettent peut être aussi de préciser la durée d'une année qui, à cette époque, devait être de 373 jours au lieu des 365 actuels.

La marée descendante laisse derrière elle des flaques d'eau qui piègent les animaux (crustacés, mollusques, poissons, vers...). Les prédateurs suivent le recul des eaux pour exploiter ces réserves alimentaires, d'une part les tortues et les crocodiles qui habitaient ces lieux, puis les ptérosaures, ces célèbres reptiles volants de nos bandes dessinées. Ils viennent des airs pour capturer leurs proies, ils laissent les traces de leur marche caractéristique sur le sol.

Des dinosaures carnivores, venant du continent, s'aventurent sur la vasière, mais plus lourds, ils ne visitent que les parties les plus indurées où ils s'enfoncent peu. Le climat étant chaud, le soleil assèche rapidement la boue fraîchement déposée qui se craquelle tout en fixant les empreintes laissées par les animaux. C'est sur cette surface durcie par le soleil que la marée suivante vient déposer un nouveau mince film de boue.

L'enregistrement des empreintes de pas est si fin qu'il est possible d'y reconstituer des scènes de la vie de ces animaux :

- les ptérosaures ont laissé leurs traces (et leurs ossements) sur les plages de Crayssac. L'association des empreintes de pieds, formées de quatre doigts rayonnant, et de mains, avec leurs trois doigts en crochets si caractéristiques, en font définitivement des quadrupèdes, alors qu'on pensait qu'il s'agissait de bipèdes. C'est cette première découverte qui a fait la renommée mondiale de Crayssac ;
- un dinosaure s'approche de l'eau, il marche à petite enjambée sur la vase encore molle mais à l'air libre, l'empreinte est bien marquée, les bords sont flous. Plus loin il ne pose que la pointe du pied, il est sans doute en train de nager et il griffe le fond pour avancer. Un autre a glissé et laisse une trace en S ;
- un petit dinosaure dont le pied est à trois doigts pousse sur sa patte pour avancer, on voit le bourrelet de vase qui s'est formé à l'arrière du talon sous l'effet de la poussée ;
- etc.

Actuellement plus de trente espèces animales différentes ont été identifiées sur cette « plage » vieille de 140 millions d'années. Pour arriver à ces résultats le travail est long et difficile. Chaque année, durant un à deux mois, des équipes de fouilleurs (de quinze à trente personnes) martèlent, des heures durant, à tous petits coups de marteaux, les fines lamines calcaires pour les séparer les unes des autres, le plus doucement possible, 140 millions d'années après leurs dépôts, afin de découvrir les fantastiques vestiges qui y sont conservés. Parfois le

travail se fait de nuit pour profiter de la fraîcheur, mais aussi des conditions idéales d'éclairage rasant produit grâce à l'électricité des groupes électrogènes.

Ce sont des spécialistes en paléontologie, stratigraphie, sédimentologie etc. qui travaillent en équipes pluridisciplinaires sous la direction de Jean Michel Mazin et Pierre Hantzbergue de l'Université de Poitiers et de Lyon, pour faire « parler » la pierre de Crayssac. Le site est si riche que les fouilles peuvent durer une centaine d'années au rythme actuel sur ce seul site qui s'étend aussi aux alentours.

Il s'est bien sûr posé immédiatement le problème de la conservation de ces richesses situées au milieu d'une carrière en activité. De telles empreintes ne résistent pas à l'action du gel, du dégel, de la pluie etc. il faudrait les recouvrir totalement d'un toit. Par ailleurs, le site est si riche qu'il faut détruire une lamine pour découvrir d'autres traces dans la lamine inférieure. C'est pourquoi la technique du moulage (très fin et beaucoup plus léger à manier) permet de sauver l'intégralité de ces vestiges, alors que quelques « originaux » sont prélevés.

L'activité de la carrière a donc pu se poursuivre sans problème ; une très bonne entente a régné entre le carrier, les chercheurs et l'administration. Un projet de musée, de mise en valeur et de protection de cet ensemble est né au cours des rencontres entre les chercheurs et les élus alors que la renommée internationale du site de Crayssac ne faisait que croître chez les géologues. Tout ceci fut couronné par l'organisation à Toulouse, d'un grand congrès international.

La communauté de communes a acheté les terrains et un important projet de valorisation de ce site est en cours de réalisation, adossé à un programme d'aides financières « Pole d'Excellence Rural » de 702 k€ obtenu en octobre 2006 et couvrant la première phase ("phase de protection") du projet d'aménagement et de développement du site de "La Plage aux Ptérosaures".

### **4.2.3. Protection en urgence de « la plage aux Ptérosaures »**

Une instance de classement a été signée le 11 juillet 2011, par le ministère chargé de l'Environnement, marquant là l'importance que l'Etat accorde à la protection de ce site exceptionnel, suite aux deux effractions dont il a été l'objet en 2010 et 2011. Cette disposition permet d'assurer la protection d'urgence de ce territoire durant une période de 15 mois en attendant que la procédure normale de classement au titre des réserves naturelles arrive au terme de son instruction administrative normale.

### **4.2.4. Les acteurs du projet**

#### **Collectivités publiques**

Plusieurs collectivités publiques sont impliquées et portent ou accompagnent le projet :

- Région Midi-Pyrénées
- Département du Lot
- Communauté de Communes du Grand Cahors
- Pays Bourian
- Commune de Crayssac.

#### **Associations**

L'association Paleoquitania, réunissant paléontologues et géologues professionnels, a organisé et géré les opérations de fouilles de 1994 à 2001. Cette association reprendra une activité scientifique sur le site lorsque celui-ci sera aménagé (2011).

L'Association de Gestion et de Développement du site Paléontologique de la Plage aux Ptérosaures (AGDS3P), dont le siège social est à Crayssac, assure le maintien et la valorisation du site, et coordonne le développement du projet. Elle est conventionnée par les collectivités impliquées (Conseil Général du Lot et Communauté de Communes) et est gestionnaire du site et de l'équipement, avec un projet de délégation de service public (DSP).

La SEM46 (Lot-Développement-Aménagement) a la délégation de la Communauté de Communes (Maître d'ouvrage et propriétaire) pour assurer la coordination du projet.

#### **Partenaires scientifiques**

- Coordonnateurs scientifiques du projet: Jean-Michel Mazin (Directeur de Recherche CNRS, Université Lyon1) et Pierre Hantzbergue (Professeur, Université Lyon1).

- Comité scientifique: Jean-Michel Mazin (Président, Directeur de Recherche CNRS, Université Lyon1); Pierre Hantzpergue (Professeur, Université Lyon1); Kevin Padian (Professeur, University of California, Berkeley, USA); Peter Griffiths (Professeur, University of Wolverhampton, UK); Jean-Paul Billon-Bruyat (Paléontologue, Service Archéologique et Paléontologique, Canton du Jura, Suisse).

## Constructions et aménagements

Les travaux d'aménagement paysager sont en cours.

- Protection physique des zones porteuses d'empreintes à conserver et/ou à montrer au public sur 2475 m<sup>2</sup>. La construction des bâtiments a commencé en juin 2010.
- Mise en place de 1800 m<sup>2</sup> de capteurs photovoltaïque sur les toits de la structure, générant environ 93 000 kWh/an

## Muséographie et conservation

Le site paléontologique de la Plage aux Ptérosaures est unique au monde d'un point de vue scientifique. La finesse de l'enregistrement des empreintes et traces peut y être inframillimétrique (empreintes très fines, traces de griffes, traces de peau, traces de palmures interdigitales, impacts de gouttes de pluie, etc.) et une cinquantaine de type d'empreintes différentes ont été relevées jusqu'à présent (crustacés, tortues, lézards, crocodiles, ptérosaures, dinosaures, etc.). Mais ces traces, datées du Tithonien inférieur (-148 Ma), sont très fragiles et sensibles à l'érosion naturelle dès qu'elles sont mises au jour. Ceci explique les efforts faits par la communauté scientifique, les acteurs associatifs et les collectivités publiques impliquées, pour protéger physiquement et légalement ce site.

Les réserves sont importantes, dans la mesure où environ 2000 m<sup>2</sup> ont été fouillés et seront exposés au public, alors que plusieurs milliers de mètres carrés sont encore exploitables paléontologiquement, et plusieurs dizaines de milliers de mètres carrés sont naturellement conservés et peuvent être protégés en l'état.

L'espace ouvert au public est conçu comme un centre d'interprétation. La visite est conçue de la manière suivante:

- Géomorphologie, étude de paysage, faune et flore des causses calcaires
- Stratigraphie, approche du temps
- Les empreintes, identification, locomotion, la vie dans une vasière littorale, etc.
- Relations homme-terroir, ressources naturelles, exploitation traditionnelle des calcaires, etc.

A cette visite accompagnée, s'ajoutent une exposition permanente, des expositions temporaires, des cycles de conférences et animations culturelles diverses. Notons que ce fonctionnement est testé chaque été depuis 1996, soit dans le cadre des fouilles paléontologiques, soit dans le cadre des activités menées par l'Association de gestion et de développement.

Dans sa conception actuelle, le projet présente la caractéristique d'être "vivant", dans la mesure où l'activité scientifique peut continuer d'y être menée pendant très longtemps (fouilles annuelles). Cet aspect est particulièrement apprécié des visiteurs et représente un atout original tout en permettant également d'assurer une valorisation scientifique permanente. Il est également prévu que l'implantation photovoltaïque sur les toits de la structure soit accompagnée d'une valorisation pédagogique (objectifs de l'implantation, fonctionnement, rejets de CO<sub>2</sub>, énergie captée et restituée, etc.)

## Développements pédagogiques

Dès le début des fouilles, et depuis une douzaine d'année, les responsables scientifiques et associatifs de cette opération ont ouvert le site aux écoles et collèges. De nombreux groupes scolaires, aussi bien que des classes transplantées, ont pu visiter la Plage aux Ptérosaures, s'initier aux fouilles et mener des travaux d'interprétation géologique et paléontologique.

La dimension pédagogique est donc très présente dans les activités des développeurs actuels du projet, en partenariat avec le CDDP (Centre Départemental de Documentation ! Pédagogique) (expositions, maquettes pédagogiques, diffusion, etc.), aussi bien qu'avec la FDOL (Fédération Départementale des Œuvres Laiques) ou le Centre Léo Lagrange.

## Impact

Les ouvertures estivales du site au public, chaque année depuis 1996, accueillent régulièrement 3000 à 4000 visiteurs en l'espace de deux mois, sans communication ni captation organisée du public. Les études menées par des cabinets spécialisés, aussi bien que par les collectivités impliquées, envisagent au moins 7000 visiteurs la première année de fonctionnement et au moins 20 000 visiteurs par an dans quelques années.



Accueil du public sur le chantier de fouilles dans la carrière de Crayssac

Fouilles de nuit à Crayssac afin de bénéficier de la fraîcheur et de l'éclairage rasant des projecteurs





Fouilles avec des jeunes des écoles

Reconstitution de la plages aux ptérosaures





Piste de Tortue

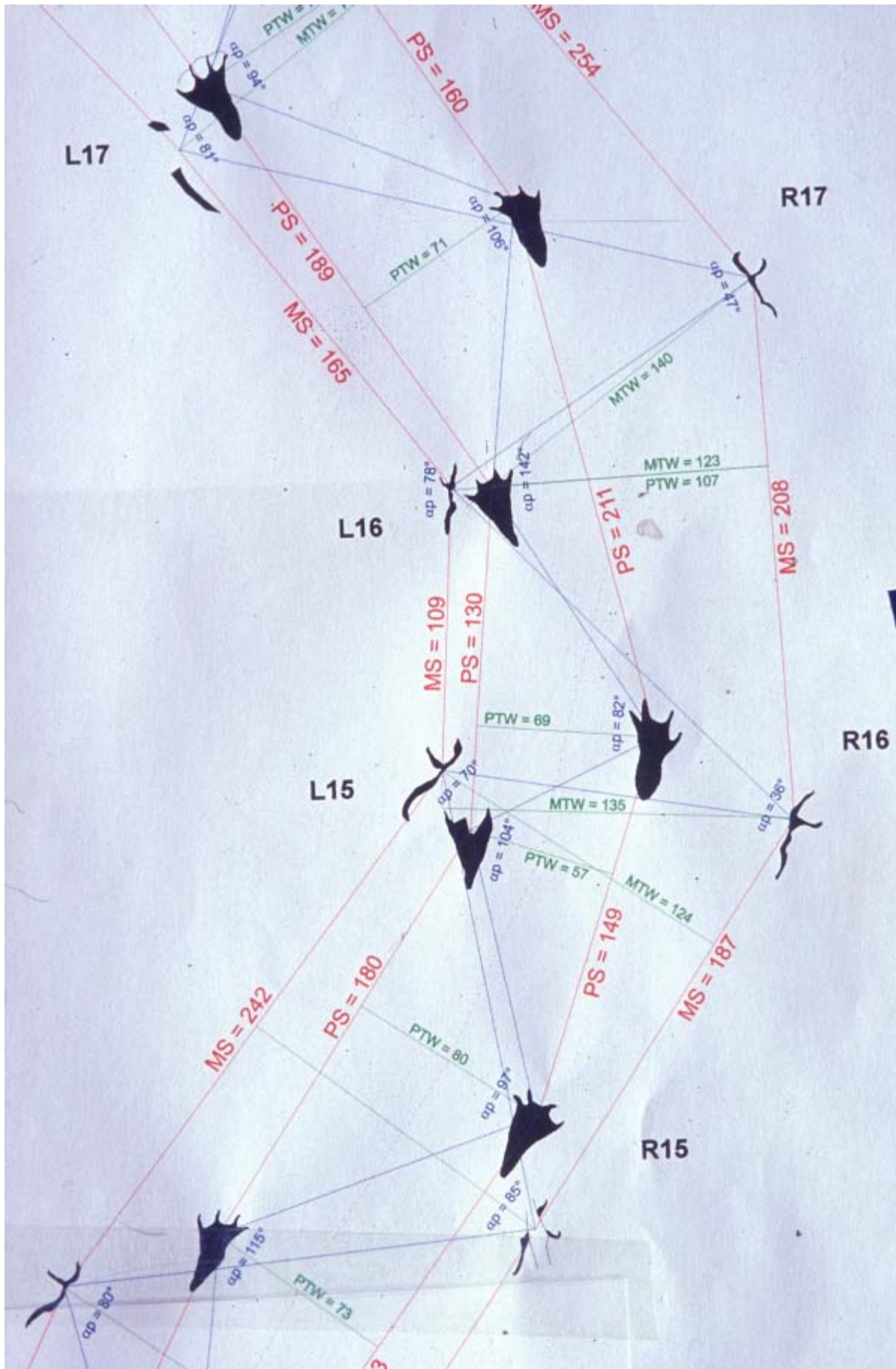


Piste de Crocodile (avec trace de la queue

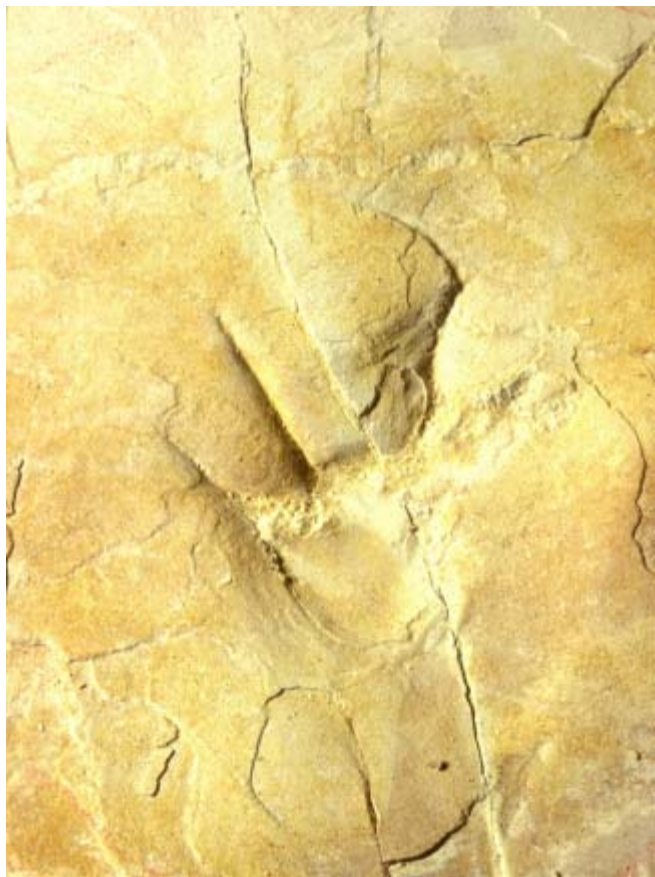
Piste de dinosaure, entrant dans l'eau

Piste de ptérosaure





Reconstitution d'une piste de ptérosaure (Jean-Michel MAZIN)



#### Empreintes de Ptérosaures

En haut à gauche : patte postérieure (pieds)

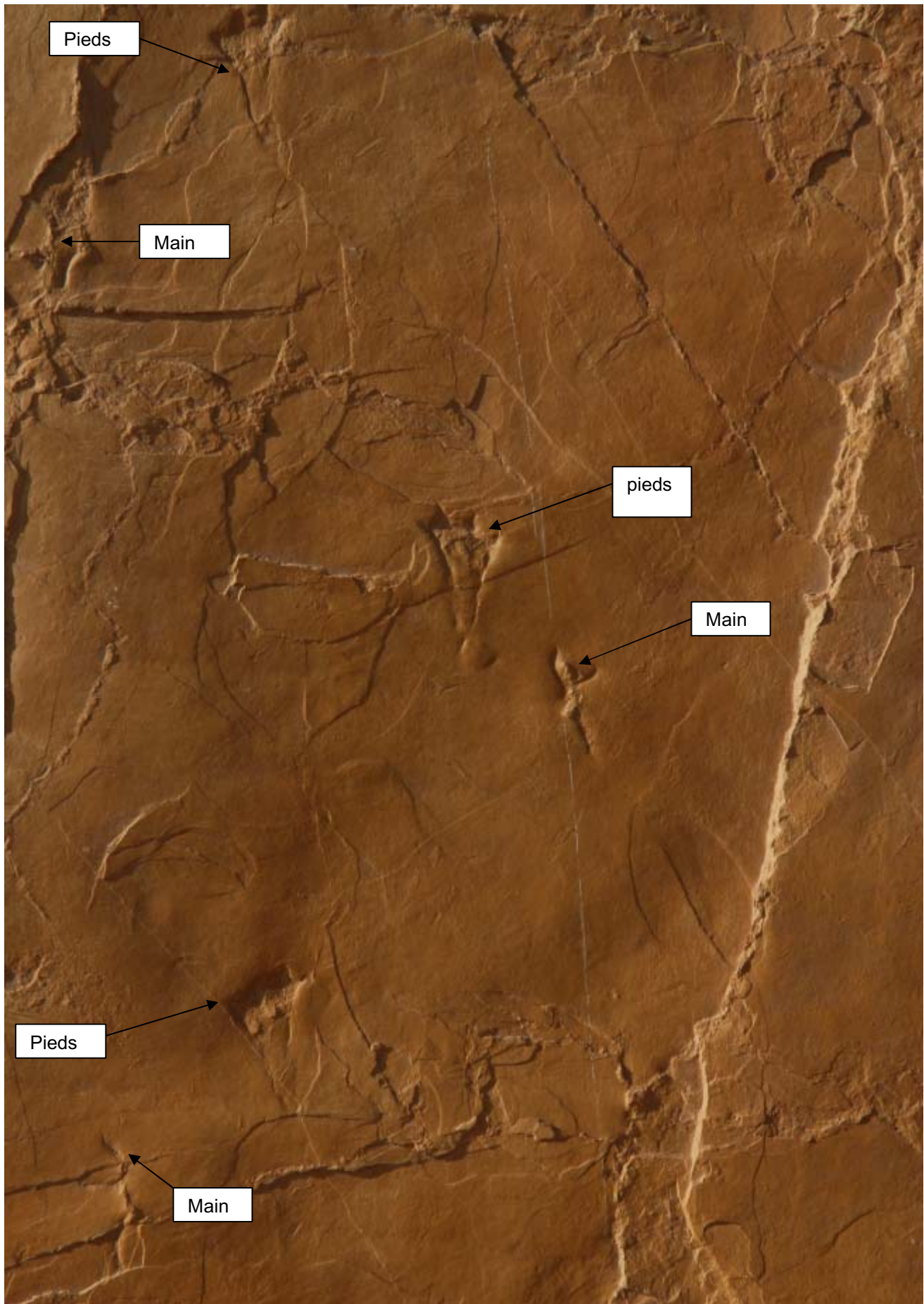
En haut à droite : patte antérieure (main)

A gauche : couple de pattes antérieures et postérieures.



Empreintes de peau (140 millions d'années)

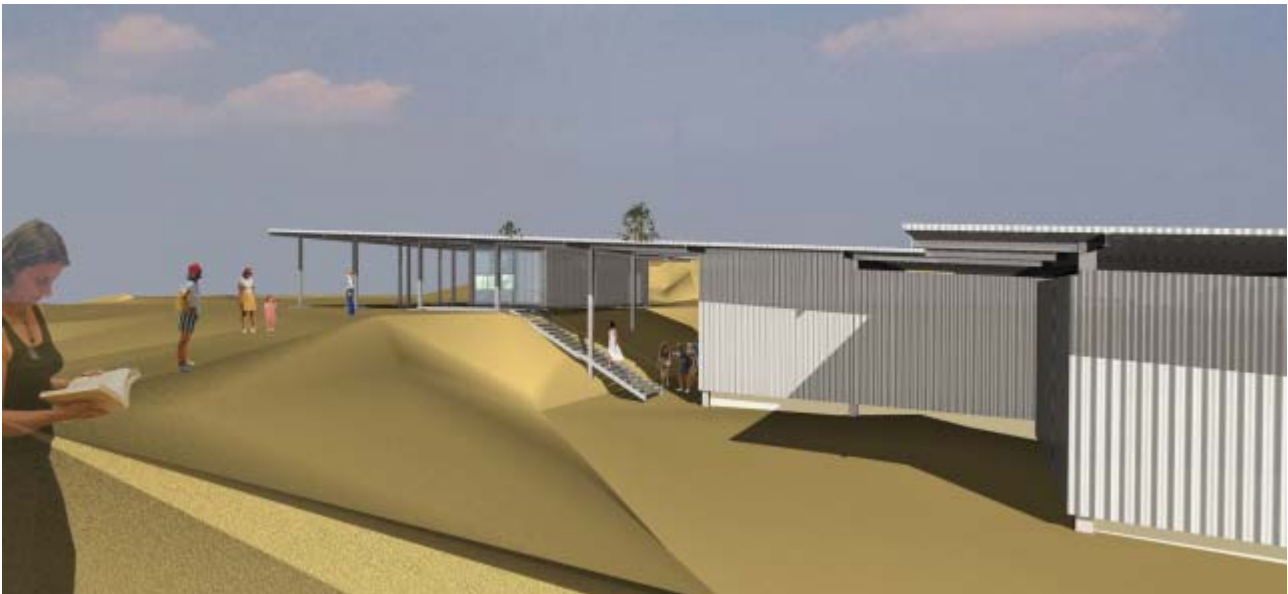




Piste de ptérosaure



Piste d'un dinosaure tridactyle (trois doigts)



Vue d'artiste de l'aménagement de la plage au ptérosaures





Aeger (Crustacé décapode –type crevette) longueur totale de l’animal : 8 cm (Photo JM Mazin)

Archaeoniscus (Petit crustacé isopode de quelques millimètres à 1 cm qui a laissé les traces de nombreuses pistes (Photo JM Mazin)

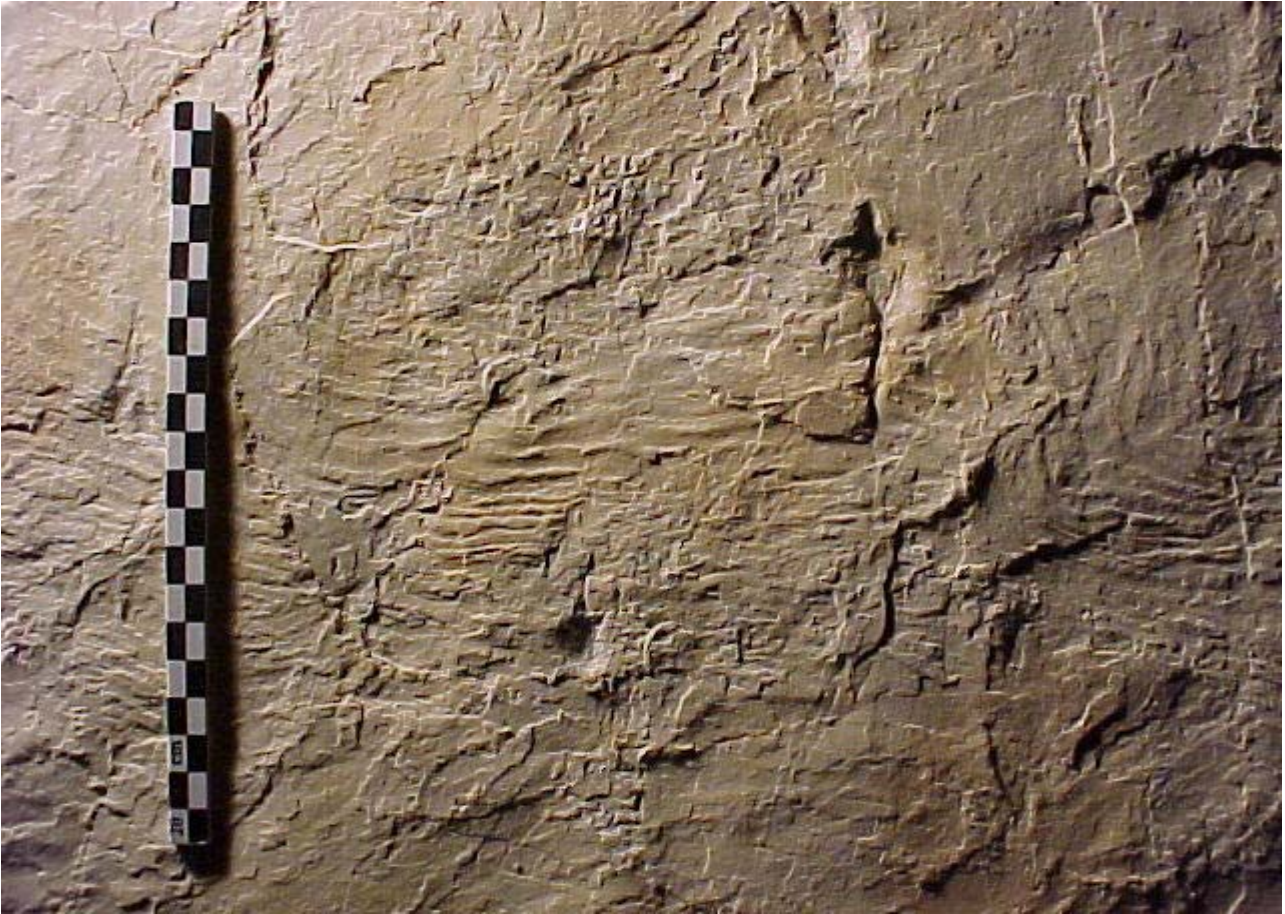




Le site de la Plage aux Ptérosaures (Photos JM Mazin)

Conférence en nocturne sur le site (Photos JM Mazin)

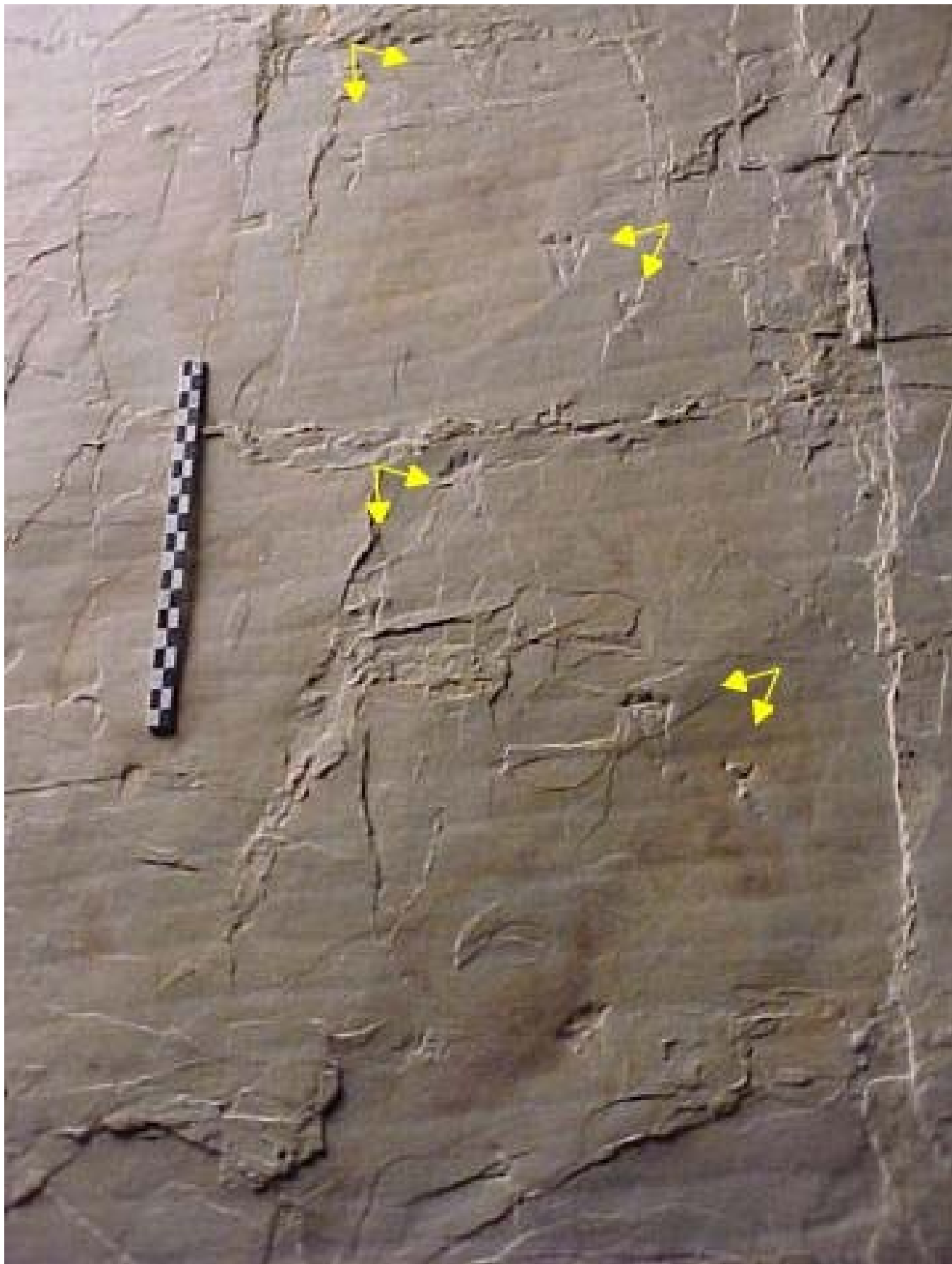




Piste de ptérosaure sur un voile algaire (Photo JM Mazin)

Ptérosaures – Pieds avec palmure (Photo JM Mazin)





Piste de ptérosaures sur des rides de sables fin . (Photos JM Mazin)



Coupe dans les terrains calcaires montrant la finesse des dépôts marins (lamines)  
(Photo Pierre Hantzbergue)



### **4.3. Les autres sites géologiques du projet**

#### **4.3.1. LES COUPES DE REFERENCE**

Pour le Jurassique moyen quercynois, la plupart des unités lithostratigraphiques qui servent de référence pour la réalisation des cartes géologiques ont été définies sur le territoire du projet de réserve. Ces affleurements permettent de décrire de façon précise les évolutions sédimentaires et paléontologiques pour un intervalle de temps donné.

Il s'agit systématiquement de bord de route sur les versants des vallées principales.

S'agissant de séries marines stratifiées, ces ensembles présentent une bonne continuité latérale. En conséquence, même en cas de travaux d'élargissement de ces routes, leur pérennité n'est pas mise en cause.

Il a néanmoins semblé intéressant de les intégrer au projet de réserve. Il s'agit, dans l'ordre chronologique, des coupes de :

- La Toulzanie : localité type des « Calcaires à oncolites de La Toulzanie » datés de l'Aalénien inférieur et moyen
- Calvignac : localité type des « Calcaires oolithiques dolomités de Calvignac » attribués à l'Aalénien supérieur/Bajocien
- Pech Affamat : localité type des « Dolomies bréchiques du Pech Affamat » attribuées au Bajocien supérieur
- Larnagol : localité type des « Calcaires oolithiques et graveleux de Larnagol » attribués au passage Bajocien/Bathonien
- Saint Chels : localité type des « Brèches et évaporites de Saint Chels » et des « Calcaires et marnes de Saint Chels » datés du Bathonien moyen et supérieur.
- Cévenne de Crayssac : localité type de la Formation de Parnac datée du Kimméridgien supérieur.

#### **4.3.2. Les sites minéralogiques :**

Le projet de réserve naturelle nationale comprend un site particulier avec de la calcite dite « de Bellecroix » (également appelée coucognette de Cabrerets sur internet) dans un site riche en sable non loin de la grotte de Pech-Merle à Cabrerets. Ce site a considérablement souffert les années passées et il n'était pas rare de voir des collectionneurs passer une journée complète sur le site à extraire des cristaux pour leur collection et /ou la vente. Ce gisement est de superficie réduite et il est nécessaire aujourd'hui de conserver ce qu'il reste des magnifiques cristallisations qui ont fait sa réputation.

#### **4.3.3. Les sites géomorphologiques :**

L'igüe de Crégols surprend le visiteur qui découvre ses pics au dernier moment au-dessus du village du même nom. Cette vaste dépression correspond à un important gouffre d'effondrement qui mesure dans les 60 mètres de diamètre pour 20 à 30 de profondeur selon les endroits. Au fond on peut observer un important chaos de blocs et de cailloux. Ce site a fait l'objet de travaux de la part des spéléologues pour tenter de rejoindre le drain karstique alimentant les émergences de Crégols. Mais il est vraisemblable que nous soyons là en présence d'un système annexe au drain principal du système karstique.

Il s'agit ici d'une morphologie typique en terrains calcaires, mais elle y atteint un très haut degré de perfection et de grandeur. Sa visite pour tous les publics est fort pittoresque et impressionnante.

#### **4.3.4. Les coupes pédagogiques - La tranchée de Vaylats :**

En 2007 les services de l'équipement ont réalisé une tranchée remarquable dans les calcaires quercynois, en rectifiant une série de virages dans le but de ne plus passer trop près d'une carrière en activité. Nous pouvons observer ici une coupe verticale d'une quinzaine de mètres de hauteur dans les calcaires, qui fait apparaître un paléokarst avec toutes ses formes caractéristiques et ce d'une très grande lisibilité et pédagogie. Ces poches sont remplies de différents types d'argiles et, même si très peu de faune y a été découvert à ce jour, il s'agit d'un très bel exemple de formation d'un karst et de son évolution dans le temps.

Vu sa très bonne situation, ce site pourra être aménagé dans le cadre de la gestion de la future réserve naturelle afin de pouvoir accueillir les visiteurs (écoles etc...)

#### 4.3.5. Les sites paléontologiques remarquables :

Le projet de réserve naturelle nationale présente une majorité de sites de type phosphatières, souvent très riches en fossiles. Il faut toutefois signaler la présence d'autres types de sites fossilifères remarquables, citons :

- le site de La Balme à Limogne en Quercy

A Limogne en Quercy nous avons inclus au projet un site qui affleure sur une toute petite surface au niveau des bâtiments du service départemental d'exploitation routière, mais qui se prolonge en sous-sol. Il s'agit d'un site extrêmement important car il contient les plus anciennes coquilles d'œuf de dinosaures sauropodes connues actuellement. C'est la localité type de deux espèces de gastéropodes fossiles (voir ci-dessous). Il est aussi très riche et diversifié en micro faune marine et continentale (au contact des deux) avec des poissons, des ostracodes, des characées, débris végétaux ...

- la coupe de Pech Affamat contient un niveau ayant livré des dents de dinosaures.
- Les sites paléontologiques ayant permis de déterminer de nouvelles espèces fossiles :

Lorsqu'une nouvelle espèce fossile est découverte, elle est décrite avec précision dans une publication qui mentionne le lieu où elle a été récoltée. Il s'agit donc des sites de référence de ces espèces pour l'ensemble de la communauté internationale. Sont concernés :

- le site de Saint Cirq Lapopie avec *Trocholina gigantea* Pélissié & Peybernès 1982,
- le site de Calvignac avec *Limognella dufaurei* Pélissié & Peybernès 1982.
- le site de la Balme avec *Gyraulus balmensis* Gründel, Pélissié & Guérin 2000 et *Exelissa costaminuera* Gründel, Pélissié & Guérin 2000

Par ailleurs de très nombreuses phosphatières constituent les localités types d'espèces de vertébrés fossiles.

#### 4.3.6. Les sites tectoniques :

A Limogne en Quercy, dans le même secteur que le gisement paléontologique cité précédemment, nous avons intégré au projet le site de La Balme situé en bordure de route, très connus des lycéens de Midi-Pyrénées et des étudiants. Il présente la particularité de présenter, des échelles millimétriques à décimétriques, de très beaux exemples de tectonique distensive syn-sédimentaire qui correspond aux périodes d'ouverture des océans atlantique et alpin.

Les falaises de Cabrerets permettent également d'observer à l'échelle kilométrique l'organisation sédimentaire sur un bloc basculé témoignant du même phénomène.

## 4.4. Autres intérêts patrimoniaux du Quercy

Comme nous l'avons déjà vu au cours de la description des différents sites, en plus de l'intérêt majeur du patrimoine géologique de ce projet, il faut mentionner la présence d'un patrimoine très riche et varié dans le Lot, principalement dans le Quercy.

Nous allons utiliser ici les études du Conseil d'Architecture et d'Urbanisme et de l'Environnement du Lot (CAUE)

### 4.4.1. Les paysages du causse

#### - LES CAUSSES, DES EMBLÈMES DE PIERRE ET D'EAU

Couvrant plus du tiers du département, les Causse du Quercy constituent les paysages dont l'image est l'une des plus diffusée au-delà de ses frontières. Se prolongeant en Corrèze et dans le Tarn et Garonne, les paysages des Causse du Lot témoignent d'un projet de valorisation d'un âpre terroir de pierre profondément marqué par l'eau, abondante dans les grandes vallées mais absente à la surface des plateaux.

Les vallées de la Dordogne, du Célé et du Lot déterminent quatre plateaux au sein des Causse du Quercy : le Causse de Martel, le Causse de Gramat, le Causse de Saint Chels et le Causse de Limogne. S'étirant du nord au sud, ils offrent des singularités et subissent l'influence des terroirs voisins mais présentent néanmoins une identité paysagère.

L'eau aujourd'hui absente en surface, a profondément modelé les paysages caussenards. Par son lent labeur d'érosion et de dissolution du calcaire, elle secrète de fascinants paysages souterrains de grottes et de gouffres.

Sur les plateaux, le karst s'exprime par un relief chahuté et complexe et une répartition sans règle des sols qui a commandé l'occupation agricole. Leurs fonds accumulant des sols rouges épais font figure d'oasis dans un contexte général de sols maigres. Les combes déroulent leurs rubans de prairies grasses alors que les dolines progressivement abandonnées procurent des havres de fraîcheur à une flore montagnarde attirant l'attention des naturalistes.

Le cause de Limogne proprement dit est le plus homogène. Le relief est constitué d'un plateau progressivement et doucement entaillé par le réseau de combes affluent sur le Lot ou se dirigeant vers le Quercy Blanc. Ce plateau est massivement boisé avec cependant de larges îlots ouverts autour des villages situés à distances régulières les uns des autres. Une auréole de jardins et de champs compartimentés par des murets s'étend autour des villages.

La silhouette des églises du 19<sup>e</sup> siècle, la masse imposante et insolite du couvent de Vaylats et la forte présence d'une architecture bourgeoise dans les bourgs et même dans les fermes, trahit l'enrichissement liée à la truffe et aux phosphates au siècle dernier.

Le village d'Escamps offre un paysage typique de village aménagé autour d'une doline. Le bâti orienté Est réparti au bord de la doline, le centre est occupé par des jardins et des points d'eau, des lacs, des citernes, des puits...

Les lacs avec leurs lavoirs-papillons sont nombreux et font aussi parti de la caractéristique des villages et de leurs environs.

Le cause de Saint-Chels est situé entre le Lot et le Célé, en limite du présent projet. Il s'étend jusqu'à Bédier (en dehors des limites du présent projet). Cette interfluve, dont le socle est principalement constitué de calcaire karstifié d'âge Jurassique moyen est lacéré de failles. Cette fragmentation du substrat se traduit par une mosaïque de micro-paysages dans des états plus ou moins avancés de déprise agricole.

Des séquences de paysages plus marqués se détachent de l'ensemble : le paysage dominant des pelouses sèches du Pech Lagalire à Gréalou, semé de dolmens, les enclaves de bocage liées à la présence d'argile et de marnes, les dolines bien agencées du secteur de Nougayrac

Un phénomène de combes suspendues au-dessus du Lot et du Célé donne des paysages originaux de longues dépressions ouvertes sur les vues lointaines dégagées par les entailles des grandes vallées.

## - LES PANORAMAS

Les panoramas ont fait, avec les châteaux, la renommée des grandes vallées lotoises. Les perceptions sont souvent spectaculaires. La lecture est immédiate à cause des reliefs francs et de l'étagement. L'aspect sculptural des cévennes est des cirques de falaises prend ici toute son importance.

Divers éléments concourent à la fascination exercée par les falaises :

- la verticalité des grandes parois
- la singularité des formes : falaises en encorbellement, les cirques, les éperons, les rocs...
- la confrontation à l'échelle géologique du temps : coupe sur le patient empilement des couches, ondulations imprimées par les puissants mouvements tectoniques, saignées horizontales creusées par les grandes vagues d'érosion.
- le mystère des cavités
- Les constructions semi-troglodytiques qui sont perchées ou lovées contre les falaises forment un thème pittoresque qui caractérise les grandes vallées.

## - PATRIMOINE AGRICOLE :

Sur le plateau, le paysage est marqué par des siècles de défrichement et d'épierrement massif que la mise en culture de ce terroir ingrat a imposé. Les lignes de force du paysage dans un maillage de murets ponctué de cayrous (amas de pierre) dont la paysannerie caussenarde a couvert la quasi-intégralité du territoire. L'absence d'eau en surface a donné naissance à des savoir-faire de gestion, de récupération et de stockage des eaux de pluies (lacs, citernes...)

La pierre calcaire est une composante emblématique des causses. Partout l'édifice géologique est lisible : falaises monumentales des vallées, corniches rocheuses, cailloutis des versants brûlés par le soleil, roche affleurant en lapiaz hérissant les champs ou les sous-bois... Les constructions vernaculaires en pierre sèche, les monolithes, la maille des murets et les cayrous participent aussi à cette perception privilégiée du minéral.

### 4.4.2. Intérêt faunistique

La mosaïque des paysages constitués par les espaces bocagers, les landes, les vallées encaissées et les massifs forestiers offre des habitats attractifs pour la faune sauvage.

Les milieux chauds sont d'une grande richesse faunistique : Lézards agile et ocellé, Coronelle girondine, Oedicnème criard ainsi que de nombreux insectes (lépidoptères, orthoptères...).

Les massifs boisés sont les lieux privilégiés pour le Circaète Jean-le-Blanc et de l'Autour des palombes ainsi que pour les chiroptères.

Les falaises abritent : Faucon pèlerin, Grand duc d'Europe et Grand Corbeau.

Les phosphatières présentent, en outre, un enjeu pour les chiroptères et la faune invertébrée.

### 4.4.3. Intérêt floristique

Le paysage du Quercy se compose de bois, landes, pelouses sèches, champs cultivés, et affleurements rocheux entrecoupés de quelques cours d'eau qui façonnent un relief karstique. La diversité des milieux naturels rencontrés sur le Quercy est le socle d'une diversité floristique remarquable. A l'échelle du PNR des causses du Quercy, 50 % des habitats naturels et 259 espèces végétales présentent un intérêt patrimonial.

La flore remarquable se rencontre dans chacun de ces milieux. Les cours d'eau, mares et sources calcaires faiblement représentés sur le territoire sont des habitats naturels essentiels pour un ensemble d'espèces liées aux milieux humides. Les pelouses calcicoles renferment une diversité floristique importante. Ces habitats remarquables sont menacés par le changement de pratiques agricoles et surtout la fermeture du milieu. Ces pelouses, typiques des causses, abritent un riche cortège d'orchidées et d'autres espèces végétales remarquables comme la Marguerite vert-glaucue ou la Sabline des chaumes. Les milieux boisés et notamment la chênaie pubescente sont les plus fréquents dans le Quercy. Les formations boisées les plus matures sont susceptibles d'héberger une diversité d'espèces animales remarquables en particulier des insectes saproxyliques. Les falaises et éboulis calcaires sont également des habitats renfermant des espèces végétales patrimoniales comme la Corbeille d'argent à gros fruit protégée à l'échelle nationale. Enfin, les champs cultivés et en particulier ceux de céréales d'hiver sont l'habitat de prédilection de nombreuses espèces patrimoniales du groupe des messicoles. Parmi elles, on trouve dans le Quercy deux taxons protégés : le Pied d'Alouette de Bresse et la Nigelle de France. Cependant, à l'heure actuelle, tous les milieux et tous les groupes d'espèces n'ont pu être prospectés. Certains enjeux relatifs à la biodiversité floristique restent donc encore à découvrir sur ce territoire. (Aurélien BIRLINGER DREAIL/SBRN/Dbio)

#### 4.4.4. L'occupation humaine

- Les sites mégalithiques

La période néolithique a laissé de nombreux dolmens et tumulus qui parsèment la lande et demeurent particulièrement concentrés sur la crête orientale du plateau. Les ouvrages de recouvrement des tumulus montrent l'utilisation de la pierre sèche

- L'empreinte médiévale :

Elle est encore particulièrement présente dans le paysage urbain. Elle se lit sur la silhouette des châteaux et des églises qui dominent certains villages, sur les formes urbaines agglomérées autour de ces monuments, les traces d'architecture romane ou gothique qui subsistent sur les façades...

- L'héritage du XIX siècle :

La surpopulation du 19<sup>e</sup> siècle entraîne une exploitation du moindre arpent. Les activités agricoles se répartissent dans l'espace selon la profondeur des sols : landes à moutons sur les sols maigres où affleurent les lapiaz et cultures sur sols plus profonds.

Sur ce relief doucement chaotique la réputation des sols profonds ne connaît pas de règles. Ils se trouvent aussi bien sur les plateaux que dans les vastes dépressions, des dolines, des cloups, ou des combes.

- La maille des murets et des cloups cultivés :

Les murets sont évoqués dès la fin du Moyen Age comme enclos pour protéger les cultures. Cette pratique s'intensifie au 19<sup>e</sup> siècle avec la redistribution des terres et des labours réalisés avec des bœufs qui soulèvent plus de pierres.

Cette maille donne une échelle plus réduite au paysage : pas de grands espaces ouverts comme sur les causes du Larzac. Les parcelles sont de taille moyenne ou petite et le maillage semble avoir été très répandu. De nombreuses petites dolines, appelées cloups, sont elles-mêmes cultivées et clôturées.

- Les cazelles et gariottes :

Elles vont de pair avec les murets. Elles forment une ponctuation pittoresque. Comme le montre l'inventaire exhaustif réalisé par le CNRDS sur le secteur de Marcilhac sur Célé les modèles sont variés sur un même territoire :

- . Petites cabanes archaïques incorporées aux murets
- . petites cabanes à trois chambres
- . caselles à plan en forme de fer à cheval et à voûte en ogive
- . caselles élaborées, à toiture ronde sur plan carré
- . caselles à étage et à rampe d'accès...

- Une architecture vernaculaire de traditions quercynoise :

Une architecture pittoresque apporte du caractère à ces paysages tout en nuances : pigeoniers-tourelles accolés à la maison, bolets et gènoises sont les attributs de la maison quercynoise. D'autres éléments tels que les encadrements d'ouverture monolithes font localement partie du vocabulaire des constructions. L'évolution des couvertures qui ont remplacé au 19<sup>e</sup> siècle le chaume et la lauze de calcaire a favorisé une déclinaison de l'architecture du nord au sud en utilisant successivement l'ardoise, la tuile plate et la tuile canal

- Les lacs de Saint-Namphaise :

Ce sont de petits lacs alimentés par une source ou par les eaux de ruissellement. La dalle est naturellement ou artificiellement creusée, colmatée et parfois confortée sur trois côtés par des maçonneries en pierre sèche. Sur le dernier coté une plage est aménagée sur la dalle calcaire pour l'accès des animaux. Des bassins ou des puits sont ménagés en amont pour la consommation humaine. Des dalles inclinées servent parfois de lavoirs sommaires.

- Les « arbres-haie » :

Afin d'aider à la confection des bordures des parcelles et afin d'empêcher les animaux de s'échapper les agriculteurs ont taillé les arbres de façon à ce qu'ils participent directement au renforcement de la clôture de ces

espaces avec les murets de pierres sèches. Dans certains cas ils sont très bien visibles comme c'est le cas par exemple près des maisons de « La Plante » à Bach

#### **4.4.5. Patrimoine gastronomique**

On ne saurait oublier le patrimoine gastronomique du Quercy qui est l'un des points essentiels du rayonnement de ce territoire.

- La truffe :

La production de la truffe a considérablement chuté depuis les années 1900. L'origine principale est la dépopulation des campagnes ce qui a entraîné un abandon progressif de sa culture et une fermeture du milieu ce qui est défavorable au maintien des conditions optimales de sa production.

Dans les années 1900 le département du Lot pouvait produire dans les 200 tonnes de truffes par an. Aujourd'hui la production a gravement chuté entre 3 et 10 tonnes suivant les années. Les deux principaux marchés sont ceux de Lalbenque et de Limogne en Quercy. Les cours de la truffe varient selon les années et la qualité, entre 300 et 700 euros le kilogramme.

Aujourd'hui la relance de la production est encouragée, d'anciennes truffières sont réhabilitées et de nouvelles mises en place. De nombreuses plantations d'arbres à truffes (chênes, noisetiers...) se répandent de plus en plus, en complément de la truffe qui pousse déjà à l'état naturel afin de reconquérir les territoires perdus. Il peut s'agir là d'un complément pour certains agriculteurs qui voient leurs marges diminuer.

- Le canard sous toutes ses formes : foie gras, magrets, cuisses confites :

Ces fleurons de la gastronomie du Quercy occupent une place essentielle dans les traditions locales et la renommée du terroir

- Fromage de chèvre :

Le lait de chèvre est à l'origine du fromage en forme de petits palets ronds et savoureux qui a obtenu le nom d'AOC Rocamadour.

- Lou Pastis :

Il s'agit là d'une pâtisserie de nos grands-mères : un gâteau feuilleté aux pommes avec de savantes effluves d'eau de vie de vieille prune.

- Le safran du Quercy :

Le safran était cultivé dans le Quercy jusqu'à la révolution puis il est tombé presque totalement dans l'oubli. Il ne subsistait plus que dans quelques jardins pour une consommation familiale. Depuis une dizaine d'années la culture du safran a été relancée avec succès dans le Quercy et il honore les menus de certains restaurants



Commune de Bach : le lavoir

Commune de Bach : à gauche «puits romain» - à droite un autre puits à 50 mètres du premier





Chemin rural de « La Plante »



« Arbre haie » à La Plante



*Gazelle de « La Plante », en pierres sèches*

*. Vue générale externe*

*. Vue intérieure du monument*



*Lac de Saint Namplaise  
. Lavoir  
. Auge en pierre calcaire*

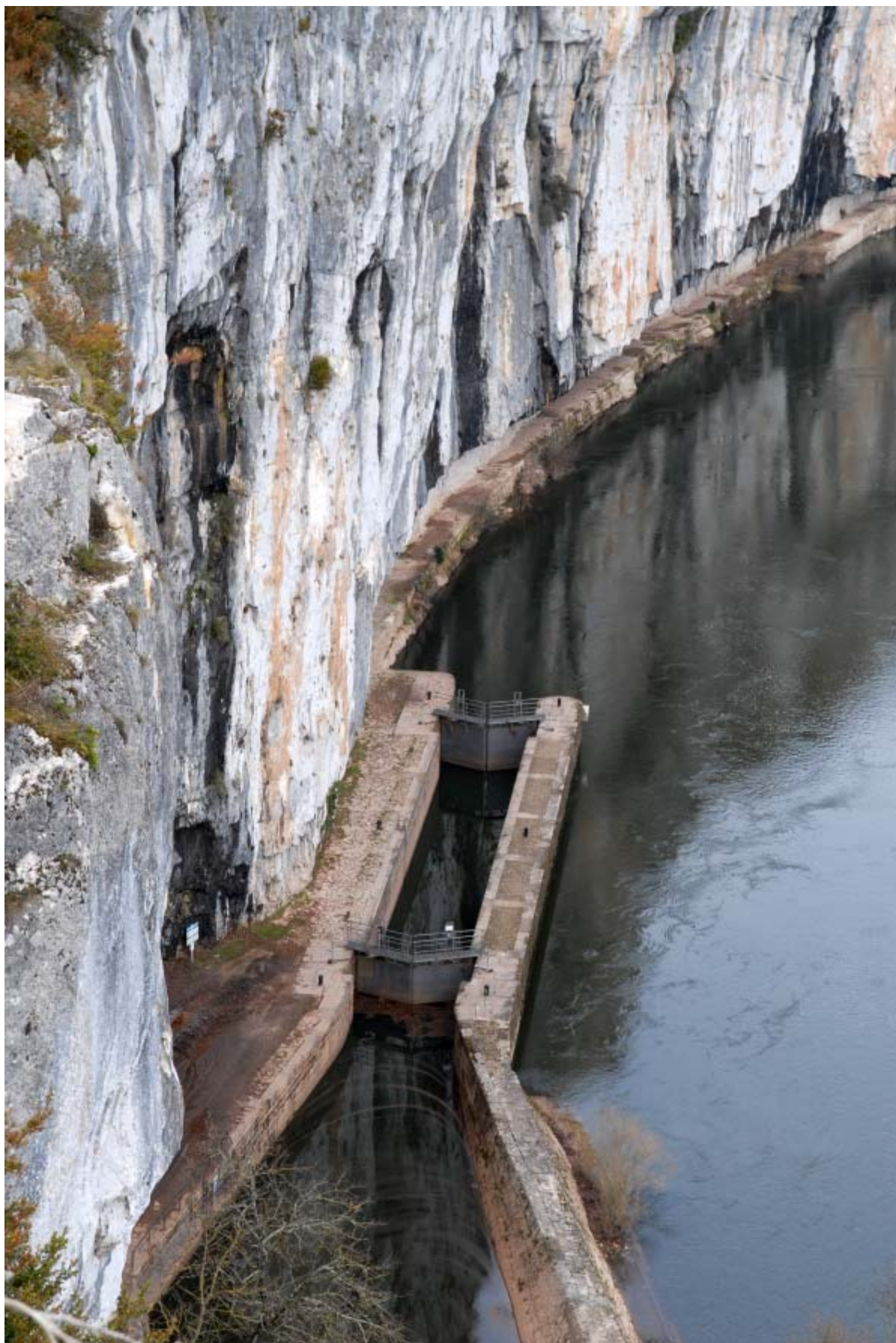


Puits de Pous de Brie (puits et auge de pierre)





Dolmen de Sindou



Écluse et chemin de halage (taillé dans la roche) au confluent du Lot et du Célé



## 4.5. Le projet dans le réseau des réserves a intérêt géologiques existantes

Quatorze réserves naturelles nationales à intérêt essentiellement géologique ont été créées en France à ce jour, il s'agit de :

RESERVE NATURELLE	Département	DATE DE CREATION	INTERET PRINCIPAL	AGE
Réserve naturelle de Saucats Labrède	Landes	05 09 1982	Stratigraphie Paléontologie	Stratotype de l'Aquitainien et du Burdigalien
Réserve naturelle François Le Bail (Ile de Groix)	Morbihan	14 01 1983	Tectonique des plaques - Minéralogie	Silurien
Réserve naturelle des falaises du Cap Romain	Calvados	16 07 1984	Paléontologie et témoin des dernières glaciations	Jurassique Sup.
Réserve naturelle de Haute Provence	Alpes de Haute Provence	06 11 1984	Paléontologie Tectonique	Carbonifère à paléogène
Réserve d'Héttange-Grande	Moselle	04 04 1985	Stratigraphie Paléontologie	Stratotype de l'Héttangien
Réserve naturelle de la grotte du TM 71	Aude	17 08 1987	Minéralogie (concrétions des grottes)	Quaternaire
Réserve naturelle du Luberon	Vaucluse	16 09 1987	paléontologie	Oligocène
Réserve naturelle du Thoarcien	Deux Sèvres	23 11 1987	Stratigraphie Paléontologie	Stratotype du Thoarcien
Réserve naturelle des sites géologiques de l'Essonne	Essonne	17 07 1989	Stratigraphie Paléontologie	Oligocène Stratotype du Stampien
Réserve naturelle de Vireux Molain	Ardennes	20 03 1991	Paléontologie	Dévonien
Réserve naturelle de la Saint Victoire	Bouche du Rhône	03 03 1994	Paléontologie des vertébrés (Oeufs de dinosaures)	Palogène Maastrichtien
Réserve naturelle de la Pointe de Givet	Ardennes	04 03 1999	Stratigraphie Paléontologie	Dévonien Stratotype du Givétien
Réserve naturelle de l'Astroblème de Rochechouart	Haute Vienne et Charente	18 09 2008	Impact de météorite	214 millions d'années
Réserve naturelle de la Désirade	Guadeloupe	19 07 2012	Affleurements d'origine volcanique	mésozoïque

TRANSFORMATION DES RESERVES NATURELLES VOLONTAIRES EN RESERVES NATURELLES REGIONALES

RESERVES NATURELLES VOLONTAIRES	Département	DATE DE CREATION	INTERET PRINCIPAL	AGE	DATE DE RECLASSEMENT EN RNR	DEVENIR, SI NON RECLASSEMENT
Four à Chaux de Pontlevoy	Loir et Cher	21 09 1986	paléontologie	Burdigalien	RNR : 15 avril 2011 Devient : RNR géologique de Pontlevoy	
Longeville Lès St Avold	Moselle	29 01 1985	Stratigraphie	Trias	?	
Lavergne	Lot	07 09 1992	Paléontologie	Bartonien	Non reclassée	Projet de RNN des sites géologiques du Lot
Puy de Marmant	Puy de Dôme	18 04 1985	Volcanisme	Langhien	?	
Menat	Puy de Dôme	01 04 1988	Paléontologie	Thanétien	?	
Robiac	Gard	04 10 1989	Paléontologie	Bartonien	Non reclassé	Projet : Arrêté protection géotope
Saturnin Garimond	Gard	18 03 1993	Paléontologie	Bartonien	Non reclassé	Projet : Arrêté protection géotope
Montredon	Hérault	19 11 1980	Paléontologie	Vallésien	Non reclassé	
La Lieude	Hérault	10 09 1986	Paléontologie	Permien	Non reclassé	
Aumelas	Hérault	22 04 1993	Paléontologie	Lutétien	Non reclassé	Projet : Arrêté protection géotope
St Martin de Bromes	Alpes-de-Haute-Provence	05 05 1987	Paléontologie	Hauterivien	Non reclassé	
Itteville	Essonne	25 10 1996	Paléontologie	Rupélien	Intégrée : RNN Essonne	20 avril 2011.
Coumiac	Hérault	05 09 1998	Stratigraphie	Frasmien famenien		Projet de RNR en 2011
La Gironnette	Dordogne	?	Paléontologie	Crétacé terminal	?	
Lappiaz de Loulle	Jura	05 11 1996	Morphologie	Jurassique	Non reclassé	

La création d'une réserve naturelle géologique dans le département du Lot permettrait de continuer la diversification et la complémentarité des types d'intérêts géologiques protégés dans une réserve naturelle avec, entre autre, les phosphatières, un site à empreintes de ptérosaures, tous les deux d'intérêt international.

L'extraction des phosphates dans le réseau des autres Réserves Naturelles Nationales

La réserve naturelle de l'île du Grand Connétable à quelques kilomètres au large des cotes de la Guyane renferme un important site de phosphate connu depuis fort longtemps. Au XIX<sup>e</sup> siècle une entreprise américaine a annoncé son intention d'ouvrir une carrière de phosphate sur cette île.

Le phosphate était dû à l'accumulation de guano des oiseaux et des restes des poissons qu'ils amenaient à leurs petits. Les dépôts augmentaient de quelques cm tous les ans. Au fil des millénaires les eaux météoriques, chargées de phosphate ont transporté dans la roche le précieux minéral. De 1984 à 1915 la compagnie américaine récolta tout ce qu'elle pouvait prendre en allant jusqu'à casser les rochers et aboutir à la désertification de l'île par les oiseaux à l'origine de ce trésor. Une centaine de personnes ont travaillé là dans des conditions très pénibles.

Une centaine d'année après la fermeture des mines les premiers occupants reprennent peu à peu possession de l'île, mais tous ne sont pas encore revenus. La réserve y parviendra t elle ? Il faut espérer que oui.

## Un peu d'histoire

Aujourd'hui méconnue, l'île du Grand Connétable l'était beaucoup moins entre le XVII<sup>ème</sup> et le XX<sup>ème</sup> siècle, à l'époque où le bateau était le seul moyen de se rendre en Guyane.

La forme de l'île à l'époque devait être atypique car en 1765, un navire hollandais de Rotterdam l'a confondue en pleine nuit avec un autre navire et a voulu l'aborder. Il se rendra compte trop tard de son erreur et coulera, entraînant avec lui sa malheureuse "cargaison" de plus de 300 esclaves.

Avec sa forme en pain de sucre, sa couleur blanchâtre due aux fientes d'oiseaux, le rocher du Connétable était le premier point de repère pour les navires qui accostaient à Cayenne, après une traversée transatlantique de plusieurs semaines. Les courants et les bancs de vase rendant la zone très dangereuse, les marins étaient rassurés de trouver cette vigie qui leur permettait ainsi de se situer avec précision sur les cartes. Pour saluer leur arrivée, on raconte qu'ils s'amusaient à tirer un coup de canon chargé à la mitraille pour faire s'envoler les milliers d'oiseaux qui peuplaient alors l'île.

Point de passage obligé et premier contact avec la Guyane française, au XIX<sup>ème</sup> siècle l'administration avait décidé d'ériger un phare somptueux au sommet du rocher. Le caractère dangereux des travaux a toutefois fini par décourager les dirigeants, d'autant plus qu'une entreprise américaine annonçait son intention d'ouvrir une carrière de phosphate sur l'île.

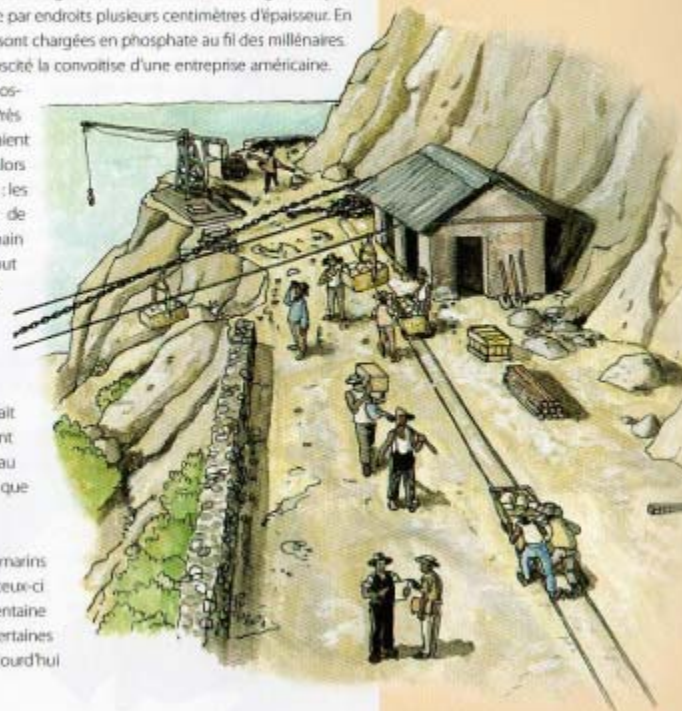


: extrait de l'ouvrage : « A la découverte des réserves naturelles Guyannaises »

## L'exploitation du phosphate

Autrefois havre de paix pour les oiseaux marins, l'île était entièrement couverte de guano. Après chaque saison de reproduction, cette couche de guano, constituée d'un mélange de déjections et de débris de poissons, pouvait atteindre par endroits plusieurs centimètres d'épaisseur. En s'infiltrant avec les eaux de pluies, les roches se sont chargées en phosphate au fil des millénaires. A la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, cet engrais naturel a suscité la convoitise d'une entreprise américaine. Celle-ci travaillera à l'extraction des roches phosphatées pendant 20 ans, entre 1894 et 1915. Près d'une centaine de personnes, dont la plupart étaient des travailleurs recrutés sur la côte, vivaient alors sur l'île. Le travail était extrêmement pénible : les roches étaient extraites à coup de pioche et de dynamite, puis les blocs étaient chargés à la main sur des bateaux. L'accostage étant dangereux, tout un système de palans, de chaînes, de treuils et de bennes suspendues avait été conçu pour le chargement des navires. On raconte que pour agrémenter les séjours sur l'île, un directeur avait fait organiser à plusieurs reprises de grands bals où la bourgeoisie de Cayenne était conviée. En 20 ans, le faciès de l'île fut entièrement modifié. Des nombreux bâtiments construits au début du XX<sup>ème</sup> siècle, il ne reste aujourd'hui que des ruines.

Pendant la période d'exploitation, les oiseaux marins ont bien évidemment déserté l'île. Petit à petit ceux-ci ont repris possession des lieux... Près d'une centaine d'années après la fermeture de l'exploitation, certaines espèces autrefois nicheuses ne font encore aujourd'hui que de timides apparitions...





## 5. L'AVENIR DE LA RESERVE NATURELLE DU LOT

### 5.1. Orientations de gestion de la réserve

#### 5.1.1. Choix d'un gestionnaire :

Le gestionnaire de la réserve sera désigné par le préfet suite à un appel à manifestation d'intérêt (après avis du comité consultatif de la réserve) après la signature du décret de classement. Dès à présent le Parc Naturel Régional des Causses du Quercy s'est porté candidat comme gestionnaire de la réserve et participe à l'élaboration du dossier de classement aux côtés de l'Etat.

Un comité consultatif de la réserve naturelle nationale sera créé auprès du préfet du département du Lot qui en assurera la présidence. Il comprendra des représentants :

- des collectivités territoriales intéressées, des propriétaires, des exploitants et des usagers.
- des administrations et des établissements publics concernés.
- des représentants d'associations de protection de la nature
- des personnalités scientifiques qualifiées.

Ce comité consultatif donne son avis sur le fonctionnement de la réserve, sur sa gestion et sur les conditions d'application des mesures prévues par le décret de classement. Il peut faire procéder à des études scientifiques, à des études d'impact et recueillir tout avis en vue d'assurer la conservation, la protection ou l'amélioration du milieu naturel de la réserve.

Le préfet désigne également un conseil scientifique composé de représentants des différentes disciplines de la géologie. Ce conseil donnera son avis sur le plan de gestion, l'impact des aménagements. Comme pour le comité consultatif, il peut aussi proposer des études scientifiques et des mesures en vue d'assurer la conservation, la protection ou l'amélioration du milieu naturel de la réserve.

#### 5.1.2. Evolution de la réserve

Dans un premier temps un périmètre de protection pourra être mis en place autour des divers sites de la réserve dans le département du Lot, après avis de maires concernés.

Aujourd'hui ce projet de réserve naturelle porte uniquement sur le département du Lot, pour des raisons de simplification de ce dossier déjà complexe et compte tenu du nombre élevé de sites géologiques déjà pris en compte.

Dans un second temps, il sera possible d'envisager une extension de cette réserve et de son périmètre de protection aux départements voisins, principalement le Tarn et Garonne, eux aussi riches d'un patrimoine géologique remarquable.

Ce projet peut donc devenir à terme interdépartemental. Cette évolution ne sera mise en place qu'après concertation avec les acteurs locaux et avis du comité consultatif et du conseil scientifique.

#### 5.1.3. Orientations de gestion

La vocation de la réserve naturelle nationale à intérêt géologique du Lot sera basée sur l'étude, la protection, et la valorisation du patrimoine géologique.

La protection : c'est l'objet même de la création de cette Réserve Naturelle Nationale

Cette protection du patrimoine sera assurée par un suivi régulier de l'ensemble des sites par le personnel de la réserve ainsi que par les chercheurs qui seront associés aux programmes d'études. Un garde assermenté pourra informer, sensibiliser le public et, en cas de nécessité, dresser un procès verbal.

Les interventions des scientifiques sur les sites, la présence des visiteurs, participeront aussi à l'occupation des lieux et à leur surveillance. N'oublions pas la population qui prend de plus en plus conscience de la qualité de son patrimoine et qui est à même de le défendre et d'appeler les services compétents en cas de besoin.

L'étude a déjà commencé depuis de nombreuses années principalement sur les phosphatières et la Plage aux Ptérosaures à Crayssac où la bibliographie est très importante. Ces travaux seront largement poursuivis sur l'ensemble du territoire de la réserve avec les chercheurs du monde entier en fonction des programmes d'études des différents laboratoires. En France on peut déjà compter sur les universités de Lyon, Montpellier, Poitiers, puis

sur le muséum national d'histoire naturelle de Paris et le muséum de Toulouse pour continuer ces travaux qui bénéficient en permanence des nouvelles techniques de recherche.

La diversité des types de sites de ce projet permet en effet un très large éventail de projets de recherche

#### 5.1.4. Axes de recherches

Les études suivantes peuvent être engagées sur les sites de la réserve naturelle :

##### 1) Phosphatières :

Quasiment tous les travaux existants sont d'ordre paléontologique, soit dans le domaine de la systématique, soit dans celui de la phylogénie (étude des parentés entre les différents êtres vivants) soit enfin dans celui des relations évolution de la biodiversité/conditions environnementales.

Les pistes à explorer ou à approfondir sont les suivantes :

- Recherche de nouvelles localisations fossilifères pour préciser et élargir l'intervalle temporel concerné.
- Relevés topographiques précis de l'ensemble des sites.
- Multiplication des approches paléoenvironnementales via notamment les cénogrammes (graphique permettant de caractériser un biotope à partir de la masse des mammifères adultes qui l'habitent).
- Inventaire et études sédimentologiques et taphonomiques fines des remplissages in-situ (Etudes des processus qui interviennent après la mort d'un organisme jusqu'à sa fossilisation ainsi que la formation des gisements fossiles.
- Analyse du contexte géomorphologique et des interactions exo/endokarst (Intérieur et extérieur) dans la dynamique karstique
- Inventaire et études minéralogiques fines des diverses concentrations et concrétionnements phosphatés. Tentatives de datation isotopique soit des concrétions, soit des ossements, soit des éléments phosphatés (traces de fission des apatites)
- Analyses géochimiques des restes fossiles ( $\delta^{18}O$ ,  $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{15}N$ )
- Recherches dans les archives notariales et minières pour préciser les périodes et conditions d'exploitation de chaque gisement
- Recherches dans archives portuaires (Bordeaux, Angleterre, ...) et industrielles (fabricants d'engrais) pour caractériser les processus mis en oeuvre et quantifier les échanges commerciaux liés à l'activité minière
- Observations et relevés de terrain pour identifier l'aménagement de l'espace rural induit par l'activité minière
- Inventaires exhaustifs de la diversité botanique actuelle reliée aux phosphatières.

##### 2) Plage aux ptérosaures :

L'analyse sédimentologique est déjà bien établie (travaux de Pierre Hantzpergue). L'accent pourrait être mis sur l'inventaire des traces, leur mise en relation avec les restes des organismes (les autres sites mondiaux du même âge : Allemagne...), la dynamique comportementale de ces organismes, les relations trophiques du paléocosystème.

Les fouilles pourraient être étendues latéralement au site que nous connaissons puisque le projet de réserve comporte des terrains jouxtant le site actuel.

3) Coupes de références : éventuellement reprises des analyses sédimentologiques afin de préciser les unités stratigraphiques dans le contexte de la stratigraphie séquentielle

4) Sablière de Pech Merle : observations de terrain et prospections géophysiques pour déterminer la topographie et les limites du système

etc.

La valorisation du patrimoine géologique de la réserve est déjà en cours sur deux de ses sites : la phosphatière du Cloup d'Aural à Bach depuis une dizaine d'années et « la Plage aux Ptérosaures » qui ouvrira au public définitivement en 2012, après des périodes d'ouverture temporaire depuis le début des fouilles.

Le premier déjà ouvert au public depuis 2000, accueille 11 000 personnes par an, le second, même s'il a reçu un important public au cours des différents chantiers de fouilles, verra son ouverture officielle durant l'été 2013, avec l'inauguration des bâtiments construits pour protéger les empreintes des ptérosaures. Il devrait recevoir très rapidement dans les 30 000 personnes par an.

A eux deux ces deux sites devraient recevoir très vite un total de 50 000 visiteurs annuel, qui pourrait passer à 70/80 000 visiteurs quelques années plus tard. L'équipement mis en place à ce jour permettra de gérer cette présence et le gestionnaire de la réserve prendra les dispositions nécessaires si cet accroissement se poursuit.

A cette valorisation à destination du très grand public il faut ajouter d'autres types de valorisations :

- Pédagogiques : c'est le cas du site de la Balme à Limogne en Quercy, ou celui de la tranchée de Vaylats qui pourront être aménagés pour recevoir tous les visiteurs mais avant tout, les écoles et les étudiants des universités.
- Tourisme familial : c'est le cas de l'igüe de Crégols qui pourra être sécurisée et balisée pour recevoir les familles, les randonneurs. Il s'agira là de visites libres avec informations locales puisque ce site ne présente pas de fragilité particulière.

## **5.2. Valorisation des sites géologiques Lotois**

Parmi les sites sélectionnés pour faire partie de ce projet de réserve naturelle nous disposons déjà de deux sites qui sont adaptés pour recevoir le public dans un souci d'information, de sensibilisation au patrimoine géologique et à sa protection : les phosphatières du Cloup d'Aural et le site de la plage aux ptérosaures à Crayssac.

Certains autres sites du projet vont bénéficier d'aménagement afin de faciliter leur accès et leur lecture par les visiteurs. Leur développement touristique fait partie de la dynamique générale de valorisation du patrimoine géologique lotois.

### **5.2.1. Les phosphatières du Cloup d'Aural à Bach**

Elles sont inscrites au titre des monuments historiques par arrêté en date du 10 décembre 1998. (Concerne les parcelles AP33, 34, 36 et 39)

Elles ont fait l'objet d'une importante opération de dépollution en 1999 puis elle a été aménagée pour accueillir le public en 1999/2000, puis 2006/2008.

Ce site ne contient pas actuellement de vestiges paléontologiques directement accessibles connus mais on y observe des vestiges du patrimoine industriel qui sont importants, permettant aux visiteurs d'appréhender une partie de l'histoire au temps de la fièvre des phosphates.

Dans le cadre du projet de réserve naturelle, le renforcement de ce pôle d'accueil permettrait de former et de sensibiliser le public à la protection du patrimoine géologique. Le dépôt de moulages des différentes faunes découvertes dans le Quercy permettant de reconstituer l'évolution de la vie durant 40 millions d'années à une époque beaucoup plus chaude qu'aujourd'hui.

Les phosphatières du Cloup d'Aural pourraient aussi être le départ de visites, encadrées par des spécialistes, vers d'autres sites. Les témoignages du paléokarst sont en effet excessivement nombreux autour du Cloup d'Aural et il est possible d'ouvrir la connaissance des touristes, aux différentes étapes de formation d'un karst (karst fossile, paléo karst, karst actuel) avec des sites très variés.

Enfin la richesse de la flore très particulière des phosphatières dans un milieu très sec en surface est aussi un pôle d'attraction pour les visiteurs. Ce sera au plan de gestion de la future réserve de définir tous ces axes.

Dans le prolongement des actions déjà amorcées, les acteurs des phosphatières souhaitent développer trois pôles en même temps : la protection (dossier de réserve naturelle), la recherche scientifique et ethnoarchéologique et la valorisation en direction du grand public.

De nombreuses animations pédagogiques sont proposées depuis l'école primaire jusqu'au niveau universitaire. Elles portent essentiellement sur l'évolution, la classification phylogénétique et la reconstitution des paléo-environnements. La majeure partie de ces animations concerne actuellement des lycéens.

Depuis 2009, les établissements scolaires peuvent, dans le cadre de leurs TP, laver, tamiser et trier des sédiments réels. Les fossiles récoltés sont restitués en fin d'année scolaire et intégrés aux travaux de recherches paléontologiques actuelles. Un premier bilan début juillet 2010 montre la participation d'une douzaine d'établissements scolaires de la région (collèges et lycées, niveaux 5ème, 3ème, ateliers scientifiques, collectes de

nombreuses pièces dont plusieurs n'avaient pas encore été repérées dans le gisement étudié cette année (Valbro).

Un bilan, début juillet 2011 montre la participation d'une vingtaine d'établissements scolaires de la région Midi-Pyrénées, mais aussi d'Aquitaine et de la région parisienne (collèges et lycées, niveau 5eme, 3eme, ateliers scientifiques, 2de, TS spécialité SVT). De nombreuses pièces fossiles, dont plusieurs n'avaient jamais été repérées dans le gisement de Valbro sont venues abonder une publication en préparation pour la revue Paléovertebrata.

Fréquentation de la phosphatière du Cloup d'Aural :

Année	Entrée individuelle et groupe	Animations pédagogiques payantes	Total
2000	4445	405	4850
2001	6262	452	6714
2002	6730	677	7407
2003	7371	535	7906
2005	6615	885	7500
2006	6610	1586	8196
2007	6984	1905	8889
2008	6734	2348	9102
2009	7443	2842	10 285
2010	7848	3268	11 116

### 5.2.2. Le site de la plage aux ptérosaures à Crayssac

Un projet de valorisation du site de Crayssac est actuellement en cours. Son développement progressif devrait permettre la mise en place d'un centre d'études et de valorisation très important sur les ptérosaures. Il devrait permettre d'atteindre environ 60 000 visiteurs d'ici quelques années.

La réalisation de ce projet est prévue sur plusieurs années car son montant global est élevé et l'accueil du public durant les mois d'été pourrait déjà contribuer au remboursement des emprunts.

Il est donc d'ores et déjà facile de disposer de deux centres d'accueil du public dans ce projet de création d'une réserve naturelle dans le département du Lot, un à l'ouest du projet et un autre à l'Est. Leur développement pourrait s'effectuer au fur et à mesure de l'augmentation de l'accueil du public.

Depuis déjà plusieurs années les scientifiques accueillent le public sur le site de fouille en fin d'après midi ou en soirée afin de bénéficier d'un éclairage rasant soit naturel avec le soleil couchant, soit l'éclairage électrique provenant d'un groupe électrogène ; Un film vidéo est aujourd'hui projeté dans une tente au bord du site : « A la recherche d'Emile » qui retrace de façon très pédagogique le travail du scientifique dans l'un des domaines d'activité de la recherche sur la « Plage aux Ptérosaures ».

Les acteurs de la carrière de Crayssac souhaitent développer trois pôles en même temps : la protection (dossier de réserve naturelle), la recherche scientifique et la valorisation en direction du grand public. Il est rare de pouvoir avancer dans toutes ces directions à la fois sur un tel site et qu'une telle structure soit productrice d'information scientifique en continue..

Le site de Crayssac présente actuellement une superficie de 5 ha environ dont seulement 2% ont été fouillés. Des fouilles peuvent donc être encore organisées durant de nombreuses années et en cas de besoin il sera possible de s'étendre sur les terrains situés autour de la zone actuelle dans les mêmes niveaux géologiques.

La fréquentation actuelle du site dépend de la publicité qui est faite. Certaines années aucune publicité n'est faite et seul le bouche à oreille permet de rassembler 2 à 2500 visiteurs durant un mois et demi d'été. Lorsque la publicité est mise en place (une centaine de petites affiches) alors la fréquentation monte entre 4 et 4 500 personnes durant ces mêmes mois.

Plusieurs études ont été réalisées afin de connaître la fréquentation du site de Crayssac dans le cadre d'une structure pérenne. Les chiffres sont compris entre 20 000 pour l'hypothèse la plus pessimiste et 60 000 pour la plus optimiste avec une fourchette d'activité raisonnable entre 20 à 30 000 visiteurs par an. A ces premiers chiffres il faudrait ajouter la visite des scolaires qui n'a pas été prise en compte ici. Ces chiffres sont donc très encourageants.



Bâtiments d'accueil du public de la phosphatière du Cloup d'Aural

Panneau d'information du public





Panneaux d'information dans le site du Cloup d'Aural





Site de Craysac : fouilles organisées pour les enfants (été 2005)

Information et de sensibilisation du public sur le site à la tombée du soleil (été 2005)



### 5.2.3. Développement des itinéraires géologiques dans le département du Lot

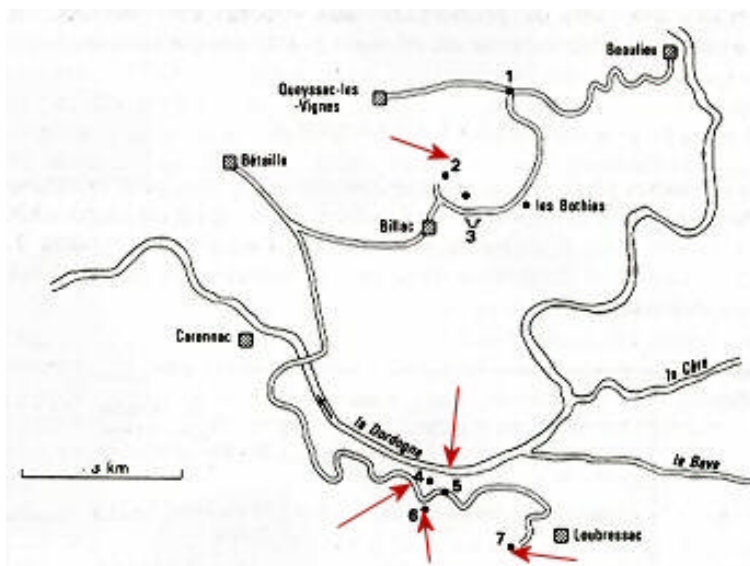
En accompagnements des mesures de protection et de gestion de la réserve des opérations de développement économique local pourront être mises en place avec les divers partenaires (élus, privés...)

Plusieurs itinéraires de découverte de la géologie lotoise existent déjà et sont disponibles sur internet (© Jean, Guy Astruc et Quercy Net, 2003), leur développement et une plus grande diffusion de leur intérêt permettrait de faire mieux reconnaître la valeur du patrimoine géologique lotois.

Citons aussi les informations pédagogiques sur le site de la cascade d'Autoire, sur Limogne et sur les phosphatières qui sont développés sur le serveur SVT site de l'académie de Toulouse, dans la rubrique « Géolthèque » (lithothèque Midi-Pyrénées) d'une part et dans la rubrique « sortir sur le terrain » d'autre part

- Excursions géologiques au voisinage de la vallée de la Dordogne

Le Lias de la vallée de la Dordogne : c'est à l'Est qu'apparaissent les terrains les plus anciens de la série. Dans le ravin du Palsou, dans le lit du ruisseau en amont du pont, les roches métamorphiques représentées par des gneiss et des micaschistes sont bien visibles (2).



Aux Bothies, la tectonique (responsable du changement d'orientation de la rivière) brouille la série stratigraphique. Mais la coupe de l'Hettangien inférieur est visible un peu plus à l'Ouest dans les chemins qui descendent vers la vallée de Palsou soit de Puymerville soit de Tartacède [2]. En revenant vers le village des Bothies on s'arrête à la carrière du Peuch qui donne une coupe du Sinémurien avec de très beaux niveaux à stromatolites.

On rejoint la RN 703 qu'on suit jusqu'à Bétaille (affleurement de Sinémurien à l'ouest du village au bord de la route) puis on se dirige vers la vallée de la Dordogne qu'on coupe en amont de Carennac. Passé le pont on suit la rivière jusqu'au point [4] situé à l'extrémité d'un vallon entre Gintrac et Granou. La surface durcie qui clôt les calcarénites (discontinuité D3) puis celle qui surmonte les calcaires de Cavagnac roux et bioclastiques (Lotharingien supérieur) (discontinuité D4) sont bien visibles. Au-dessus affleurent les calcaires et marnes du Carixien mais ici assez peu fossilifère.

De Granou on prend la route (vers le Sud) qui conduit à Rieuzal [5] où on peut observer sous le village la coupe de l'oolite ferrugineuse. Domérien supérieur.

En continuant cette route jusqu'à Miramont [6] on peut observer à la base de la falaise un très beau niveau à Gryphée sublobata ; faciès qu'on retrouve à La Poujade (en partant vers l'Est [7]). Le Toarcien terminal est là bien visible sous les sédiments aaléniens, et si on continue la route en allant vers la Dordogne on retrouve l'oolite de Rieuzal à Pech Daudu située sur la carte de St. Céré.

- Le gouffre et la rivière souterraine de Padirac.

Le gouffre et la rivière souterraine de Padirac sont considérés à juste titre comme un des sites les plus pittoresques de France. C'est le spéléologue E.-A. Martel qui le premier, en 1889, découvre et entreprend l'exploration de la rivière souterraine qu'il va poursuivre au cours d'une dizaine d'années, depuis cette période sous l'impulsion de Guy de Lavour et de Jean Lesur de nombreuses expéditions se sont succédées. Le réseau de galeries exondées topographié atteint actuellement plus de 30 km. Les explorations en scaphandre autonome, principalement effectuées par Bertrand Léger, Francis le Guen, Aymeric Beaucheron et enfin par Bernard Gauche, ont ajouté plus de 10 km de galeries noyées entre l'aval de la rivière souterraine et la vasque de la Finou à Montvalent.

Pour le naturaliste, visitant le gouffre de Padirac, l'utilisation du guide Géologique régional "Aquitaine orientale" ou du guide de Tourisme Michelin (vert) sera pleine d'enseignements.

Nous donnons seulement ici quelques compléments, concernant la géologie et la morphologie du site et permettant d'en valoriser la visite.

Le puits de Padirac, remarquable gouffre d'effondrement, traverse de son orifice à la "source" de la rivière souterraine à 103 m de profondeur, la formation de Cajarc (Bajocien supérieur et Bathonien inférieur). Celle-ci est caractérisée par des calcaires en bancs épais. La petite terrasse à 15 m de profondeur environ a été aménagée sur un replat correspondant à un niveau plus argileux (discontinuité D14), celui-ci est responsable de suintements d'eau dans le puits et de la présence de plusieurs sources sur le plateau.

La galerie de La Source est un très bel exemple de galerie creusée en écoulement libre, les joints de stratification sont mis en valeur par l'érosion différentielle. Dans ce tronçon on est surpris par l'horizontalité des bancs calcaires et par l'absence de fissuration (pas de ruissellement). A proximité de l'embarcadère, 1 m au-dessus du sol, un niveau à géodes calcitiques marque la discontinuité D12 limitant au sommet la formation d'Autoire, cette observation qui paraît anodine indique à l'hydrogéologue que la rivière de Padirac est localisée en ce point 70 m au-dessus des marnes toarciennes (mur imperméable des circulations karstiques du causse de Gramat) et non immédiatement au-dessus comme le mentionne la plupart des guides touristiques. En fait, cette position perchée au-dessus du mur imperméable est responsable de l'existence d'une rivière inférieure, à débit d'étiage plus important et qui coule à la verticale des galeries visitées.

La salle du Grand Dôme dont la voûte domine la rivière souterraine de 90 m, n'est séparée de la surface du sol que par une dizaine de mètres de calcaires. L'évolution morphologique de cette salle peut, par effondrements successifs, former dans l'avenir un deuxième gouffre de Padirac. A son voisinage, la fissuration ouverte des parois et des voûtes permet un suintement d'eau chargée en carbonates de calcium. Le dépôt de ce minéral est à l'origine de l'harmonieux concrétionnement qui orne le lac de la Pluie, le pas du Crocodile et la salle du Grand Dôme.

La salle des Grands Gours, à la voûte basse à nombreuses coupoles, caractérise une galerie qui s'est formée en régime noyé. Au terminus de la visite, un monticule haut de quelques mètres occupe le centre de la galerie, il s'agit d'un lambeau de sédiments argilo-graveleux, entraîné par la rivière souterraine depuis l'extérieur, témoignant d'un ancien colmatage des galeries de Padirac.

- Les autres grottes touristiques du département du Lot

Le département du Lot est remarquablement bien pourvu de grottes aménagées pour recevoir le public depuis la toute petite cavité de Roland à Montcuq jusqu'au grand gouffre de Padirac.

Citons les grottes de Pech Merle, Lacave, Cognac, Presque, Merveilles, Bellevue

Dans l'emprise même des communes de la réserve naturelle il faut citer le site exceptionnel de la grotte de Pech Merle qui accueille aussi bien un patrimoine naturel que culturel de très grande valeur... Sur le place d'accueil du site une importante retrospective très pédagogique, sur l'appartion de l'homme et de ses oeuvres, a été mise en place.

- Excursions géologiques au voisinage de la vallée de l'Aveyron

Les curiosités géologiques, principalement karstiques sont tellement nombreuses sur le territoire de la feuille Caussade qu'il est impossible de toutes les décrire dans le cadre de cette notice, toutefois le tableau ci-dessous, sans être exhaustif permettra d'orienter le naturaliste dans le choix de ses randonnées.

SITES	TYPES - INTERETS	SITUATION
Montalzat*	Butte témoin, panorama	3 km au NW de Caussade
Puylaroque*	Panorama	7 km au N-NE de Caussade
Le Roc d'Anglars*	Panorama, géomorphologie	2 km au SE de St.-Antonin
La Grotte du Bosc*	Visite guidée, cristallisation	3 km au NE de St.-Antonin
Le cirque de Bône*	Falaises, cavernes, tectonique	3 km au SW de St.-Antonin
Le belvédère de Brousse*	Panorama, géomorphologie	5 km au SW de St.-Antonin
Thouriès	Grotte-source	1 km au NW de Cazals
La Gourgue	Source vauclusienne	5 km au N-NW de St.-Antonin
St.-Pierre-Livron	Grotte-source, cascade, travertin	2 km au N de Caylus
Raynal	Ancienne exploitation de phosph	5 km au NW de St.-Antonin
Pech de Saint-Antonin	Dolmen et tumulus reconstitué	4 km au W-NW de Cazals
Saint-Symphorien	Source, gorges	8 km à l'W de Caylus

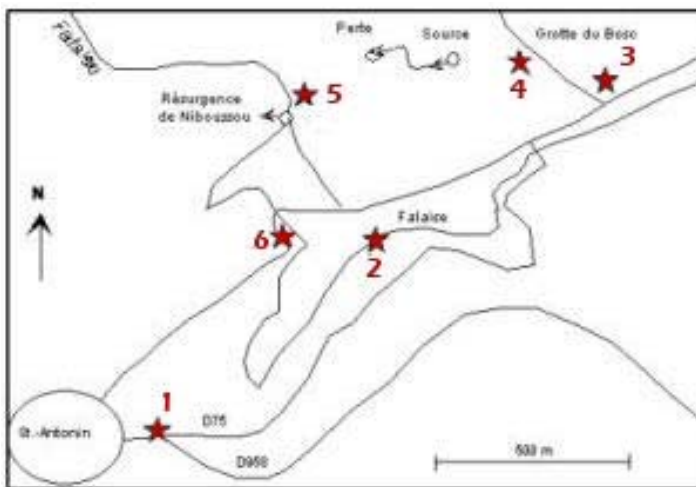
• Guide Géologique Régional : Aquitaine orientale - 1977 - Masson édit.

#### Principales curiosités géologiques aux environs de Caussade

A Saint-Antonin, prendre la D75, itinéraire fléché en direction de la grotte du Bosc. A la sortie du bourg, au carrefour D75 - D958, on observe le sommet des calcaires bioclastiques du Domérien supérieur, riches en rostrés de bélemnites et en lamelibranches [1]. La route s'élève graduellement sur le un talus argileux (Toarcien), affecté par de remarquables mouvements de terrains (glissements). Les falaises de la formation d'Autoire (Aalénien - Bajocien) dominant la route, elles ceignent en partie le causse du Bosc, formant l'éperon du Cap de la Costo Roudaneso (superbe point de vue sur le confluent Aveyron - Bonnette). Le naturaliste courageux (attention aux chutes de pierres), peut récolter de nombreux fossiles (lamelibranches, brachiopodes et céphalopodes) au pied de cette falaise, à la limite des terrains toarciens et aaléniens [2].

Au sommet de la côte, on est surpris par la relative fertilité des cultures sur substratum calcaire ; un examen des sols en labour montre des limons rouges à nombreux fossiles silicifiés et à géodes de calcites. On est en présence de d'altération in situ des calcaires aalénien [3].

Près de l'église, s'ouvre la grotte du Bosc [4]. Cette cavité, ouverte au public, remarquable par ces cristallisations stalagmitiques et la forme de ses galeries.



#### Itinéraire géologique

Le causse du Bosc, forme un karst perché sur des argiles et marnes imperméables (Toarcien). Les eaux absorbées sur la bordure orientale de ce petit causse (3 km<sup>2</sup>) se rassemblent pour former un ruisseau souterrain. A la faveur d'une fenêtre, les eaux réapparaissent pour former un petit ruisseau qui, après un trajet aérien kilométrique, se reperds qui alimente la résurgence qui jaillit dans les falaises du cirque de Niboussou. La grotte du Bosc permet la visite d'un tronçon de ce réseau aujourd'hui abandonné par les eaux.

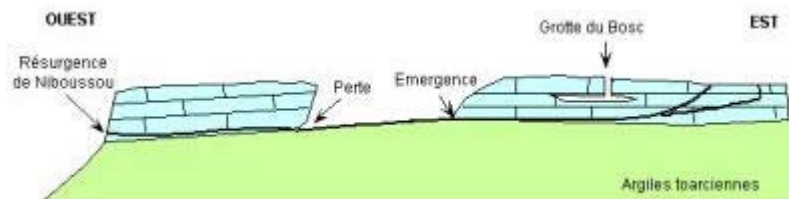


Schéma des circulations karstiques sous le causse du Bosc

Se diriger en suite en direction du SW, après la ferme du Clot de Mérigot, prendre le sentier balisé conduisant au cirque de Niboussou [5]. Le paysage grandiose à été sculpté par la résurgence qui jaillit en pied de falaise ; le sentier qui longe la corniche, surplombant le cirque, jalonne un niveau calcaire dolomitisé marquant le sommet de la formation d'Autoire.

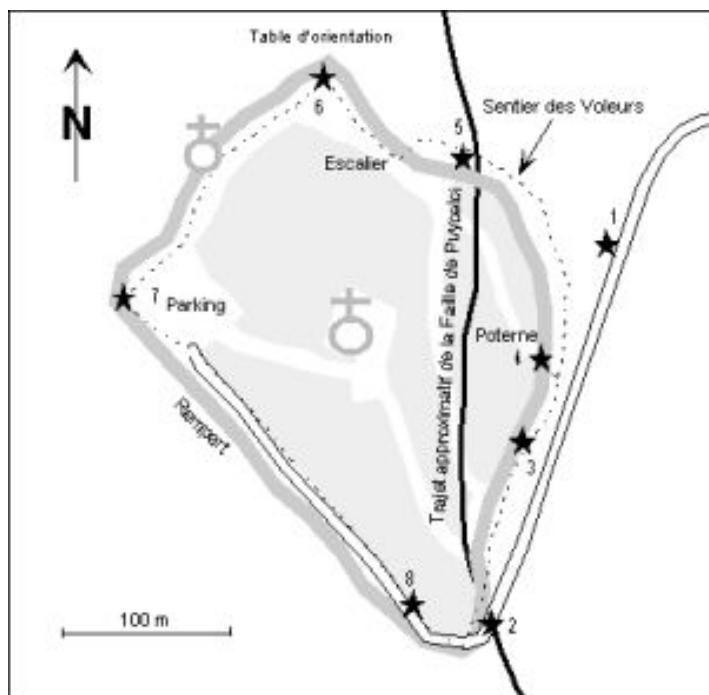
Au retour, suivre le chemin en direction du Sud-ouest près du réservoir d'eau [6], à la limite inférieure de la falaise, une lumachelle à gryphées (lamellibranche) est visible au sommet des marnes toarciennes. Le chemin rejoint rapidement Saint-Antonin.

- Excursions géologiques autour de Puycelci

En longeant les remparts de Puycelci (Trajet 1 km, dénivellation 10 m)

1. A droite, de la rampe d'accès conduisant à la ville, la petite falaise bordant la route, présente le sommet des marnes toarciennes très fossilifères. On observe «l'Assise à Gryphées» : alternance de bancs calcaires et de marnes grises à très nombreuses Gryphaea sublobata. Au-dessus reposent les calcaires argileux à Pleydellia. Ces faciès caractérisent une sédimentation marine.

2. Dans le virage, en traversant les remparts, on recoupe la faille de Puycelci. Cette faille normale, de direction subméridienne, à un rejet supérieur à 50 m. Elle met en contact, la base de la formation de Cajarc (Bajocien-Bathonien) avec la base de la formation d'Autoire (Aalénien). C'est le compartiment ouest, dominant la vallée de la Vère, qui est abaissé.



#### Itinéraire géologique

3. Prendre le sentier, dit des Voleurs, longeant la ville à l'Est. Les remparts reposent, jusqu' à la poterne, sur les brèches dolomitiques rouges, très spectaculaires, elles sont caractéristiques du sommet de l'Aalénien. Ces brèches, issues de la dissolution de faciès évaporitiques, montre que les dépôts du sommet de l'Aalénien se sont formés dans un environnement de sebkha.

4. Sous la poterne, au niveau du sentier des Voleurs, on peut observer des calcaires en bancs, peltoïdes, à oncolites, surmonté par les dolosparites massives. Une incursion sur le chemin qui passe par la poterne, montre au sommet de l'Aalénien, les dolosparites massives karstifiées (discontinuité D10) surmontées par les calcaires oolitiques, plus ou moins dolomitisés attribuées au Bajocien.

5. Le passage des faciès dolomitiques rouges au calcaires oolitiques blancs est brutal lorsque le sentier traverse la faille.

6. L'arrivée à la table d'orientation est surprenante, la falaise "aalénienne", suivie par le sentier des Voleurs, avait une hauteur généralement inférieure à

10 mètres, et là, brutalement, on domine le paysage au sommet d'une falaise "bajocienne" haute de plus de 50 mètres. C'est certainement ici, que l'on apprécie le mieux l'importance du rejet de la faille. De ce belvédère, on aperçoit en direction du Nord, de l'autre côté du vallon, le talus des marnes liasiques souvent encombré d'éboulis, surmonté par la couesta "bajocienne" du petit causse de Mespel.

7. Le belvédère de la place de l'Ecole, domine la vallée de la Vère d'une hauteur de 150 m. En direction du Sud, au-delà de la Vère, on voit vers la base du talus liasique, la petite falaise de la «Barre à Pecten», en continuité dans la topographie depuis Larroque, s'interrompt brutalement au droit du ravin de la Côte de Cire ; cette interruption correspond au passage d'une faille N 70° E.

8. La muraille des habitations, est supportée par un affleurement de calcaire lité. Ce sont des calcaires dolomitiques et des brèches, présentant une surface durcie, oxydée, à bioturbations, surmonté par calcaires micrites en bancs, en plaquettes et laminites.

La surface durcie séparant les deux faciès, représente la discontinuité sédimentaire D12, utilisée comme repaire cartographique. Elle sépare le sommet de la formation d'Autoire (Aalénien et Bajocien) de la base de la formation de Cajarc (Bajocien et Bathonien).

(1) Extrait de la notice de la carte géologique Souillac. Edit. BRGM

(2) le n° renvoie à ceux de l'itinéraire tracé ci-dessus.

(3) Extrait de la notice de la carte géologique Caussade. Edit. BRGM

(4) Extrait de la notice de la carte géologique Nègrepelisse. Edit. BRGM

- Itinéraire autour de Bach

La randonnée des temps géologiques et de l'évolution :

Le projet présenté ci-dessous a été doublement labellisé : Année Internationale de la Planète Terre et Année Darwin.

Il est porté en partenariat par la commune de Bach et l'association « Les phosphatières du Quercy » avec l'aide du Parc Naturel Régional des Causses du Quercy. Le financement a été assuré par l'Europe, la Région Midi-pyrénées et la commune de Bach.

La conception des fiches et des bornes est actuellement terminée. Leur impression et la mise en place sur le terrain a été effectuée en décembre 2010 et a été inauguré en juin 2011 à l'occasion des journées Nature Midi-Pyrénées..

Type d'action : Création et mise en place d'un sentier d'interprétation

Lieux : Circuit de randonnée autour du village de Bach (Lot). Cette boucle part du Cloup d'Aural et passe par les phosphatières de Coulou et du Mas de Got ainsi que à proximité immédiate de celles de Piatzé et de Théron.

Contenu Un circuit de randonnée pédestre de 9km équipé de bornes présentant les grandes étapes de l'histoire de la vie sur Terre.

Qui dit évolution dit temps. Or ce paramètre, notamment à l'échelle géologique, demeure souvent abstrait. Le principe de base consiste à lui donner une réalité physique à travers une simple proportionnalité sur la base de 2m pour 1Ma. Cette échelle permet de retracer, sur les 9km du circuit des phosphatières (circuit de randonnée balisé faisant partie de la boucle pédestre Midi-Quercy), les 4,5Ga d'histoire de la Terre et de la Vie.

Trente quatre bornes sont positionnées pour en indiquer les principaux jalons : apparition des diverses formes de vie, crises biologiques, etc... Pour ceux qui le souhaitent, elles peuvent être complétées par des fiches se glissant dans les bornes de telle sorte que seules les informations concernant la période considérée demeurent visibles.

2 niveaux de lecture seraient proposés: le 1er au recto essentiellement visuel, le 2ème au verso avec un texte plus étoffé. Une version spéciale jeune public est réalisée sur le même principe.

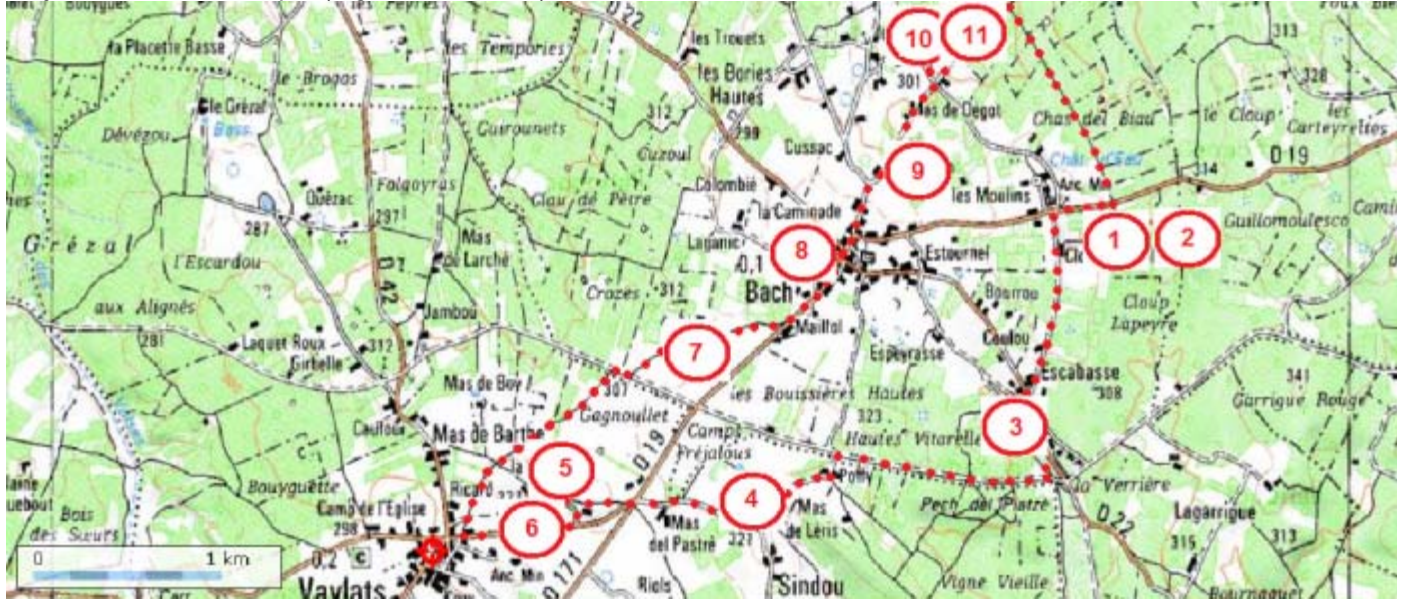
Chaque fiche sera utilisable soit sur le terrain en les insérant dans les bornes, soit comme document de synthèse en cadre scolaire ou autre. Il y a 13 fiches

Une série de fiches présentant les réserves naturelles à composantes géologiques dans leur cadre chronologique serait également envisageable.

- Sentier karstique du Quercy

Un sentier karstique est projeté par le Comité Spéléologique Régional (CSR) et par le Comité Départemental de Spéléologie (CDS) entre Vaylats et Bach. IL permettrait de montrer les relations entre karst actuel (pertes des Boursières) et paléokarst (Phosphatières), entre forme de surface (dolines, vallées sèches...) et formes endokarstiques (anciens réseaux noyés des phosphatières). Par ailleurs, l'ensemble des puits et lavoirs de Bach, à l'entrée sud-ouest du village comme au lieu dit l'Escabasse, constitue une remarquable illustration des gisements de l'eau dans les régions calcaires (imperméabilité du calcaire, épikarst, nappe phréatique...) ainsi que des aménagements témoignant d'une gestion collective de « l'or bleu » dans les cause arides.

Projet de sentier karstique (Figure ci dessous) :



Possibilités de parking : Cloup d'Aural, Bach, Vaylats, Escabasse

Principaux sites d'observation : 1 : Phosphatières du Cloup d'Aural 2 : Doline du Cloup d'Aural 3 : Ensemble Lavoir et puits de l'Escabasse/phosphatière de Coulou 4 : cabane puits 5 : point de vue sur le Causse et le Quercy blanc 6 : petits puits sur les niveaux marneux du Quercy blanc 7 : perte des Bouyssières 8 : puits en fond de doline 9 : phosphatière du Mas de Gaston 10 : phosphatières du Mas de Got 11 : cabane puits

Contenu thématique : morphologie superficielle du karst (doline, vallée sèche, ...), paléokarst (phosphatières), surface d'érosion et butte témoin (contact Quercy blanc-Causse), gisements de l'eau en pays calcaire (superficiels : « lacs de Saint Namphaise ») et utilisation de niveaux argileux, profonds : aquifère épikarstique et nappe phréatique), importance socio-économique des points d'eau dans une région rurale sèche.

- Tranchée de Vaylats

La tranchée de Vaylats, récemment tracée, afin de permettre le contournement d'une carrière en activité et donc la sécurisation du site, permet d'observer une coupe remarquable dans la partie superficielle du karst quercynois d'âge tertiaire. On y observe de façon très lisible toutes les caractéristiques du karst avec ses poches et formes de dissolution, ses remplissages etc. Actuellement aucune faune ancienne n'y a été découvert mais les études ne sont pas terminées.

La plate-forme située à quelques mètres au-dessus du niveau de la route permet une observation parfaite de la paroi située à l'opposée. L'éclairage est très bon, surtout en début et en fin de journée où il devient plus oblique permettant d'observer le relief.

La disposition actuelle du site fait que son aménagement pour recevoir du public est relativement facile et peu onéreux à mettre en place.

L'ensemble de ces projets, soit en cours de réalisation, soit à l'étude, montre l'extrême richesse du patrimoine géologique du département du Lot dans le Quercy. IL est évident que la réserve naturelle participera de façon active et motrice au développement économique du Lot.



### 5.3. **Projet de création d'un GEOPARK**

Au cours des journées Bernard Gèze qui ont été organisées à Lalbenque les 1, 2 et 3 octobre 2005 il a été évoqué la possibilité de création d'un géopark dans cette zone riche en site géologique de toute nature. Une communication a été faite dans ce sens par Jean-Paul Cadet.

Le Géopark est un outil de promotion du patrimoine géologique dans un contexte de développement durable. Il s'applique au niveau international et a été mis en œuvre pour la première fois en 2001. IL en existe 33 actuellement dans le monde.

Le concept de géopark est né en 2000 autour de quatre grands sites géologiques : le parc du Vulkaneifel (Allemagne), le parc du Maestrazgo (Espagne), le parc de la forêt pétrifiée de Lesvos (Grèce) et la réserve de Haute-Provence en France.

La première conférence internationale sur les Géoparks a été organisée par l'UNESCO à Beijing en Chine du 27 au 29 juin 2004 ce qui est normal puisque 12 géoparks sont situés à ce jour en Chine.

Il existe quatre géoparks actuellement en France : celui de la réserve géologique des Alpes de Haute Provence à Digne, celui de la réserve géologique du Lubéron à Apt dans le Vaucluse (2005), et le Parc naturel régional du Massif des Bauges(2001) et celui du Chablais créé en 2012. Le secrétariat des géopark est assuré actuellement, au niveau européen, par la réserve naturelle géologique des Alpes de Hautes Provence.

C'est en effet le personnel de cette structure qui assure les tâches de gestion courante du réseau ainsi que la gestion du site web et qui prépare les bases de travail pour que les différents comités responsables du réseau puissent se réunir dans la plus grande efficacité.

Le réseau européen des « European Geoparks » est véritablement l'outil d'union de ces territoires impliqués dans ce processus nouveau : celui de la valorisation et de la protection du patrimoine géologique pour un développement durable.

Ce territoire doit avoir des limites clairement définies et posséder une superficie suffisamment importante pour permettre la mise en place de stratégies de développement durable en partenariat avec ses habitants.

Il doit présenter une richesse particulière au niveau de son patrimoine géologique. Il doit comprendre un certain nombre de sites géologiques remarquables que cela soit au niveau de leur intérêt scientifique, de leur rareté, de leur aspect esthétique ou de leur intérêt pédagogique.

Ces sites, en terme de gestion, doivent être liés entre eux et faire l'objet d'un suivi commun. Leur valorisation doit se faire de manière non isolée pour intégrer l'ensemble des sites patrimoniaux pouvant exister sur le territoire (patrimoine architectural, environnemental, historique, culturel,...)

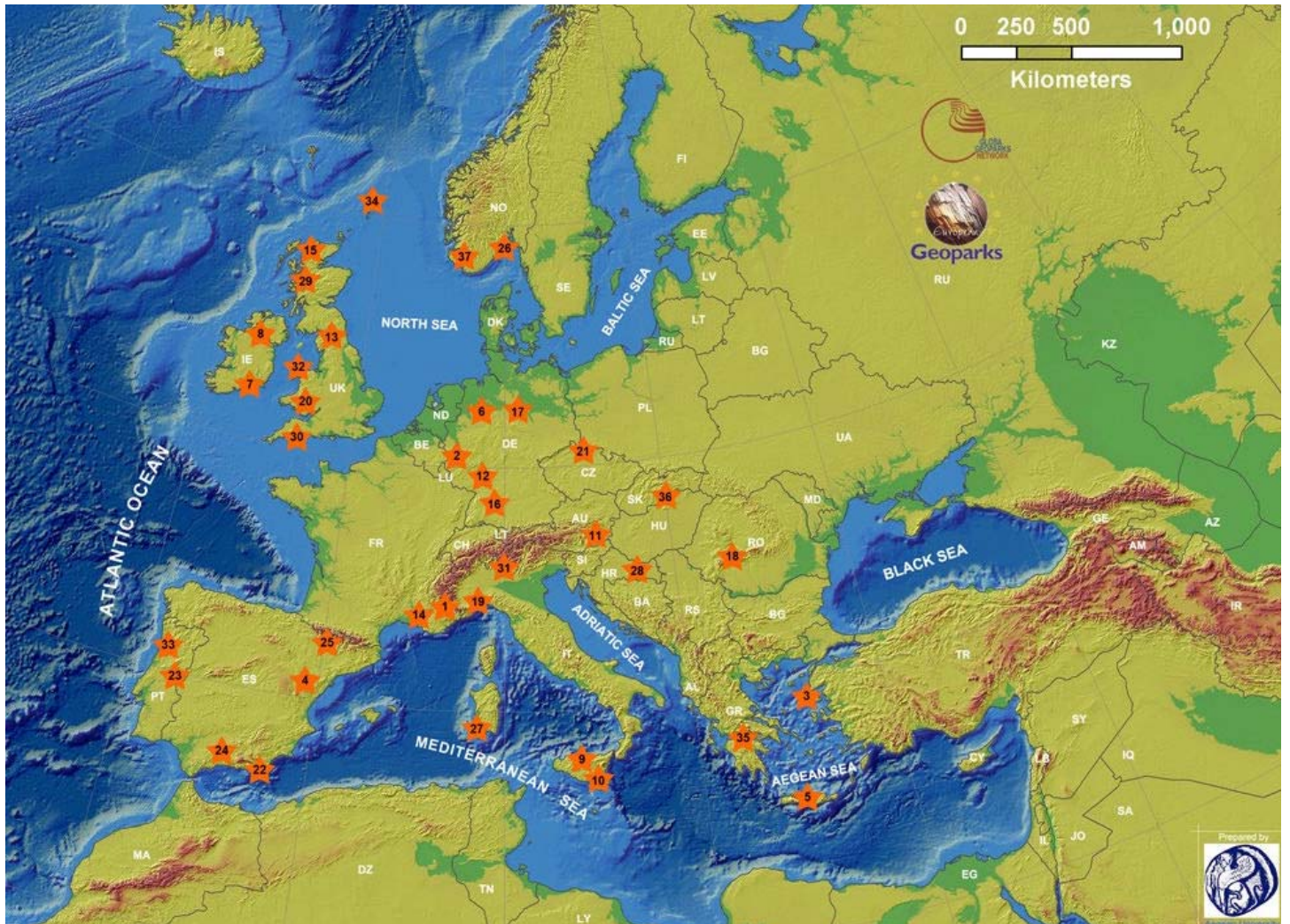
Ce territoire doit utiliser la valorisation de ses ressources patrimoniales, en particulier celles de son patrimoine géologique, pour mettre en place des stratégies de développement durables et soutenables. Il doit avoir reçu, ou être entrain de recevoir le soutien de programmes européens d'appui à la mise en place de stratégies innovantes de développement durable.

La mise en place d'une telle structure permettrait la protection de l'ensemble, la mise en synergie du développement touristique local et de la sensibilisation du public à ce patrimoine important tout en assurant sa sauvegarde.

La création d'un géopark sur les sites du Quercy est indépendante de la procédure de création de la réserve naturelle mais il est évident qu'il pourrait largement contribuer à la gestion de cette dernière tout en permettant sa reconnaissance au niveau international.

Depuis janvier 2012, on dénombre 89 Géoparcs mondiaux répartis à travers 27 pays. Alors que les Géoparcs mondiaux se trouvaient jusqu'à ces dernières années concentrés en Chine et en Europe, on a vu récemment se propager de nouvelles demandes de création de Géoparcs à travers le monde, de sorte que des Géoparcs mondiaux ou des candidatures actives appelées à devenir des Géoparcs mondiaux existent maintenant sur tous les continents.

Dans ce contexte il pourrait être envisagé de créer un géopark autour du thème central « paléokarst ». Il pourrait comprendre les sites retenus dans le cadre de ce projet de réserve naturelle mais pourrait aussi concerner d'autres lieux emblématiques du département du Lot : le gouffre de Padirac, la grotte de Pech Merle etc. Un groupe de travail pourrait étudier la mise en place de ce projet. Dans le cadre de ses activités et en relation avec la communauté scientifique, le PNR Causse du Quercy a déjà amorcé une réflexion sur ce projet.



Les géoparks européens

Countries	Geopark Members
AUSTRIA	Carnic Alps Nature Park Eizenwurzen
BRAZIL	Geopark Araripe
CANADA	Stonehammer Geopark (WH, MAB)
CHINA	Alaxa Geopark Danxiashan Geopark Fangshan Geopark Funiushan Geopark Hexigten National Geopark Hong Kong Geopark Huangshan Geopark (WH) Jingpohu Geopark Leiqiong Geopark Leye-Fengshan Geopark Longhushan Geopark (WH) Mount Lushan Geopark (WH) Mount Taishan Geopark (WH) Ningde Geopark QinlingZhongnanshan Geopark Sanqingshan Global Geopark Shilin Geopark (WH) Songshan Geopark Taining National Geopark Tianzhushan Geopark Wangwushan-Daimeishan Geopark Wudalianchi Geopark (MAB) Xingwen National Geopark Yandangshan National Geopark Yuntaishan Geopark Zhangjiajie Geopark Zigong Geopark
CROATIA	Papuk Geopark
CZECH REPUBLIC	Bohemian Paradise Geopark
FINLAND	Rokua
FRANCE	Chablais Massif des Bauges Geopark Parc Naturel Régional du Luberon Réserve Géologique de Haute Provence
GERMANY	European Geopark Bergstrasse-Odenwald Geopark Harz Braunschweiger Land Ostfalen Geopark Swabian Albs (MAB) Nature Park Terra Vita European Geopark Vulkaneifel European Geopark
GERMANY/POLAND	Muscau Arch

Countries	Geopark Members
GREECE	Chelmos-Vouraikos Geopark Lesvos Global Geopark Psiloritis Natural Park Vikos-Aoos Geopark
HUNGARY	Bakony-Balaton Global Geopark HUNGARY/SLOVAKIA Novohrad-Nograd
ICELAND	Katla Geopark
INDONESIA	Batur Global Geopark
IRELAND, REPUBLIC OF	Burren and Cliffs of Moher Geopark Copper Coast
IRELAND,REPUBLIC OF/NORTHERN IRELAND	Marble Arch Caves
ITALY	Adamello-Brenta Geopark Apuan Alps Geopark Cilento and Vallo di Diano Geopark (WH) Madonie Natural Park Parco del Beigua Rocca di Cerere Sardinia Geopark Tuscan Mining Geopark
JAPAN	Itoigawa Geopark Muroto Geopark San'in Kaigan Geopark Toya Caldera and Usu Volcano Zenzen Volcanic Area Geopark
KOREA	Jeju Geopark (WH)
MALAYSIA	Langkawi Geopark
NORWAY	Gea-Norvegica Magma
PORTUGAL	Arouca Geopark Naturtejo Geopark
ROMANIA	Hateg Geopark
SPAIN	Basque Coast Geopark Cabo de Gata-Nijar (MAB) Central Catalonia Global Geopark Maestrazgo Cultural Park Sierra Norte di Sevilla Geopark Sierras Subbeticas Geopark Sobrarbe Geopark Villuercas-ibores-jara Geopark
UNITED KINGDOM	English Riviera Geopark - England Fforest Fawr Geopark - Wales Geo Mon Geopark - Wales North Pennines AONB Geopark North West Highlands - Scotland Shetland Geopark - Shetland Isl.
VIETNAM	Dong Van Karst Geopark



## 6. ASSOCIATIONS

### 6.1. Association les phosphatières du Quercy

L'association des phosphatières du Quercy est née en 1992 de la rencontre entre des paléontologues, soucieux de sauver du pillage des gisements de fossiles d'intérêt mondial, et des spéléologues locaux attachés à la préservation du patrimoine ainsi qu'au maintien de l'activité économique de leur territoire. Elle a pour objet de protéger et valoriser le patrimoine naturel et culturel composé par le milieu karstique et plus particulièrement par les carrières à phosphate.

Les activités de l'association se décomposent en deux ensembles principaux :

La gestion et l'animation, en partenariat avec la commune de Bach, du site touristique et pédagogique du Cloup d'Aural. Cette activité emploie aujourd'hui 3 salariés permanents et nécessite l'appui bénévole d'une quinzaine de membres de l'association.

L'impulsion et la coordination d'activités de recherche scientifique et d'exploitations pédagogiques.

#### Historique sommaire des "Phosphatières du Cloup d'Aural"

1992 : Fondation de l'association et de son comité scientifique pour participer avec l'Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier à l'inventaire et à la surveillance directe des sites paléontologiques liés au paléokarst.

1994 : L'association acquiert le site du Cloup d'Aural à Bach comme vitrine de l'ensemble des phosphatières du Quercy

1994-1999 : Aménagement du site et visites guidées pour tester son intérêt auprès du public local, touristique et scolaire.

2000- 2012 : Ouverture au public et poursuite de l'aménagement du Cloup d'Aural en lien étroit avec la commune dans le cadre d'une convention de partenariat. Plus de 12000 visiteurs en 2012.

#### Principales actions

En parallèle avec la gestion du site touristique du Cloup d'Aural, l'association mène régulièrement et depuis sa création de nombreuses actions dans plusieurs domaines : inventaire, protection et conservation du patrimoine paléontologique et ethnoarchéologique ; coordination sur le terrain des travaux scientifiques et publication des résultats, développement d'activités pédagogiques, dépollutions, formation d'acteurs touristiques locaux à la géologie, etc... Un volet culturel est en cours de développement avec la création d'un spectacle sur les aspects historiques de l'exploitation minière. Le détail de ces actions est développé dans le dossier scientifique.

- Protection et conservation du patrimoine :

L'association surveille les sites, recherche et inventorie de nouveaux gisements. Une bonne trentaine de sites qui avaient échappé aux investigations précédentes ont pu être retrouvés, essentiellement grâce à la qualité du contact avec les agriculteurs et les chasseurs locaux. Certains de ces nouveaux locus présentent un intérêt majeur notamment Baraval qui a livré une riche paléo-flore alors que tous les spécialistes pensaient que ce type de fossiles ne pouvait pas se rencontrer dans les phosphatières ou encore Valbro qui s'avère le plus riche gisement européen pour l'Oligocène inférieur.

- Collecte d'informations sur l'exploitation minière.

La population locale a été sensibilisée à travers une série de 11 articles hebdomadaires parus dans les journaux locaux et des conférences sur l'ensemble du territoire concerné (Lot et Tarn-et-Garonne). Les contacts ainsi développés ont permis d'améliorer grandement nos connaissances sur la période d'exploitation phosphatière en collectant des anecdotes, des documents écrits (actes notariés, carnets de paye, courriers divers, ...), des photographies, des échantillons minéralogiques et paléontologiques, des outils et ustensiles divers.

Une première exploration d'archives notariales s'est également avérée riche d'informations à l'instar d'une recherche dans les archives départementales du Lot. Cet axe de travail reste à poursuivre et étendre aux archives du port de Bordeaux et aux archives de sociétés chimiques britanniques.

- Organisation d'un colloque scientifique : les « Journées Bernard Gèze »

Du 1 au 3 octobre 2005, un colloque a réuni 65 scientifiques français, allemands et belges, dans les villages de Lalbenque et de Limogne-en-Quercy. Il a marqué le quarantième anniversaire de la reprise des investigations géologiques dans le paléo-karst quercynois;

En 2006, avec l'aide de la DIREN (Direction Régionale de l'Environnement), du Conseil Général du Lot et du Parc Naturel Régional des Causses du Quercy, les actes du colloque ont été édités dans la revue toulousaine Strata, Le volume intitulé « 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléo-karst du Quercy » présente en 284 pages 21 articles traitant de paléobiologie et d'aspects macro-écologiques mais également de questions historiques, éthiques et environnementales.

Depuis 2007 : coordination des fouilles avec les universités de Montpellier, Lyon, Poitiers, Toulouse, Dijon, le Muséum d'Histoire Naturelle de Paris. Cette campagne estivale annuelle réunit 10 à 15 paléontologues et géologues qui, avec l'aide des spéléologues locaux, explorent les nouveaux sites repérés ou fouillent de façon systématique les gisements anciennement connus. A titre indicatif, dans la phosphatière de Portal, un seul remplissage fossilifère avait été initialement répertorié. A l'issue d'une seule journée d'investigation détaillée, 11 nouvelles localisations avec remplissage ont été repérées et échantillonnées.

#### - **Opérations de dépollution**

En partenariat avec les spéléologues (Comité Régional Midi-Pyrénées et Comité Départemental du Lot) trois opérations de dépollution ont été menées à bien :

En septembre 2007, 100 m<sup>3</sup> de déchets ont été extraits de la phosphatière de Coulou à Bach où ils baignaient, à 60 mètres de profondeur, dans la nappe aquifère alimentant la source captée du Cande à Puylaroque (82) ([http://www.pollution-karst.com/fiches\\_detail.php?ref=46%20013%2002](http://www.pollution-karst.com/fiches_detail.php?ref=46%20013%2002) )

En mars 2009, 230 m<sup>3</sup> de déchets ont été évacués par plus de 200 participants de la phosphatière du Mas de Dégot, important gisement paléontologique en relation avec les circulations aquifères alimentant la source captée de Crégols ou celle des Chartreux à Cahors ([www.comite-speleo-midipy.com/.../2009-Depollution-Mas-de-Degot-Compte-rendu.pdf](http://www.comite-speleo-midipy.com/.../2009-Depollution-Mas-de-Degot-Compte-rendu.pdf) ).

A l'automne 2011, début du nettoyage de la phosphatière des Tempories à Escamps, ancienne décharge communale, en partenariat avec la mairie. L'opération doit être poursuivie au printemps 2013.

#### - **Topographies et photographies**

Au-delà d'un simple travail d'inventaire, l'association s'est attaquée aux relevés topographiques des phosphatières ainsi qu'à la réalisation d'une couverture photographique. Il s'agit de rendre compte de l'état actuel de ces sites, des indices géomorphologiques et des remplissages qui y subsistent, des traces de l'exploitation minière, .....

#### - **Valorisation du patrimoine**

L'essentiel de cette activité est ciblé sur le site du Cloup d'Aural :

- Conception et organisation des visites guidées et animations grand public, accueil des jeunes enfants en famille, démarches qualité « Esprit Lot » et « Marque Parc Naturel Régional », ....
- Participation aux « Journées Européennes du Patrimoine » (depuis 1998), à la « Fête de la Science » (depuis 2003), aux « Journées Nature Midi-Pyrénées » (depuis 2006)
- Animations pédagogiques sur et autour du site pour les écoles maternelles et élémentaires, les collèges, les lycées et les universités.
- Participation à la conception de l'exposition « Geol'Ot », labellisée AIPT (2009).
- Participation et animation du réseau des Paléonautes depuis sa création en 2009.
- Création d'une boucle de 9km baptisée « Circuit des phosphatières » sur le sentier de randonnée de pays Midi-Quercy. C'est elle qui sert de support à la mise en place de la « Randonnée des temps géologiques », sentier d'interprétation doublement labellisé « Année International de la Planète Terre » et « Année Darwin » (mise en place fin 2010)
- Mise en place depuis 2009 de l'opération « Participez avec vos élèves à une étude paléontologique dans les phosphatières du Quercy » qui sera reconduite et développée en 2012 (<http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/geoltheque/pages/tp-thierry/index.htm>). Trente deux établissements scolaires des académies de Toulouse, Bordeaux et Paris y ont participé, essentiellement pour les niveaux 5ème et 2de. Ce partenariat entre monde scolaire et monde de la recherche universitaire a permis d'une part de sensibiliser les jeunes à l'étude et la préservation du patrimoine paléontologique, d'autre part d'abonder le

matériel mis à disposition des paléontologues qui étudient le gisement de Valbro devenu grâce à cela, avec plus de 60 taxons fossiles identifiés, le plus riche gisement européen pour l'Oligocène inférieur (environ -30Ma).

- **Formation**

L'association est ou a été impliquée à divers titres dans des actions de formation concernant :

- Les étudiants en géologie et paléontologie (L3 Université Paul Sabatier Toulouse, M1 de Poitiers)
- Les étudiants préparant les concours d'enseignement à l'UPS Toulouse
- Les enseignants en exercice
- Les guides et personnels d'accueil de sites souterrains lotois : Padirac, Pech Merle, Grotte des Merveilles
- Les acteurs du territoire (gîtes Panda, animateurs d'activités de pleine nature, ...) en partenariat avec le Parc Naturel Régional des Causses du Quercy

- **Animation culturelle : les phosphatières « trous » de mémoires**

Tout au long de l'été 2013, un spectacle nocturne utilisant des photos anciennes ou reconstituées projetées en plein air selon la technique de la lanterne magique sera proposé aux touristes et aux locaux et couplé avec une exposition de photos en 3D réalisé par des enfants et adolescents résidant sur le territoire. Cette opération est menée en partenariat avec l'association La roulotte à images.



## 6.2. Association de gestion et développement du site paléontologique de la plage aux ptérosaures

L'association de gestion et développement du site paléontologique de la plage aux ptérosaures (AGDS3P) a été créée le 1 juillet 2002 suite à la fin des premières campagnes de fouilles organisées sur le site depuis sa découverte en 1989. Le 8 octobre 2010, elle devient L'association « Plage aux Ptérosaures »

- **But de l'association :**

Les buts de l'association sont précisés dans l'article 2 des statuts :

- coordonner les actions de protection du patrimoine unique au monde et non renouvelable, que constitue le site paléontologique de la « Plage aux Ptérosaures » de Crayssac – Lot (46), notamment par l'accompagnement d'un projet de mise en réserve naturelle nationale géologique.
- faciliter et coordonner les actions de recherche scientifique destinées à valoriser ce patrimoine (fouilles paléontologiques, études géologiques, etc.).
- Développer et favoriser les projets pédagogiques avec les acteurs concernés.
- La valorisation du potentiel culturel et touristique du site de la « Plage aux Ptérosaures ».
- Elle aura un rôle d'interlocuteur et de coordinateur entre les collectivités locales et les différents acteurs de développement impliqués dans le projet.

- **Conseil scientifique :**

Un conseil scientifique est mis en place au sein de l'association afin d'en faciliter les orientations. L'article 3 des statuts en précise les modalités :

Il est créé au sein de l'association un conseil scientifique qui dialoguera avec le conseil d'administration et le bureau. Le Conseil Scientifique a en charge :

- de réfléchir aux orientations scientifiques des activités de l'association, notamment pour les fouilles ;
- d'expertiser les découvertes faites sur la « Plage aux Ptérosaures » ;
- d'accompagner les développements pédagogiques (garantir notamment le contenu...) ;
- de garantir le contenu des actions scientifiques menées par l'association ;
- de garantir le contenu scientifique des éditions développées par l'association (plaquettes, ouvrages, expositions, etc.) ;
- de réfléchir, conseiller, garantir et accompagner les différents projets de valorisation et de protection du site.

Le premier conseil scientifique est composé de :

- Dr. Jean-Michel Mazin - président du conseil - (Paléontologue, Directeur de Recherche au CNRS, Université Lyon 1)
- Dr Pierre Hantzpergue (Paléontologue, Professeur à l'Université Lyon 1)
- Dr Jean-Paul Billon-Bruyat (Paléontologue, Section d'archéologie et paléontologie, Office de la culture, Porrentruy, Suisse)
- Dr Myette Guiomar (Géologue, Réserve Géologique de Haute Provence)
- Dr Angela Delgado-Buscalioni, (Paléontologue, professeur, université de Madrid, Espagne).
- Dr Vanda Faria dos Santos (Paléontologue, Muséum National d'Histoire Naturelle, Lisbonne, Portugal)

- **La Plage aux Ptérosaures, l'histoire d'une découverte exceptionnelle :**

En 1966 les géologues J. DELFAUD et M. GOTTIS mènent une première étude des calcaires du Lot. Ils concluent que les roches exploitées dans les carrières de CRAYSSAC seraient tout à fait favorables à la préservation de traces animales. L'avenir leur donnera raison.

A la fin des années 70 et au début des années 80 Pierre HANTZPERGUE, paléontologue à l'Université de POITIERS, mène une étude biostratigraphique du jurassique supérieur du Quercy. Il cherche alors à dater ces couches à partir des fossiles qu'elles contenaient notamment les ammonites. Il rencontra un amateur Gérard LAFAURIE, un carreleur de FIGEAC, passionné par la stratigraphie et les ammonites. De cette collaboration naquit

en 1983 la première datation rigoureuse des calcaires de la région qui s'étalent de 150 à 140 millions d'années, sur deux étages du Jurassique supérieur appelés Kimméridgien et Tithonien, au milieu de l'Ere secondaire.

En automne 1987, une excursion du Groupe Français d'Etude du Jurassique réunit géologues et paléontologues à CAHORS. En sortant de l'hôtel de la chartreuse, Paul BERNIER de l'Université de LYON et Pierre HANTZPERGUE de l'Université de POITIERS repèrent une dépression anormale sur une dalle du parvis de l'hôtel. Ne pensant pas avoir abusé de la production viticole locale, ils se mirent à quatre pattes et le diagnostic tomba immédiatement ; il s'agissait d'une empreinte de Dinosaur. Les paléontologues veulent essayer de localiser les niveaux d'où proviennent ces dalles. Gérard LAFAURIE, qui continue son travail de prospection sur le Jurassique supérieur du Lot en collaboration avec l'Université de POITIERS, est informé de ce projet. Il lui est demandé de bien vouloir concentrer ses efforts de prospection sur les calcaires de la région de CRAYSSAC.

En 1989 et 1990, avec l'autorisation de Monsieur Antoine PEREIRA propriétaire - exploitant, il récolte quelques restes fossilisés dans les déblais d'une carrière du Mas de Pégourdy sur la commune de CRAYSSAC. Parmi ces fossiles se trouvent les restes d'un jeune crocodylien, des crustacés, des poissons et surtout une dalle portant une empreinte de pas. Ces spécimens sont étudiés au laboratoire de Géobiologie de l'Université de POITIERS. Les premiers résultats sont communiqués quelques mois plus tard en 1991, lors d'un congrès scientifique international, la « Table Ronde sur les calcaires Lithographique », à LYON. L'existence d'empreintes dans les calcaires de CRAYSSAC est donc officiellement signalée pour la première fois. Malgré la longue histoire de ces carrières, malgré leur fréquentation assidue par les chercheurs amateurs ou professionnels, aucune empreinte n'y avait été signalée auparavant.

Le début des années 90 peut donc être considéré comme le véritable point de départ d'une découverte exceptionnelle en paléontologie.

En 1994, les premières fouilles paléontologiques sont mises en place, sous la direction de Jean-Michel Mazin (CNRS, université de Poitiers) et Pierre Hantzpergue (université de Poitiers). Ces fouilles mettent au jour les premières traces de ptérosaures (reptiles volants de l'ère Secondaire) clairement identifiées dans le monde et à prendre conscience du contexte géologique particulier où ils sont découverts : une plage fossile extrêmement riche en empreintes de pas et pistes d'animaux divers. Cette découverte est signalée à l'Académie des Sciences début 1995

Dix sept campagnes de fouilles sont alors organisées de 1994 à 2001. Près de 200 étudiants bénévoles ont participé à ces chantiers, cumulant plus de 9 900 journées, soit environ 90 000 heures de travail. Ces investigations ont abouti à la découverte de plus de 120 pistes d'animaux différents (crustacés, mollusques, lézards, tortues, crocodyliens, dinosaures et ptérosaures) sur une plage fossilisée datant de 150 millions d'années. Trente cinq publications scientifiques, 27 communications en congrès internationaux, la tenue d'un congrès international sur les Ptérosaures en 2001 (Toulouse et Crayssac), ont donné à la «Plage aux Ptérosaures» une dimension internationale, puisqu'elle est connue à l'étranger sous le nom de « The Pterosaur Beach of Crayssac ». Près de 2 000 m<sup>2</sup> ont été fouillés, environ 3 ha restent à explorer.

En 2001, les responsables de l'opération scientifique décident d'arrêter provisoirement les fouilles sur la Plage aux Ptérosaures. Les surfaces préparées, d'une grande finesse de conservation, sont en effet menacées par l'érosion naturelle. Les empreintes sont alors protégées par des bâches et le site est enfoui sous plusieurs dizaines de tonnes de sable. L'Association de Gestion et de Développement du Site Paléontologique de la Plage aux Ptérosaures (AGDS3P) est alors créée dans le but de gérer l'avenir de ce site unique et d'y maintenir une activité scientifique, publique et pédagogique.

Les objectifs suivants sont confiés par les chercheurs à l'association:

- Assurer des fouilles d'entretien, des activités en direction du public et des développements pédagogiques.
- Recherche de solutions de protection en relation avec les collectivités publiques.
- Développer un projet muséographique.
- Rechercher des partenaires privés.

Simultanément, de 1994 à 2001, les médias ont largement couvert les activités de fouilles et participé à la renommée du site. De nombreux articles de presse locale (La Dépêche du midi, la Semaine du Lot, La Vie Quercynoise, etc.), mais aussi dans la presse de vulgarisation scientifique (Ça m'intéresse, Science et Vie, Science et Vie Junior, Sciences et Avenir, Pour la Science, ..... ) ou encore la presse nationale (Libération, Le Figaro, Le Nouvel Observateur, L'Humanité, ..... ) ont fait état des découvertes sur la Plage aux Ptérosaures. De même, de nombreux sujets et documentaires ont été diffusés en France et à l'étranger sur les différentes chaînes de télévision (TF1, France 2, France 3, France 5, Arte, M6, National Geographic, BBC, Atlantic Production, Vox-TV, .....).

Dès 2002, les collectivités locales soutiennent ce développement en permettant à l'association de recruter des guides saisonniers, tous anciens fouilleurs. Les visites sont originales et le site captive les visiteurs par son côté

dynamique et son ambiance toute particulière. Jusqu'à 2007, plusieurs milliers de visiteurs fréquentent la « Plage aux Ptérosaures », ouverte tous les étés. L'originalité de cette plage fossile, la rencontre avec les équipes de fouille, la présence de guides eux-mêmes scientifiques, l'ambiance du travail de terrain sont autant de facteurs qui assurent la réussite de ces visites et captivent le public. De nombreux événements sont organisés (cycles de conférences, soirées astronomie) et des fouilles d'entretien sont mises en place. La « Plage aux Ptérosaures » participe chaque année aux journées du patrimoine et à la Fête de la Science. Participation également à la conception du livret et du CDROM des Paléonautes (2009 et 2010).

L'association Plage aux Ptérosaures a très efficacement rempli ses missions et a joué un rôle fondamental dans l'évolution du projet. Accompagnée par les scientifiques et les collectivités publiques, elle a assuré une activité scientifique et pédagogique sur le site, tout en participant activement à l'élaboration du projet de protection et de développement muséographique. Financé par un PER, par les collectivités et par EDF, un bâtiment recouvre et protège aujourd'hui les surfaces porteuses d'empreintes. Il est aussi destiné à recevoir le public. L'expérience unique accumulée par cette association, tant en termes de recherches de terrain que de transmission vers le public, est l'une des forces du projet "Plage aux Ptérosaures" pour les années à venir.



## **7. BIBLIOGRAPHIE**



## - A - Documents ayant servi à rédiger ce dossier

- . Jean, Guy Astruc et Quercy Net, 2003 - Géologie en Quercy  
Site : <http://www.quercy.net/geologie/histoire.html>
- . De Wever P., Le Nechet Y., Cornée A. 2006 – Vade-mecum pour l'inventaire du patrimoine géologique national – Mémoire, hors série, Société Géologique de France. N°12 – 162 pages
- . J.Y. Crochet – B. Marandat – 1993 - Inventaire des phosphatières du Quercy – DIREN Midi-Pyrénées

## - B - Bibliographie générale :

### PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES :

- AA – (1974) Table ronde sur les phosphorites du Quercy. *Paleovertebrata*, Montpellier, vol.6, fasc. 1-2
- AGUILAR J.-P., ESCARGUEL G., CROCHET J.-Y., SIGE B. & SUDRE J. (1997) - Nouveaux sites d'âges variés dans les remplissages karstiques du Miocène inférieur de Bouzigues (Hérault, Sud de la France). Part II: sites et faunes (Rongeurs), biochronologie et corrélations. In P.R. RACHEBOEUF • M. GAYET (eds), Actualités paléontologiques en l'honneur de Claude Babin, *Geobios*, Mere. sp. 20: 475-482.
- AGUILAR J.P., MICHAUX J., PELISSIE T. & SIGE B. – (2007) Early late Pliocene paleokarstic fillings predating the major Plio-Pleistocene erosion of the Quercy table, SW-France. *Acta Carsologica* 36/3, 469-473, POSTOJNA
- AGUILAR J.P., PELISSIE T., SIGE B & MICHAUX J. – (2008) Occurrence of the Stripe Field Mouse lineage (*Apodemus agrarius* Pallas 1771; Rodentia; Mammalia) in the Late Pleistocene of southwestern France *Comptes Rendus Palevol* Volume 7, numéro 4 pages 217-225
- ASTRE G. (1931) - Mammifères fossiles du Pléistocène récent des Phosphorites du Quercy. *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, vol. 61, 191-194.
- ASTRE G. (1957) - Présence de l'Elan à Caylus dans la faune terminale des poches à phosphorite du Quercy. *Mammalia*, vol. 21 n°3, 238-240.
- ASTRUC J.G. & PELISSIE T. – (1982) Géologie et karstologie des causses du Quercy *Bull. CDS* 46, n°6
- ASTRUC J.G. (1988) - Le paléokarst quercynois au Paléogène; altérations et sédimentations associées. *Document du Bureau de Recherches géologiques et minières*, 133: 1-135.
- ASTRUC J. G. et R. SIMON-COINÇON (1992) - Enregistrement de l'évolution climatique et tectonique par les paléokarsts (exemple du Quercy et de ses marges). In " *Karsts et évolutions climatiques*". Presses Univ. de Bordeaux édit., pp. 497-508.
- ASTRUC J. G., LEGENDRE S., MARANDAT B., MONTUIRE S., SUDRE J. & SIGÉ B. (1994) - Redécouverte du "Lion de Cajarc", *Panthera spelaea* (Goldfuss, 1810) d'âge pléistocène supérieur, sur le Causse méridional du Quercy, en contexte de karst polyphasé. *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, vol. 130, 79-83.
- ASTRUC J., G., CUBAYNES R., FABRE J.- P., GALHARAGUE J., LEFAVRAIS-RAYMOND A., MARCOULY R., PÉLISSIE, T., REY J. & SIMON-COINÇON R. (1995) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Souillac (809). Orléans : B.R.G.M.
- ASTRUC J.G. & MARANDAT B. (1995) - Le Garouillas et les sites contemporains (Oligocène, MP 25) des phosphorites du Quercy (Lot, Tarn-et-Garonne, France) et leurs faunes de vertébrés. 1. Les gisements et leur contexte géologique. *Palaeontographica*, (A), 236: 1-9.
- ASTRUC J., G., CUBAYNES R., DURAND-DELGA M., LEGENDRE S., MURATET B., PAJOT B., PÉLISSIE, T., REY J. & SIGÉ B. (2000) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Nègrepelisse (931). Orléans : B.R.G.M.
- ASTRUC J.G., ESCARGUEL G., MARANDAT B., SIMON-COINÇON R. & SIGÉ, B. (2000) - Floor-age constraining of a tectonic paroxysm of the Pyrenean orogen. Late Middle Eocene mammal age of a faulted karstic filling of the Quercy phosphorites, south-western France. *Geodinamica Acta*, vol. 13, 271-280.
- ASTRUC J.G., HUGUENEY M., ESCARGUEL G., LEGENDRE S., RAGE J.C., SIMON-COINÇON R., SUDRE J. & SIGE B. (2003) – Puycelci, nouveau site à vertébrés de la série molassique d'Aquitaine. Densité et continuité biochronologique dans la zone Quercy et bassins périphériques au Paléogène. *Geobios*, Lyon, n° 36, fasc. 6, 629-648.
- ASTRUC J.G. – (2010) Paléocavités et cheminées de soutirage du Quercy Grottes et karsts de France *Karstologia Mémoires* n°19 pp.76-77
- AUGE M. (1987) - Confirmation de la présence d'Iguanidae (Reptilia, Lacertilia) dans l'Eocène européen. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, (2), 305: 633-636.
- AUGE M. (1988) - Une nouvelle espèce de Lacertidae (Sauria, Lacertilia) de l'Oligocène français: *Lacerta filholi*. Place de cette espèce dans l'histoire des Lacertidae de l'Eocène supérieur au Miocène inférieur. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, Mh., 1988, 8: 464-478.
- AUGE M. (1993) - Répartition et dynamisme des faunes de *Lacertilia* et d'*Amphisbaenia* dans l'Eocène européen. *Palaovertebrata*, 22:51-71.

- AUGE M. & RAGE J.C. (1995) – Le Garouillas et les sites contemporains (Oligocène, MP 25) des Phosphorites du Quercy (Lot, Tarn-et-Garonne, France) et leurs faunes de Vertébrés. 2. Amphibiens et Squamates. *Palaeontographica*, Stuttgart, A, Bd 236, Lfg 1-6, 11-32.
- AUGE M. (2000) - Diversité des faunes de lézards du Tertiaire en Europe de l'Ouest. *Bull. Soc. Herp. France*, vol. 96, 5-14.
- AUGE M. (2003) - Geological Society of America Special Papers, 2003, 369, p. 441-453, AUGÉ M. (2005) – Evolution des lézards du Paléogène en Europe. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, Paris, tome 192, 369p.
- AUGE M. – (2006) Répartition des tailles chez les lézards des phosphorites du Quercy in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) 13, 69-78.
- AUGE M. & SULLIVAN R.M. (2006) – A new genus, *Parapacosauriops* (Squamata, Anguinae, Glyptosaurinae), from the Eocene of France. *J. Vert. Paleont.*, Lawrence, vol. 26, n° 1, 133-137.
- BACON A.M & GODINOT M. – (1998) Analyse morphofonctionnelle des fémurs et des tibias des «Adapis» du Quercy: mise en évidence de cinq types morphologiques *Folia Primatol*;69:1–21
- BERGOUNIOUX F.M. (1935) - Contribution à l'étude paléontologique des chéloniens. Chéloniens fossiles du Bassin d'Aquitaine. *Mém. Soc. Géol. France*, 25, p. 1-216
- BERTHET D. (2003) – Le genre *Cainotherium* (Mammalia, Artiodactyla). Étude morphométrique, révision systématique, implications évolutives et paléobiogéographiques, extinction. *Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon*, **159**, 1- 205.
- BIOCHROM'97 (1997) - Actes du Congrès Biochrom'97. In Aguilar J. P., Legendre S. & Michaux J. (eds.). *Mém. Trav. I'E.P.H.E., Inst. Montpellier* 21 : 817p.
- BLONDEL C. (1996) -. Les Ruminants de Pech Desse et de Pech du Fraysse ( Quercy; MP28); évolution des Ruminants de l'Oligocène d'Europe ; *Géobios* 30 (4): 573-591.
- BLONDEL C., BOCHERENS H. & MARIOTTI A. (1997) - Stable carbon and oxygen isotopes ratios in ungulate teeth from french Eocen and Oligocene localities. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 168 (6): 775-781.
- BLONDEL C. (1997) – Les ruminants de Pech-Desse et Pech-du-Fraysse (Quercy MP 28) ; évolution des ruminants de l'Oligocène d'Europe occidentale. *Geobios*, Lyon, vol. 30, n°4, 573-591.
- BLONDEL C. (1998) - Le squelette appendiculaire de sept ruminants oligocènes d'Europe; implications paléoécologiques. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences; Sciences de la Terre et des Planètes*, Paris, 326: 527-532.
- BLONDEL C. (2005) - New data on the Cainotheriidae (Mammalia, Artiodactyla) from the early Oligocene of south-western France. *Zoological Journal fo the Linnaean Society* **144**:125-166
- BONIS L. DE, CROCHET J.Y., RAGE J.C., SIGE B., SUDRE J. & VIANEY-LIAUD M. (1973) – Nouvelles faunes de vertébrés oligocènes des Phosphorites du Quercy. *Bull. Mus. natn. Hist. nat.*, Paris, n° 174, fasc. 28, 105-113.
- BONIS L. de (1974) - Premières données sur les Carnivores Fissipèdes provenant des fouilles récentes dans le Quercy. *Palaeovertebrata*, Montpellier (6) 1: 27-32
- BONIS L. de (1976) - Découverte d'un crâne d'*Amphictis* (Mammalia, Carnivora) dans l'Oligocène supérieur des phosphorites du Quercy (Lot). *Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences*, Paris, Série D (283) 13 septembre 1976: 327-330, 1 fig.
- BONIS L de, CROCHET J.Y., HARTENBERGER. J.L., HOFFSTETTER R., RAGE J.-C., SIGÉB., SUDRE J. & VIANEY-LIAUD M., 1977.- Les Phosphorites du Quercy, un laboratoire naturel de l'évolution des Vertébrés. *Le Courrier du C.N.R.S.*, n° 25, p. 6-11.
- BONIS L. de. (1978) - La poche à phosphate de Sainte- Néboule (Lot) et sa faune de vertébrés du Ludien supérieur. 12 - Fissipèdes (carnivores). *Palaeovertebrata*,8: 301-311.
- BONIS L. DE, ASTRUC J.G., MARANDAT B., AUGÉ M., RAGE J.-C., MOURER-CHAUVIRÉ C., CROCHET J.-Y., SIGÉ B., MENU H., CIROT E., REMY J.A., BRUNET M., SUDRE J., VIANEY-LIAUD M., COMTE B., LÉVÊQUE F. & LEGENDRE S. (1995) – Le Garouillas et les sites contemporains (Oligocène, MP 25) des phosphorites du Quercy (Lot, Tarn-et-Garonne, France) et leurs faunes de vertébrés. *Palaeontographica*, A, **236**, 1-343.
- BONIS L. de (1995) - Le Garouillas et les sites contemporains (Oligocène, MP 25) des Phosphorites du Quercy (Lot, Tarn-et-Garonne, France) et leurs faunes de Vertébrés. 9. Perissodactyla: Amynodontidae. *Palaeontographica*, Stuttgart, A (236): 157-175, 2 pl., 6 fig., 6 tab.
- BONIS L. de (1995) - Le Garouillas et les sites contemporains (Oligocène, MP 25) des Phosphorites du Quercy (Lot, Tarn-et-Garonne, France) et leurs faunes de Vertébrés. 11. Perissodactyla: Chalicotherioidea. *Palaeontographica*, Stuttgart, A (236): 191-204, 2 pl., 6 fig., 3 tabl.
- BONIS L. d. & BRUNET M. (1995) - Le Garouillas et les sites contemporains (Oligocène, MP 25) des Phosphorites du Quercy (Lot, Tarn-et-Garonne, France) et leurs faunes de Vertébrés. 10. Perissodactyla: Allaceropinés et Rhinocerotidae. *Palaeontographica*, Stuttgart, A (236): 177-190, 5fig., 2 tabl., 3 pl.
- BONIS L. de (2006) - Les carnassiers des phosphorites du Quercy : évolution et phylogénie d'après P. Teilhard de Chardin *Annales de Paléontologie*, Volume 92, Issue 2, April-June 2006, Pages 205-215
- BOULE H. (1906) - Les grands Chats des cavernes. *Ann. Paléontologie*, vol.1, n°1-2, 69-95.
- BROIN F. DE. (1977) - Contribution à l'étude des chéloniens. Chéloniens continentaux du Crétacé supérieur et du Tertiaire de la France. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 38, 366p.
- BROIN F. DE. (1978) - La poche à phosphate de Ste-Néboule (Lot) et sa faune de vertébrés du Ludien supérieur. *Paleovertebrata*, 8, II-IV, p. 181-190.

- BROIN F. DE (1988) – Ordre Chelonii. In Rage J.C. : Le gisement du Bretou (Phosphorites du Quercy, Tarn-et-Garonne, France) et sa faune de vertébrés de l'Eocène supérieur. I. Amphibiens et reptiles. *Palaeontographica*, Stuttgart, A, Bd. 205, Lfg 1-6, 7-8.
- BRUNET M. – (1973) Les entélodontes des phosphorites du Quercy *Paleovertebrata*, Montpellier, vol.6, pp.87-108, 2 fig.
- BRUNET M. & SUDRE J. – (1980) Deux nouveaux Dichobunidés (Artiodactyla, Mammalia) de l'Oligocène inférieur d'Europe *Paleontology Proceeding B83* (2) June 13, 1980 pp.121-143
- BUFFETAUT E. (1978) – La poche à phosphate de Ste-Néboule (Lot) et sa faune de vertébrés du Ludien supérieur. 4 - crocodyliens. *Palaeovertebrata*, Montpellier, vol. 8, fasc. 2-4, 191-199.
- CAVILLE A. (1962) - Le système karstique et l'évolution des grottes. *Actes du IV Congrès National de Spéléologie. Spelunca*, (4), Mém. sp. 2: 9-28.
- CAVILLE A. (1974) - La région des phosphorites du Quercy. *Palaeovertebrata*, 6: 5-19.
- CIROT E. & BONIS de L. (1992) - Revision du genre Amphicyonodon, carnivore de l'Oligocene. [Revision of the genus Amphicyonodon, Oligocene carnivores.]. *Palaeontographica Abteilung A* **220(4-6)**:103-130
- CLAUDE J. & TONG H. (2006) – Les faunes chéloniennes du Quercy: mise à jour des connaissances. in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) 13, 79-84.
- COMTE B. & VIANEY-LIAUD M. (1987) - Nouveaux Eomyidae du Paléogène d'Europe occidentale. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, (2), 304: 951-954.
- COMTE B. & VIANEY-LIAUD M. (1989) - Eomyidae (Rodentia) de l'Oligocène d'Europe occidentale. *Palaeontographica*, (A), 209: 33-91.
- CROCHET J.-Y. (1974) - Les insectivores des Phosphorites du Quercy. *Palaeovertebrata*, 6: 109-159.
- CROCHET J.-Y., HARTENBERGER. J.L., SIGÉ B., SUDRE J. & VIANEY-LIAUD M. – (1975) Les nouveaux gisements du Quercy et la biochronologie du Paléogène d'Europe. Essai de corrélation. 3e Réunion Annuelle des Sciences de la Terre, Montpellier, p. 114.
- CROCHET J.-Y. (1979) - Diversité systématique des Didelphidae (Marsupialia) européens tertiaires. *Geobios*, 12: 365-378.
- CROCHET J.-Y., HARTENBERGER J.L., RAGE J.C., REMY J.A., SIGÉ B., SUDRE J. & VIANEY-LIAUD M. (1981) – Les nouvelles faunes de vertébrés antérieures à la "Grande Coupure" découvertes dans les phosphorites du Quercy. *Bull. Mus. natn. Hist. nat.*, Paris, t. 3, C, n° 3, 245-266.
- CROCHET J.-Y. (1988) - Le gisement du Bretou (Phosphorites du Quercy, Tarn-et-Garonne, France) et sa faune de vertébrés de l'Eocène supérieur. III. Marsupiaux, créodontes et fissipèdes. *Palaeontographica*, (A), 205: 51-67.
- CROCHET J.-Y. (1991) – A propos de quelques créodontes proviverrinés de l'Eocène supérieur du Sud de la France. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, Abh., 182: 99-115.
- CROCHET, J.-Y. (1995) – Le Garouillas et les sites contemporains (Oligocène, MP 25) des phosphorites du Quercy (Lot, Tarn-et-Garonne, France) et leurs faunes de vertébrés. 4. Marsupiaux et Insectivores. *Palaeontographica* Abt. A, Stuttgart, Bd. 236, 39-75.
- CROCHET J.-Y., ASTRUC J.-G., HUGONIE L., MARANDAT B., SIGÉ B. & SUDRE J. (1996) - Un éléphant antique, *Palaeoloxodon antiquus* (Falconer & Cautley, 1847), sur le causse de Gramat (Lot, France). *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, vol. 132, 71-75.
- CROCHET J.-Y., AGUILAR J.P., ASTRUC J.G., BOULBES N., ESCARGUEL G., MICHAUX J., MONTUIRE S., PELISSIE T., SIMON-COICON R. & SIGÉ B. – (2006) Reprises plio-pléistocènes du paléokarst quercinois. In 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) 13,85-95.
- DAUBREE A. (1871) – Sur le gisement dans lequel la chaux phosphatée a été récemment découverte dans les départements de Tarn-et-Garonne et du Lot. *C.R.Ac.Sci.*, Paris, t.43, p. 1028-1036.
- DECHASEAUX C. (1969) - Moulages endocrâniens d'artiodactyles primitifs. *Annales de Paléontologie (Vertébrés)* (5) 195-248
- DELFORTIE M. (1872) - Les gites à chaux phosphatique clans le département du Lot; leur faune, le mode et l'époque probable de leur formation. *Actes de la Société linnéenne de Bordeaux*: 505-518.
- DENYS C., FERNANDEZ-JALVO Y., CROCHET J.-Y., LEGENDRE S., MARANDAT B., SIGÉ B., SUDRE J. & VIANEY-LIAUD M. (1995) - Taphonomy in an Oligocene infilling in the Quercy (France). Preliminary results. EUG VIII, Strasbourg, 9-13 April 1995. Terra nova Strasbourg, *Terra abstracts*, 7, suppl, i: 263. [Résumé].
- DE STEFANO G. (1903) – Sui Batraci Urodeli delle Fosforiti del Quercy. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, Rome, vol. 22, 40-50.
- DE STEFANO G. (1903) – I Sauri del Quercy appartenenti alla collezione Rossignol. *Atti Soc. Ital. Sci. Nat.*, Milan, vol. 42, 382-418.
- DE STEFANO G. (1905) – Appunti sui Batraci e sui Rettili del Quercy appartenenti alla collezione Rossignol. III. Coccodrilli - Serpenti - Tartarughe. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, Rome, vol. 24, 2-67.
- DIEULAFIT L. (1884) – Origine des phosphorites et des argiles ferrugineuses dans les terrains calcaires. *C.R.Ac.Sci.*, Paris, t.99, p.259-262.
- DIEULAFIT L. (1884) – Nouvelle contribution à la question d'origine des phosphates de chaux du sud-ouest de la France. *C.R.Ac.Sci.*, Paris, t.99, p.440-443.
- DOUMERC J. – (1902) Géologie du Tarn-et-Garonne Montauban Imprimerie Edouard Forestié 28p.

- DUBREUILH P. – (1878) De l'emploi des phosphates de chaux en agriculture *Recueil Soc. Sci. Belles Lettres et Arts du Tarn-et-Garonne* Années 1877-1878 pp. 135-159
- DUFFAUD S. (2000) – Les faunes d'amphibiens du Crétacé supérieur à l'Oligocène inférieur en Europe : paléobiodiversité, évolution, mise en place. Thèse du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.
- DURAND-DELGA M. – (2006) De la découverte des phosphorites du Quercy au renouveau de leur étude avec Bernard Gèze in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér.1) 13, 25-36.
- DURANTHON F. – (2005) Henri Filhol et les phosphatières du Quercy in Histoire de Mammifères Editions Bréal ISBN 2 7495 0552 6 pp.114-125
- DURANTHON F. & RIPOLL F. – (2006) Documents photographiques inédits d'Eugène Trutat sur l'exploitation des phosphorites du Quercy in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) 13, 37-49.
- ESCARGUEL G., MARANDAT B. & LEGENDRE S. (1997). Sur l'âge numérique des faunes de mammifères du Paléogène d'Europe occidentale, en particulier celles de l'Eocène inférieur et moyen. Actes du Congrès Biochrom' 97, J. P. Aguilar, S. Legendre et J. Michaux (Eds.). *Mémoires et Travaux de l'E. P. H. E., Institut de Montpellier*, 21: 443-460.
- ESCARGUEL, G. (1997) – Implications phylétiques et applications biochronologiques de l' "analyse mandibulaire". Etude de cas pour différents ordres : marsupiaux, insectivores, rongeurs, périssodactyles. Actes du Congrès Biochrom'97, J.-P. Aguilar, S. Legendre & J. Michaux (Eds.), *Mém. Trav. E.P.H.E., Inst. Montpellier*, vol. 21 : 83-96.
- ESCARGUEL, G. (1999) – Les rongeurs de l'Eocène inférieur et moyen d'Europe occidentale. Systématique, phylogénie, biochronologie et paléobiogéographie des niveaux repères MP 7 à MP 14. *Palaeovertebrata*, 28 (2-4, 89-351).
- ESCARGUEL, G. & LEGENDRE, S. (2006) – Deep-time analysis of a meta-community dynamics : the case study of the Paleogene mammals from the Quercy and Limagne area (Massif-Central, France). in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) 13, 245-273.
- ESCARGUEL G. (2009) - Climat, adaptation, évolution et biodiversité *Responsabilité & Environnement* n° 5 pp.25-33
- FILHOL H. (1873) – Sur des pièces fossiles provenant de Batraciens, de Lacertiens et d'Ophidiens, trouvés dans les dépôts de phosphates de chaux de l'Aveyron. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 77, 1556-1557.
- FILHOL H. (1873) – Sur les Vertébrés fossiles trouvés dans les dépôts de phosphate de chaux du Quercy. *Bull. Soc. philom. Paris*, t. 10, 85-89.
- FILHOL H. (1876) - Sur les reptiles des Phosphorites du Quercy. *Bul. Soc. Phil., Paris* II, 27-28.
- FILHOL H. (1877) - Recherches sur les Phosphorites du Quercy. Pt. II. *Ann. Sc. Géol.*, vol. 8, 1-338.
- FILHOL H. (1877) - Recherches sur les phosphorites du Quercy. *Annales des Sciences géologiques*, Masson, Paris, 1-561.
- FILHOL H. (1877) - Recherches sur les Phosphorites du Quercy. Étude des fossiles qu'on y rencontre et spécialement des Mammifères. *Bibliothèque de l'Ecole des Hautes Études, Section Sciences Naturelles*, Paris, : 1-338, pl.1-28.
- FILHOL H. (1880) - Mémoire relatif à quelques mammifères fossiles provenant des dépôts de phosphorite du Quercy. *Bulletin de la Société des Sciences Physiques et Naturelles de Toulouse*, 5 : 19-156, 10 pl.
- FORTELIUS M., ERONEN J., JERNVALL J., LIU L., PUSHKINA D., RINNE J., TESAKOV A., VISLOBOKOVA I., ZHANG Z. & ZHOU L. (2002) – Fossil mammals resolve regional patterns of Eurasian climate change over 20 million years. *Evolutionary Ecology Research*, 4, 1005–1016.
- FOURNIER E. (1900) – Etudes sur le régime des eaux dans le Quercy depuis l'Eocène supérieur jusqu'à l'époque actuelle. *Bull. Serv. Carte géol. France*, t.11, n°78, p.475-488.
- FRANCESCHI DE D., LE GALL C., ESCARGUEL G., HUGUENY M., LEGENDRE S., SIMON-COICON R.;? PELISSIE T. & SIGE B. – (2006) Une paleoflore des phosphatières karstiques du Quercy (Sud-Ouest France) : première découverte, résultats et perspectives in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) 13, 97-101.
- GAILLARD C. (1908). Les oiseaux des Phosphorites du Quercy. *Annales de l'Université de Lyon*, nouvelle série, 23: 178 pp.
- GAILLARD C. (1939). Contribution à l'étude des oiseaux fossiles. *Nouvelles Archives du Muséum de Lyon*, 15 (2): 1-100.
- GAUDRY A. (1878) - Les enchaînements du monde animal dans les temps géologiques - Mammifères tertiaires Savy éd. (Paris): 293 p, 312 fig.
- GERAADS D., BOUVRAIN G. & SUDRE j. – (1987) Relations phylétiques de *Bachitherium* Filhol, ruminant de l'Oligocène d'Europe occidentale *Paleovertebrata*, Montpellier, 17 (2), pp.43-73, 47fig., 1 pl.
- GERVAIS P. (1872) – Sur les Mammifères dont les ossements accompagnent les dépôts de chaux phosphatée des départements de Tarn-et-Garonne et du Lot. *C.R.Ac.Sci.*, Paris, t.74, p.1367-1371.
- GERVAIS P. (1873) – Mammifères dont les ossements accompagnent les dépôts de chaux phosphatés des départements de Tarn-et-Garonne et du Lot. *J. Zool.*, Paris, 2, 356-380.
- GERVAIS P. (1876) – Zoologie et paléontologie générales. 2° sér., Arthus Bertrand, Paris, 72p.
- GÈZE, B. (1937)- Etude hydrogéologique et morphologique de la bordure Sud-Ouest du Massif Central.

Ann.Inst.Nat.Agronomique, Paris, fasc.29, 83 p.

- GÈZE, B. (1938) - La genèse des phosphorites du Quercy. C.R.Ac.Sci., Paris, 206, p.759-761.
- GÈZE, B. (1938) - Contribution à la connaissance des phosphorites du Quercy. Bull.Soc.géol.France, (5), t.VIII, p.123-146.
- GÈZE, B. (1943) - Sur les exploitations récentes des phosphorites du Quercy. C.R.somm.Soc.géol.France, p.30-31.
- GÈZE, B. (1949) - Les gouffres à phosphate du Quercy – Essai de paléospéléologie. Ann.Spéléologie, t.IV, p.89-107.
- GÈZE, B. (1974) - Sur le remplissage des poches à phosphorites d'Aubrelong (Bach, Lot). Table Ronde sur les phosphorites du Quercy, Montauban, 15-16 déc. 1972. Palaeovertebrata, Montpellier, vol.9, fasc.2-4, p.171-173.
- GEZE B. et CAVAILLE A. (1977) – Aquitaine orientale. Guide géol.régionaux, *Masson*, 184 p.
- GEZE B. (1978) - La poche à phosphate de Sainte-Néboule (Lot) et sa faune de vertébrés du Ludien supérieur. 1 La poche et son remplissage. *Palaeovertebrata*, 8: 171-173.
- GEZE B., RAGE J.-C., VERGNAUD-GRAZZINI C., BROIN F. DE, BUFFETAUT E., MOURER-CHAUVIRE C., CROCHET J.-Y., SIGÉ B., SUDRE J., REMY J.A., LANGE-BADRE B., BONIS L. DE, HARTENBERGER J.-L. & VIANEY-LIAUD M. (1978) - La poche à phosphate de Sainte-Néboule (Lot) et sa faune de vertébrés du Ludien supérieur. *Palaeovertebrata*, 8: 167-326.
- GÈZE, B. (1997) - La ruée vers le phosphate dans les cavernes du Midi de la France. In « De la géologie à son histoire », Comité des travaux historiques et scientifiques (C.T.H.S), Section des Sciences (G.Gohau et J.Gaudant, éd.), 13, p.207-216.
- GINSBURG L. (1961) – Plantigradie et digitigradie chez les carnivores fissipèdes. *Mammalia*, 25 (1) : 1 – 21
- GODINOT M. (1984) - Un nouveau genre témoignant de la diversité des Adapinés (Primates, Adapidae) à l'Éocène terminal. *Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences*, Paris, 299, sér. II (18): 1291-1296, 1 pl.
- GODINOT M. & JOUFFROY F.K. (1984) - La main d'*Adapis* (Primate, Adapidé) in Buffetaut É., Mazin J.-M. et Salmon E. (éd.) *Actes du Symposium paléontologique G. Cuvier*, Montbéliard : 221-242.
- GODINOT M. – (1998) A Summary of Adapiform Systematics and Phylogeny *Folia Primatol*;69(suppl 1):218–249
- GODINOT M. (2003) – Variabilité morphologique et évolution des *Necrolemur* (Primates, Omomyiformes) des niveaux-repères MP 17 à MP 20 du sud de la France. *Coloquios de Paleontologia*, vol. Ext. 1, 203-235.
- GROSSOUVRE (1885) Etude sur les gisements de phosphate de chaux du centre de la France Dunod éditeur
- HARTENBERGER J.-L. (1973) – Etude systématique des Theridomyoidea (Rodentia) de l'Eocène supérieur. *Mémoires de la Société géologique de France*, N.S., 57, 1-76.
- HARTENBERGER J.-L. (1973) - Les rongeurs de l'Eocène d'Europe. Leur évolution dans leur cadre biogéographique. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*, Sci. Terre, (3), 24, 132: 49-70.
- HARTENBERGER J.L., SIGÉ B. & SUDRE J. – (1974) La plus ancienne faune de mammifères du Quercy: le Bretou. *Palaeovertebrata*, vol. 6, fasc. 3-4, p. 177-196, Montpellier.
- HARTENBERGER J.-L. & SCHMIDT-KITTLER N. (1976) – Un nouveau genre de Theridomyoidea (Mammalia, Rodentia) dans les Phosphorites du Quercy. *Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlungen f- Paläontologie und historische Geologie*, 16: 65-69.
- HARTENBERGER. J.L. & VIANEY-LIAUD M. – (1978) La poche à Phosphates de Sainte Néboule (Lot) et sa faune de Vertébrés du Ludien supérieur. 13 Rongeurs. *Palaeovertebrata*, Montpellier, vol.8 (fasc. 2-4), p. 313-318, 1 pl.
- HARTENBERGER. J.L – (1978) La poche à phosphates de Sainte Néboule (Lot) et sa faune de Vertébrés du Ludien supérieur - 14 Conclusions générales. *Palaeovertebrata*, Montpellier, vol. 8, fasc. 2-4, p. 319-326.
- HARTENBERGER J. L. (1987) - Modalités des extinctions et apparitions chez les mammifères du Paléogène d'Europe. *Mém. Soc. Géol. France*, N.S., vol. 150, 133-143.
- HARTENBERGER J.-L. (1988) – Etudes sur la longévité des genres de Mammifères fossiles du Paléogène d'Europe. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, sér. II, 306, 1197-1204.
- HARTENBERGER.J.L. – (1988) Le gisement du Bretou (Phosphorites du Quercy) et sa faune de vertébrés de l'Eocène. V-Rongeurs. *Palaontographica*, Stuttgart (A), 205: 103-112.
- HARTENBERGER J.-L. (1990) - Données nouvelles et hypothèses sur l'origine des Theridomyidae (Mammalia, Rodentia). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, (2), 311: 1017-1023.
- HELSON C. – (1893) Notes sur la nature et le gisement du phosphate de chaux naturel clans les départements du Tarn-et-Garonne et du Tarn, *Annales de la Société géologique du Nord*, XXI, p. 246-265.
- HERVET S. (2004) – Systématique du groupe '*Palaeochelys* sensu lato-*Mauremys*' (Chelonii, Testudinoidea) du Tertiaire d'Europe occidentale: principaux résultats. *Ann. Paléont.*, Paris, vol. 90, fasc. 1, 13-78.
- HOFFSTETTER R. (1945) – A propos de deux fossiles des Phosphorites du Quercy: *Enigmatosaurus Bottii* (G. de Stefano 1903) et *Amphignathodon* sp. J. Piveteau 1927. *Bull. Soc. géol. Fr.*, Paris, t. 15, 167-169.
- HOFFSTETTER R. (1954) Présence d'un Saurien Hélo dermatidé dans la faune fossile des phosphorites du Quercy *C.R.Acad. Sc.*, vol.239, n°25, pp. 1826-1827
- HOFFSTETTER R. (1958) - Un Saurien hélo dermatidé (*Eurheloderma gallicum* nov. gen. et sp.) dans la faune fossile des Phosphorites du Quercy. *Bull. Géol. Soc. France* (6) 7:775-786.
- HOFFSTETTER R. & RAGE J.-C. (1972) - Les Erycinae fossiles de France (Serpentes, Boidae). Compréhension et histoire de la sous-famille. *Annales de Paléontologie*, 58: 81-124.

- HUGUENEY M. (1997) – Biochronologie mammalienne dans le Paléogène et le Miocène inférieur du Centre de la France : synthèse réactualisée. In Aguilar J.-P., Legendre S. & Michaux J. (eds), *Actes du congrès BiochroM'97*, Mémoires et Travaux de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, Institut de Montpellier, **21**, 417–430.
- KÄLIN J. (1939) – Ein extrem kurzschnauziger Crocodilide aus den Phosphoriten des Quercy : *Arambourgia* (nov. gen.) *gaudryi* De Stefano. *Abh. Schweiz. Palaeont. Gesell.*, Basel, Bd 62, 1-18.
- KARKHU u A.A. (1988) - Novoe semeistvo strizheobraznykh iz Paleogena Evropy [Une nouvelle famille d'oiseaux de type martinet dans le Paléogène d'Europe]. *Paleontologichesk@ Zhurnal*, 1988, 3: 78-88
- KOENIGSWALD von W, RUF I. & GINGERICH P.D. (2009) Cranial morphology of a new apatemyid, *Carcinella sigei* n.gen. n.sp. (Mammalia, Apatotheria) from the late Eocene of Southern France. *Palaeontographica* Abt. A, 288, Lfg. 1-3, 53-91
- LANGE B. (1970) - Sur l'existence d'un gisement fossilifère d'âge oligocène inférieur dans les phosphorites du Quercy. *C. R. somm. Séances Soc. Géol. France*, 5 : 151.
- LANGE BADRÉ B. (1979) - Les Créodontes (Mammalia) d'Europe occidentale de l'Éocène supérieur à l'Oligocène supérieur. *Mémoires du Museum National d'Histoire Naturelle, série C, Sciences de la Terre*, 42 : 1-249, 30 pl., 32 fig., 48 diagrammes.
- LANGE-BADRE B. – (2006) Quelques caractères morpho-fonctionnels du membre antérieur des petits mammifères carnivores d'Aubrelong 1 (Oligocène inférieur, Lot, France) in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) 13, 103-112.
- LAUDET F., DENYS C. & FERNANDEZ-JALVO Y. (1996) - Predation and transport at the origin of the Oligocene karstic filling of Pech Crabit (Quercy, Southern France): palaeoenvironmental consequences. In MELIENDEZ HEVIA G., BLASCO SANCHO F. & PIRREZ URRESTI I. (eds.): *Comunicacion de la II Reunion de Tafonomia y Fosilizacion*. Institucion "Fernando el Catolico": 147-154.
- LAUDET F. & ANTOINE P.O. – (2004) Des chambres de pupation de Dermestidae (Insecta : Coleoptera) sur un os de mammifère tertiaire (phosphorites du Quercy) : implications taphonomiques et paléoenvironnementales. *Geobios* 37 pp. 376-381
- LAUR P. (1874) Les gisements de phosphate de chaux Congrès scientifique de France 40<sup>ème</sup> session, 1, pp.209.220
- LEGENBRE S. (1986) – Analysis of mammalian communities from the Late Eocene and Oligocene of Southern France. *Palaeovertebrata*, vol. 16, n° 4, 191-212.
- LEGENBRE S. & MARANDAT B. (1986) Les phosphorites du Quercy : l'histoire des faunes fossiles de mammifères in *Recherches sur les karsts du Quercy et du Sud-Ouest de la France Commission Scientifique Comité Spéléologique Régional Midi-Pyrénées Fédération Française de Spéléologie* pp. 53-60
- LEGENBRE S. (1987) – Concordance entre paléontologie continentale et les événements paléocéanographiques : exemple des faunes de mammifères du Paléogène du Quercy. *Comptes Rendus à l'Académie des Sciences, Paris*, (III), **304**, 45-50.
- LEGENBRE S. (1987) – Mammalian faunas as paleotemperature indicators: concordance between oceanic and terrestrial paleontological evidence. *Evolutionary Theory*, **8**, 77-86.
- LEGENBRE S. (1987) - Les communautés de mammifères d'Europe occidentale de l'Eocène supérieur et Oligocène: structures et milieux. *Münch. Geowissen. Abh. (A)*, vol. 10, 301-312.
- LEGENBRE S. (1989) - Les communautés de mammifères du Paléogène (Éocène supérieur et Oligocène) d'Europe occidentale: structures, milieux et évolution. *Münchner Geowissenschaften Abhandlungen*, A 16: 1-110.
- LEGENBRE S., CROCHET J.-Y., GODINOT M., HARTENBERGER J.-L., MARANDAT B., REMY J.A., SIGÉ B., SUDRE J. & VIANEY-LIAUD M. (1991) – Evolution de la diversité des faunes de mammifères d'Europe occidentale au Paléogène (MP 11 à MP 30). *Bulletin de la Société géologique de France*, **162**, 867-874.
- LEGENBRE S. & HARTENBERGER J. L. (1992) - Evolution of mammalian faunas in Europe during the Eocene and Oligocene. In PROTHERO D. & BERGGREN W. (eds.): *Eocene-Oligocene Climatic and Biotic Evolution*. Princeton University Press: 516-528.
- LEGENBRE S., MARANDAT B., SIGÉ B., CROCHET J.-Y., GODINOT M., HARTENBERGER J.-L., SUDRE J., VIANEY-LIAUD M., MURATET B. & ASTRUC, J.-G. (1992). - La faune de mammifères de Vielase (phosphorites du Quercy, Sud de la France): preuve paléontologique d'une karstification dès l'Eocène inférieur. *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, Stuttgart, H. n° 7, 414-428.
- LEGENBRE S. & BACHELET B. (1993) – The numerical ages: a new method of datation applied to Paleogene mammalian localities from Southern France. *Newsletters in Stratigraphy*, **29**, 137-158.
- LEGENBRE S., MARANDAT B., REMY J.-A., SIGÉ B., SUDRE J., VIANEY-LIAUD M., CROCHET J.-Y. & GODINOT M. (1995) - Coyrou 1-2, une nouvelle faune de mammifères des phosphorites du Quercy, niveau intermédiaire (MP 20-21) proche de la "Grande Coupure". *Géologie de la France*, n°1, 63-68.
- LEGENBRE S. & LEVEQUE F. (1997) – Etalonnage de l'échelle biochronologique mammalienne du Paléogène d'Europe occidentale : vers une intégration à l'échelle globale. In Aguilar J.-P., Legendre S. & Michaux J. (eds), *Actes du congrès BiochroM'97*, Mémoires et Travaux de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, Institut de Montpellier, **21**, 461-473.
- LEGENBRE S., SIGÉ B., ASTRUC, J.G., BONIS, L DE, CROCHET, J.Y., DENYS, C., GODINOT, M., HARTENBERGER, J.L., LEVEQUE, F., MARANDAT, B., MOURER-CHAUVIRE, C., RAGE, J.C., REMY, J.A., SUDRE, J., VIANEY-LIAUD, M. (1997). Les phosphorites du Quercy : 30 ans de recherche bilan et

- perspectives. In: P.R. Racheboeuf & M. Gayet Eds., *Actualités paléontologiques en l'honneur de C. Babin. Geobios*, Mém. sp. 20, 331-345
- LEGENDRE S. & GIRARD C. (1999) – Impact des crises dans les domaines marins et terrestres : évolution de la biodiversité des conodontes (Dévonien, Montagne Noire) et des mammifères (Paléogène, Quercy). *Geobios*, **32**, 275-284.
- LEGENDRE S., MONTUIRE S., MARIDET O. & ESCARGUEL G. (2005) – Rodents and climate: a new model for estimating past temperatures. *Earth and Planetary Science Letters*, **235**, 408-420.
- LEGENDRE S., MOURER-CHAUVIRE C., HUGUENEY M., MAITRE E., SIGÉ B. & ESCARGUEL G. – (2006) Dynamique de la diversité des mammifères et des oiseaux paléogènes du Massif Central. in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) **13**, 275-282.
- LEVEQUE F. (1993) - Correlating the Eocene-Oligocene mammalian biochronological scale from SW Europe with the marine magnetic anomaly sequence. *Journal of the geological Society*, **150**: 661-664.
- LEYMERIE A. (1872) – Note sur la phosphorite du Quercy. *Journ. Agriculture pratique et d'Economie rurale*, 16 p.
- LOMBARD-DUMAS A. – (1884) Les phosphates de chaux dans le département du Gard Nîmes Imprimerie Roger et Laporte
- LOPEZ N. & THALER L. (1974) - Sur le plus ancien lagomorphe européen et la grande coupure oligocène de Stehlin. *Palaeovertebrata*, **6**: 243-251.
- MAITRE E., HUGUENEY M., ASTRUC J.-G., CROCHET J.-Y., ESCARGUEL G., FEIST M., GODINOT M., MARANDAT B., MOURER-CHAUVIRÉ C., RAGE J.-C., REMY J.-A., SIMON-COINÇON R., SUDRE J. & SIGÉ B. (2006) - Huit nouvelles faunes éocènes et oligocènes des phosphorites du Quercy. in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) **13**, 113-127.
- MAITRE, E., ESCARGUEL, G. & SIGÉ, B. (= Maitre *et al.* 2006a). Amphilemuridae (Lipotyphla, Mammalia) éocènes d'Europe occidentale : nouvelles données taxonomiques. *Palevol à paraître*
- MALINOWSKI J. (1873) – Traité spécial des phosphates de chaux natifs, Savy (Paris) – Laytou (Cahors), 223 p.
- MARANDAT B., CROCHET J.-Y., GODINOT M., HARTENBERGER J.-L., LEGENDRE S., RÉMY J.A., SIGÉ B., SUDRE J. & VIANEY-LIAUD M. (1993) - Une nouvelle faune à mammifères d'âge éocène moyen (Lutétien supérieur) dans les phosphorites du Quercy. *Géobios*, vol. **26**, n°5, 617-623.
- MARIDET O., ESCARGUEL G., COSTEUR L., MEIN P., HUGUENEY M. & LEGENDRE S. (accepted) – Small Mammal (rodents and lagomorphs) European Biogeography from the Late Oligocene to the mid Pliocene. *Global Ecology and Biogeography*.
- MARTINEZ J.-N. & SUDRE J. (1995) - The astragalus of Paleogene artiodactyls: comparative morphology, variability and prediction of body mass. *Lethaia*, **28**: 197-209.
- MAUDUIT E. – (2006) Les phosphatières du Quercy : état des lieux et mesures de protection au titre de l'archéologie in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) **13**, 51-57.
- MAYR G. & MOURER-CHAUVIRÉ C. (2000). Rollers (Aves: Coraciiformes s. s.) from the Middle Eocene of Messel (Germany) and the Upper Eocene of the Quercy (France). *Journal of Vertebrate Paleontology*, **20** (3): 533-546.
- MAYR G. & MOURER-CHAUVIRÉ C. (2004) – Unusual tarsometatarsus of a mousebird from the Paleogene of France and the relationships of *Selmes* Peters, 1999. *Journal of Vertebrate Paleontology*, Lincoln, vol. **24**, n° 2, 366-372.
- MAYR G., MOURER-CHAUVIRÉ C. & WEIDIG I. (2004) - Osteology and systematic position of the Eocene Primobucconidae (Aves, Coraciiformes sensu stricto), with first records from Europe. *Journal of Systematic Palaeontology*, **2** (1), 1-12.
- MAYR G. (2005) The Paleogene fossil record of birds in Europe. *Biological Reviews*, **80**: 515-542.
- MAYR G. & MOURER-CHAUVIRÉ C. (2006). Three-dimensionally preserved cranial remains of *Elaphrocnemus* (Aves, Cariamae) from the Paleogene Quercy fissure fillings in France. *Neues Jahrbuch Monatshefte*, **2006**(1): 15-27.
- MAYR G. & MOURER-CHAUVIRÉ C. – (2006) An unusual avian coracoid from the Paleogene Quercy fissure fillings in France in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) **13**, 129-133.
- MAZIERES B. – (1955) Etudes sur les poches à phosphorites du Quercy *Bull. Soc. Etudes Lot L XXI – 8 – 41 - 74*
- MILLIES-LACROIX M; - (1872) Voyage au pays du phosphate *Recueil Soc. Sci. Belles Lettres et Arts du Tarn-et-Garonne*, pp.159-173
- MILNE-EDWARDS A. (1892). Sur les oiseaux fossiles des dépôts éocènes de phosphate de chaux du Sud de la France. *Comptes Rendus du second Congrès Ornithologique international*, Budapest: 60-80.
- MLIKOVSKY J. (1989). A new swift (Aves: Apodidae) from the late Eocene of France. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, **90**, ser. A: 59-62.
- MLIKOVSKY J. (1989). A new guineafowl (Aves: Phasianidae) from the late Eocene of France. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, **90**, ser. A: 63-66.
- MLIKOVSKY J. (2002). Cenozoic Birds of the World. Part 1: Europe. *Ninox Press*, Praha, 406 pp.
- MODDEN C. (1993) - Zur Systematik der Columbomyinae Thaler, 1966 (Mammalia: Rodentia, Theridomyidae). *Eclogae geologicae Helvetiae*, **86**: 1069-1082.
- MODDEN C. (1993) - Revision der Archaeomyini Schlosser (Rodentia, Mammalia) des europaischen

- Oberoligozain. *Schweizerische paläontologische Abhandlungen*, 115: 1-83.
- MONTUIRE S., MICHAUX J., LEGENDRE S. & AGUILAR J.-P. (1997) – Rodents and climate: 1. A model for estimating past temperatures using arviculids (Mammalia: Rodentia). *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 128, 187-206.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1978). La poche à phosphate de Sainte-Néboule (Lot) et sa faune de Vertébrés du Ludien supérieur. 6. Oiseaux. *Palaeovertebrata*, 8 (2-4): 217-229.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1980). The Archaeotrogonidae from the Eocene and Oligocene deposits of "Phosphorites du Quercy", France. *Contributions in Science, Natural History Museum of Los Angeles County*, 330: 17-31.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1981) - Première indication de la présence de Phorusrhacidés, famille d'oiseaux géants d'Amérique du Sud, dans le Tertiaire européen : *Ameghinornis* nov. gen. (Aves, Ralliformes) des Phosphorites du Quercy, France. *Geobios*, 14, 637-647.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1982). Les oiseaux fossiles des Phosphorites du Quercy (Eocène supérieur à Oligocène supérieur) : Implications paléobiogéographiques. In E. Buffetaut, P. Janvier, J. C. Rage and P. Tassy (Eds.), *Phylogénie et Paléobiogéographie. Livre jubilaire en l'honneur de Robert Hoffstetter. Geobios*, mémoire special n° 6: 413-426.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1983). Les Gruiformes (Aves) des Phosphorites du Quercy (France). 1. Sous ordre Cariamae (Cariamidae et Phorusrhacidae). *Systématique et Biostratigraphie. Palaeovertebrata*, 13 (4): 83-143.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. and CHENEVAL J. (1983). Les Sagittariidae fossiles (Aves, Accipitriformes) de l'Oligocène des Phosphorites du Quercy et du Miocène inférieur de Saint-Gérard-le-Puy. *Geobios*, 16 (4): 443-459.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1985). Les Todidae (Aves, Coraciiformes) des Phosphorites du Quercy (France). *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, Amsterdam, serie B, 88 (4) : 407-411.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1987). Les Strigiformes (Aves) des Phosphorites du Quercy (France) : Systématique, Biostratigraphie et Paléobiogéographie. In C. Mourer-Chauviré (Ed.), *L'évolution des Oiseaux d'après le témoignage des fossiles. Table Ronde internationale du CNRS. Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon*, 99: 89-135.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1988) . Le gisement du Bretou (Phosphorites du Quercy, Tarn-et-Garonne, France) et sa faune de Vertébrés de l'Eocène supérieur. II. Oiseaux. *Palaeontographica*, Abteilung A, 205: 29-50.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1988) . Les Aegialornithidae (Aves: Apodiformes) des Phosphorites du Quercy. Comparaison avec la forme de Messel. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 107: 369-381.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1988) . Les Caprimulgiformes et les Coraciiformes de l'Eocène et de l'Oligocène des Phosphorites du Quercy et description de deux genres nouveaux de Podargidae et Nyctibiidae. *Acta XIX Congressus Internationalis Ornithologici*, University of Ottawa Press, 2: 2047-2055.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1989) - Les Caprimulgiformes et les Coraciiformes de l'Eocène et de l'Oligocène des Phosphorites du Quercy et description de deux genres nouveaux de Podargidae et Nyctibiidae. In Ouellet H. (ed.) : *Acta XIX congressus internationalis ornithologici. University of Ottawa Press*, Ottawa, 2047-2055.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1991). Les Horusornithidae nov. fam. (Aves, Accipitriformes) à articulation intertarsienne hyperflexible de l'Eocène du Quercy. *Geobios*, mémoire spécial n° 13: 183-192.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1991) - Les Horusornithidae nov. fam. (Aves, Accipitriformes) à articulation intertarsienne hyperflexible de l'Eocène du Quercy. *Geobios*, Mém. sp. 13: 183-192.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1992) . Un ganga primitif (Aves, Columbiformes, Pteroclididae) de très grande taille dans le Paléogène des Phosphorites du Quercy (France). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 314, sér. II: 229-235.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1992) . Les Galliformes (Aves) of Phosphorites du Quercy (France) : Systematics and Biostratigraphy. *Science Series, Natural History Museum of Los Angeles County*, 36: 67-95.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1992) . Une nouvelle famille de Perroquets (Aves, Psittaciformes) dans l'Eocène supérieur des Phosphorites du Quercy. *Geobios*, mémoire spécial n° 14: 169-177.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1993). Les Gangas (Aves, Columbiformes, Pteroclididae) du Paléogène et du Miocène inférieur de France. *Palaeovertebrata*, 22 (2-3): 73-98.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1995) . The Messelornithidae (Aves: Gruiformes) from the Paleogene of France. In D. S. Peters (Ed.) *Acta palaeornithologica. Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 181: 95-105.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1995) . Le Garouillas et les sites contemporains (Oligocène, MP 25) des Phosphorites du Quercy (Lot, Tarn-et-Garonne, France) et leurs faunes de Vertébrés. 3. Oiseaux. *Palaeontographica*, Abt A, 236: 33-38.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1995) Dynamics of the Avifauna during the Paleogene and the Early Neogene of France. Settling of the Recent fauna. *Acta zoologica cracoviensia*, 38 (3): 325-342.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1995) - Les Messelornithidae (Aves: Gruiformes) from the Paleogene of France. *Courier Forschungs-Institut Senckenberg*, 181: 95-105.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1996). Paleogene Avian Localities of France. In J. MLIKOVSKY (Ed.): *Tertiary Avian Localities of Europe. Acta Universitatis Carolinae*, Praha, 39 (3-4): 567-598.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (1999) - Les relations entre les avifaunes du Tertiaire inférieur d'Europe et d'Amérique du Sud. *Bull. Soc. Géol. France*, 170, 85-90.

- MOURER-CHAUVIRÉ C. (2002). Revision of the Cathartidae (Aves: Ciconiiformes) from the Middle Eocene to the Upper Oligocene Phosphorites du Quercy, France. In Zhonghe Zhou and Fucheng Zhang (eds.): Proceedings of the 5<sup>th</sup> Symposium of the Society of Avian Paleontology and Evolution, Beijing, 1-4 June 2000. *Science Press*, Beijing, 97-111.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. (2004). [Review of] Jiri Mlíkovský. 2002. Cenozoic Birds of the World. Part 1: Europe. *The Auk*, 121 (2): 623-627.
- MOURER-CHAUVIRÉ C. & SIGÉ B. – (2006) Une nouvelle espèce de *Jungornis* (Aves, Apodiformes) et de nouvelles formes de Coraciiformes sensu stricto dans l'Eocène supérieur du Quercy. in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) 13, 151-159.
- MOURER-CHAUVIRÉ C.- (2006) The avifauna of the Eocene and Oligocene Phosphorites du Quercy (France): An updated list. in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) 13, 135-149.
- MURATET B., CROCHET J.-Y., HARTENBERGER J.-L., SIGÉ B., SUDRE J. & VIANEY-LIAUD M. (1985) – Nouveaux gisements à mammifères de l'Eocène supérieur et leur apport à la chronologie des épisodes sédimentaires et tectoniques à la bordure sud-ouest du Massif central. *Géologie de la France*, 1985 (3), 271–286.
- MURATET B., FEIST M., HARTENBERGER J.-L., SIGÉ B., SUDRE J. & VIANEY-LIAUD M. (1981) – Un gisement fluvio-lacustre à vertébrés et charophytes d'âge éocène terminal à la bordure orientale du Quercy. Implications sur la tectonique tertiaire du Sud-Ouest du Massif Central. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, Sér. 2, **294**, 123-126.
- NEGRE G. (1908) – Contribution à l'étude de la formation des Phosphorites du Midi de la France. *Bull. Soc. géol. France*, (4), t.8, p.490-505.
- PEIGNÉ S. & BONIS L. de (1999) - The genus *Stenoplesictis* FILHOL (Mammalia, Carnivora) from the Oligocene deposits of the Phosphorites of Quercy, France. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 19 (3): 566-575.
- PEIGNÉ S. & BONIS L. de (2003) - Juvenile cranial anatomy of Nimravidae (Mammalia, Carnivora): biological and phylogenetic implications. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 138 (4): 477-493 (17).
- PELISSIE T. – (1985) Géologie et karstification quaternaire du causse de Limogne (Quercy), Lot. *Karstologia* n°5 pp.23-28
- PELISSIE T. & SIGÉ B. – (2006) 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) 13, 1-284.
- PELISSIE T. – (2006) Risques de pollution de l'aquifère karstique par les anciennes décharges sauvages dans les phosphatières du Quercy in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) 13, 59-66.
- PELISSIE T. – (2008) Les phosphatières du Quercy : d'une exploitation minière au laboratoire naturel de l'évolution. Livret guide Journées AFK/AGSO/CFH septembre 2008 Excursions en Quercy
- PELISSIE T. & DURANTHON F. – (2009) L'exploitation des phosphates en Quercy : de la fièvre du phosphate au laboratoire naturel de l'évolution *Géologues* n° 162 pp. 30-33
- PELISSIE T. – (2010) Le paléokarst des phosphorites du Quercy Grottes et karsts de France *Karstologia Mémoires* n°19 pp.74-75
- PERON A. – (1873) Sur quelques points de la géologie du département du Tarn-et-Garonne *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3<sup>ème</sup> série, tIII, pp.85-120
- PIERROT R., PULOU R. & G., LAFORET C., PILLARD F. (1982) Inventaire minéralogique de la France n°10 Lot 46 Tarn-et-garonne 82 Editions du BRGM
- POUMAREDE J.A. (1872) Mémoire sur un nouveau gisement de phosphorite et sur la composition minérale de cette substance minérale *Recueil de l'Académie du Tarn-et-Garonne*, IV, US R23, pp.175-186
- PULOU R. (1980) – Jean-André Poumarède et l'industrie des phosphates du Quercy au XIX<sup>e</sup> siècle. *Mém.Ac.Sci., Inscr. et B.-L. Toulouse*, (16), t.1, p.83-92.
- RAGE J.C. (1974) – Les serpents des Phosphorites du Quercy. *Palaeovertebrata*, Montpellier, vol. 6, fasc. 3-4, 274-303.
- RAGE J.C. & VERGNAUD-GRAZZINI C. (1978) – La poche à phosphates de Ste-Néboule (Lot) et sa faune de vertébrés du Ludien supérieur. 2. Amphibiens. Etude préliminaire. *Palaeovertebrata*, Montpellier, vol. 8, fasc. 2-4, 175-179.
- RAGE J.C. (1981) – Les continents péri-atlantiques au Crétacé supérieur: migrations des faunes continentales et problèmes paléogéographiques. *Cret. Res.*, London, vol. 2, iss. 1, 65-84.
- RAGE J.C. (1984) – Are the Ranidae (Anura, Amphibia) known prior to the Oligocene? *Amph.-Rept.*, Leiden, vol. 5, n° 3-4, 281-288.
- RAGE J.C. (1984) – Serpentes. Handbuch der Paläoherpetologie, Part 11. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, xi + 80p.
- RAGE J.C. (1984) – La 'Grande Coupure' éocène/oligocène et les herpétofaunes (Amphibiens et Reptiles) : problèmes du synchronisme des événements paléogéographiques. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, t. 26, n° 6, 1251-1257.
- RAGE J. C. (1986) - The amphibians and reptiles at the Eocene-Oligocene transition in Western Europe: an outline of the faunal alterations. In POMEROL C. & PREMOLI-SILVA I. (eds.) : Terminal Eocene Events, *Elsevier*, 309-310.

- RAGE J.C. (1988) – Le gisement du Bretou (Phosphorites du Quercy, Tarn-et-Garonne, France) et sa faune de vertébrés de l'Eocène supérieur. I. Amphibiens et Reptiles. *Palaeontographica*, Stuttgart, A, Bd 205, Lfg 1-6, 3-27.
- RAGE J.-C., MOURER-CHAUVIRÉ C., CROCHET J.-Y., SIGÉ B., HARTENBERGER J.-L., GODINOT M., SUDRE J., REMY J.A. & LEGENDRE S. (1988) – Le gisement du Bretou (Phosphorites du Quercy, Tarn-et-Garonne, France) et sa faune de vertébrés de l'Eocène supérieur. *Palaeontographica*, A, **205**, 1-189.
- RAGE J.-C. (1988) - The oldest known colubrid snakes. The state of the art. In Szyndlar Z. (ed.): Festschrift for Marian Mlynarski. *Acta zoologica cracoviensia*, 31: 457-474.
- RAGE J.C. (1999) – Faunes à affinités sud-américaines dans le Paléogène d'Europe: état de la question. Allons-nous vers une nouvelle interprétation? *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, t. 170, n° 6, 951-954.
- RAGE J.C. – (2006) The lower vertebrates from the Eocene and Oligocene of the phosphorites du Quercy (France): an overview in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) 13, 161-173.
- REMY J. A. (1974) - Observations sur des remaniements structuraux post mortem dans des dents de Mammifères fossiles provenant des phosphorites du Quercy. *Palaeovertebrata* (6) 3-4: 163-176, 4 pl.
- REMY J. A. (1978) - Description d'un moulage endocrânien de *Plagiolophus minor* (Palaeotheriidae, Perissodactyla). *Mémoires et Travaux de l'EPHE, Institut de Montpellier*, 5 : 17 p., 2 fig., 1 pl.
- REMY J. A., CROCHET J. Y., SIGÉ B., SUDRE J., De BONIS L., VIANEY-LIAUD M. GODINOT M., HARTENBERGER J. L., LANGE-BADRE B. & COMTE B. (1987).- Biochronologie des phosphorites du Quercy: mise à jour des listes fauniques et nouveaux gisements de mammifères fossiles. *Münch. Geowissen. Abh* (A), vol. 10, 169-188.
- REMY J. A. (1988) - Le gisement du Bretou (Phosphorites du Quercy, Tarn-et-Garonne, France) et sa faune de Vertébrés de l'Eocène supérieur. VIII. Périssodactyles. *Palaeontographica*, Stuttgart, A (205): 155-172, 2 pl., 2 fig., 9 tab.
- REMY J. A. (1995) - Le Garouillas et les sites contemporains (Oligocène, MP 25) des Phosphorites du Quercy (Lot, Tarn-et-Garonne, France) et leurs faunes de Vertébrés. 8. Périssodactyles: Palaeotheriidae. *Palaeontographica*, Stuttgart, A (236): 151-155, 4 fig., 1 pl.
- REMY J. A., AGUILAR J.-P., CROCHET J.-Y., DUFFAUD S., ESCARGUEL G., GODINOT M., MARANDAT B., MICHAUX J., RAGE J.-C., SIGÉ B., SUDRE J. & WIENIN M. (1997) - Les remplissages karstiques polyphasés (Eocène, Oligocène, Pliocène) de Saint-Maximin (phosphorites du Gard) et leur apport à la connaissance des faunes européennes, notamment pour l'Eocène moyen (MP 13). 1- Introduction, Systématique (pars) et Synthèse, In Aguilar J.-P., Legendre S. & Michaux J. (eds.): Actes du Congrès Biochrom' 97, *Mémoires et Travaux de l' E.P.H.E., Institut de Montpellier*, n° 21, 711-728.
- REMY J. A. (2004) - Le genre *Plagiolophus* (Palaeotheriidae, Perissodactyla, Mammalia) : Révision systématique, morphologie et histologie dentaires, anatomie crânienne, essai d'interprétation fonctionnelle. *Palaeovertebrata*, Montpellier : sous presse.
- REMY J. A., CROCHET J.-Y., SIGÉ B., SUDRE J., de BONIS L., VIANEY-LIAUD M., GODINOT M., HARTENBERGER J.-L., LANGE BADRE B. & COMTE B. (1987) - Biochronologie des phosphorites du Quercy: Mise à jour des listes fauniques et nouveaux gisements de mammifères fossiles. *Münchner geowissenschaftliche Abhandlungen, München*, (A) (10): 169-188, 1 fig., 4 tab.
- REMY, J. A. & SUDRE J. (2006) – L'apport des faunes du Quercy dans la connaissance des grands mammifères. in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) 13, 175-187.
- RENAULT Ph., SIMON-COINÇON R. et ASTRUC J. G. (1992) - Problèmes des Causses du Quercy. In " *Karsts et évolutions climatiques*". Presses Univ. de Bordeaux édit., pp. 469-496
- REY-LESCURE (1875) Note sur les phosphatières du Tarn-et-Garonne *Bull. Serv. Carte. Géol. Fr.*,(3), pp.398-418
- ROCEK Z. & LAMAUD P. (1995) – *Thaumastosaurus bottii* de Stefano, 1903, an anuran with Gondwanan affinities from the Eocene of Europe. *J. Vert. Paleont.*, Lawrence, vol. 15, n° 3, 506-515.
- ROCHEBRUNE A.T. DE (1884) – Faune ophiologique des Phosphorites du Quercy. *Mém. Soc. Sci. nat. Saône-et-Loire*, Chalon-sur-Saône, t. 5, 149-164.
- ROSE K.D. (1981) – Composition and species diversity in Paleocene and Eocene mammal assemblages: an empirical study. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **1**, 367-388.
- RUSSEL D.E. & MCKENNA M.C. – (1961) Etude de *Paroxyclaenus*, Mammifère des phosphorites du Quercy. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7<sup>ème</sup> série, tome III, pp.274-282.
- SCHMIDT-KITTLER N. & VIANEY-LIAUD M. (1987) – Morphometric analysis and evolution of the dental pattern of the genus *Issiodoromys* (Theridomyidae, Rodentia) of the European Oligocene as a key to its evolution. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, Prec. B, 90: 281-306.
- SCHMIDT-KITTLER N. (1987) – European Reference Levels and Correlation Tables. In Schmidt-Kittler N. (ed.): International Symposium on Mammalian Biostratigraphy and Paleogeology of the European Paleogene. *Münchner geowissenschaftliche Abhandlungen*, A, vol. 10, 13-31.
- SCHMIDT-KITTLER N., VIANEY-LIAUD M., MÖDDEN C. & COMTE B. (1997) – New data for the correlation of Mammal localities in the European Oligocene: biochronological relevance of the Theridomyidae. Actes du Congrès Biochrom'97 Biochronologie mammalienne du Cénozoïque en Europe et domaines reliés. Aguilar J.-P., Legendre S. & Michaux J., eds, *Mémoires et Travaux de l' Ecole Pratique des Hautes Etudes, Sciences de la Vie et de la Terre*, Montpellier, n°21, 375-395.

- SCHLOSSER M. (1887 à 1890) - . Die Affen, Lemuren, Chiropteren, Insectivoren, Marsupialier, Creodonten und Carnivoren des europäischen Tertiärs und deren Beziehungen zu ihren lebenden und fossilen aus europäischen Verwandten. *Beiträge Palaeontologie Oesterreich-Ungarns und des Oriens (Mojsisovics und Neumayr)*, VI (1887): 1-227; VII (1888): 1-162; VIII (1890): 1-107 [387-492.]
- SIGE B. (1974) - *Pseudorhyncocyon cayluxi* FILHOL, 1892, insectivore géant des Phosphorites du Quercy. *Palaeovertebrata*, 6: 33-46.
- SIGE B. (1974) - Données nouvelles sur le genre *Stehlinia* (Vespertilionoidea, Chiroptera) du Paléogène d'Europe. *Palaeovertebrata*, 6: 253-272.
- SIGE B. (1975) - Insectivores primitifs de l'Eocène supérieur et Oligocène inférieur d'Europe occidentale: apatémidiés et leptictidiés. *Colloque international du C.N.R.S. "Evolution des vertébrés* », 218: 653-673
- SIGÉ, B. (1976) – Insectivores primitifs de l'Eocène supérieur et Oligocène inférieur d'Europe occidentale. Nyctithériidés. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle, Série C, Sciences de la Terre*, 34: 140 pp.
- SIGE B. (1976) - Les insectivores et chiroptères du Paléogène moyen d'Europe dans l'histoire des faunes de mammifères sur ce continent. *Paléobiologie continentale*, 7: 1-25.
- SIGE B. (1978) - La poche à phosphate de Sainte-Néboule (Lot) et sa faune de vertébrés du Ludien supérieur. 8 - Insectivores et chiroptères. *Palaeovertebrata*, 8: 243-268.
- SIGE B., CROCHET J.-Y., HARTENBERGER J.L., REMY J.A., SUDRE J. et VIANEY-LIAUD M. (1979) - Fossilium catalogus, I : Animalia, pars 126, Mammifères du Quercy. *Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hague*, 99 p.
- SIGE B. (1988) - Le gisement du Bretou (Phosphorites du Quercy, Tarn-et-Garonne, France) et sa faune de vertébrés de l'Eocène supérieur. IV. Insectivores et chiroptères. *Palaeontographica*, (A), 205: 69-102.
- SIGE B. (1990) - Nouveaux chiroptères de l'Oligocène moyen des phosphorites du Quercy, France. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, (2), 310: 1131-1137.
- SIGÉ B., AGUILAR J.-P. & MARANDAT B. (1991) - Extension au Miocène inférieur des remplissages phosphatés du Quercy, la faune de vertébrés de Crémat (Lot, France). *Géobios*, n° 24, fasc.4, 497-502.
- SIGE B. & MENU H. (1992) - Un nouveau chiroptère vespertilionoïde de l'Oligocène d'Europe. *Palaeovertebrata*, 22: 45-48.
- SIGE B. (1993) - Toward a phylogeny of bats. *Fourth Congress of the European Society for Evolutionary Biology, Montpellier (France), August 22-28, 1993*: 418. [Résumé].
- SIGÉ, B. (1995) – Le Garouillas et les sites contemporains (Oligocène, MP 25) des phosphorites du Quercy (Lot, Tarn-et-Garonne, France) et leurs faunes de vertébrés. 5. Chiroptères. *Palaeontographica* Abt. A, Stuttgart, Bd. 236, 74-124.
- SIGÉ B., AGUILAR J.-P., ASTRUC J.G., MARANDAT B., RIVELINE J. & VILLATTE J. (1995) – Sur l'âge mammalogique (MP 30; Chattien terminal, Oligocène supérieur) du « calcaire à *Helix ramondi* » de La Salle (Causse du Sud Quercy, Sud-Ouest de la France). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, Mh., 1995 (11), 697–710.
- SIGÉ, B. (1997) – Les Mammifères insectivores des nouvelles collections de Sosis et sites associés (Eocène supérieur, Espagne). *Geobios*, Lyon, vol. 30 (1) : 91-113.
- SIGÉ, B. (1997) – Les remplissages karstiques polyphasés (Eocène, Oligocène, Pliocène) de Saint-Maximin (phosphorites du Gard) et leur apport à la connaissance des faunes européennes, notamment pour l'Eocène moyen (MP 13). 3. Systématique : Euthériens entomophages. Actes du Congrès BiochroM'97, J.-P. Aguilar, S. Legendre & J. Michaux (Eds.), *Mém. Trav. E.P.H.E., Inst. Montpellier*, vol. 21 : 737-750.
- SIGE B., CROCHET J.-Y., SUDRE J., AGUILAR J.-P. & ESCARGUEL G. (1997) - Nouveaux sites d'âges variés dans les remplissages karstiques du Miocène inférieur de Bouzigues (Hérault, Sud de la France). Part I: sites et faunes (insectivores, chiroptères, artiodactyles). In P.R. Racheboeuf & M. Gayet (eds), *Actualités paléontologiques en l'honneur de Claude Babin*. *Geobios*, Mém. sp. 20: 467-473.
- SIGÉ, B., HUGUENEY, M., CROCHET, J.-Y., LEGENDRE, S., MOURER-CHAUVIRÉ, C., RAGE, J.-C., & SIMON-COINÇON, R., (1998). Baraval, nouvelle faune de l'Oligocène inférieur (MP 22) des phosphorites du Quercy. Apport à la signification chronologique des remplissages karstiques. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, vol. 134 : 85-90.
- SIGÉ, B. & LEGENDRE, S. (1997) – Un outil de la stratigraphie du Tertiaire continental : l'échelle de niveaux-repères de mammifères. Principes et spécificité; intérêt relié des faunes karstiques. In Aguilar J.-P., Legendre S. & Michaux J. (eds), *Actes du congrès BiochroM'97, Mémoires et Travaux de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes*, Institut de Montpellier, 21 : 47-54.
- SIGÉ, B. & CROCHET, J.-Y. (2006) – Marsupiaux, insectivores s.l., chiroptères, créodontes et carnivores paléogènes d'Europe décrits ou révisés d'après les nouvelles collections du Quercy (SW France). in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) 13, 189-205.
- SIGÉ, B. & HUGUENEY M. (2006) – Les micromammifères des gisements à phosphate du Quercy (SW France) in 30 millions d'années de biodiversité dynamique dans le paléokarst du Quercy. Journées Bernard Gèze. *Strata* (sér. 1) 13, 207-226.
- SIGÉ, B. – (2011) A late oligocene nycterid bat from a Quercy paleokarstic filling, SW France Poster Colloque Messel
- SIMON-COINÇON R., ASTRUC J. G. (1990) - Aplanissements et paléotopographies du sud-ouest du Massif Central : genèse et marqueurs. *La Terre et les Hommes, Publ. Fac. Lett. Sci. hum.*, Univ. Clermont-Ferrand, Fasc. 32, p. 45-62.

- SIMON-COINÇON R., ASTRUC J. G. (1991) - Les pièges karstiques en Quercy : rôle et signification dans l'évolution des paysages. *Bull. Soc. géol. France*, t.162, n°3, pp. 595-605.
- SIMON-COINÇON R., ASTRUC J. G. (1992) - Karstic sedimentary traps in Quercy (Southern France) : a key for paleogeographic reconstructions. *Mineralogical and geochemical records of paleoweathering*, Schmitt & Gall (eds) ENSMP Mém. Sc. de la Terre, 18, 85-95
- SIMON-COINÇON R., THIRY M., SCHMITT J.M., LEGENDRE S & ASTRUC J. G. (1995) - From inland paleosurfaces towards sedimentary basins: the example of southwestern French Massif Central IAS - 16<sup>th</sup> Regional Meeting of Sedimentology - 5<sup>ème</sup> Congrès français de Sédimentologie ASF Field Trip Guide Book, publication ASF n°23, Paris, 254 p.
- STEHLIN H. G. (1903 à 1916) - Die Säugetiere des schweizerischen Eocaens. Critisher Catalog der Materialien. *Abhandlungen der schweizerischen paläontologischen Gesellschaft*, Zurich, 1er Teil, 30 (1903) : VI + 153, 5 fig., pl. 1-3; 2er Teil, 31 (1904) : 154-445, 25 fig., pl. 4-9; 3er Teil, 32 (1905): 447-595, 34 fig., pl. 10-11; 4er Teil, 33 (1906): 597-690, 34 fig., pl. 12; 5er Teil, 35 (1908): 691-837, 36 fig., pl.13, 14; 6er Teil, 36 (1910): 839-1164, 110 fig., pl. 15-20; 7er Teil I, 38 (1912): 1165-1298, 46 fig.; 7er Teil II, 41 (1916): 1297-1552, fig. 290-371, pl. 21-22.
- STEHLIN H. G. (1909) - Remarques sur les faunules de Mammifères des couches éocènes et oligocènes du Bassin de Paris. *Bulletin de la Société géologique de France*, 4 (9): 488-520.
- SUDRE J. (1969) - Les gisements de Robiac et leurs faunes de mammifères. *Palaeovertebrata*, Montpellier, 2 (3) : 95-156, 21 fig.
- SUDRE J. (1974) - D'importants restes de *Diplobune minor* à Itardies (Quercy) *Palaeovertebrata*, Montpellier, 6 (1) : 47-54, 3 fig.
- SUDRE J. (1977) - L'évolution du genre *Robiacina* SUDRE 1969, et l'origine des Cainotheriidae. *Geobios*, Mém. sp. 1: 213-231.
- SUDRE J. (1978) - Les artiodactyles de l'Éocène moyen et supérieur d'Europe occidentale; Systématique et Évolution. *Mémoires et Travaux de l'École Pratique des Hautes Études*, Institut de Montpellier 7: 1-229.
- SUDRE J. (1983) - Interprétation de la denture et description des éléments du squelette appendiculaire de l'espèce *Diplobune minor* (FILHOL, 1877); apports à la connaissance de l'anatomie des Anoplotheriines BONAPARTE, 1850. *Actes du Symposium Paléontologique G. Cuvier*, Montbéliard.
- SUDRE J. (1984) - *Cryptomeryx* SCHLOSSER 1886 Tragulidé de l'Oligocène d'Europe; relations du genre et considérations sur l'origine des ruminants. *Palaeovertebrata*, Montpellier, 14 (1): 1-31.
- SUDRE J. (1986) - Le genre *Bachitherium* FILHOL (Mammalia, Artiodactyla), diversité spécifique, extension chronologique, phylogénie ; *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris (2), 303 (8): 749-752.
- SUDRE J. (1988) - Le gisement du Bretou (Phosphorites du Quercy, Tarn et Garonne, France) et sa faune de Vertébrés de l'Éocène supérieur ; VII, Artiodactyles. *Palaeontographica*, Stuttgart, A (2058): 129-154.
- SUDRE J. & LEGENDRE S. - (1989) Evolution rate, co-evolution and climatic changes : example based on Cainotheriidae (Artiodactyla) from the Paleogene of Quercy in France Fifth International Theriological Congress [résumé]
- SUDRE J., SIGE B., REMY J.A., MARANDAT B., HARTENBERGER J.-L., GODINOT M. & CROCHET J.-Y. (1990) - Une faune du niveau d'Egerkingen (MP 14; Bartonien inférieur) dans les phosphorites du Quercy (Sud de la France). *Palaeovertebrata*, 20, 1: 1-32.
- SUDRE J. & LEGENDRE S. - (1991) Ungulates from Paleogene of Western Europe : relationships between their evolution and environmental changes during that period. "Ongulés/Ungulates 91" Proceeding of the International Symposium Toulouse SFEPM - IRGM pp.15-25
- SUDRE J., BONIS L. DE, BRUNET M., CROCHET J.-Y., DURANTHON F., GODINOT M., HARTENBERGER J.-L., JEHENNE Y., LEGENDRE S., MARANDAT B., REMY J.A., RINGEADE M., SIGE B. & VIANEY-LIAUD M. (1992) - La biochronologie mammalienne du Paléogène au Nord et au Sud des Pyrénées; état de la question. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, (2), 314: 631-636.
- SUDRE J. & LEGENDRE S. (1992) - Ungulates from Paleogene of Western Europe: relationships between their evolution and environmental changes during that period. *In* SPZTZ F., JANE-U G., GONZALEZ G. & AULAGNIER S. (eds.): *Ongulés/Ungulates 91*. S.F.E.P.M.-I.R.G.M., Paris, Toulouse: 15-25.
- SUDRE J. (1995) - Le Garouillas et les sites contemporains (Oligocène, MP 25) des phosphorites du Quercy (Lot, Tarn et Garonne, France) et leurs faunes de Vertébrés. 12, les Artiodactyles. *Palaeontographica*, Stuttgart, A 36: 205-256.
- SUDRE J. & BLONDEL C. (1995) - Le tarse des Amphimerycidae; Paraphylie des Ruminantia. *Journées spécialisées de la Société géologique de France, de la Société Française d'Écologie et de la Société Française de Limnologie*, Paris.
- SUDRE J. & BLONDEL C. (1996) - Sur la présence de petits gelocidés dans l'Oligocène inférieur du Quercy (France) ; considérations sur les genres *Pseudogelocus* SCHLOSSER 1902 *Paragelocus* SCHLOSSER 1902, et *Iberomeryx* GABUNIA 1964; *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, 3: 169-182.
- SUDRE J., SIGÉ B., REMY J. A., MARANDAT B., HARTENBERGER J.-L., GODINOT M. & CROCHET J.-Y. (1990) - Une faune du niveau d'Egerkingen (MP 14, Bartonien inférieur) dans les phosphorites du Quercy. *Palaeovertebrata*, Montpellier, 20 (1): 1-32.
- SULLIVAN R.M. & AUGÉ M. (2006) - Redescription of the holotype of *Placosaurus rugosus* Gervais 1848-1852 (Squamata, Anguillidae, Glyptosaurinae) from the Eocene of France and a revision of the genus. *J. Vert. Paleont.*, Lawrence, vol. 26, n° 1, 127-132.

- SZYNDLAR Z. & RAGE J.C. (2003) – Non-erycine Booidea from the Oligocene and Miocene of Europe. *Inst. Syst. Evol. Animals*, Kraków, 109p.
- TASSY P. (1995) - La protection du patrimoine paléontologique (suite). *Journal de l'APF*, 31: 7-8.
- THALER L. (1983) – Image paléontologique et contenu biologique des lignées évolutives. Colloque C.N.R.S. n° 330 "Modalités, rythmes et mécanismes de l'évolution biologique", 327-335.
- TEILHARD de CHARDIN P. (1915) - Les carnassiers des phosphorites du Quercy. *Annales de Paléontologie (Vertébrés)*, IX : 103-191, 13 figs., pls. XII-XX, 8 tabs.
- TEILHARD de CHARDIN P. (1922) – Mammifères de l'Eocène supérieur français Thèse Doct. Etat Univ. Sorbonne Paris
- THEVENIN A. (1903) – Etude géologique de la bordure Sud-Ouest du Massif Central. *Bull.Serv.Carte géol. France*, t.14, n°95, p.353-554.
- TRUTAT E. (1871) – Sur les gisements de chaux phosphatée des cantons de Saint-Antonin et de Caylus (Tarn-et-Garonne). *C.R.Ac.Sci.*, Paris, t.73, p.1363-1366.
- TRUTAT E. (1872) – Remarques sur les gisements de chaux phosphatée des cantons de Saint-Antonin et de Caylus (Tarn-et-Garonne). *Bull.Soc.Hist.nat.Toulouse*, 6<sup>e</sup> s., t.VI, p.72-73.
- TRUTAT E. (1872) – Deuxième note sur les dépôts phosphatés du Quercy (Lettre à M.Paul Gervais, professeur au Muséum). *Bull.Soc.Hist.nat.Toulouse*, 6<sup>e</sup> s., t.VI, p.83-86.
- VASSEUR G. (1891) – Contribution à l'étude des terrains tertiaires du Sud-Ouest de la France. *Bull.Serv.Carte géol.France*, t.II, n°19, p.351-366.
- VIANEY-LIAUD M. – (1969) Rongeurs de l'Oligocène moyen provenant de nouvelles fouilles dans les phosphorites du Quercy. *Palaovertebrata*, Montpellier, vol.2, pp.209-239, 16 fig.
- VIANEY-LIAUD M. (1972) - Un cas de parallélisme intragénérique: l'évolution du genre *Theridomys* (Rodentia, Theridomyidae) à l'Oligocène moyen. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 274: 1007-1010.
- VIANEY-LIAUD M. (1972) - Contribution à l'étude des cricétidés oligocènes d'Europe occidentale. *Palaovertebrata*, 5: 1-44
- VIANEY-LIAUD, M. (1972) – L'évolution du genre *Theridomys* à l'Oligocène moyen. Intérêt biostratigraphique. *Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle. Sciences de la Terre, 3ème série* 98 (18): 296-370.
- VIANEY-LIAUD M. (1974) - *Palaosciurus goti* nov. sp., écureuil terrestre de l'Oligocène moyen du Quercy. Données nouvelles sur l'apparition des sciuridés en Europe. *Annales de Paléontologie (Vertébrés)*, 60:103-122.
- VIANEY-LIAUD M. (1974) - Les rongeurs de l'Oligocène inférieur d'Escamps. *Palaovertebrata*, 6: 197-241.
- VIANEY-LIAUD M. 1976 Les Issidoromyinae (Rodentia, Theridomyidae) de l'Eocène supérieur à l'Oligocène supérieur en Europe occidentale. *Palaovertebrata*, 7: 1-115.
- VIANEY-LIAUD M. (1977) - Nouveaux Theridomyinae du Paléogène d'Europe occidentale. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, (D)*, 284: 1277- 1280.
- VIANEY-LIAUD M. (1979) - L'évolution des rongeurs l'Oligocène en Europe occidentale. *Palaeontographica*, (A), 166: 136-236.
- VIANEY-LIAUD M. & HARTENBERGER.J.L. – (1983) Modalités évolutives des Rongeurs du Paléogène d'Europe occidentale. *Colloque inter. CNRS n° 330. Modalités, Rythmes et Mécanismes de l'Evolution biologique*, 225-237
- VIANEY-LIAUD M. (1985) - Nouvelle quantification de l'hypsodontie chez les Theridomyidae: l'exemple de *Theridomys ludensis* nov. sp. *Palaovertebrata*, 15:159-172.
- VIANEY-LIAUD M. & LEGENDRE S. (1986) - Les faunes des phosphorites du Quercy: principes méthodologiques en paléontologie des mammifères; homogénéité chronologique des gisements de mammifères fossiles. *Eclogae geologicae Helvetiae*, 79: 917-944.
- VIANEY-LIAUD M. (1989) - Parallelism among Gliridae (Rodentia): the genus *Gliravus*, Stehlin & Schaub. *Historical Biology*, 2: 213-226.
- VIANEY-LIAUD M. (1989) Parallélisme chez les Theridomyinae (Rodentia) de l'Oligocène: étude de deux nouvelles espèces des genres *Theridomys* et *Blainvillimys*. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, Abh., 178: 203-241
- VIANEY-LIAUD M. (1991) - Les rongeurs de l'Eocène terminal et de l'Oligocène d'Europe comme indicateurs de l'environnement. *Palaeogeol., Palaoclimat., Palaeoeco.*, vol. 85, 15-28.
- VIANEY-LIAUD M. (1991) - Un Theridomyidae (Mammalia, Rodentia) très hypsodonte dans l'Eocène supérieur (MP 16) du Quercy. Nouvel apport à l'évolution biogéographique des Theridomyoidea. *Geobios*, M.S. 13: 79-88.
- VIANEY-LIAUD M. & RINGEADE M. (1993) - La radiation des Theridomyidae (Rodentia) hypsodontes à l'Eocène supérieur. *Geobios*, 26: 455-495.
- VIANEY-LIAUD, M. (1994) – La radiation des Gliridae (Rodentia) à l'Eocène supérieur en Europe occidentale et sa descendance oligocène. *Münchner Geowissenschaft Abhandlungen A*, 26 : 117-160.
- VIANEY-LIAUD M., COMTE B. & LEVEQUE F. (1995) – Le Garouillas et les sites contemporains (Oligocene, MP 25) des Phosphorites du Quercy (Lot, Tarn-et-Garonne, France) et leurs faunes de vertébrés. 13. Rongeurs. *Palaontographica*, ser. A, Stuttgart , vol. 236(1-6), 257-326.
- VIANEY-LIAUD, M. (1998) – La radiation des Theridomyinae (Rodentia) à l'Oligocène inférieur : modalités et implications biochronologiques. *Geologica et Palaeontologica*, Marburg, 32 : 253-285.

- VIANEY-LIAUD, M. (2003) – Gliridae (Mammalia, Rodentia) de l'Oligocène européen : origine de trois genres miocènes. *Coloquios de Paleontologia*, Madrid, vol. extr. 1 : 669-698.
- VIANEY-LIAUD M. (2003) – Gliridae (Mammalia, Rodentia) de l'Oligocène européen : origine de trois genres miocènes. *In* López-Martínez N., Peláez-Campomanes P. & Henández Fernández M. (Eds.) : En torno a fósiles de mamíferos : datación evolución y paleoambiente, En honor al Dr. Remmert Daams. *Coloquios de Paleontología*, Vol. Ext. 1, 669-698.
- VIANEY-LIAUD M. & SCHMID B. – (2009) Diversité, datation et paléoenvironnement de la faune de mammifères oligocènes de Cavalé (Quercy, SO France): contribution de l'analyse morphométrique des Theridomyinae (Mammalia, Rodentia). *Geodiversitas* 31 (4) pp. 909-941

## COMMUNICATIONS DANS DES CONGRES :

- AUGE M. – (2005) Distribution des tailles chez les lézards du Paléogène des Phosphorites du Quercy Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- ASTRUC J.G. – (2005) Histoire géologique de la grotte de Pech Merle Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- BRUXELLES L., COLONGE D. & SALGUES T. – (2005) Morphologie et remplissage des dolines du Causse de Martel d'après les observations réalisées dans le cadre du diagnostic archéologique de l'aérodrome de Brive – Souillac (Lot et Dordogne). Poster Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- BUFFETAUD E. – (2005) La «ruée vers les phosphates» du XIXe siècle : une aubaine pour la paléontologie des vertébrés Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- CLAUDE J. & TONG H. – (2005) Tortues fossiles du Quercy : Quoi de neuf ces 25 dernières années ? Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- CROCHET J.Y. & CABROL P. (2005) Les phosphatières du Quercy : état des lieux et mesures de protection, aspect paléontologique Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- CROCHET J.Y., AGUILAR J.P., ASTRUC J.G., BOULBES N., ESCARGUEL G., MICHAUX J., MONTUIRE S., PELISSIE T., SIMON-COICON R. & SIGE B. – (2005) Reprises plio-pléistocènes du paléokarst quercinois. Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- DURAND-DELGA M. – (2005) *Bernard Gèze (1913-1996), rénovateur de l'étude des phosphorites du Quercy*** Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- DURANTHON F. & RIPOLL F. – (2005) Documents photographiques inédits sur l'exploitation historique des phosphatières du Quercy Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- ESCARGUEL G. – (2005) Quercy et biochronologie mammalienne. Etat des lieux et perspectives Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- ESCARGUEL G. & LEGENDRE S. – (2005) Macro-écologie des Mammifères paléogènes du Quercy : État des lieux & Perspectives Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- FOLIE A. – (2005) Du Bassin de Mons au Quercy : L'évolution des Scincoidea en Europe Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- FRANCESCHI de D., LE GALL C., ESCARGUEL G., HUGUENEY M., LEGENDRE S., SIMON-COICON R. ;? PELISSIE T. & SIGE B. – (2005) Une paleoflore des phosphatières karstiques du Quercy (Sud-Ouest France) : première découverte, résultats et perspectives Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- GODINOT M. – (2005) Sur les *Pseudoloris* du Quercy Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- LANGE-BADRE B. – (2005) Les Carnivores d'Aubrelong 1 : données nouvelles sur leur squelette postcrânien et leur locomotion. Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- LEGENDRE S. – (2005) Phosphorites du Quercy et communautés de mammifères paléogènes Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- MAITRE E. – (2005) L'apport des faunes du Quercy à la connaissance des amphilémuridés (Mammalia, Lipotyphla) Poster Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- MAITRE E., HUGUENEY M., ASTRUC J.-G., CROCHET J.-Y., ESCARGUEL G., FEIST M., GODINOT M., MARANDAT B., MOURER-CHAUVIRÉ C., RAGE J.-C., REMY J.-A., SIMON-COINÇON R., SUDRE J. & SIGÉ B. (2005) - Huit nouvelles faunes éocènes et oligocènes des phosphorites du Quercy. Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- MAUDUIT E. – (2005) Les phosphatières du Quercy : état des lieux et mesures de protection au titre de l'archéologie Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- MAYR G. & MOURER-CHAUVIRÉ C. – (2005) An unusual avian coracoid from the Paleogene Quercy fissure fillings Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- MOURER-CHAUVIRÉ C.- (2005) The avifauna of the Eocene and Oligocene Phosphorites du Quercy (France): An updated list Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- MOURER-CHAUVIRE C & SIGE B. – (2005) Une nouvelle espèce de *Jungornis* (Aves, Apodiformes) et de nouvelles formes de Coraciiformes sensu stricto dans l'Éocène supérieur du Quercy Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- PELISSIE T. – (2005) Décharges sauvages et phosphatières : une menace sur les ressources aquifères des Causses du Quercy Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy

- RAGE J.C. – (2005) Les vertébrés inférieurs des phosphorites : un bilan chiffré. Poster Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- RAGE J.C. – (2005) Les vertébrés inférieurs des phosphorites : aperçu général. Poster Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- RAGE J.C. & ROCEK Z. – (2005) *Thaumastosaurus bottii*, amphibien anoure des phosphorites. Des anciennes collections aux nouvelles récoltes Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- REMY J. & SUDRE J. – (2005) L'apport des faunes du Quercy dans la connaissance des grands mammifères Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- SIGE B. – (2005) Les Micromammifères des gisements phosphatés du Quercy Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- SIGE B. & CROCHET J.Y. – (2005) Espèces, genres et familles de mammifères paléogènes d'Europe définis ou redéfinis d'après les nouvelles collections du Quercy (SW France) pour les marsupiaux, « insectivores » s., chiroptères, créodontes et carnivores p.p. Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- SIMON-COINCON R. – (2005) Remplissage karstiques et paléoaaltérations Exemple du Quercy et des Grands Causses Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- SIMON-COINCON R. – (2005) Apports des datations des paléoaaltérations dans la karstogenèse. Discussion - Exemple du Quercy et des Grands Causses Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- SMITH R. – (2005) Le genre *Euronyctia* (Nyctitheriidae, Mammalia) en Europe occidentale Poster Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy
- VIANEY-LIAUD M. – (2005) Les lignées évolutives : Apports des gisements du Quercy au développement de la méthode, un bilan largement positif Journées Bernard Gèze Lalbenque et Limogne-en-Quercy

### ORGANISATION DE CONGRÈS :

- PELLISSIE T. & SIGE B. – (2005) Journées Bernard Gèze : 40 ans de recherches dans les phosphatières du Quercy, Lalbenque et Limogne-en-Quercy 1, 2 & 3 octobre 2005

### MEMOIRES DE MAITRISE ET DE MASTER :

- AYMARD K. (1996) - L'exploitation industrielle des phosphates dans le Quercy aux XIXe – XXe siècles. – Mémoire de maîtrise, Université de Toulouse Le-Mirail.
- DIOGO J.M. – (2009) Les phosphatières du Quercy. Une approche environnementale en corrélation à l'histoire des lieux : perspective de valorisation Mémoire Master 1 Univ. Toulouse II Le Mirail
- SAVIGNAC O. (2000) La valorisation d'un site à interprétations multiples en milieu rural *Mémoire de fin d'études* IUT Périgueux Bordeaux IV Département Carrières sociales Développement touristique.
- VIROL F. (1982) - Recherches sur les karsts et les formations superficielles du Quercy (causses de Gramat, Limogne, Saint-Chels). *Mémoire de Maîtrise* 4ème année, Univ. de Paris I.

### MEMOIRE DE DIPLOME D'ÉTUDES APPROFONDIES (DEA) :

- BLONDEL C. (1993) - Évolution et relations des ruminants oligocènes des phosphorites du Quercy. Précisions à propos des genres *Prodremotherium* FILHOL, 1877 et *Dremotherium* GEOFFROY, 1833. *Diplôme d'études approfondies*, Université de Montpellier II ( non publié).
- LE GALL C. (2001). *Évaluation de la durée de dépôt d'un remplissage paléokarstique : le cas de Baraval (phosphorite du Quercy)* Mém. DEA, Ecole Doctorale E2M2, Université Claude Bernard – Lyon 1. 51 p.

### THESES :

- AUGE M. (1986) - Les lacertiliens (Reptilia, Squamata) de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène européens. Thèse 3<sup>o</sup> Cycle, Univ. Paris VI: 218 p. [Non publiée].
- BILLAUD. Y (1982) – Les paragéneses phosphates d paléokarst des phosphorites du Quercy. Thèse de doctorat 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Lyon.
- CIROT E. (1992) – Etude phylogénétique de quelques genres d'Arctoïdea de l'Oligocène eurasiatique. Comparaison des données morphologiques et moléculaires. *Thèse Doct. Univ. Poitiers* n°496, 2 vol.
- CLOZIER R. (1940) – Les Causses du Quercy. Paris, *Baillière*, 183 p.
- CROCHET J.Y. (1980). *Les marsupiaux du Tertiaire d'Europe* Thèse Univ. Montpellier 2, Ed. Fondation Singer-Polignac, Paris. 279 p.
- GODINOT M. (1983) - Contribution à l'étude des primates paléogènes d'Europe - Systématique, locomotion. Thèse d'Etat, Univ. Montpellier: 249 p. [Non publiée].
- LANGE BADRÉ B. (1977) - Les Créodontes des Phosphorites du Quercy. Doctorat d'État, Paris: 1-332, 31 pl.
- LAUDET F. (2000) Caractérisation taphonomique des gisements karstiques à petits vertébrés fossiles des phosphorites du Quercy (SW France) Thèse Univ. Montpellier 219p.
- LEGENDRE S. (1983) – Approche paléontologique des représentants du groupe *Tadarida* (Mammalia, Chiroptera, Molossidae). Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Université Montpellier 2.

- MAITRE, E. (2008) Les chiroptères paléokarstiques d'Europe occidentale, de l'Eocène moyen à l'Oligocène inférieur, d'après les nouveaux matériaux du Quercy (SW France) : systématique, phylogénie, paléobiologie. Thèse, Univ. Lyon 229 p.
- MURATET B. (1983) – Géodynamique du Paléogène continental en Quercy-Rouergue (Analyse de la sédimentation polycyclique des bassins d'Asprières [Aveyron], Maurs [Cantal] et Varen[Tarn-et-Garonne]). Thèse 3<sup>ème</sup> cycle *Trav.Lab.Géol.Médit., Un.Toulouse-III*, 138 p.
- RAGE J.-C. (1976) - Paléontologie, phylogénie et paléobiogéographie des serpents. Thèse d'Etat, Univ. Paris VI: 244 p. [Non publiée].
- THEVENIN A. (1903) – Etude géologique de la bordure Sud-Ouest du Massif Central. Thèse Paris
- VIROL F. (1987) - Le contact Massif Central Bassin aquitain au niveau du Lot moyen et du Célé : enseignements fournis par les formations superficielles d'âge secondaire et tertiaire en matière d'évolution géomorphologique. *Thèse de Doctorat*. Univ. de Paris I, lab. géogr. phys.

#### ARTICLES TOUS PUBLICS :

- AA - (1980) La poche à phosphate de Sainte Néboule et sa faune fossile *Quercy Recherche* n°33 pp.29-31
- BERARD F., MACHUT S. & PELISSIE T. - (2006) Voyage au cœur des phosphatières ISBN 978-2-9536427-0-4
- CAMIADÉ M. (1994) Le filon des phosphatières *Dire Lot* n°45 pp.34-37
- CROCHET J.-Y. (2000) Pièges à fossiles, les poches à phosphate du Quercy *BT n°1116* pp. 1-33
- GÈZE, B. (1938) - Les gouffres à phosphate du Quercy ; histoire de leur exploitation. *La Nature*, Paris, n°3017, p.42-45.
- HARTENBERGER. J.L. – (1983) La Grande Coupure. *Pour la Science*, n° 67, 26-38
- MOURER-CHAUVIRE C., LEGENDRE S., MARANDAT B. & SIGE B. (1999) Le Quercy tropical *Pour la Science* n°262 pp. 60-69
- PELISSIE T. (1999) - Les phosphatières du Quercy, *Spelunca*, N° 73, avril 1999, p 23-38
- PELISSIE T. (2004) – Les phosphatières du Quercy : d'une histoire humaine à l'histoire de la vie *Annales des Rencontres Archéologiques de Saint Céré*, n°11, pp.3-14
- PELISSIE T. – (2006) Les phosphatières du Quercy *Bull. Co. Sc. et de Prospective du Parc naturel régional des Causses du Quercy Regard sur le Parc* n°3
- SOURZAT P. (2004) Pièges à faune tropicale sur le causse de Limogne *Dire Lot* n°117 pp.32-35
- TAISNE J. – (1997) Les phosphatières du Quercy *Grottes et gouffres* n°146 Speleo Club de Paris pp.26-29
- VIANEY-LIAUD M. – (1980) La paléontologie du Quercy : les phosphorites *Quercy Recherche* n°34 pp. 24-42

#### CONFERENCES :

- ESCARGUEL G. – (2010) « La biodiversité n'est pas un long fleuve tranquille » Coup de calcaire , Bach, Juillet 2010
- PELISSIE T. – (2004) « Les phosphatières du Quercy : un laboratoire naturel de l'évolution », AG APBG Midi-Pyrénées, Toulouse, Janvier 2004
- PELISSIE T. – (2005) « Les phosphatières du Quercy : de l'exploitation minière à l'aventure paléontologique » Journées Bernard Gèze, Lalbenque, octobre 2005
- PELISSIE T. – (2008) « Pièges à fossiles : les phosphatières du Quercy » Fête de la Science, Exposition Geol'ot, Cahors, Novembre 2008
- PELISSIE T. – (2009) « Les phosphatières du Quercy : un laboratoire de l'évolution » Année Darwin, Festival Nature, Espinas, Octobre 2009
- PELISSIE T. – (2010) « Le paléokarst quercynois : 50 millions d'années d'enregistrements paléontologiques » 44<sup>ème</sup> congrès national de spéléologie et canyon, FFS, Sault, Mai 2010

#### EXPOSITIONS

- BERARD F., BOUSQUET-LAGARRIGUE C. & PELISSIE T. – (2005) 40 ans de recherches paléontologiques dans les phosphatières du Quercy Exposition installée sur le site du Cloup d'Aural à Bach
- BERARD F., BOUSQUET-LAGARRIGUE C., MARC B., MACHUT S. – (2008) La flore du causse et des phosphatières Exposition installée sur le site du Cloup d'Aural à Bach, support pour les Journées Nature Midi-Pyrénées, éditée sous forme de livret en 2011.

#### RAPPORTS D'ACTIVITES ET LIVRETS-GUIDES DE CONGRES :

- BRUXELLES L., MARCHET P. & TARRISSE A – (2008) Livret guide Journées AFK / AGSO / CFH 11-12-13 et 14 septembre 2008 (258p)
- Comité Spéléologique Régional Midi-Pyrénées – (2007) Phosphatière de Coulou, commune de Bach, département du Lot. Dépollution du site 22 et 23 septembre 2007
- Comité Spéléologique Régional Midi-Pyrénées – (2009) Phosphatière du Mas de Dégot, commune de Bach, département du Lot. Compte-rendu de la dépollution du site 28 et 29 mars 2009

- CROCHET J.Y. & MARANDAT B. – (1992) Le site paléontologique de Lavergne (Commune de Concots, Lot)  
Rapport relatif à la demande d'agrément comme Réserve Naturelle Volontaire de ce site, 12p., 5 annexes
- DUFFAUD S., CROCHET J-Y. (1995) - Approche ethno-archéologique des phosphatières du Lot et du Tarn-et-Garonne, rapport remis au Service Régional de l'Archéologie de Midi-Pyrénées.
- PELISSIE T. & SIGE B. – (2007) Compte-rendu des recherches prospectives dans les phosphatières du Quercy du 22 au 28 août 2007
- PELISSIE T. & SIGE B. – (2008) Compte-rendu des recherches prospectives dans les phosphatières du Quercy du 21 au 29 août 2008
- PELISSIE T. & SIGE B. – (2009) Compte-rendu des recherches prospectives dans les phosphatières du Quercy du 20 au 28 août 2009
- PELISSIE T. & SIGE B. – (2010) Compte-rendu des recherches prospectives dans les phosphatières du Quercy du 22 au 30 juillet 2010
- PELISSIE T. – (2011) Compte-rendu des recherches prospectives dans les phosphatières du Quercy du 21 au 29 juillet 2011
- ROUZAUD F. (1997) - Dossier de présentation de la phosphatière du Cloup d'Aural à Bach (Lot) pour la Commission Régionale du Patrimoine Historique, Archéologique et Ethnologique (archives du Service Régional de l'Archéologie de Midi-Pyrénées).
- VALETTE P. & PELISSIE T. – (1996) Bach, le Cloup d'Aural Bilan scientifique 1996 D.R.A.C Midi-Pyrénées Serv. Rég. Archéologie, pp.121-122

### **INTERVENTIONS PEDAGOGIQUES :**

En 10 ans d'activités, le site du Cloup d'Aural a accueilli près de 18000 élèves représentant 750 groupes scolaires, depuis le niveau maternelle jusqu'au master 2, avec une dominante marquée de lycéens. Les établissements concernés se localisent essentiellement en Midi-Pyrénées mais aussi en Aquitaine, Centre, Bretagne, Région parisienne, Nord Pas de Calais.

**SITES INTERNET :** (seuls les liens les plus significatifs ont été notés)

- AA – Histoire et exploitation des phosphatières de Bach <http://pedagogie.ac-toulouse.fr/lotec/FC-sciences/siteFCsciences/bach.html>
- AA – Les escaliers du Temps : site naturel du Cloup d'Aural <http://www.quercy.net/patrimoine/phosphatieres/index.html>
- AA – Les phosphatières [http://www.parc-causses-du-quercy.fr/index.php/decouvrir/le\\_milieu\\_souterrain/les\\_phosphatieres](http://www.parc-causses-du-quercy.fr/index.php/decouvrir/le_milieu_souterrain/les_phosphatieres)
- AA – Phosphatières du Cloup d'Aural <http://www.tourisme-lot.com/fr/224/6/0/PCU3171CDT460001/sit/detail/Phosphati%C3%A8res%20du%20Cloup%20d'Aural%20/BACH>
- AA – Les phosphatières du Cloup d'Aural [http://www.parcs-massif-central.com/cultural-sites-les-phosphatieres-du-cloup-d-aural\\_en\\_04\\_06\\_objet\\_PCU8IPAMAC000001.html](http://www.parcs-massif-central.com/cultural-sites-les-phosphatieres-du-cloup-d-aural_en_04_06_objet_PCU8IPAMAC000001.html)
- ASTRUC J.G. – (2003) Les phosphatières de Mémerlin et de Prajoux <http://www.quercy.net/geologie/memerlin.html>
- ASTRUC J.G. – (2003) Les phénomènes karstiques <http://www.quercy.net/geologie/phenomenes.html>
- BERARD F. – (mise à jour 2011) Phosphatières du Cloup d'Aural, laissez-vous surprendre! <http://www.phosphatieres.com>
- PELISSIE T. – (2008) A la recherche des paysages du passé dans les phosphatières du Sud-Quercy <http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/geoltheque/pages/phosphatieres/intro.htm>
- PELISSIE T. – (2009) Participez avec vos élèves à une étude paléontologique dans les phosphatières du Quercy <http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/geoltheque/pages/tp-thierry/index.htm>

## PRESSE ET MÉDIAS

De très nombreux articles de presse, documentaires télévisés et entretiens radiodiffusés ont été réalisés. La liste présentée ci-dessous est loin d'être exhaustive car, en l'absence de service de presse spécialisé, de nombreux articles nous ont échappé.

### PRESSE ECRITE :

- Contact lotois* n°61, mai 2007, « Phosphatières de Bach : les secrets des fossiles »
- Escapades Midi-Pyrénées* n°13, printemps 2003, « Phosphatières de Bach : l'escalier à remonter le temps »
- La Caselle enchênée* n° 11, février 2009, « Réparer les erreurs du passé ! Dépollution de phosphatières oubliées à Bach »
- La Dépêche du Midi*, 27 août 2002, Lot, « Les phosphatières de Bach, un voyage dans l'antre du temps »
- La Dépêche du Midi*, 28 juin 2005, Parc Naturel Régional des Causses du Quercy, « Développer. Les phosphatières du Quercy jouent à remonter le temps. La science : un atout touristique »
- La Dépêche du Midi*, 9 octobre 2005, Lalbenque, Lot, « La géologie et la paléontologie passées au crible »
- La Dépêche du Midi*, 25 septembre 2007, Bach, Lot, « 50 spéléos pour dépolluer la phosphatière du Coulou »
- La Dépêche du Midi*, 29 mars 2009, Bach, Lot, « La dépollution du Mas de Dégot se poursuit »
- La Dépêche du Midi*, 3 avril 2009, Bach, Lot, « Nettoyage de printemps au Mas de Dégot »
- La Dépêche du Midi*, 15 mai 2009, Bach, Lot, « Les phosphatières ne manquent pas de projets »
- La Dépêche du Midi*, 15 mai 2009, Bach, Lot, « De nouveaux aménagements et toujours plus de projets »
- La Dépêche du Midi*, 8 août 2010, Grand sud « Trésors cachés, petits coins secrets. Lot de fossiles »
- La Dépêche du Midi*, 8 août 2010, Grand sud « Trésors cachés, petits coins secrets. Lot de fossiles »
- La Dépêche du Midi*, 21 décembre 2010, Lalbenque, Lot, « Vers une réserve naturelle nationale »
- La Dépêche du Midi*, 16 mars 2011, Limogne en Quercy, Lot, « Les enfants du centre de loisir aux phosphatières de Bach »
- La Dépêche du Midi*, 31 mai 2011, Bach, Lot, « La randonnée des temps géologiques aux phosphatières »
- La Dépêche du Midi*, 8 juin 2011, Bach, Lot, « La randonnée des temps géologiques a déjà séduit »
- La Dépêche du Midi*, 11 juin 2011, Limogne en Quercy, Lot, « Pompiers : un exercice aux phosphatières »
- La Dépêche du Midi*, 22 juillet 2011, Limogne en Quercy, Lot, « Une campagne de prospection et de fouilles dans les phosphatières »
- La Dépêche du Midi*, 3 août 2011, Limogne en Quercy, Lot, « Des géologues étudient le causse »
- La lettre du COPRAE*, n°66, mars 2009, « Dépollution et actions pédagogiques autour de la phosphatières du Mas de Dégot »
- La Semaine du Lot*, 29 juillet 2004, Bach, Phosphatières. « Trouvez l'intrus ! »
- La Semaine du Lot*, 6 octobre 2005, Lalbenque et Limogne, « Colloque international. Protéger le patrimoine géologique. »
- La Semaine du Lot*, 13 octobre 2005, Lalbenque et Limogne, « Colloque international. Le patrimoine géologique en question »
- La Semaine du Lot*, 11 août 2011, Bach, « Semaine de fouilles sur neuf sites »
- La Vie Quercynoise*, 31 juillet 2003, « Phosphatières de Bach : attention gryère ! »
- La Vie Quercynoise*, 28 mai 2009, « Inauguration des phosphatières »
- Le Communautaire*, n°1, janvier 2009 « Les phosphatières du Cloup d'Aural », « Chantier citoyen à Bach »
- Le Communautaire*, n°5, décembre 2010, « Bach : Randonnées des temps géologiques »
- Le Petit journal*, 6 octobre 2005, Lalbenque, « Ouverture des journées Bernard Gèze »
- Le Petit journal*, 3 avril 2009, Cahors et son pays, « Dépollution des phosphatières »
- Libération*, 9 août 1988, « Courants d'ère tertiaire au Quercy : Sur le plateau quercynois, des fossiles racontent la Terre 40 millions d'années plus tôt. »
- Le Villefranchois*, 10 juin 1994, « Les phosphatières du Quercy au grand jour »
- Le Villefranchois*, 17 juin 1994, « Les Escaliers du Temps : 45 millions d'années d'évolution. Sur les traces de l'association Les phosphatières du Quercy »
- Le Villefranchois*, 24 juin 1994, « Les Escaliers du Temps : 45 millions d'années d'évolution. Parcours insolite d'un savant du siècle dernier »
- Le Villefranchois*, 1 juillet 1994, « Les Escaliers du Temps : 45 millions d'années d'évolution. Les mines des paysans du causse »
- Le Villefranchois*, 8 juillet 1994, « Les Escaliers du Temps : 45 millions d'années d'évolution. Germinal en Quercy »
- Le Villefranchois*, 13 juillet 1994, « Les Escaliers du Temps : 45 millions d'années d'évolution. Trans-Quercy 1870-1900 »
- Le Villefranchois*, 22 juillet 1994, « Les Escaliers du Temps : 45 millions d'années d'évolution. 1887 : la crise »

*Le Villefranchois*, 29 juillet 1994, « Les Escaliers du Temps : 45 millions d'années d'évolution. A la recherche du temps passé »  
*Le Villefranchois*, 19 août 1994, « Les Escaliers du Temps : 45 millions d'années d'évolution. Il y a 38 millions d'années... »  
*Le Villefranchois*, 26 août 1994, « Les Escaliers du Temps : 45 millions d'années d'évolution. Les témoignages de la vie passée »  
*Le Villefranchois*, 18 novembre 1994, « Les Escaliers du Temps : 45 millions d'années d'évolution. Une visite hors du temps »  
*Le Villefranchois*, 21 mai 2009, « Du nouveau aux phosphatières »  
*Notre Parc* n° 1, 2<sup>ème</sup> semestre 2008, « 40 millions d'années de biodiversité »  
*Purelaine* n° 6, octobre 2003, « Les phosphatières de Bach »  
*Purelaine* n° 13, mai 2007, « En route vers la préhistoire »  
*Purelaine* n° 19, septembre 2009, « Des petits hommes blancs pour nettoyer les phosphatières »  
*SpéléOc* n° 115, 3<sup>ème</sup> trimestre 2007, « Dépollution de la phosphatière de Coulou à Bach »  
*SpéléOc* n° 123, 3<sup>ème</sup> trimestre 2009, « Dépollution Mas de Dégot, phosphatières de Bach »

#### **ÉMISSIONS RADIO :**

« Carnets de campagne » diffusé le 4 février 2009 sur France Inter  
Une dizaine d'interventions sur des Radios locales (MFM, RFM, CFM Quercy Rouergue, Antenne d'Oc, Totem) à l'occasion de manifestations nationales (journées du patrimoine, fête de la science, année internationale de la planète Terre, année Darwin), régionales (journées nature Midi-Pyrénées) ou locales comme la présentation de la randonnée des Temps Géologiques.

#### **TELEVISION :**

"*Les phosphatières du Quercy*", émission présentée par Francis Duranthon, Directeur du Muséum de Toulouse, dans le cadre de la série intitulée "Bonjour l'Ancêtre", France 3 et « Allo les dessous de la Terre », La Cinq.  
"*Les phosphatières du Quercy*", émission présentée par Clément Alet dans le cadre de Viure al país, FR3 Sud  
"*Les phosphatières du Quercy*", émission C'est dans l'air, FR3 Sud  
Plusieurs sujets d'information ont été consacrés à nos activités depuis 1998 dans le cadre des informations régionales sur France 3 Quercy-Rouergue.



## **8. ANNEXES**

Brochure-Plage-Aux –Pterosaures

La phosphatière du « Cloup d’Aural »

Regard sur le parc n°3

BT-QUERCY-1116



**Association de Gestion et de  
Développement  
du Site Paléontologique de  
la Plage aux Ptérosaures**

**AGDS3P**

PÉDAGOGIE

RECHERCHE

DÉVELOPPEMENT

LOCAL

TOURISME

CULTURE



**AGDS3P**

Jean-Michel Couderc  
Les Vitarelles  
46 150 CRAYSSAC

[agds3p@free.fr](mailto:agds3p@free.fr)

[assoptero@free.fr](mailto:assoptero@free.fr)

Toutes photos conception - A. Bar pour l'AGDS3P - Impression - Publ. Query 189 avenue Marjolié Barthe 45000 Cahors



<http://agds3p.free.fr>

# Un site hors



# normes

Quand on entend parler de paléontologie, on pense à une échelle de temps en millions d'années. Si ce calendrier reste difficile à appréhender, il est vrai que nous ne sommes pas à quelques centaines de milliers d'années près. Mais en plongeant dans l'ambiance particulière de la *Plage aux Ptérosaures*, allongé sur la pierre, sous le « tac-tac » des marteaux, en train de pister ces animaux passés à la fin du jurassique, on ne peut s'empêcher de leur redonner vie et d'oublier un instant ces 140 millions d'années qui nous séparent. Ces empreintes aux détails inframillimétriques, révélées sous éclairage rasant artificiel, nous permettent de recréer de véritables instantanés de vies : un ptérosaure glisse dans la boue, un autre marche sous une averse de pluie quelques jours plus tard, un dinosaure longe la plage, et bien d'autres encore... Si la *Plage aux Ptérosaures* est devenue la référence mondiale pour la locomotion des ptérosaures, sa renommée scientifique internationale est désormais bien établie. A nous maintenant de la faire découvrir à nos enfants et au grand public en la protégeant et la valorisant.



La National Geographic Society sur la Plage aux Ptérosaures.



Empreinte (5 cm) de pied de ptérosaure.



« DES EMPREINTES, ON EN TROUVE PARTOUT DANS LE MONDE, DES NIVEAUX FINEMENT LAMINÉS. ON EN TROUVE AILLEURS DANS LE MONDE. EN REVANCHE TOUS RÉUNIS EN UN SEUL ENDROIT, AVEC UNE TELLE QUALITÉ DE PRÉSERVATION, C'EST TOUT À FAIT UNIQUE. ON NE PEUT S'EMPÊCHER DE LAISSER LIBRE COURS À NOTRE IMAGINATION, ET D'Y VOIR UN LIEU DE VIE. »

JEAN-MICHEL MAZIN À PROPOS  
DE LA PLAGE AUX PTÉROSAURES

## so

p. 4-5 .....L'AGDS3P

p. 6-7 .....Développement local  
& tourisme

p. 8-9 .....Création d'un pôle culturel

p. 10-11 .....Recherche : un réseau international  
de scientifiques

p. 12-13 .....Pédagogie : les ptéros se font la malle !

p. 14-15 .....Nos partenaires

Emile est le premier ptérosaure à renaitre de ses empreintes.



# L'Association de *Gestion et de Développement* du Site Paléontologique de **la Plage aux Ptérosaures**

De 1993 à 2001 des campagnes de fouilles  
sont menées tous les étés sur la Plage aux  
Ptérosaures.

## L'ère Paléoaquitania

Devant le nombre et la qualité des découvertes,  
les scientifiques Pierre Hantzpergue et Jean-Michel  
Mazin créent l'association Paléoaquitania permettant  
la mise en place d'un réseau scientifique sollicitant  
une quinzaine de spécialistes internationaux.

Pendant ces neufs campagnes de fouilles, de  
nombreuses données sont récoltées nécessitant  
plusieurs années d'analyses, de travail et  
de recherches. Aujourd'hui, des publications  
scientifiques sont encore en préparation.

Dès 1996, Jean-Michel Mazin informe les élus  
de l'importance des découvertes, du besoin de  
protéger et de valoriser ce patrimoine mondial.  
Malheureusement en 2001, aucun projet sérieux  
n'est porté par les élus. Les scientifiques, devant  
la masse de données récoltées, estiment qu'il n'est  
pas nécessaire de mener des campagnes de fouilles  
tant que les empreintes ne sont pas protégées. Ils  
quittent momentanément la *Plage aux Ptérosaures*.

## Quelques dates

1993 : première campagne de fouilles dirigée par  
l'association Paléoaquitania.

1997-2001 : les chantiers de fouilles s'intensifient  
et deviennent parmi les plus importants d'Europe.  
Tournage de deux documentaires.

1998 : pendant trois semaines, la célèbre  
émission d'Arte, Archimède, suit les fouilles et  
l'analyse des découvertes de la Plage aux Pté-  
rosaures.

2000 : le film « *Un animal à glisser* » obtient le prix  
du meilleur documentaire scientifique au festival  
du film scientifique et de chercheurs à Nancy.

2001 : Paléoaquitania organise un congrès inter-  
national réunissant les plus grands spécialistes  
mondiaux (Toulouse puis Crayssac) et organise  
son dernier chantier de fouilles sur la Plage aux  
Ptérosaures.

2002 : le film « *La rencontre d'Emile* » est primé  
dans plusieurs festivals. Il obtient notamment le  
prix spécial du jury au festival du film scientifique  
de Lyon.  
Création de l'AGDS3P qui organise des visites  
guidées lors de l'été.

2003 : organisation de visites guidées pour l'été.

2004 : premier chantier de fouilles organisé par  
l'AGDS3P. Organisation d'un cycle de 6 confé-  
rences et de visites guidées au cours de l'été.  
La National Geographic Society vient tourner une  
partie d'un long métrage sur les ptérosaures.

2005 : l'AGDS3P organise un chantier de  
fouilles, des visites guidées et un cycle de 7  
conférences.  
RE-Film vient tourner un documentaire sur la  
Plage aux Ptérosaures pour la chaîne Allemande  
VOX.

## Le comité scientifique

Jean-Michel Mazin (président) : paléon-  
tologue, directeur de recherches au CNRS,  
Université de Lyon 1.

Pierre Hantzpergue : paléontologue, pro-  
fesseur - Université de Lyon 1.

Jean-Paul Billon-Bruyat : paléontologue,  
responsable de projet, section paléontologie  
de l'Office de la culture de la République et  
Canton du Jura (Suisse).

Peter J. Griffiths : paléontologue, profes-  
seur, Université de Wolverhampton (Grande-  
Bretagne).

David Unwin : paléontologue, professeur,  
Museum für Naturkunde, Université de Ber-  
lin (Allemagne).

Kevin Padian : paléontologue, professeur,  
Université de Californie, Berkeley (USA).

## La naissance de l'AGDS3P

En 2002, grâce à l'intervention de Christian Cazabonne,  
maire de Crayssac depuis peu, la Communauté de  
Communes de Catus acquiert le site. Cette dernière,  
sous la présidence de Gérard Miquel, prend conscience  
qu'un musée sur site peut être mis en place.

Le 1<sup>er</sup> juillet 2002, l'Association de Gestion et de  
Développement du Site Paléontologique de la Plage  
aux Ptérosaures (AGDS3P) est créée. La Communauté  
de Communes de Catus, propriétaire, signe une  
convention avec l'AGDS3P lui confiant la gestion  
complète du site.

## Les objectifs de l'AGDS3P

Le but de l'association est d'aider les collectivités  
locales à la création d'une structure muséographique  
permettant à la fois la protection de ce patrimoine  
non renouvelable, l'accès au public et aux scolaires, et  
enfin la reprise des chantiers de fouilles pour continuer  
à faire « parler » le calcaire de Crayssac.

Volontairement limitée à une vingtaine de membres,  
l'association crée un comité scientifique (lire encadré  
ci-contre) dirigé par Jean-Michel Mazin, chargé  
de porter le projet de mise en Réserve Naturelle  
Géologique et de superviser les actions scientifiques  
comme les chantiers de fouilles.

Nous souhaitons, en organisant des chantiers de  
fouilles de plus en plus importants, mettre au jour  
de nombreuses empreintes, livrant les secrets de  
ces animaux passés il y a 140 millions d'années, et  
pouvoir les faire renaître en imagerie de synthèse  
comme Emile (la plus longue piste de ptérosaure  
connue, devenue référence scientifique mondiale).  
L'intérêt scientifique est considérable. Nous souhaitons  
protéger ces découvertes par un musée sur site pour  
les partager avec le grand public, faisant ainsi de la  
*Plage aux Ptérosaures* un lieu de tourisme culturel,  
d'échange et de pédagogie.



La Plage aux Ptérosaures est située dans une  
ancienne carrière de Crayssac.

« LA FRÉQUENTATION DU SITE NE CESSE D'AUGMENTER...NOUS SOMMES MÊME OBLIGÉS DE LIMITER LA COMMUNICATION AFIN DE NE PAS ÊTRE DÉBORDÉS »

## Développement local & tourisme



Un fouilleur au cœur de la nuit craysacoise.

Chaque année les visiteurs sont de plus en plus nombreux sur la Plage aux Ptérosaures. La valorisation de ce patrimoine devient un atout incontestable pour le département du Lot.

**D'une découverte scientifique à une action de développement local**

La Communauté de Communes de Catus a pu mesurer par le biais de son Office

de Tourisme, que le site paléontologique de la Plage aux Ptérosaures est un vecteur important pour le développement touristique du canton de Catus. En effet, en 2005 un contact téléphonique sur trois concernait la « Plage » de Craysac, son fonctionnement et ses heures de visite. Les statistiques de l'office de tourisme reflètent un grand intérêt manifesté par les touristes mais également par les habitants du canton qui découvrent, redécouvrent ou font découvrir le site à leur entourage. Ce sont les familles avec enfants qui montrent le plus d'intérêt pour ce site.

L'impact de la Plage aux Ptérosaures sur le tourisme est indéniable en terme de fréquentation, d'image mais également de notoriété. Au niveau départemental, le tourisme représente le tiers de l'activité économique. Le quart sud-ouest du Lot est dépourvu de pôle important. L'aménagement du site permettrait de rééquilibrer l'offre touristique au niveau départemental.

### Vers le public

En 1997, devant une très forte demande touristique, les fouilleurs ont mis en place des visites de la Plage aux Ptérosaures, tous les dimanches soirs pendant le chantier de

fouilles, accueillant jusqu'à 200 visiteurs par dimanche. Ils ont reconstruit ce système jusqu'en 2001. En 2002, après l'arrêt provisoire des fouilles, l'AGDS3P fraîchement créée, embauche d'anciens fouilleurs pour mettre en place des visites guidées plusieurs fois par jour, six jours sur sept, pendant 7 semaines. Depuis, chaque été, d'anciens fouilleurs viennent guider sur le calcaire, des visiteurs curieux, leur faisant découvrir l'histoire géologique de la région au cours des 140 derniers millions d'années, leur permettant de découvrir sous chapiteau le film « A la rencontre d'Émile » réalisé par Pierre Saunier, plongeant le spectateur dans l'ambiance des fouilles de jour comme de nuit. Puis vient enfin le moment de les guider pour découvrir ces empreintes fossiles, et de reconstituer ensemble ces scènes de vie « jurassique ».

### Un tourisme culturel

Nous tenons à transmettre aux visiteurs l'ambiance des fouilles, c'est pour cela que nous recrutons uniquement d'anciens fouilleurs comme guides, qui sont pour la plupart des étudiants en paléontologie,

### Un vrai potentiel

Depuis 2002, la fréquentation du site ne cesse d'augmenter, et la renommée de la Plage aux Ptérosaures dépasse largement les frontières de notre pays. Nous avons plusieurs exemples de familles américaines, anglaises, asiatiques, belges qui ont loué des gîtes ruraux dans le Lot pour visiter « notre plage ». Nous sommes même obligés de limiter la communication afin de ne pas être débordés. En effet, financièrement, nous ne pouvons engager que deux guides sur l'ensemble de la saison. Et chaque guide ne peut accueillir qu'une quarantaine de personnes par visite. De plus, les surfaces présentées au public sont toujours à ciel ouvert et ne peuvent donc pas être montrées par temps de pluie. Si les surfaces étaient couvertes, et que nous disposions de suffisamment de guides, nous sommes convaincus que la Plage aux Ptérosaures pourrait attirer plus de 30 000 visiteurs d'avril à octobre.



Visite du chantier de fouilles : lors de certaines soirées d'été, chaque fouilleur montre au public son espace de fouille et explique sa manière de travailler.

et qui distillent de manière ludique toutes les informations nécessaires à la bonne lecture de ces pistes uniques au monde. Nous mettons en place principalement des visites nocturnes permettant l'observation des empreintes dans les meilleures conditions possibles, sous éclairage rasant artificiel. En effet, cet éclairage permet de faire ressortir le moindre relief et met ainsi en valeur les détails parfois inframillimétriques de ces empreintes. Depuis 2004, nous organisons également des visites du chantier de fouilles en cours, faisant découvrir au public les méthodes de fouilles.



Observation de la lune proposée par le Club d'Astronomie de Gigouzac sur la Plage aux Ptérosaures.

## Création d'un pôle culturel

paléontologue amateur, découvreur du site). Mais aussi, sur des thèmes variés comme l'Archéologie dans le Lot (Didier Rigal, chercheur à l'INRA) et La lune (Philippe Canceil, Club d'Astronomie de Gigouzac).

En 2005, nous avons renouvelé cette opération en organisant un cycle de sept conférences. Une fois encore, les scientifiques ont répondu présents avec *La Suisse, les dinosaures, la mer* (Jean-Paul Billon-Bruyat), *Voyage en 3D sur la planète Mars* (Philippe Canceil), *Expéditions paléontologiques en Amazonie : c'est le Pérou !* (Pierre-Olivier Antoine), *le Cahors gallo-romain* (Didier Rigal), *Quoi de neuf chez les dinosaures* (Jean-Michel Mazin), et *Nouvelles méthodologies en paléontologie* (Roberto Macchiarelli, anthropologue italien maintenant professeur à l'Université de Poitiers). Nous avons également organisé une soirée spéciale avec la découverte du chantier de fouilles en cours et une exposition d'une partie de la formidable collection du paléontologue amateur Grégoire Canizarès. C'est en tout plus de 500 visiteurs qui ont assisté à ces conférences, soit plus de 70 personnes par conférence avec une communication restreinte à la diffusion de tracts et d'affiches dans un périmètre réduit. Devant ce succès, nous

**F**ort de notre comité scientifique, nous souhaitons développer un vrai pôle culturel à Crayssac.

### Des cycles de conférences

Souhaitant développer la culture scientifique dans le Lot, l'AGDS3P a organisé en 2004 un cycle de 6 conférences scientifiques pour le grand public. Si on savait que les scientifiques répondraient présents à ces manifestations, on ne pensait pas qu'elles seraient aussi bien accueillies par le public. En effet, on compte une cinquantaine de visiteurs en moyenne par conférence, sur des thèmes centrés autour de la paléontologie comme *La disparition des ptérosaures* (Jean-Michel Mazin), *Le Baluchière : le plus gros mammifère terrestre de tous les temps* (Pierre-Olivier Antoine, paléontologue de l'Université de Toulouse), *Un dinosaure dans votre assiette* (Jean-Paul Billon-Bruyat, paléontologue),

Les fossiles du Lot (Gérard Lafaurie,

organiserons chaque été, un cycle de conférences pour faire découvrir au grand public le travail des chercheurs.

### Un lieu d'échange

Lors des premiers chantiers de fouilles nocturnes, la Plage aux Ptérosaures était équipée d'un petit groupe électrogène qui se coupait toutes les deux heures, laissant les fouilleurs dans le noir total pendant une demi-heure. De là est né un lien étroit avec l'observation des étoiles. Le site étant dans le célèbre triangle noir (une des zones de France ayant le moins de pollution lumineuse), nous souhaitons associer les fouilles à l'astronomie. En 2004, nous avons sollicité le Club d'Astronomie de Gigouzac pour réaliser une observation du ciel tous les vendredis soirs. Cette initiative a été très bien accueillie par le public, et nous développerons pour le futur un partenariat étroit avec ce club, mais également avec d'autres associations pour faire de la Plage aux Ptérosaures un lieu d'échange.

### Un lieu de découverte

Nous souhaitons également présenter les découvertes de Crayssac à un public souvent exclu des lieux touristiques. Nous aimerions aménager le site aux personnes handicapées, mais pour cela de nombreux travaux de terrassement sont nécessaires... Les fouilles de la « plage » font souvent appel au toucher des fouilleurs pour distinguer des surfaces différentes, mais d'aspect visuel identique. De là, est venue l'idée de la faire découvrir aux personnes mal-voyantes, et les premiers contacts avec des associations spécialisées ont été très positifs.

Nous espérons pouvoir réaliser tous ces aménagements au plus vite pour permettre à toute personne de pouvoir découvrir la paléontologie, et faire de la Plage aux Ptérosaures un lieu de découverte, pour tous.

Le site de la Plage aux Ptérosaures.

De haut en bas :

conférence à ciel ouvert de Jean-Michel Mazin, conférence sous chapiteau de Roberto Macchiarelli, Grégoire Canizarès et une partie de sa collection, l'Amonite Gravesiana lafauriana : hommage de Pierre Haritzpergue à notre vice-président et découvreur du site Gérard Lafaurie.



« UNE CINQUANTAINE, UNE CENTAINE D'ANNÉES  
DE FOUILLES SONT ENCORE POSSIBLES... »

## Recherche : un réseau international de scientifiques

Depuis près de deux siècles, un violent débat opposait les scientifiques du monde entier sur le mode de locomotion des ptérosaures. En 1994, les découvertes de la Plage aux Ptérosaures ont mis tout le monde d'accord...



Jean-Michel Mazin.

### Des reptiles volants !

Proches parents des dinosaures et des crocodiles, les ptérosaures étaient un extraordinaire groupe de reptiles volants. Ils étaient très bien adaptés au vol et menaient à l'époque le même mode de vie que nos oiseaux actuels. Apparus au Trias, voici environ 220 millions d'années, les ptérosaures ont peuplé la surface de la Terre pendant près de 160 millions d'années.

Le premier fossile de ptérosaure a été découvert en 1784. Depuis, en deux siècles, de nombreux squelettes ont été découverts partout dans le

monde, révélant une grande diversité puisque leur envergure pouvait aller de celle du moineau (*Pterodactylus*), à celle d'un petit avion de tourisme (*Quetzalcoatlus*). Mais les ptérosaures restaient les seuls reptiles du Mésozoïque dont on ignorait tout de la locomotion terrestre.

### Le scoop

Plusieurs centaines d'étudiants en géologie et en paléontologie se sont succédés à Crayssac en dix années de fouilles, offrant de leur temps pour mettre au jour un patrimoine vieux de 140 millions d'années. Allongés sur la pierre, le nez dans la poussière, tapant jusqu'au lever du jour sur de minuscules burins, pour livrer aux paléontologues des empreintes aux détails extraordinaires. Parmi ces traces, certaines d'entre elles intriguent les scientifiques. Après plusieurs semaines de recherches, elles sont enfin identifiées : ce sont des pistes de ptérosaures, si bien conservées que l'on peut y voir les empreintes de mains associées aux empreintes de pieds. Cela ne fait plus aucun

doute, les ptérosaures au sol étaient quadrupèdes.

### Un réseau scientifique

Ces très nombreuses traces, biologiques ou sédimentaires, sont autant d'indices qui permettront à terme de reconstituer un écosystème datant de 140 millions d'années, faisant appel à des disciplines dans une collaboration internationale : paléontologie, écologie, sédimentologie, géochimie, etc. L'imagerie de synthèse permet maintenant de redonner vie à ces animaux et de décrypter leur cycle de locomotion. Dans les laboratoires de Lyon, de nouvelles méthodes d'étude des empreintes sont recherchées, faisant appel à l'analyse d'image assistée par ordinateur, en deux et trois dimensions. A Lyon, Toulouse, Berlin, Wolverhampton, Berkeley, ce sont une quinzaine de scientifiques qui conjuguent leurs efforts pour faire « parler » le calcaire de Crayssac. Chaque campagne de fouilles est un succès et apporte son lot de découvertes, et ce n'est pas fini. Une cinquantaine, une centaine d'années de fouilles sont encore possibles...

### De haut en bas.

Au milieu de la nuit, chaque point lumineux attire des fouilleurs... Le travail de nuit confine à l'art du joaillier tant certaines empreintes sont petites. Il n'est pas rare de voir un fouilleur passer une nuit entière au dégagement d'une empreinte. Il est rare de trouver des ossements sur la Plage aux Ptérosaures : celui-ci est prélevé à l'aide d'une scie à roche pour être étudié en laboratoire.



« ILS NE PEUVENT S'EMPÊCHER, COMME NOUS, D'IMAGINER CES ANIMAUX »

## Pédagogie : les ptéros se font

# la malle!

### Vulgariser, une référence scientifique

Bien que d'un niveau scientifique très élevé, la *Plage aux Ptérosaures* est un lieu de sensibilisation à la paléontologie et de manière plus générale à la géologie, la biologie et l'environnement. En effet, les ptérosaures et les dinosaures fascinent les enfants, mais ces « monstres » disparus offrent à Crayssac de précieux indices sur le passé de notre planète par l'intermédiaire des empreintes laissées. Chaque fine couche de calcaire recèle des traces, vestiges de courtes scènes de vie que nous pouvons maintenant reconstituer en partie. C'est cette dynamique qui suscite chez les enfants un grand intérêt, et ils ne peuvent s'empêcher comme nous, d'imaginer ces animaux.

### La mallette pédagogique

En réponse à la demande des enseignants, nous avons participé à une journée de travail organisée par l'Inspection de l'Éducation Nationale pour le Plan de Rénovation de l'Enseignement des Sciences et de la Technologie à l'École (PRESTE) en 2005, où nous avons présenté un projet



Des séjours « paléontologie » axés sur les découvertes de la *Plage aux Ptérosaures* sont déjà proposés par la FOL 46, permettant ainsi de faire fouiller des dizaines de jeunes, encadrés par des fouilleurs qualifiés.

Parlez de dinosaures ou de paléontologie aux enfants, et vous verrez tout de suite leurs yeux s'illuminer. L'intérêt que portent naturellement les enfants à la paléontologie ou même aux volcans, aux séismes, à la nature en règle générale, doit être l'occasion de les amener à apprendre, à acquérir un réel raisonnement scientifique de manière ludique.

## Des classes découvertes

Des universités enseignent déjà pour la plupart les découvertes de la *Plage aux Ptérosaures*. Chaque été, nous avons de nombreux enseignants en visite, qu'ils soient professeur des écoles, en collège ou au lycée, ils sont nombreux à nous demander du matériel pédagogique pour travailler en classe ou pour amener leurs élèves en visite sur le site.

Si pour l'instant, il nous est difficile de répondre à cette demande, puisque le site est fermé d'octobre à juin, nous sommes à la recherche de partenaires nous permettant de mettre en place des classes découvertes.

Nous avons déjà développé un programme pédagogique pour ces classes trans-plantées, où les expériences réalisées par les chercheurs ont été adaptées aux enfants. Une expérience consiste à reconstituer la boue de l'époque pour faire marcher un animal, interpréter son mode de locomotion, comprendre l'influence de sa vitesse, de son poids, de l'humidité de la boue sur les empreintes laissées.

Un faux chantier de fouilles peut être également développé, avec une dalle à empreintes qui sera recouverte d'un plâtre léger que les enfants dégageront pour faire apparaître les empreintes, et faire ensuite des relevés, des moulages et interpréter ces traces.

Des ateliers sur les différents types de fossiles, la sédimentologie, la formation des fossiles et l'environnement sont en cours de préparation.

de mallette pédagogique comprenant un CD-ROM, un jeu de cartes, un tapis de jeu géant et quelques expériences faciles à mettre en œuvre. Le CD-ROM sera divisé en trois parties. La première sera illustrée par trois compagnons de jeux (un paléontologue, un crocodile et un ptérosaure) qui expliqueront la *Plage aux Ptérosaures*. La deuxième sera composée de fiches pédagogiques sur des thèmes comme *l'évolution, comment reconstituer un animal disparu, les différents types de fossiles*, etc. La troisième partie sera destinée aux enseignants, pour leur expliquer comment mettre en place les expériences.

Le jeu de carte permettra de mettre en place deux jeux : *qui mange qui ?* pour aborder les notions de chaînes alimentaires et *seriez-vous un bon paléontologue ?*, un jeu qui permet aux enfants de développer leur raisonnement, à partir d'indices annotés sur les cartes. Chaque indice permettra d'avancer un peu plus dans une enquête « jurassique » basée sur le plateau de jeu géant reproduisant des surfaces à empreintes de la *Plage aux Ptérosaures*. Nous souhaitons développer la mallette de telle façon que les enseignants puissent faire un travail en classe de manière indépendante, mais aussi, s'ils le souhaitent, conclure leur travail par des « classes découvertes », et une visite de la *Plage aux Ptérosaures*.



## Nos partenaires

La Compagnie Internationale André Trigano, chaînes d'hôtellerie de plein air, villages vacances, séjours et circuits à l'étranger choisit des sites pour la beauté et le charme de leur environnement, l'authenticité et la convivialité. André Trigano a souhaité participer au développement local grâce à son camping Les Reflets du Quercy à Crayssac, et en devenant un partenaire précieux pour la Plage aux Ptérosaures en mettant à notre disposition trois chapiteaux.



L'attachement du Groupe Banque Populaire à l'homme, à son environnement économique et naturel s'exprime dans une politique active de mécénat. Dès les premières années de fouilles, la Banque Populaire Occitane s'est associée à la Plage aux Ptérosaures. Depuis la création de l'AGDS3P, elle participe en grande partie aux financements de l'impression des documents de communication.

Depuis bientôt 20 ans, promoteurs, investisseurs et aménageurs confient leurs projets à l'agence Boissezon Dumas Vilmorin et Associés (BDVA). Bâtiments d'activités industrielles et tertiaires, logements, aménagements urbains, équipements scolaires... le travail de conception de l'agence se développe dans de nombreux domaines d'activités. BDVA BOISSESON DUMAS VILMORIN & ASSOCIES ARCHITECTES est partenaire de la Plage aux Ptérosaures depuis 2004, leurs aides financières nous permettent d'acheter du matériel nécessaire aux fouilles.



Crayssina SARL est une entreprise d'extraction de pierres pour la construction. Son dirigeant, Antoine Pereira, n'est autre que l'ancien propriétaire de la carrière abritant la Plage aux Ptérosaures. Dès le début des fouilles, Antoine Pereira a autorisé le CNRS à venir fouiller sur sa propriété. Depuis, il l'a cédée à la Communauté de communes de Catus. Devenu membre d'honneur de l'AGDS3P, nous pouvons compter à tout moment sur lui, et son efficacité.



L'AGDS3P remercie également : l'ensemble des collectivités locales pour leurs aides financières et /ou techniques.



Le Club d'Astronomie de Gigouzac pour l'ensemble des observations proposées sur la Plage aux Ptérosaures.



L'association Paléoaquitania pour leurs aides logistiques et scientifiques



Le comité scientifique de l'AGDS3P pour les travaux de recherche et de vulgarisation. Et bien sûr les nombreux bénévoles, sans qui la préservation, les fouilles et la gestion du site seraient impossibles.

## Le mot du Président



Jean-Michel Couderc.

Au cours de l'année 2005, grâce à nos partenaires, nous avons pu faire découvrir la Plage aux Ptérosaures à plus de 2500 personnes lors des visites estivales. 500 d'entre-elles ont assisté à une des sept conférences. 180 jeunes de 10 à 14 ans ont participé aux séjours paléontologiques. 25 étudiants ont mis au jour plusieurs pistes de ptérosaures, de dinosaures, de tortues, etc.

Plus de 250 personnes sont venues sur le site pour les Journées européennes du patrimoine. Plus de 1 200 scolaires, et 900 adultes sont venus découvrir les animations de l'AGDS3P pour les trois jours de la Fête de la Science. C'est donc un excellent bilan pour l'année 2005.

Mais il ne faut pas que l'AGDS3P s'arrête là. Nous avons encore beaucoup d'actions à mener. En 2006, nous souhaitons augmenter la capacité d'accueil du site en embauchant plus de guides, organiser un cycle de huit conférences, développer le chantier de fouilles et préparer le retour du CNRS avec Jean-Michel Mazin en 2008 (voir 2007), développer une nouvelle exposition, produire la maquette pédagogique, développer des classes découvertes, etc. Mais pour cela, les besoins sont immenses, et nous avons plus que jamais besoin de partenaires, qu'ils soient financiers, techniques ou humains.

Comme les dinosaures, les ptérosaures ont disparu à la fin du Crétacé, il y a 65 millions d'années. Aujourd'hui grâce aux fouilleurs et aux scientifiques ils peuvent renaitre de leurs empreintes en imagerie de synthèse, et constituer le « docu-fiction » le plus réel du Jurassique. Nous n'avons pas envie qu'ils disparaissent une deuxième fois, aussi l'AGDS3P mettra tout en œuvre pour protéger et valoriser ce site afin que ce patrimoine mondial et non renouvelable reste à tout jamais fixé dans la pierre de Crayssac.



La culture qui nous forge en tant qu'hommes et femmes par la mémoire et la création est depuis l'origine au cœur du mécénat de la Fondation EDF. Bâti grâce à l'électricité un pont avec l'art et la science : cet esprit anime la Fondation EDF et inspire son action. De l'archéologie à la création lumière, de la mémoire de l'électricité à ses applications les plus récentes, elle s'attache à diffuser les savoirs et encourager les échanges culturels et met à disposition les compétences techniques de l'entreprise pour la sauvegarde du patrimoine. Rendre accessible et faire partager au plus grand nombre la découverte des richesses patrimoniales constitue donc un engagement fort de la fondation EDF qui souhaite accompagner sur ce thème l'engagement des acteurs locaux.

C'est donc tout naturellement que depuis 2004, la Fondation EDF est un partenaire incontournable pour la « Plage aux Ptérosaures », en liaison avec ses représentants dans le département que sont la Délégation EDF Midi-Pyrénées et le Centre EDF Gaz de France Distribution Lot.



A Crayssac, les fouilles sont intimement liées à la lumière. Une empreinte de dinosaure de jour (à gauche) et de nuit. L'éclairage rasant fait ressortir le moindre détail.

## Que voit-on en VISITE GUIDÉE ? What can you see in GUIDED TOUR ?



- Entre ciel et terre, découvrez un site naturel surprenant.
- Open to the sky, discover a unusual natural site.



- Plongez dans la fraîcheur des profondeurs du Causse, au cœur d'une grotte à ciel ouvert.
- Make a journey into the cool depths of an open cast cave in the limestone Causse.



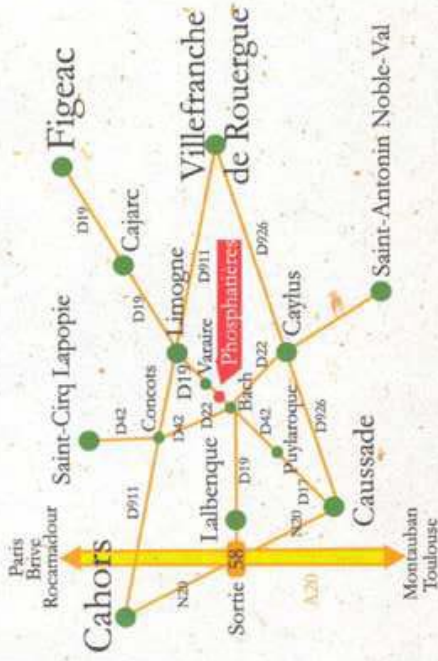
- Descendez au milieu d'une végétation d'ambiance « tropicale ».
- Descend into an atmosphere of « tropical » vegetation.



- Suivez les mineurs du 19<sup>ème</sup> siècle à la recherche du phosphate !
- Follow in the footsteps of the 19th century miners seeking phosphate !
- Avec les fossiles, explorez le temps sur 30 millions d'années.
- With fossils, explore a period of 30 millions years.



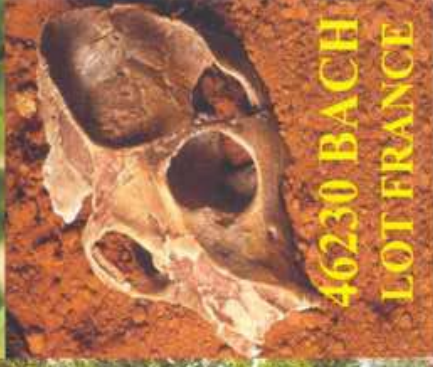
- Individuels :** ouvert de début avril à début novembre.
- General public :** Open from April to November.
- Groupes (+ de 15 p.) :** toute l'année sur rendez-vous.
- Groups (> 15 p.):** open all year by prior reservation.



Coordonnées GPS : 01°41'25" E / 44°21'08" N  
 Route de Varaire, 46260 Bach – France  
 06.03.93.45.91  
 05.65.20.06.72 (aux heures d'ouverture)  
 phosphatieres@wanadoo.fr  
 http://www.phosphatieres.com

# Phosphatières DU CLOUP D'AURAL

Laissez-vous surprendre !



46230 BACH  
LOT FRANCE



# Phosphatières DU CLOUP D'AUVAL



## LES PHOSPHATIÈRES - VISITE GUIDÉE

### GUIDED TOUR (45 min)

Découvrez le site des phosphatières et son histoire.  
(voir au verso)

Learn about the site and history of the phosphatières.  
(see overleaf)

Cette visite, indispensable pour comprendre le site, est obligatoirement guidée.

This visit must be done to understand the site and is necessarily in guided tour.



## CLIMATS & ANIMAUX DU PASSE

### CLIMATES & ANIMALS

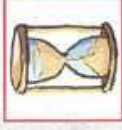
Saurez-vous reconnaître ces silhouettes grandeur nature?  
Can you recognise these life-size shapes?



## PALEONTOLOGIE / PALEONTOLOGY

Apprenez comment des fossiles racontent plus de 30 millions d'années d'évolution.

Understand how fossils relate to more than 30 millions years of evolution.



## TEMPS / TIME

Parcourez 100 millions d'années sur 200 m.

Travel through 100 million years along a 100 m. walk.



## PHOSPHATE

Découvrez le phosphate d'Hier à Aujourd'hui.

Learn about phosphate from Yesterday to Today.



## FLORE / FLORA

Explorez la flore du Causse.

Explore the flora of the limestone Causse.



## EAU ET CAUSSE

### WATER AND LIMESTONE CAUSSE

Suivez cette ressource vitale dans un milieu naturel fragile.  
Follow this vital resource within a fragile environment.

## JEUX « SPECIAL FAMILLE »

### JEU DE PISTE / BAG DE FOUILLE

- Un des Animaux du Passé a disparu. Trouvez lequel.
- Jouez au paléontologue, cherchez les fossiles sous le sable.

## GAMES "SPECIALLY FOR THE FAMILY"

### MYSTERY ANIMAL HUNT / EXCAVATION SITE

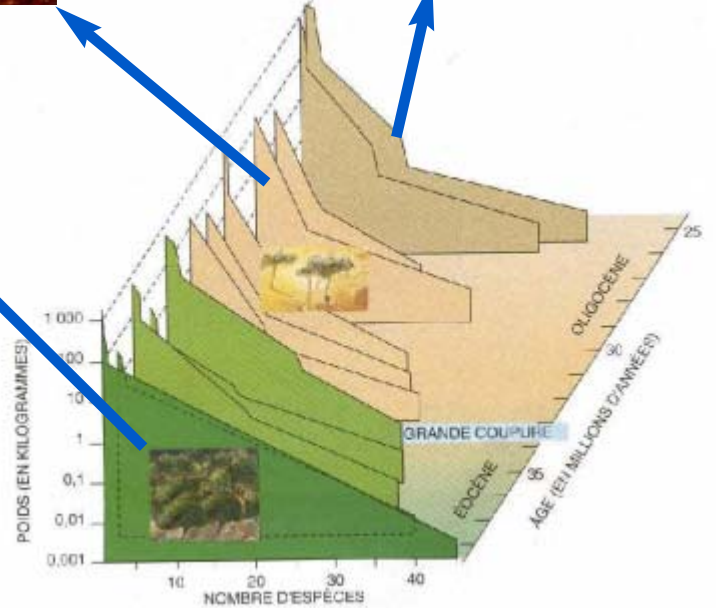
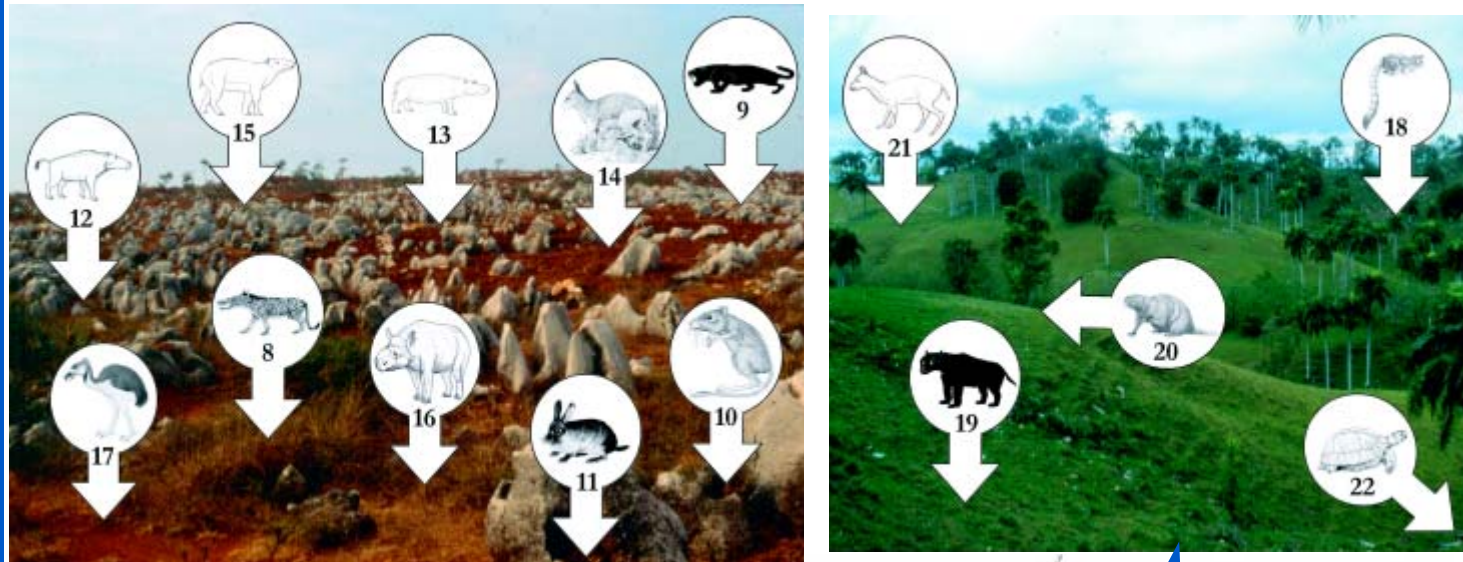
- An Animal from the Past disappeared. Find which one
- Be a paleontologist, look for fossils in the sand.



## Une situation unique au monde

Les chercheurs du CNRS ont baptisé eux-mêmes les phosphatières du Quercy de "laboratoire naturel de l'évolution". En effet, à la différence de la plupart des gisements paléontologiques constitués en milieu continental, la durée des enregistrements fossilifères est longue (environ 34 millions d'années).

Chaque ensemble sédimentaire s'est rapidement formé (quelques dizaines de milliers d'années au maximum) et on sait que la macro-évolution biologique n'est décelable, dans le meilleur des cas, qu'à partir d'un intervalle de temps minimal de l'ordre de 300 000 ans. Chaque gisement permet ainsi d'établir un "instantané" du degré évolutif de la faune à un moment donné. Et la succession temporelle de ces "photographies" conduit à retracer l'évolution de quasiment tous les groupes vertébrés connus à l'ère tertiaire tout en établissant des relations avec les modifications climatiques et environnementales.



### Pour en savoir plus :

- . BT n°1116 (mars 2000) - Pièges à fossiles : les poches à phosphates du Quercy - Éditions PEMF
- . Serge Legendre et col. (1997) - Les phosphorites du Quercy : 30 ans de recherches. Bilan et perspectives. Geobios M.S. n° 20, 331-345
- . Recherches sur les karsts du Quercy et du Sud-Ouest de la France (1986) - Commission scientifique du Comité Spéléologique Régional Midi-Pyrénées
- . Thierry Pélissié et col. (1999) - Les phosphatières du Quercy - Spelunca n°73 pp. 23-38
- . Cécile Mourer-Chauvire et col. (1999) - Le Quercy tropical - Pour la Science n°262 pp. 60-69
- . Karine Aymard (1996) - L'exploitation industrielle des phosphates dans le Quercy aux XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles - Mémoire de maîtrise présenté sous la direction de M.Cazals Rémy Université de Toulouse Le Mirail
- . Sylvain Duffaud sous la direction de Jean-Yves Crochet (1995) - Approche ethno-archéologique des phosphatières du Lot et du Tarn-et-Garonne- Rapport pour le Service Régional de l'Archéologie Laboratoire de Paléontologie CC064 Université Montpellier II

**Contact sur le thème :** Thierry Pélissié, Géologue, Président de l'Association "Les phosphatières du Quercy", Membre du Comité Scientifique et de Prospective du Parc naturel régional des Causses du Quercy et auteur de ce numéro de *Regards sur le Parc*

Parc naturel régional des Causses du Quercy - B.P.10 - 46240 Labastide-Murat - [www.parc-causses-du-quercy.org](http://www.parc-causses-du-quercy.org)  
Tél. 05 65 24 20 50 - [contact@parc-causses-du-quercy.org](mailto:contact@parc-causses-du-quercy.org)

Directeur de publication : Serge Juskiewski - Réalisation : Isabelle de Bontin - Crédits carte et illustrations : BT n°1116, C. Mourer et col., J.N. Salomon-Phosphatières du Quercy, Comité Scientifique et de Prospective - Impression : Cahors Imprimerie - ISSN : 1951-0772



## Thème n°3 : les phosphatières du Quercy

Au sud des Causses du Quercy, entre les vallées de l'Aveyron et du Célé, se situent les phosphatières. Elles apparaissent comme des gouffres mais une observation rapide permet de déceler de multiples traces d'exploitation humaine, témoignages de la fièvre du phosphate qui enflamma la région vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Elles sont bien connues des paléontologues qui y déchiffrent aujourd'hui l'évolution conjointe du climat, de l'environnement et des organismes. A travers ce numéro de "Regards sur le Parc", nous vous invitons à la découverte de ce site exceptionnel.

Thierry Pélissié

Membre du Comité Scientifique et de Prospective du Parc naturel régional des Causses du Quercy

### Leur histoire

Simplifions-la en quatre phases principales :



Creusement et remplissage au cours de l'ère tertiaire

Activité minière au XIX<sup>e</sup> siècle

Recherche et études au XXI<sup>e</sup> siècle

### Une activité minière en plein essor au XIX<sup>e</sup> siècle

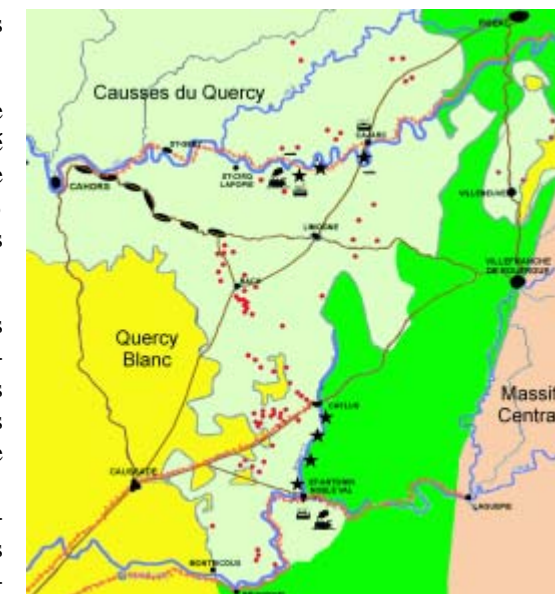
Vers le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, face à la croissance démographique, l'agriculture doit augmenter sa productivité. L'utilisation des engrais se généralise alors, notamment celle des phosphates. Après avoir suggéré d'utiliser les cadavres des champs de bataille napoléoniens, les agronomes s'orientent vers la recherche de minerais.

Les 1<sup>ères</sup> découvertes ont lieu vers 1850 en Angleterre, puis dans le nord de la France (Meuse, baie de Somme...).

En 1865, Jean-André Poumarède, chimiste natif de Réalville (Tarn-et-Garonne), remarque la vigueur inhabituelle du blé dans une parcelle des environs de Caylus. Mélangés à l'argile rouge, il découvre d'abondants nodules composés jusqu'à 80% de phosphate tricalcique ainsi qu'une multitude d'ossements fossiles.

Observant les taupinières et les murets, les prospecteurs sillonnent le sud du Quercy. Près de 300 gisements sont repérés et font l'objet de contrats d'exploitation entre propriétaires et compagnies minières. De 1870 à 1886, 2 400 mineurs extraient annuellement 30 000 tonnes de phosphate pour une valeur d'un million de francs de l'époque !

Charrois (transports par chariot ou par charrette) et trains routiers acheminent le précieux minerai vers les vallées. Après broyage dans des moulins reconvertis, l'essentiel de la production sera transporté par gabarres et par trains vers Bordeaux puis l'Angleterre.



## Des conditions d'exploitation difficiles

Les images parlent d'elles-mêmes !



Phosphatière de Raynal (collection Trutat, MHN Toulouse)

## Crise, tentatives de reprise et reconversions diverses

De nouveaux gisements sont découverts en France (région de Carcassonne, limite Gard/Hérault), mais surtout en Floride et en Afrique du nord. L'activité périclité rapidement : l'hiver 1886/1887 voit l'interruption brutale de 80% de l'activité. Cette crise se superpose à celle du phylloxéra qui détruit le vignoble. Pour les communes de Bach, Beauregard, Varaire, Saillac... il en résulte un fort exode rural avec émigration vers les États-Unis, pour rejoindre notamment les tanneries californiennes.

L'activité minière devenue saisonnière se poursuivra sur les sites principaux (Prajoux, Mémerlin, Cloup d'Aural) jusqu'aux premières années du XX<sup>e</sup> siècle. Vers 1920, quelques reprises sont engagées grâce au travail des prisonniers de guerre allemands. Dans les années 40, pour tenter d'échapper au STO (Service du travail obligatoire), plusieurs chantiers sont réouverts par des jeunes locaux. Toutes ces tentatives se solderont par des échecs : il reste certes du phosphate mais son exploitation est à présent totalement irréaliste !

Dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, évolution significative du vocabulaire, les anciennes "carrières à phosphate" se muent en "trous à phosphate". Bref, entre les bêtes crevées, les carcasses de voitures, les bidons de produits divers, les archives communales... une menace progresse lentement sur les réserves aquifères du Causse de Limogne. Dès l'annonce de sa découverte, J.-A. Poumarède (voir page 1) avait noté l'intérêt paléontologique des phosphatières. D'innombrables et magnifiques pièces ont ainsi atterri dans les musées du monde entier, induisant la fausse idée d'un mélange inextricable des faunes y reposant. Depuis 1965, suite aux travaux fondateurs de Bernard Gèze, les études paléontologiques ont repris, prouvant alors l'homogénéité de chaque gisement et dévoilant le "laboratoire naturel de l'évolution".

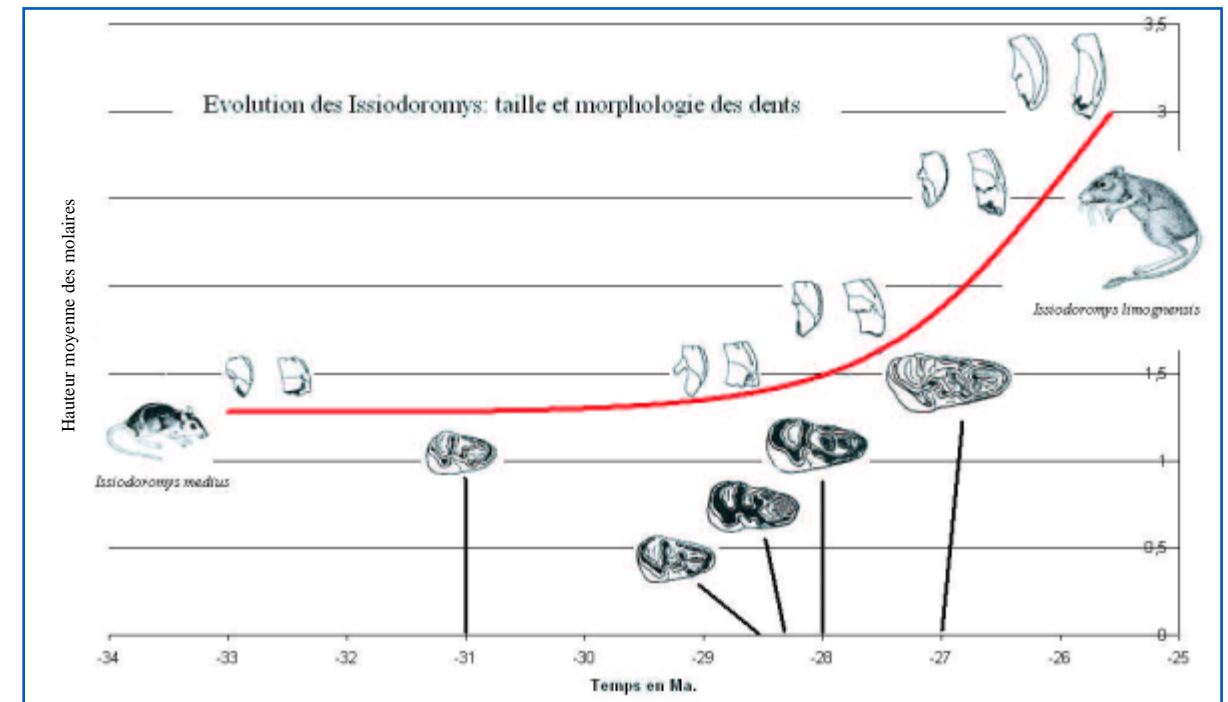
Depuis 1990, l'association "Les phosphatières du Quercy" s'attache à la préservation et à la valorisation pédagogique et touristique de ce patrimoine. C'est dans ce cadre que, depuis 2000, le site du Coup d'Aural à Bach est ouvert au public.

## Un extraordinaire chantier scientifique...

Entre les anciennes collections liées à l'exploitation minière et les fouilles menées depuis 40 ans, le répertoire paléontologique des phosphatières est éloquent :

- plus de 130 gisements fossilifères étalés entre 52 et 18 millions d'années avant notre ère ;
- des millions d'individus (jusqu'à 12 000 pour un seul gisement) et un état de conservation exceptionnel ;
- une grande diversité : au moins 6 familles de végétaux, 15 espèces d'amphibiens, 81 de reptiles, 75 d'oiseaux et près de 500 espèces de mammifères ;
- de nombreux gisements, suffisamment riches sur un intervalle temporel réduit, pouvant servir de base à des études de type écologique et contribuer à préciser les analyses prospectives en termes d'évolution de la biodiversité ;
- 6 localités du Quercy servant de référence dans l'échelle biostratigraphique du Tertiaire continental européen.

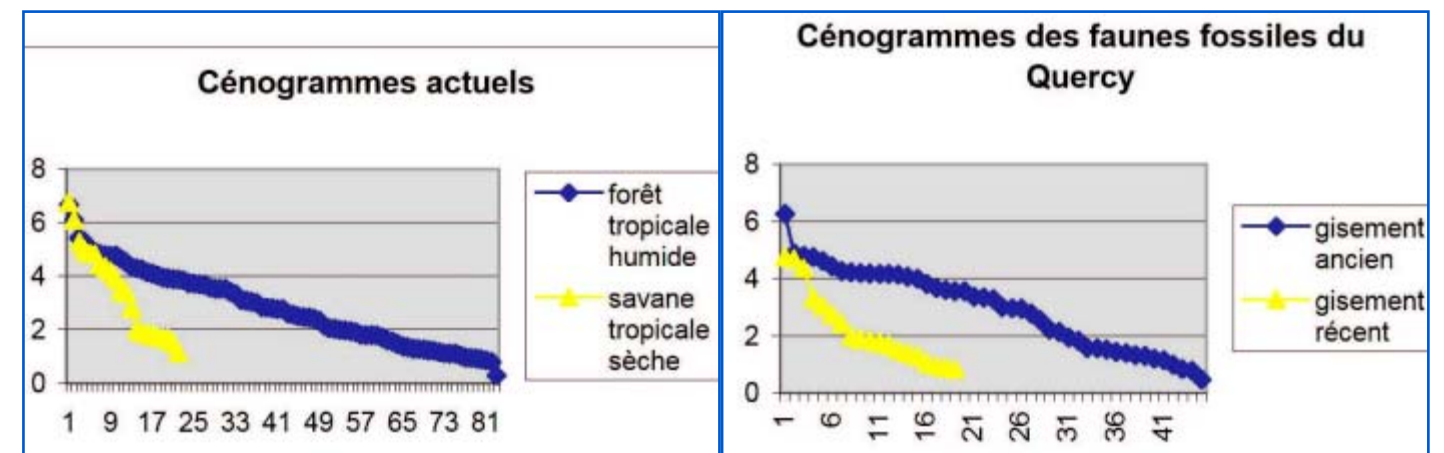
## ... permettant de connaître l'évolution des organismes, ...



Graphique ci-dessus : évolution de la taille et de la morphologie des dents chez divers rongeurs de l'Oligocène européen (= période entre - 34 à - 23,5 millions d'années).

## ... du climat et de l'environnement

On construit un cénogramme en faisant l'inventaire de la faune d'un milieu donné. Sur l'axe des abscisses, on classe ces espèces de la plus lourde à la plus légère. On porte en ordonnées le poids moyen de chacune des espèces. Le graphique obtenu est caractéristique du type de végétation et du degré d'aridité du milieu considéré. Cette technique issue de l'écologie est applicable aux riches gisements des phosphatières.



## Les pistes de recherche actuelles :

- élargissement de la répartition temporelle des gisements,
- études sédimentologiques et taphonomiques pour mieux comprendre la dynamique karstique,
- analyse écologique des populations,
- reconstitution des évolutions climatiques de l'ère tertiaire,
- analyses géochimiques et isotopiques : mesures du delta <sup>18</sup>O pour les paléotempératures, des delta <sup>13</sup>C et <sup>15</sup>N pour mieux caractériser les anciens écosystèmes,
- datations absolues des encroûtements phosphatés par la méthode des traces de fission et des planchers stalagmitiques par les méthodes U/Pb.

## En projet : des mesures de protection et de valorisation

- labellisation "Geopark" et inscription au patrimoine mondial de l'UNESCO,
- création d'une réserve géologique nationale.

# BT

1116

# pièges à fossiles

- ◆ Les norias d'Hama
- ◆ La Chaussée des géants
- ◆ La mesure du temps

pemf

# Pièges à fossiles

*Les poches à phosphate du Quercy*

**E**n 1866, la découverte de phosphorite près de Caylus, au nord du département du Tarn-et-Garonne, est à l'origine d'une aventure industrielle et surtout scientifique.

A cette époque, ce minéral est déjà très recherché, car, traité à l'acide sulfurique, il fournit un excellent engrais pour les plantes, actuellement connu sous le nom de super-phosphate.

Les premiers essais d'extraction, en 1870, indiquent que le minerai est concentré dans d'anciennes cavités souterraines entièrement comblées par des argiles rouges. Les ouvriers carriers y récoltent de nombreux fossiles de l'ère tertiaire : des dents, des os, parfois des crânes complets. Ils vendent clandestinement ces pièces à des amateurs ou à des représentants des musées du monde entier. L'exploitation industrielle ne durera qu'une vingtaine d'années, mais les fossiles récoltés, qui témoignent de l'évolution des animaux pendant trente millions d'années, au cours de l'ère tertiaire, vont assurer la célébrité internationale de ces poches à phosphate.

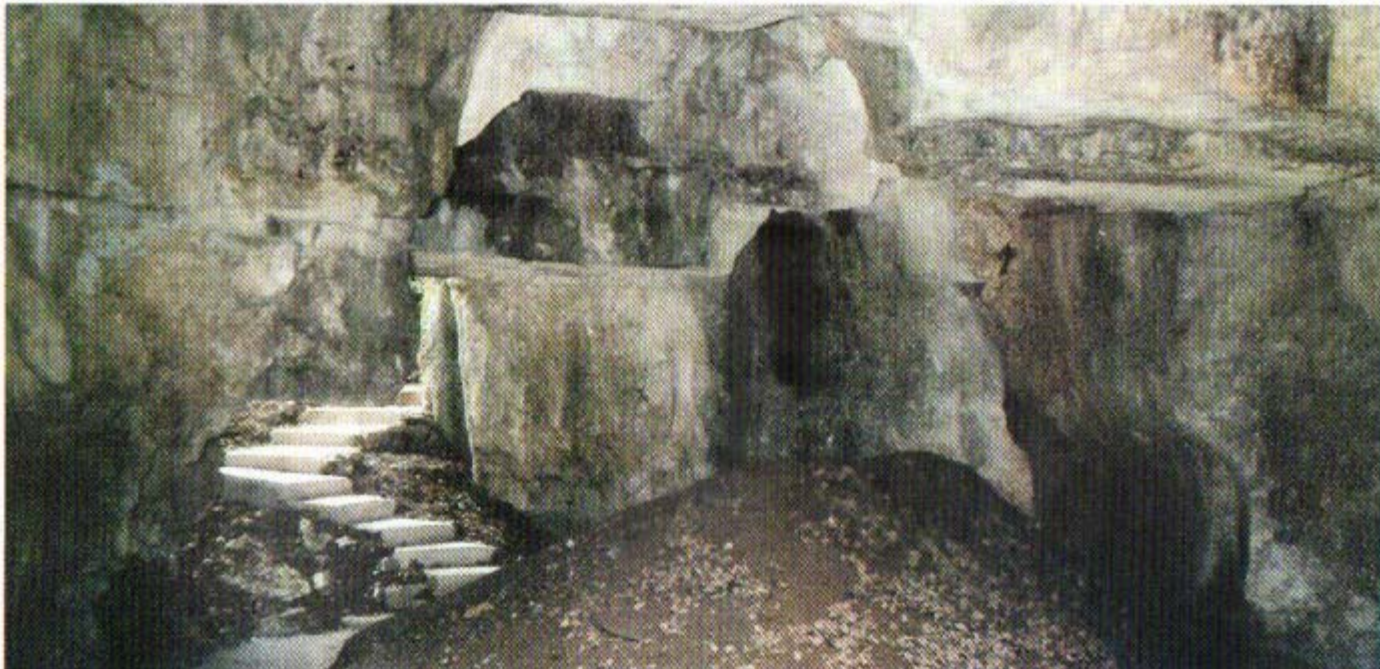
En 1965, des paléontologues, spécialistes des fossiles, redécouvrent ces poches à l'abandon depuis plus de cinquante ans. Une nouvelle aventure commence pour elles...

## Des mots clés

- ◆ calendrier
- ◆ Géologie
- ◆ paléontologie
- ◆ dérive des continents
- ◆ industrie minière
- ◆ Quercy
- ◆ eau
- ◆ Irlande du Nord
- ◆ spéléologie
- ◆ ère tertiaire
- ◆ mesure du temps
- ◆ Syrie
- ◆ fossiles
- ◆ Noria
- ◆ théorie de l'évolution

## Des reportages

- ◆ La mesure du temps : le calendrier grégorien
- ◆ La Chaussée des géants
- ◆ Les norias d'Hama



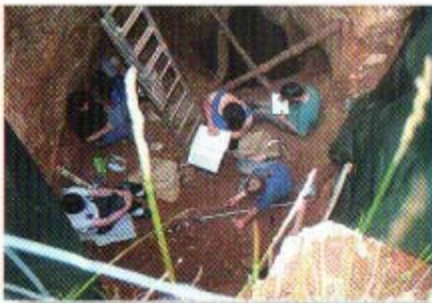
## Plèges à fossiles

**Œuvre collective réalisée et écrite  
sous la coordination de l'ICEM-PÉDAGOGIE FREINET.**

**Ce dossier a été conçu par :** Jean-Yves CROCHET, ISEM, Laboratoire de paléontologie, Université de Montpellier II avec l'aide de Pierre-Olivier ANTOINE, Institut de Paléontologie du Muséum national d'histoire naturelle de Paris, de Sylvain DUFFAUD, Musée des dinosaures d'Esperaza et de Frédéric LAUDET, ISEM, Laboratoire de paléontologie, Université de Montpellier II.

**La mise au point du dossier a été assurée par un groupe de travail de l'ICEM, coordonné par Pierre PÉGUIN. Y ont collaboré :** Pierre COURBET, Anne-Marie DUFOUR, Bernard HAMON, Christian KRESAY, Denis MORIN, Hélène MORIN-HAMON.

**Nous remercions** Thierry PÉLISSIE, association *Les Escaliers du temps*, pour son aide.



**Pour répondre à toute demande  
un outil en recherche documentaire**

**Bibliothèque de travail  
fondée par Célestin Freinet**

• Publication éditée, imprimée et diffusée par PEMF - Société anonyme - RCS Cannes B 339 033 334 - APE 221 E. Siège social : Parc de l'Argile, voie E - 06170 Mouans Sartoux (France).

**Directrice générale de rédaction : Françoise GILLES** - Responsable de rédaction : Pierre PÉGUIN - Directeur de la publication : Hugues de SAINT-VINCENT - Comité de direction : président-directeur général : Hugues de SAINT-VINCENT - administrateurs : Georges DÉLOBBE, Françoise GILLES, Pierre KOGAN.

• PEMF - 06376 MOUANS SARTOUX CEDEX - Commercial / tél. : 04 92 284 285 - Fax : 04 92 92 18 04 - Mèl : commercial@pemf.fr - Minitel : 3614 pemf - Site PEMF : <http://www.pemf.fr> - Rédaction : tél. : 04 92 284 284 - Fax : 04 92 284 299 - Mèl : redaction@pemf.fr  
Loi n° 49956 du 16 juillet 1949 sur les publications destinées à la jeunesse - Dépôt légal à parution - N° CPPAP : 53288 - ISSN 0005-335X

### Photographies :

Les clichés présentés dans ce dossier sont de Jean-Yves CROCHET, à l'exception du cliché de l'écran p. 18 (cliché J. SUDRE) et de celui du palais de Ranzosheim p. 25 (cliché L. GINSBURG). La photographie de la grenouille des anciennes récoltes du Quercy p. 19 conservée à l'Institut de paléontologie du Muséum national d'histoire naturelle de Paris a été gracieusement fournie par la photothèque de ce institut (cliché D. SERRETTE).  
AKG Paris/Gilles Memet : p. 35 - AKG Paris : p. 36 - François Guédec : p. 34 et 38 à 48 - JACARA/Momatiuk Y./phr : p. 20 - /Krasemann Stephen I : p. 27 (en haut à gauche) ; /Schwind Herbert : p. 22/23 ; /Frédéric : p. 23 ; /Cordier Sylvain : p. 25 ; /Dulhoste René : p. 31 (en bas à gauche) ; /Krasemann Stephen : p. 31 (en bas à droite) ; /Davis Tim/ phr : p. 31 (en haut).

**Recherche iconographique : Christiane FRANCHETTI.**

**Dessins Bernard NICOLAS** : p. 3, 6, 7 (d'après Laurence MERLIN), 12, 13, 14, 15, 18, 21, 23, 24, 26, 27, 28/29, 30. La reconstitution du rhinocéros *Rhinoceros* p. 24 a été réalisée d'après un dessin de P.-O. ANTOINE.

**Cartographie : Anila SAUVADET**, p. 5 (en haut) ; Marie SIANO p. 5 (en bas)

**Maquette : Marie SIANO** (p. 2 à 53), Anila SAUVADET (p. 34 à 48).

**Correctrices : Elisabeth ANFOSSO, Sophie GERBAUDO.**

## Un dossier

# Pièges à fossiles

*Les poches à phosphate du Quercy*

- ◆ **2** *La découverte du phosphate*
- ◆ **4** *L'exploitation industrielle et l'oubli*
  - 4 Il était une fois le Quercy...
  - 6 Une exploitation industrielle
  - 8 Un karst après son « vidage »
  - 10 Le retour des paléontologues
  - 12 Histoire d'une phosphatière
- ◆ **14** *Les fossiles, témoins de l'évolution*
  - 14 La mise en place des fossiles
  - 16 Des fossiles au laboratoire
  - 18 Une grande diversité de fossiles
  - 20 Des animaux disparus : les paléothères
  - 22 Des descendants sur d'autres continents
  - 24 Des rhinocéros venus d'Asie
- ◆ **26** *Histoire de la répartition des animaux sur Terre*
  - 26 La paléogéographie
  - 28 Climats et faunes changent
  - 30 L'importance biochronologique des faunes
- ◆ **32** *L'avenir des poches à phosphate*

## Des reportages

- ◆ **34** *La mesure du temps*  
*Le calendrier grégorien*



- ◆ **38** *La Chaussée des géants*  
*Une curiosité géologique irlandaise*



- ◆ **45** *Les norias d'Hama*

# Pièges à fossiles

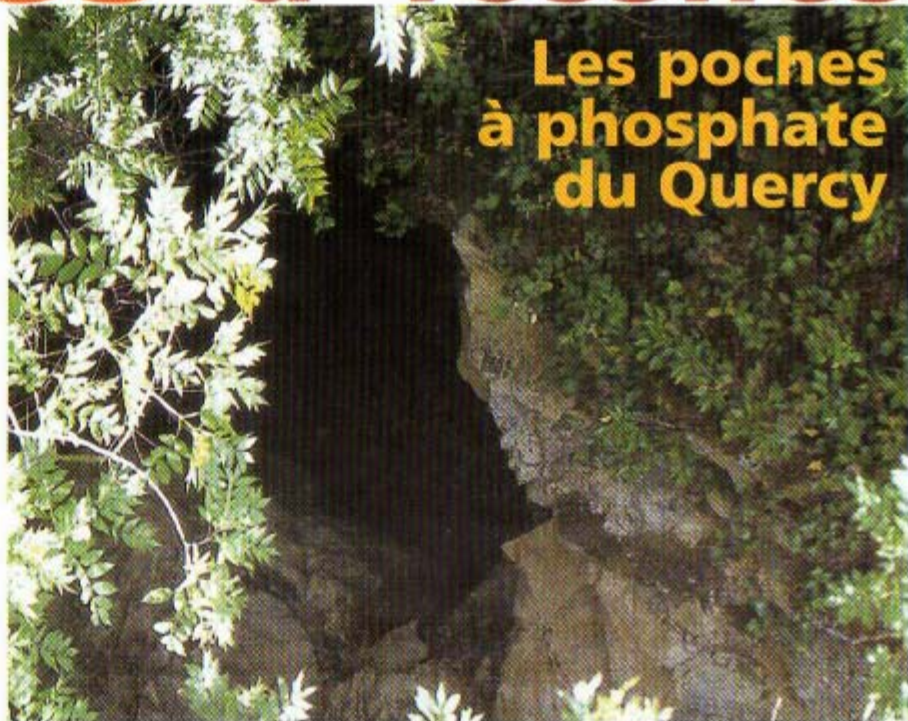
La découverte  
du phosphate



Portrait de Jean-André Poumarède

En 1866, Jean-André Poumarède (1817-1889), ingénieur-chimiste et homme d'affaires, remarque sur le causse de Limogne, près de Caylus, au nord du département du Tarn-et-Garonne, qu'une partie d'un champ

Les poches  
à phosphate  
du Quercy



L'entrée d'une ancienne poche  
à phosphate

de blé est particulièrement prospère. Il y récolte des blocs noduleux. Les analyses réalisées à sa demande révèlent qu'ils sont composés d'un minéral, la **phosphorite**, qui est un phosphate de calcium.

A cette époque, ce minéral est déjà très recherché, car, traité à l'acide sulfurique, il fournit un excellent engrais pour les plantes, actuellement connu sous le nom de **super-phosphate**.

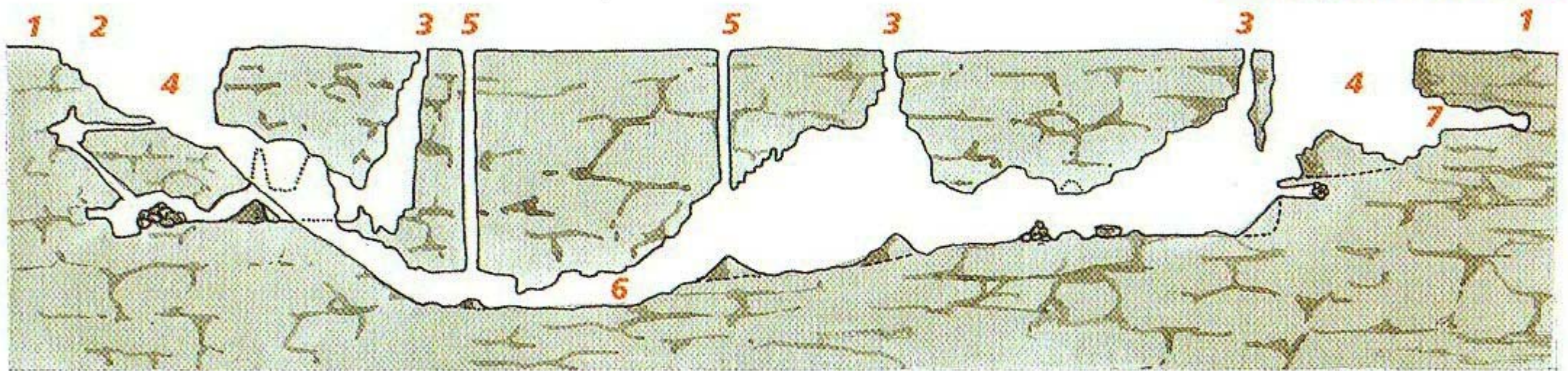
Les premiers essais d'extraction, en 1870, indiquent que le phosphate est concentré dans d'anciennes cavités souterraines entièrement comblées par des argiles rouges. Les ouvriers carriers récoltent dans ces argiles de nombreux restes de vertébrés continentaux : des dents, des os, parfois des crânes complets. Ils vendent clandestinement ces pièces à des amateurs ou à des représentants des musées du monde entier.

Ces restes, qui étaient destinés au broyage, au même titre que les blocs de phosphate, vont pourtant assurer la célébrité internationale des poches à phosphate du Quercy. En 1965, des paléontologues redécouvrent ces poches à phosphate à l'abandon depuis plus de cinquante ans. Les poches à phosphate du Quercy reprennent vie : une nouvelle aventure commence pour elles...

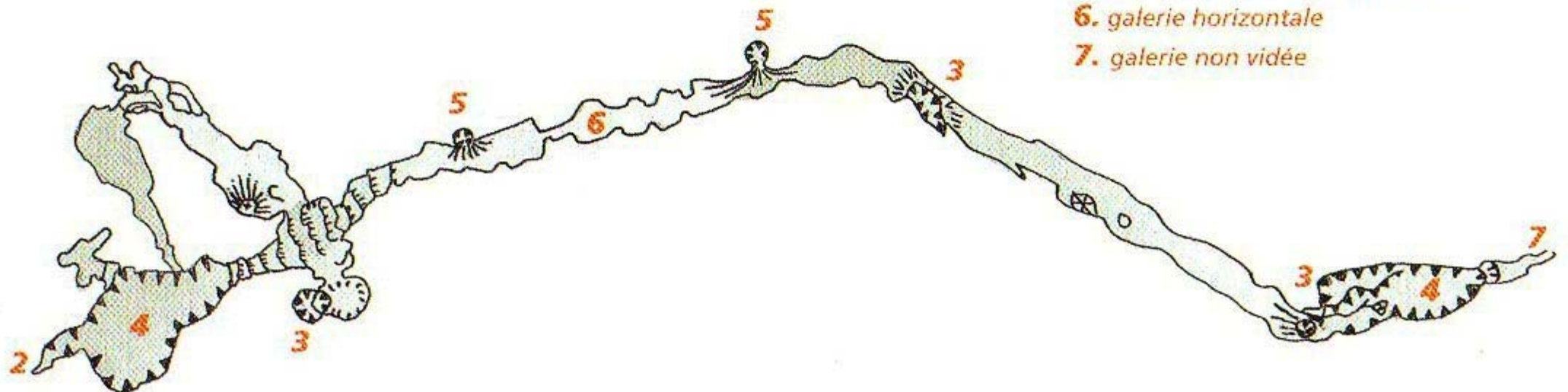


Un bloc de phosphate

Plan et coupe d'une poche à phosphate cinquante ans après son exploitation industrielle. La galerie principale se poursuit aux extrémités de la poche, mais ces prolongements sont inaccessibles ou obstrués par des éboulements.



1. surface actuelle du causse
2. accès actuel
3. cheminées naturelles
4. salle tronquée par l'érosion du causse
5. puits forés par les phosphatiers
6. galerie horizontale
7. galerie non vidée



# L'exploitation industrielle et l'oubli



*Ancien chemin d'exploitation  
sur le causse*

## Il était une fois le Quercy...

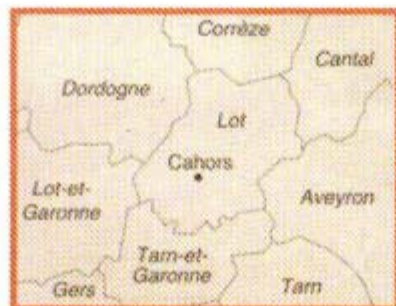
Le Quercy est une région du bassin d'Aquitaine située au contact du Massif central. Il est limité au nord par la vallée de la rivière Dordogne et s'étend au sud jusqu'à celle de l'Aveyron. La vallée

du Lot le sépare en deux parties. Notre aventure va se dérouler sur le petit causse de Limogne, à cheval sur les départements du Lot, au nord, et de l'Aveyron au sud.

Un causse est un plateau calcaire à la végétation clairsemée. Ce type de terrain, très fissuré, est perméable. Les eaux pluviales s'infiltrent rapidement et alimentent des cours d'eau souterrains et des parties

noyées du massif calcaire. Les sources se situent à la périphérie du plateau. Les rivières contournent les causses, comme l'Aveyron, ou les traversent en gorges, comme le Lot.

La découverte des poches à phosphate du Quercy déclenche une véritable fièvre qui va durer vingt ans, de 1870 à 1890, même si certaines exploitations perdurent jusqu'au début du XX<sup>e</sup> siècle. Des compagnies françaises, belges et anglaises louent et achètent les terrains les plus prometteurs. Plusieurs centaines de poches sont ainsi plus ou moins partiellement vidées. L'économie de la région est bouleversée et une certaine prospérité résulte de cette fièvre... Mais on parle déjà des phosphates de Floride et d'Afrique du Nord et le Quercy va vite retrouver la quiétude perdue.

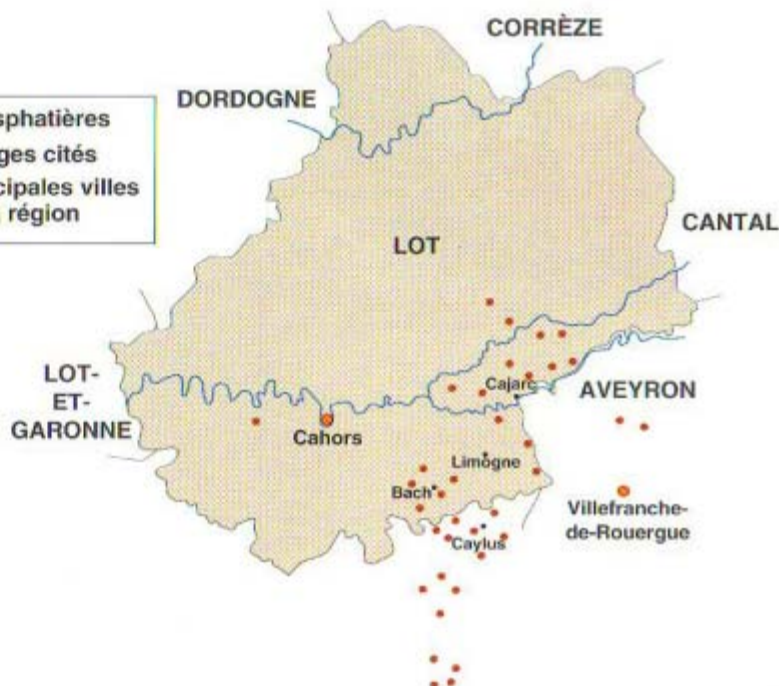


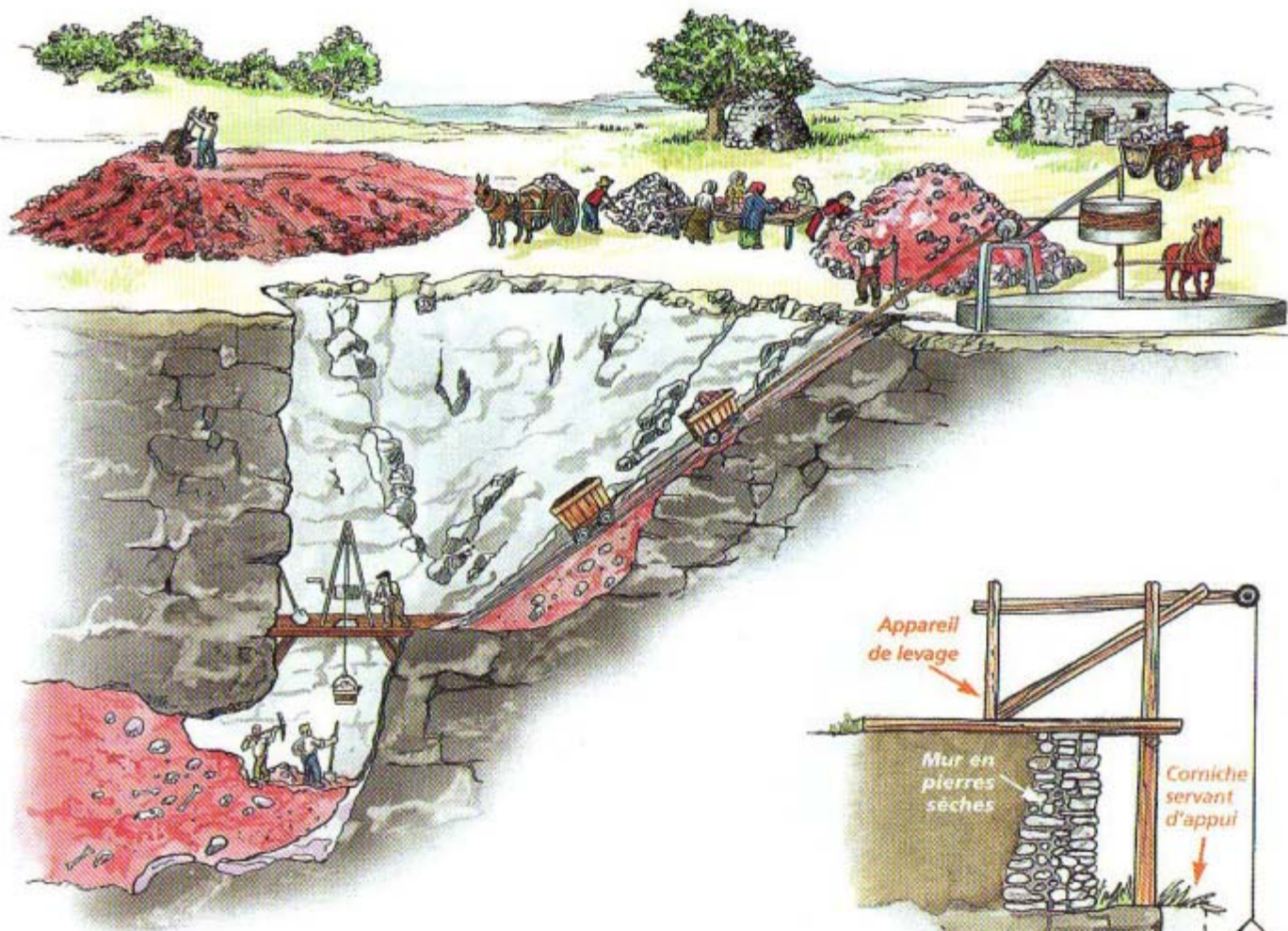
La région du Quercy

Sur le Causse de Limogne



- Phosphatières
- Villages cités
- Principales villes de la région





Reconstitution d'une exploitation  
de phosphate en Quercy, vers 1885.

Appareil  
de levage

Mur en  
pierres  
sèches

Corniche  
servant  
d'appui

Reculée  
artificielle  
de la paroi

## Une exploitation industrielle

De 1880 à 1890, l'exploitation des poches à phosphate du Quercy devient industrielle.

Lorsque les travaux des champs leur laissent un répit, les agriculteurs se font les ouvriers saisonniers des phosphatiers. Ils creusent au fond des poches, remontent à l'aide de cabas\* les argiles, les blocs de minerai qui contiennent le phosphate et les fossiles. Ils peuvent aussi les remonter à la pelle, de niveau en niveau.

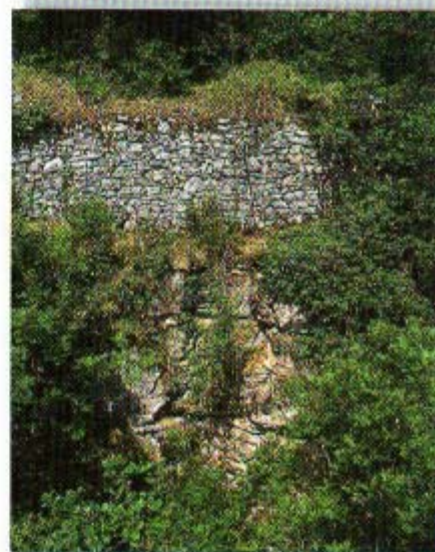
Les niveaux sont constitués par des échafaudages plus ou moins stables. Les accidents ne sont pas rares. Des grues ou des wagonnets sont utilisés pour les poches les plus importantes. Les matériaux extraits sont entassés sur les haldes\*\*. Les femmes et les enfants séparent manuellement le minerai de sa gangue argileuse. Les fossiles de vertébrés, très riches en phosphate, subissent le même sort que les blocs de phosphate : ils sont broyés dans d'anciens moulins à farine et grillés dans d'anciens fours à chaux en bordure du Lot. C'est dans ces conditions que certains ouvriers et ouvrières récupèrent clandestinement des fossiles dans différentes poches qu'ils exploitent.

\* Cabas : grands sacs en paille tressée.

\*\* Halde : terme minier désignant les aires de stockage en surface.

Ces fossiles issus de localités différentes sont vendus à des amateurs, des négociants et à des rabatteurs de musées du monde entier.

Ce mode d'obtention des fossiles explique les mélanges constatés dans les collections constituées à cette époque. Les paléontologues ont remarqué depuis que des sites voisins peuvent livrer des fossiles de périodes différentes.



*Une poche à phosphate dans son état actuel à Saint-Jean-de-Laur. La végétation a envahi les lieux.*



***Schéma réalisé d'après la photo ci-dessus.** Les haldes et l'engin de levage étaient situés sur le cause, en arrière du mur en pierres sèches. La paroi, sous le mur, a été aménagée « en gorge » pour faciliter la remontée des sédiments.*



Les cloches au plafond des galeries sont des « marmîtes de géants » inversées.

Ces réseaux souterrains très anciens ressemblent aux formes actuelles, avec des puits verticaux et des galeries horizontales parfois élargies en salle.

Toutes les parois ont été polies par l'écoulement de l'eau, lorsque le karst était totalement noyé et sous pression.

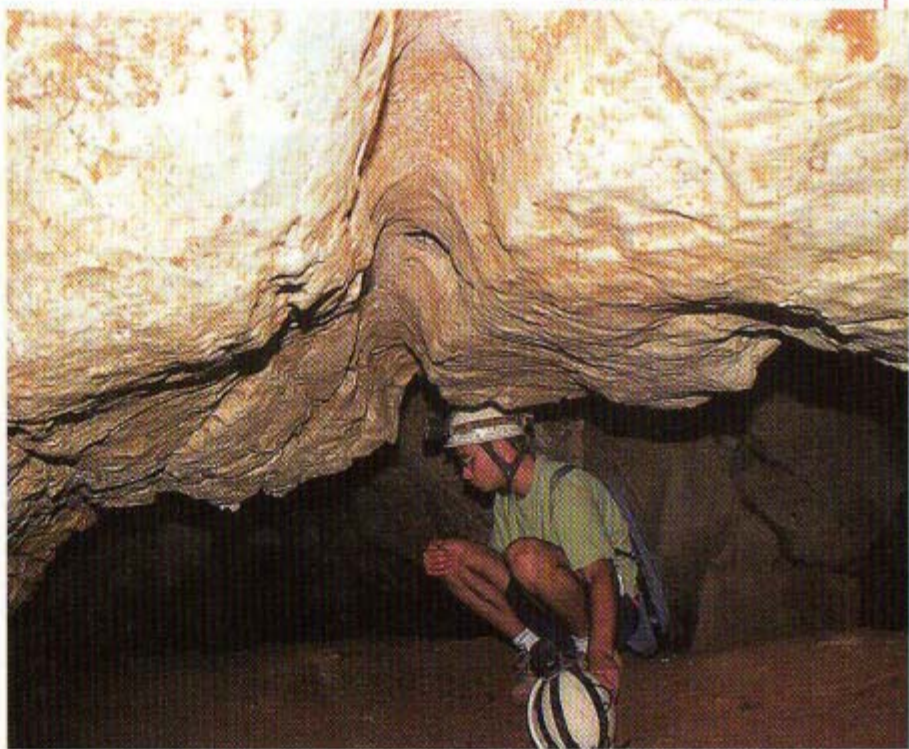
*La dissolution a continué après le remplissage. L'eau circulait alors au plafond, dessinant des drains.*

## Un karst après son « vidage »

Après l'extraction des argiles et du phosphate du karst du Quercy, les cavités reprennent l'aspect qu'elles avaient au moment de leur remplissage\* ; celui d'un karst\*\*, formé à l'ère tertiaire.

\* Entre 50 et 20 millions d'années.

\*\* **Karst** (du nom de la région du Karst, à l'ouest de la Slovénie) : paysage implanté sur des calcaires fissurés et largement dissous par les eaux entraînant la formation de cavités (voir BT 1105, *L'eau, le calcaire, le karst*).





Au sommet d'une salle, les ouvertures naturelles ont été élargies par les phosphatiers pour remonter le minerai.



Une galerie horizontale

← Banc →

Les concrétions : stalactites, stalagmites... qui se sont développées avant la période de comblement ne nous sont que rarement parvenues. Celles qu'on voit ici sont dans un état d'altération avancée.



*De nouvelles poches peuvent être accessibles : celle-ci a été mise au jour sur le front d'une carrière qui exploite actuellement le calcaire.*

## Le retour des paléontologues

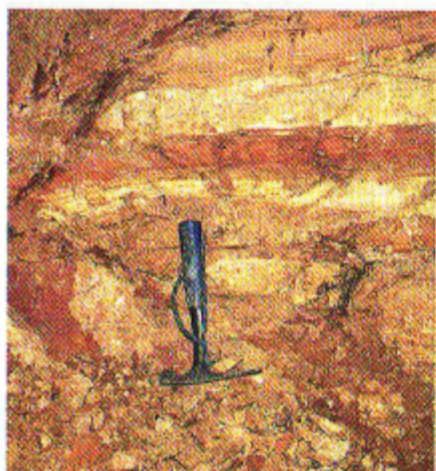
Les faunes des poches à phosphate du Quercy sont représentées dans les collections du monde entier, de Moscou à Sydney et de Buenos Aires à New York, sans parler des musées français et européens. Entre 1871, date de la première publication, et 1965, plus de 150 études décrivent les fossiles récoltés lors de l'exploitation industrielle du phosphate quercinois.

Il faut pourtant attendre 1965 pour que les recherches reprennent sur le terrain. En examinant les déblais accumulés sur les baldes, les paléontologues\* constatent que les fossiles qu'ils découvrent à proximité de chaque site ont un âge précis. Cet âge est différent selon les poches. Ils décident alors de descendre dans les anciennes phosphatières.

\* **Paléontologue** : scientifique qui étudie les fossiles.

Les paléontologues pénètrent dans les poches en utilisant les techniques de la spéléologie et redécouvrent des argiles rouges restées en place et contenant des fossiles.

Des fouilles sont encore possibles sur quelques rares sites.



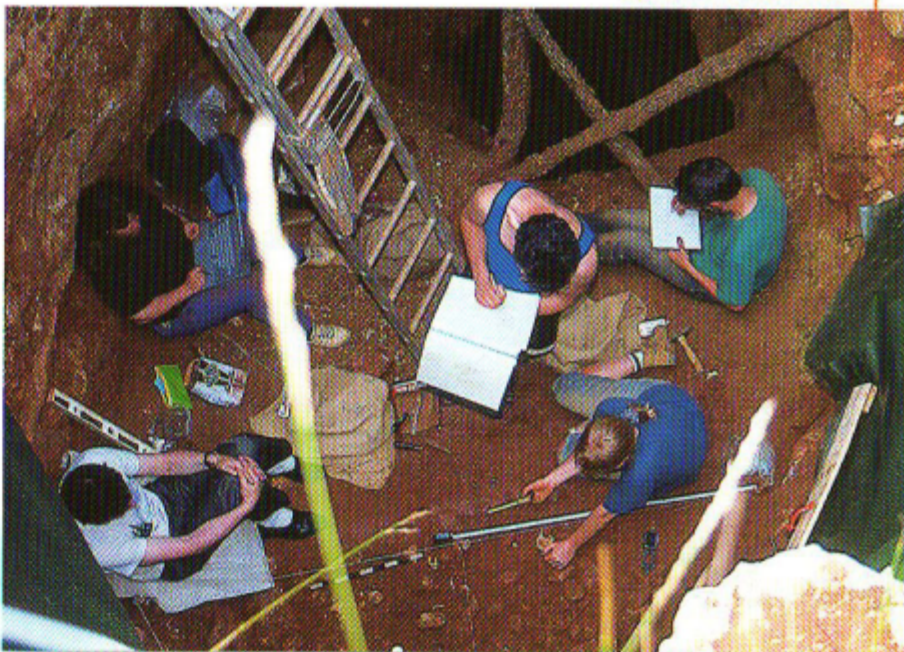
*Sédiments phosphatés en place : les phosphatiers n'ont pas toujours entièrement vidé les poches. Ces sédiments seront prélevés, lavés et triés au laboratoire.*

Dans les anciennes collections, les fossiles de grande taille sont les plus abondants. Les microfossiles dominent nettement dans les nouvelles récoltes : les objectifs et les méthodes ne sont plus les mêmes. Plusieurs dizaines de milliers de pièces ont été inventoriées par les paléontologues.



*Examen d'une ancienne halde*

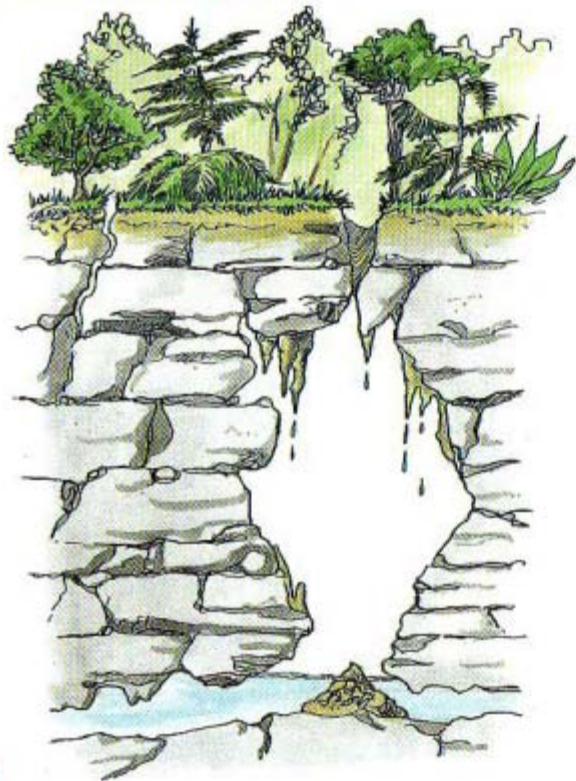
*Une fouille à proximité de la surface*



## Histoire d'une phosphatière

Observons l'histoire d'une phosphatière du causse de Limogne. Ce causse a une histoire très ancienne. Sa surface est constituée de calcaires déposés dans la mer jurassique entre 190 et 150 millions d'années.

La région émerge définitivement au cours de la période suivante : le crétacé (voir graphique p. 18).

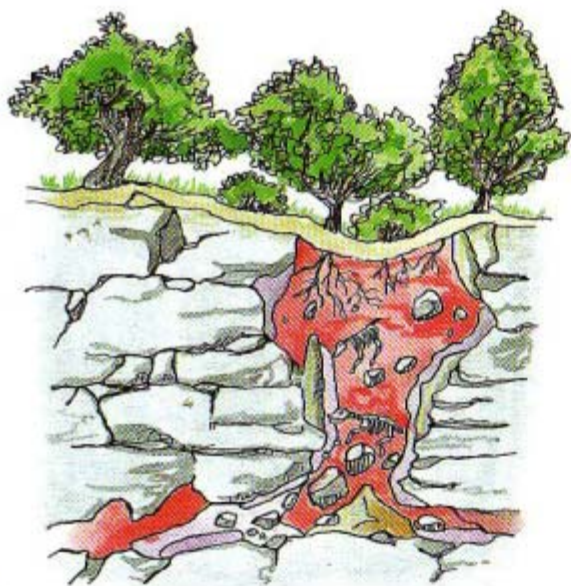


a

A la fin de l'ère secondaire et au début de l'ère tertiaire, entre 100 et 50 millions d'années, la dissolution des calcaires par des eaux chargées d'acide humique et de gaz carbonique crée des vides dans les roches : ce sont des avens, des galeries, fissures de toute taille... Le climat est tropical humide. Des concrétions se forment aux parois des cavités. Le réseau hydrographique souterrain est très actif et des cloches se développent dans les galeries sous pression.

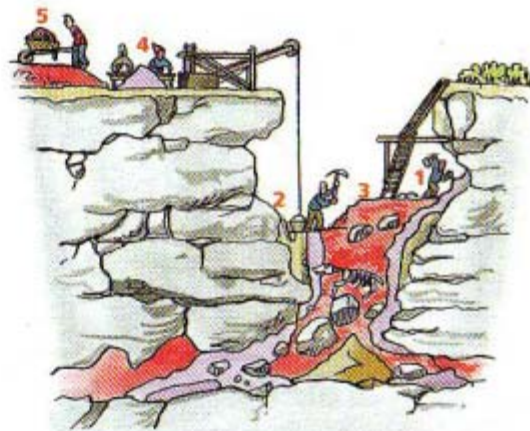
b

Entre 50 et 20 millions d'années, la dissolution abaisse l'altitude du causse. Les produits de l'érosion sont évacués par les rivières souterraines qui développent des réseaux plus profonds. Le sommet de certaines cavités s'ouvre, formant un aven qui sert de piège aux animaux qui y meurent. Des argiles rouges, des restes d'anciens sols et des blocs de calcaire s'accumulent au fond de la cavité et recouvrent les ossements. Le phosphate (voir encadré) consolide les os et se concrétionne rapidement sur les parois.



c

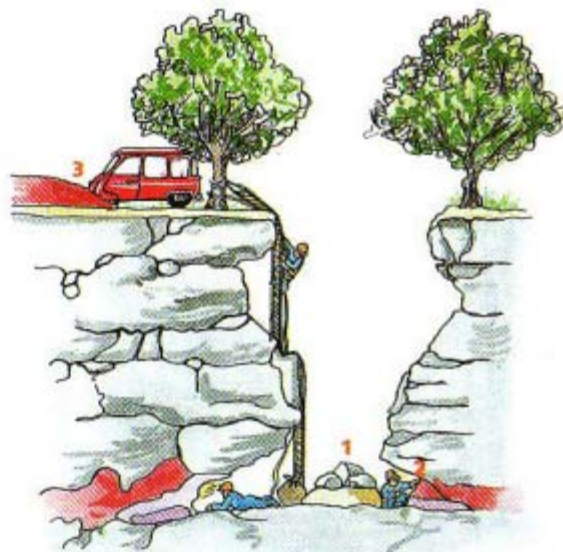
A la fin du tertiaire, les cavités sont entièrement comblées. Des dépressions marquent en surface la présence de ces anciens vides.



d

#### 1870 : l'exploitation du phosphate

1. carrière exploitant un encroûtement de phosphate. Ces encroûtements sont situés le long des parois et à la base des poches, là où l'eau circulait préférentiellement juste après le comblement.
2. l'encroûtement de phosphate a été enlevé.
3. extraction des argiles.
4. tri des argiles sur la halde.
5. stockage des déblais



e

#### 1965 : le retour des paléontologues

1. blocs récemment effondrés.
2. observation de sédiments encore en place.
3. l'ancien déblai

### LE PHOSPHATE

La matière organique vivante contient du **phosphore** (os, excréments, cerveau...). A la mort de l'organisme, le phosphore se transforme en **phosphate** au contact de l'eau et de l'air.

# Les fossiles, témoins de l'évolution

## La mise en place des fossiles

L'homme n'est pas intervenu dans la mise en place des fossiles dans les poches à phosphate du Quercy : il n'est apparu sur Terre que beaucoup plus tard. Le piégeage des restes d'animaux dans les argiles n'est que le résultat de phénomènes naturels rapides.

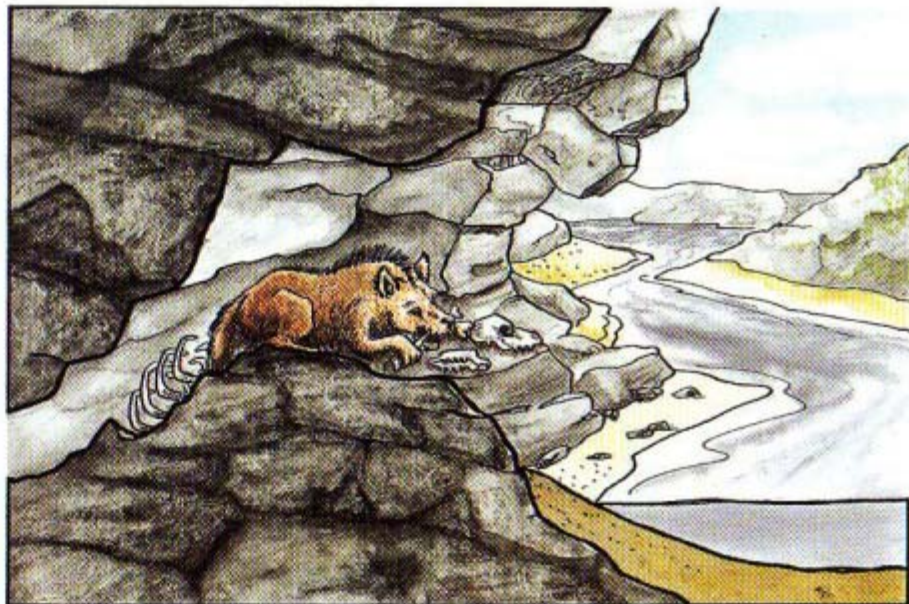
*Des mammifères de grande et moyenne tailles tombent par accident dans un aven. Les carcasses sont plus ou moins disloquées au contact du fond. Un rapace nocturne a établi son nid sur une corniche de la cavité et ses pelotes de réjection\* s'accumulent en contrebas. Au cours du temps les eaux souterraines ont déplacé certaines pelotes. Les petits os sont facilement déplacés et roulés.*

\* **Pelotes de réjection** : les rapaces, chouette ou hibou, après avoir digéré leurs proies, en rejettent les poils et les os sous forme de boulettes appelées pelotes de réjection.

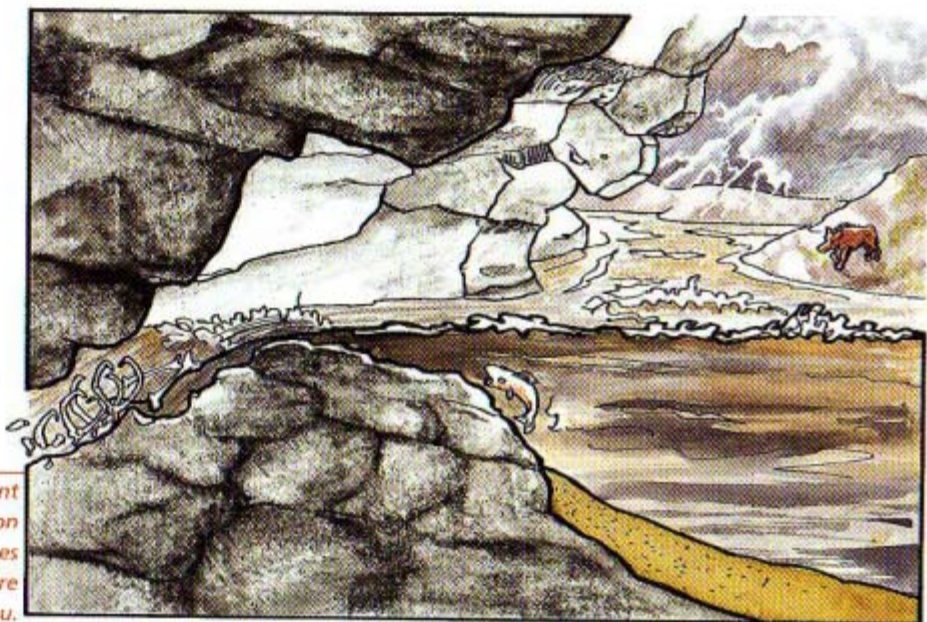


B. NICOLAS

Les fossiles découverts ne reflètent pas toujours la totalité des espèces animales qui vivent sur le causse à une époque donnée. De même leur nombre n'est pas représentatif des populations d'animaux. La taille de l'ouverture des cavités souterraines empêche les individus trop grands d'y chuter. Les ossements des petits vertébrés, notamment des rongeurs, peuvent provenir des restes de repas d'une chouette. Le hyaenodon, carnassier, ne chasse que des ongulés, qui sont des végétariens. Il y a sur-représentation locale de ses proies. Le paléontologue doit tenir compte de ces éléments s'il veut donner une idée précise de la faune de l'époque.



*Un hyaenodon, carnassier primitif de l'ère tertiaire, a établi son repaire à l'entrée d'une galerie inondable.*



*Lors d'une crue, les restes de ses repas sont entraînés dans la galerie qui prolonge son repaire. Les carcasses sont disloquées. Les os qui les constituaient peuvent être dispersés dans une autre partie du réseau.*

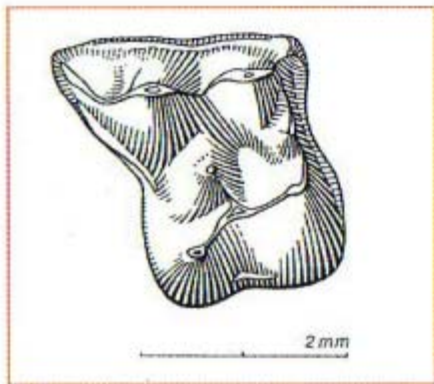
## Des fossiles au laboratoire

Si les fossiles de grande taille sont extraits par une fouille classique, les microfossiles : dents et os de microvertébrés, insectes, restes de végétaux... ne peuvent être observés à l'œil nu. D'autres méthodes sont nécessaires.

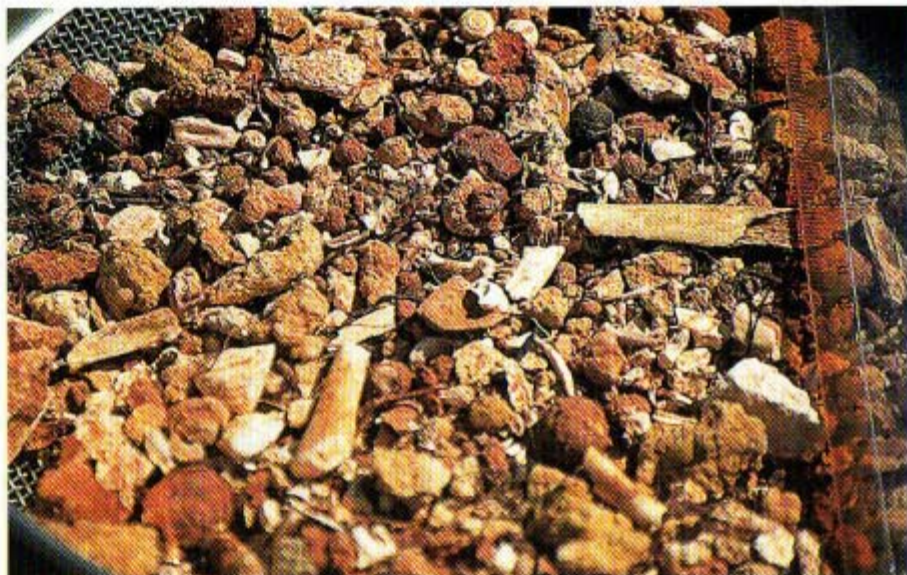
Des sacs de sédiments sont prélevés au cours des prospections et des fouilles.

Ils sont transportés au laboratoire où le sédiment est séché.

Des traitements chimiques et mécaniques permettent d'éliminer l'argile et le calcaire. Les restes fossilisés apparaissent alors : ils sont prêts à être triés. Les spécimens les plus significatifs sont étudiés, dessinés ou photographiés, et publiés avant de rejoindre les collections publiques des universités ou des musées.



*Dessin d'une molaire supérieure d'un petit hérisson du début de l'oligocène*



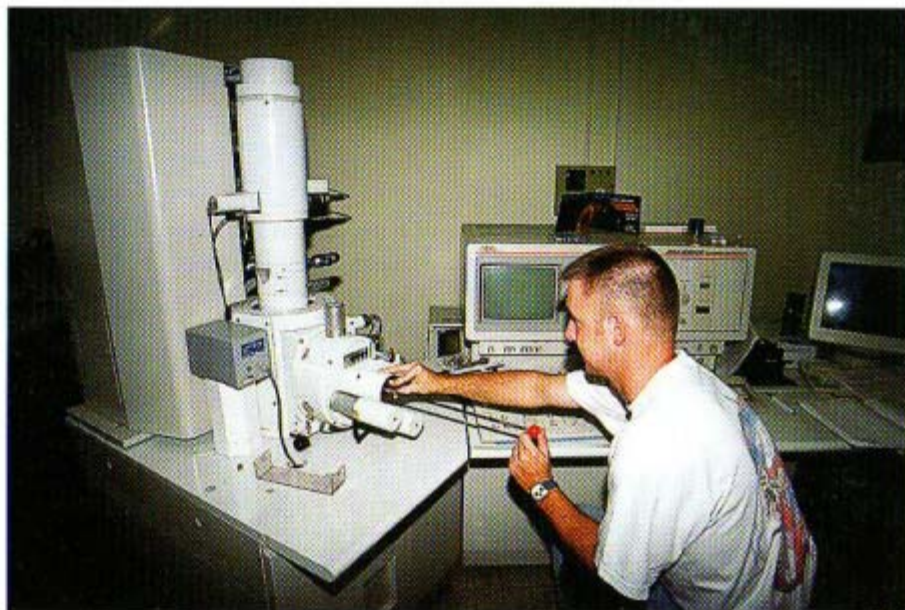
*Os, dents, petits blocs de phosphate retenus sur un tamis après élimination des argiles.*

*Une petite dent est dessinée sous une loupe binoculaire équipée d'une chambre claire.*





*La photographie au MEB  
du même spécimen (voir p. 16, en bas)*



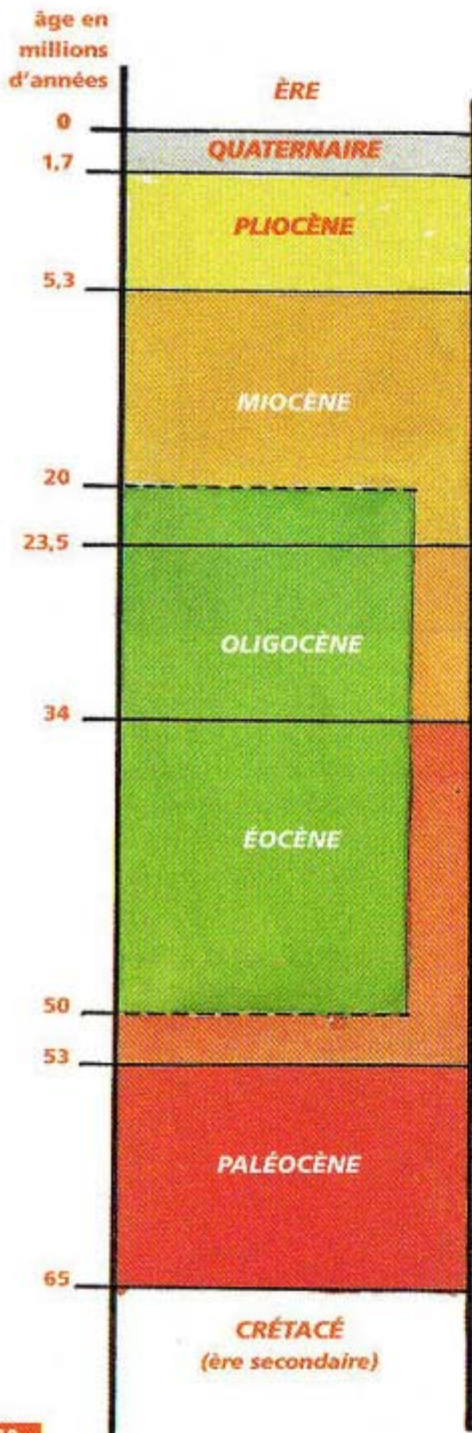
*Introduction d'un spécimen  
dans la chambre d'un MEB (microscope  
électronique à balayage).*



*Les dents de micromammifères sont  
protégées dans des tubes de verre.*



*Les fossiles intègrent les collections  
après publication.*



## Une grande diversité de fossiles

La diversité des faunes du Quercy est un reflet de la succession des faunes de vertébrés continentaux durant 30 millions d'années (voir ci-contre).

L'exceptionnelle qualité des fossiles est expliquée par la présence de phosphorite, une roche riche en phosphate. Celle-ci a véritablement momifié certains organismes peu après leur enfouissement. C'est le cas de la grenouille exposée dans la galerie de Paléontologie du Muséum national d'histoire naturelle à Paris. Des parties non minéralisées des fossiles sont remarquablement conservées en trois dimensions.

Ainsi, plus de 420 espèces de mammifères sont signalées. Si la faune de certaines poches est pauvre, 59 mammifères, 14 reptiles et amphibiens et 2 oiseaux sont cités pour l'une des poches les plus riches. Une même espèce peut être représentée par des milliers de spécimens, permettant l'étude des populations.

Les 150 poches fossilifères démontrent l'extraordinaire diversité des faunes et flores qui se sont succédé sur le causse de Limogne entre 50 et 20 millions d'années.

Les mammifères sont les vertébrés les plus nombreux et les plus diversifiés. Les amphibiens et les reptiles, lézards et serpents, sont fréquents,

Un crâne de lémurien du Quercy



Durée du comblement des poches à phosphate du Quercy (en vert) et périodes correspondantes de l'ère tertiaire.

tandis que les crocodiles, comme les poissons, sont rares. Les oiseaux sont moins abondants.

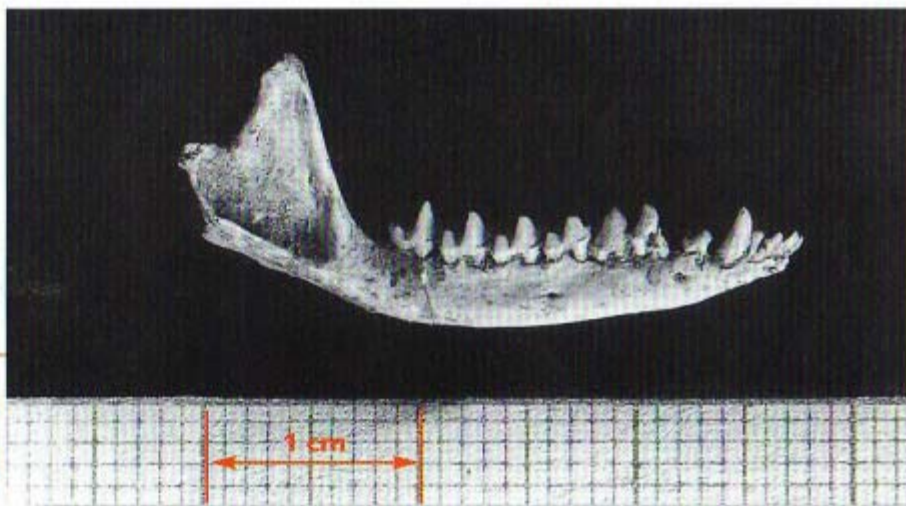
Les insectes, transformés en phosphate, sont conservés dans quelques poches sous forme de pupes (nymphe), de larves ou d'adultes. De nombreux groupes sont représentés : mouches, sauterelles, fourmis, coléoptères...

Les mollusques continentaux ne sont connus que par de rares restes.

Les restes végétaux conservés sont trop peu nombreux pour permettre une bonne connaissance des flores locales.



*Grenouille conservée en trois dimensions (anciennes collections du Quercy, Institut de paléontologie du Muséum national d'histoire naturelle de Paris). Sa taille est celle d'une grenouille d'Europe.*



*La mâchoire d'une sarigue fossile du Quercy. Ces petits animaux mangeaient principalement des insectes. Leurs dents pointues permettaient d'en croquer la carapace.*



Les mustangs sont des chevaux importés d'Amérique du Nord au XVI<sup>e</sup> siècle et redevenus sauvages.

em

## Des animaux disparus : les paléothères

Les paléothères ont été décrits pour la première fois par Georges Cuvier\*.

Ces animaux fossiles sont diversifiés. Des restes de 13 espèces ont été retrouvés dans une des poches. Les paléothères font partie du

même groupe de mammifères que les chevaux, les tapirs et les rhinocéros : les **ongulés\*\***. Dans ce groupe, ils possèdent des caractères communs exclusifs qui les différencient des bovins, des cerfs et des chameaux. En particulier, le poids

### L'histoire des paléothères et celle de leurs cousins, les chevaux.

Le retour du cheval en Amérique a eu lieu à bord des caravelles de Colomb et autres Cortez, à partir du XVI<sup>e</sup> siècle...

Les échelles des temps ne sont pas proportionnelles aux durées réelles. *Hyracotherium* a la taille d'un chien moyen, mais les paléothères peuvent atteindre 2 m au garrot.

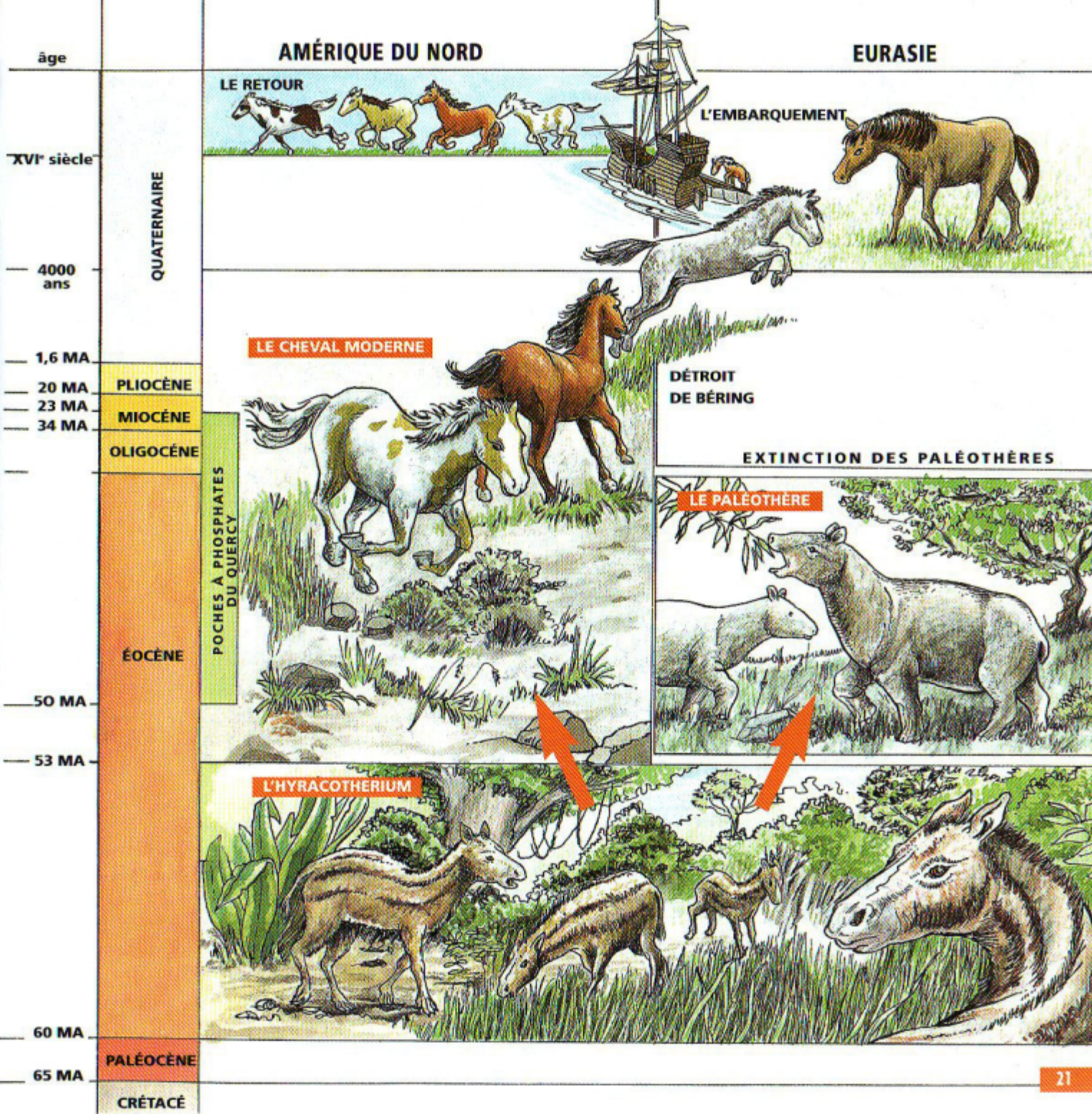
du corps est principalement ou exclusivement supporté par le doigt central (le troisième) qui est le plus développé.

Leur ancêtre supposé est un petit ongulé du nom de *Hyracotherium* qui vivait en Amérique du Nord et en Europe entre 60 et 53 millions d'années (voir pp. 26-27). En Amérique, ses descendants vont devenir d'excellents coureurs en diminuant le nombre de leurs doigts. Les chevaux résultent de cette évolution.

En Europe, *Hyracotherium* donne naissance à la famille des paléothères qui vivent dans un milieu forestier où la vitesse n'est pas reine. Ils mangent des feuilles et ont une allure massive. Ils s'éteignent sans descendance vers 34 millions d'années.

\* **Georges Cuvier** (1769-1832) : zoologiste, il a fondé l'anatomie comparée et la paléontologie des vertébrés en étudiant les fossiles contenus dans les carrières de gypse de Montmartre, proches de Paris.

\*\* **Ongulé** : mammifère dont les dernières phalanges sont protégées par des sabots.





*Une sarigüç actuelle : l'opossum, petit marsupial d'Amérique du Sud.*



## Des descendants sur d'autres continents

■ Les restes de petits marsupiaux, les mammifères à poche, sont abondants dans les faunes du Quercy durant toute la période de remplissage. Ces restes sont plus proches des marsupiaux actuels d'Amérique du Sud, les sarigüçs, que de ceux d'Australie comme les kangourous.

■ Les lémuriens sont des mammifères primates primitifs actuellement réfugiés dans les forêts tropicales du centre de Madagascar. Autrefois, leur aire de répartition était beaucoup plus vaste et comprenait l'Amérique du Nord, l'Europe, l'Afrique et l'Asie. Ce sont de bons indicateurs de la présence de forêts tropicales.

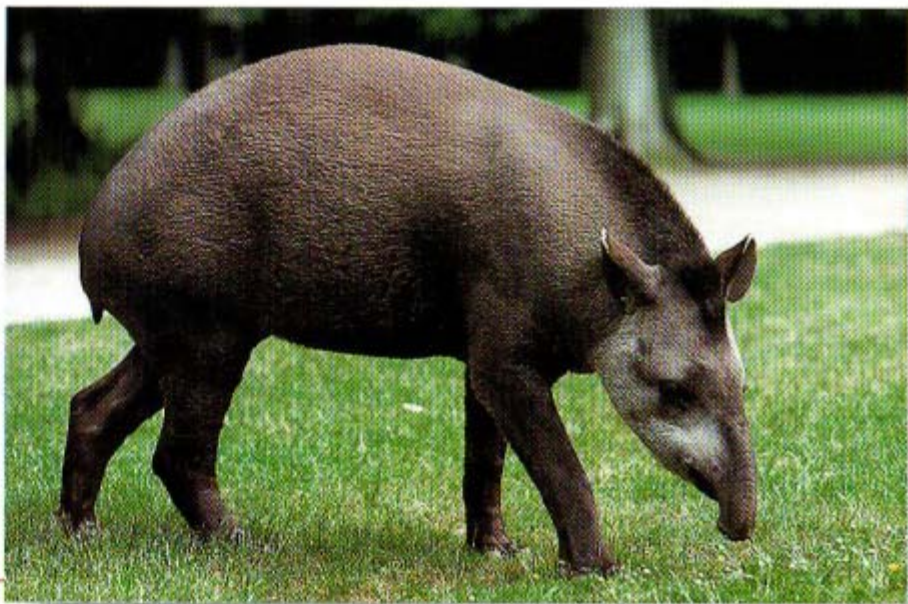
■ Les lophiodons, ongulés mangeurs de feuilles, d'allure pataude, possédaient un mufler épais et long et vivaient en troupeau. Ces animaux ressemblaient aux tapirs actuels des forêts tropicales d'Amazonie et du Sud-Est asiatique. Les faunes du Quercy illustrent seulement la fin de l'histoire de ce groupe.



*Lémuriens malgaches actuels*

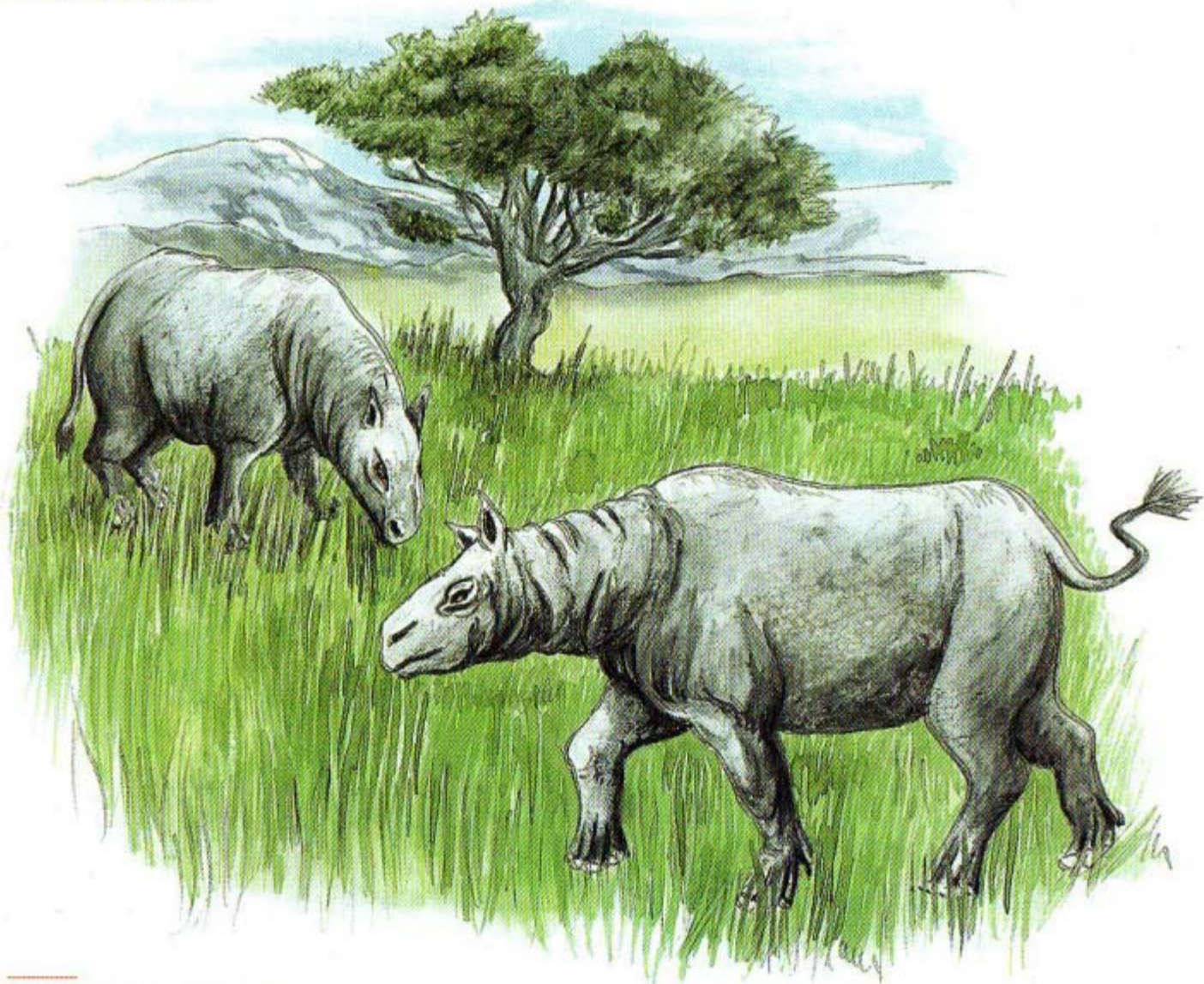


*Reconstitution d'un lophiodon  
de l'éocène du Quercy*



*Un tapir actuel*

## Des rhinocéros venus d'Asie



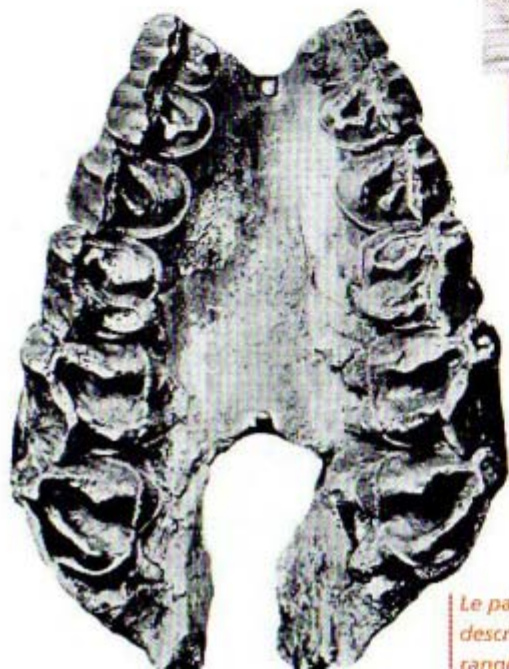
Reconstitution d'un des premiers  
rhinocéros arrivés en Europe :  
le *Ronzotherium*, rhinocéros  
coureur de l'oligocène.

Les rhinocéros apparaissent en Europe au début de la période oligocène, vers 34 millions d'années, par migration depuis l'Asie.

Les plus anciens rhinocéros sont asiatiques, de taille modeste et ne possèdent pas de corne sur la face comme leurs descendants. Légers, ils courent facilement. Le premier connu dans nos régions a pour nom *Ronzotherium*, étymologiquement « la bête sauvage de Ronzon », ville située près du Puy-en-Velay où des éléments de son squelette ont été découverts pour la première fois.



*Rhinocéros blanc d'Afrique du Sud*



*Le palais qui a servi à la première description de *Ronzotherium*. Les deux rangées dentaires sont visibles*

Ce premier rhinocéros européen mesurait 1,80 m au garrot, était déjà assez massif mais sans corne. L'examen de sa denture indique qu'il se nourrissait essentiellement de feuilles et de pousses tendres : il vivait dans des savanes arborées\*.

\* **Savane arborée** : plaine herbeuse aux arbres et arbustes isolés, dans les régions tropicales semi-arides

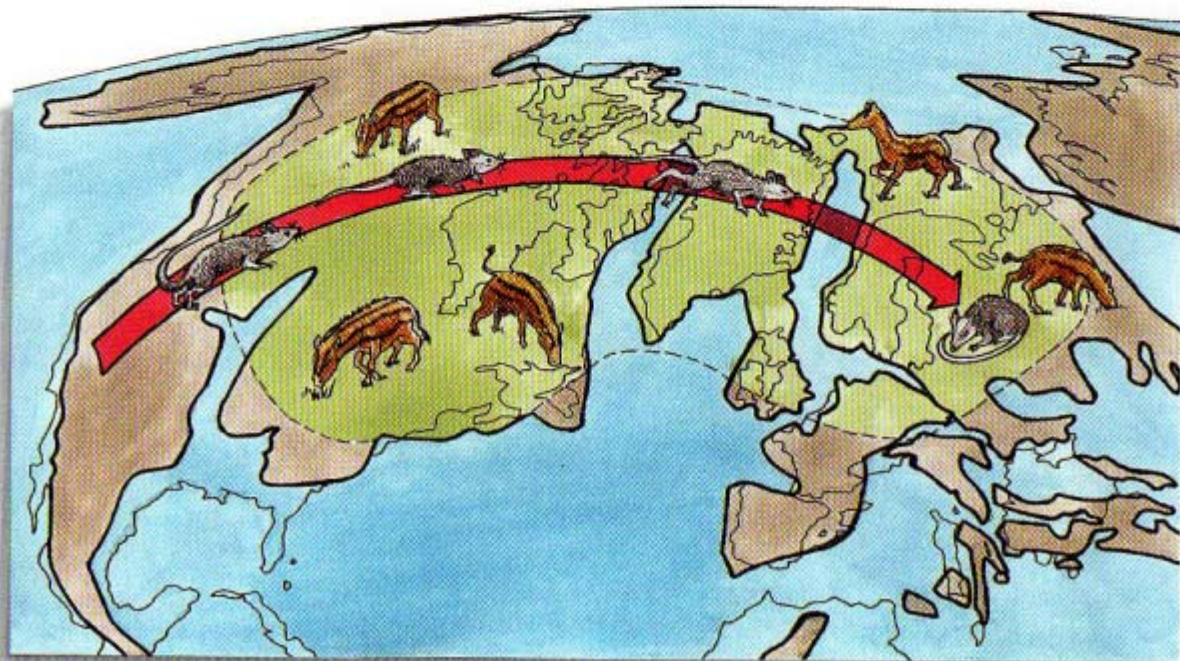
# Histoire de la répartition des animaux sur Terre

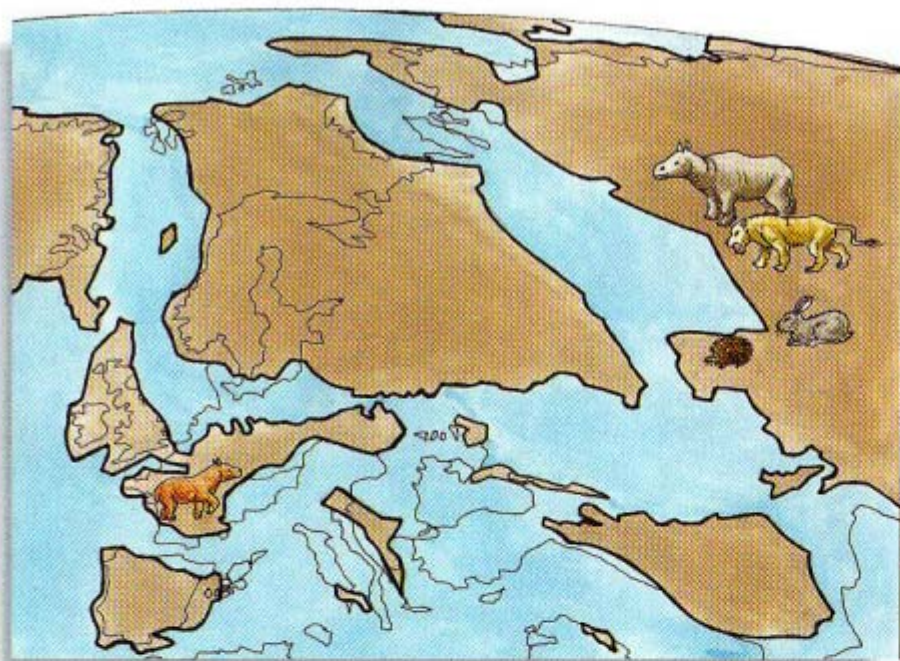
## La paléogéographie

La paléogéographie est la reconstitution de la position des continents les uns par rapport aux autres au cours des temps géologiques. Car nous savons maintenant que les continents ne restent pas toujours à la même place.

**Il y a 60 millions d'années, l'Amérique du Nord se sépare de l'Eurasie.**

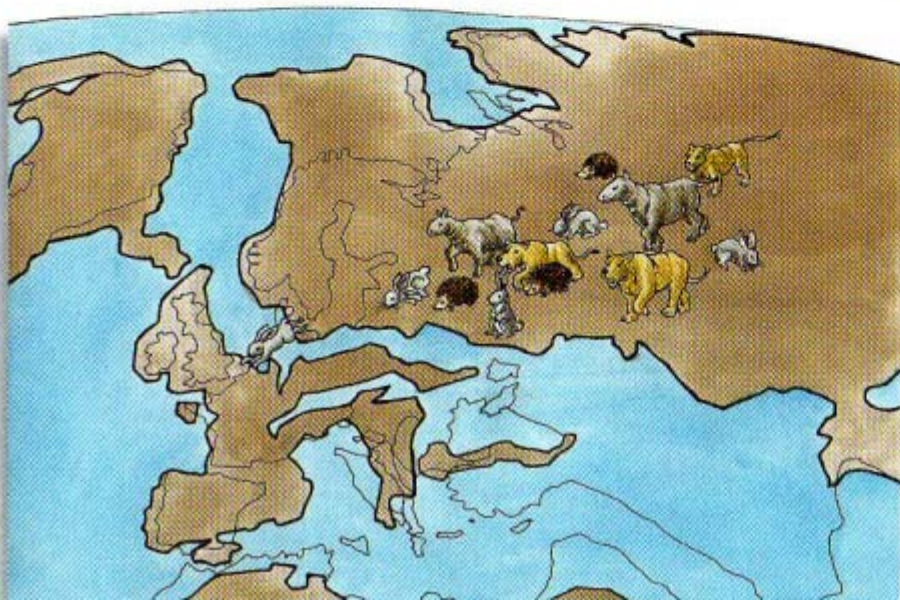
*A l'éocène inférieur, vers 60 millions d'années, l'ouverture de l'océan Atlantique vers le nord n'est pas encore réalisée. L'Amérique et l'Eurasie forment un seul continent. De ce fait, le petit ongulé Hyracotherium dont nous avons déjà parlé (voir p. 20) possède une grande aire de répartition (en vert). Lors de l'ouverture définitive de l'Atlantique vers l'actuel océan Arctique, son aire est disjointe. Les populations américaines et européennes vont évoluer différemment : vers les chevaux actuels en Amérique et les paléothères de l'éocène en Europe. Les sarigues qui sont apparues en Amérique du Sud au crétacé supérieur migrent vers le nord et vont atteindre in extremis l'Europe occidentale.*





**Vers 34 millions d'années  
de nouveaux mammifères apparaissent.**

*A ce moment-là, de nouveaux groupes de mammifères originaires d'Asie apparaissent : les rhinocéros, les entelodons, sortes de gros sangliers, et les « tigres à dents de sabre » mais aussi de nombreuses petites formes parmi lesquelles des lapins, de nouvelles familles de rongeurs et des insectivores comme les musaraignes ou des hérissons primitifs. Mais la route de l'Europe est coupée par la mer de l'Oural.*



**L'Europe et l'Asie  
forment un seul continent**

*Cette mer de l'Oural va se fermer au niveau du détroit de Turgai, permettant aux mammifères asiatiques de conquérir l'Europe. Mais d'autres bras de mer vont constituer des obstacles à leur progression. Les différents groupes de mammifères les franchiront à leur rythme et leur arrivée à l'extrémité de l'Europe va s'échelonner sur plusieurs millions d'années. Cette faune est bien représentée dans les poches à phosphate du Quercy.*

*Les plaques continentales sont représentées sur les trois schémas dans la position*





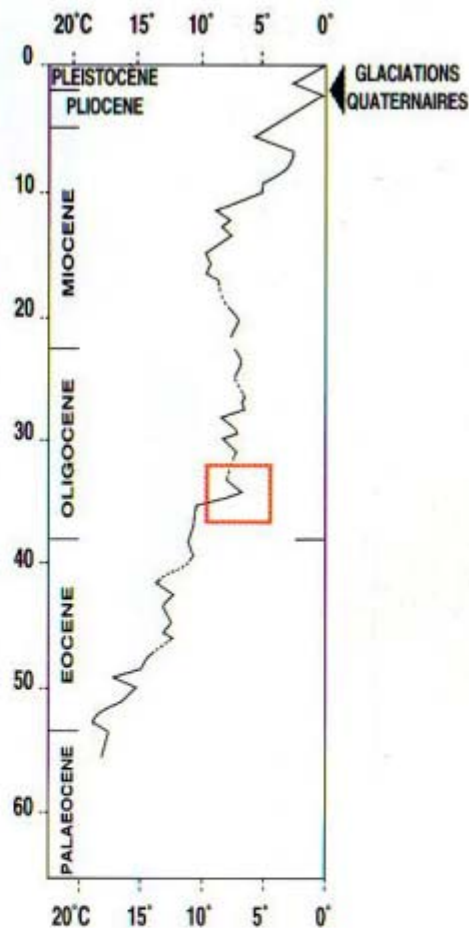
## Climats et faune changent

A l'éocène dans le Quercy, les espèces qui ressemblent à celles des forêts tropicales actuelles sont nombreuses : les lémurs, les sarigues, les lophiodons, certains oiseaux...

A partir de l'oligocène, le paysage qui règne en Quercy est une savane arbustive. Le climat a changé : il s'est refroidi. Des animaux fouisseurs, comme les serpents, par exemple des boas, et les taupes se multiplient dans les sols qui se sont peu à peu constitués. La diversité de la grande faune diminue.

Le refroidissement de la planète explique en partie le renouvellement de la faune constaté entre les périodes éocène et oligocène. Les espèces qui disparaissent sont remplacées par les émigrants asiatiques.

Le contenu des poches du Quercy, dont le remplissage s'effectue sur plus de 30 millions d'années, a permis l'étude du renouvellement de la faune lié à ces changements climatiques.

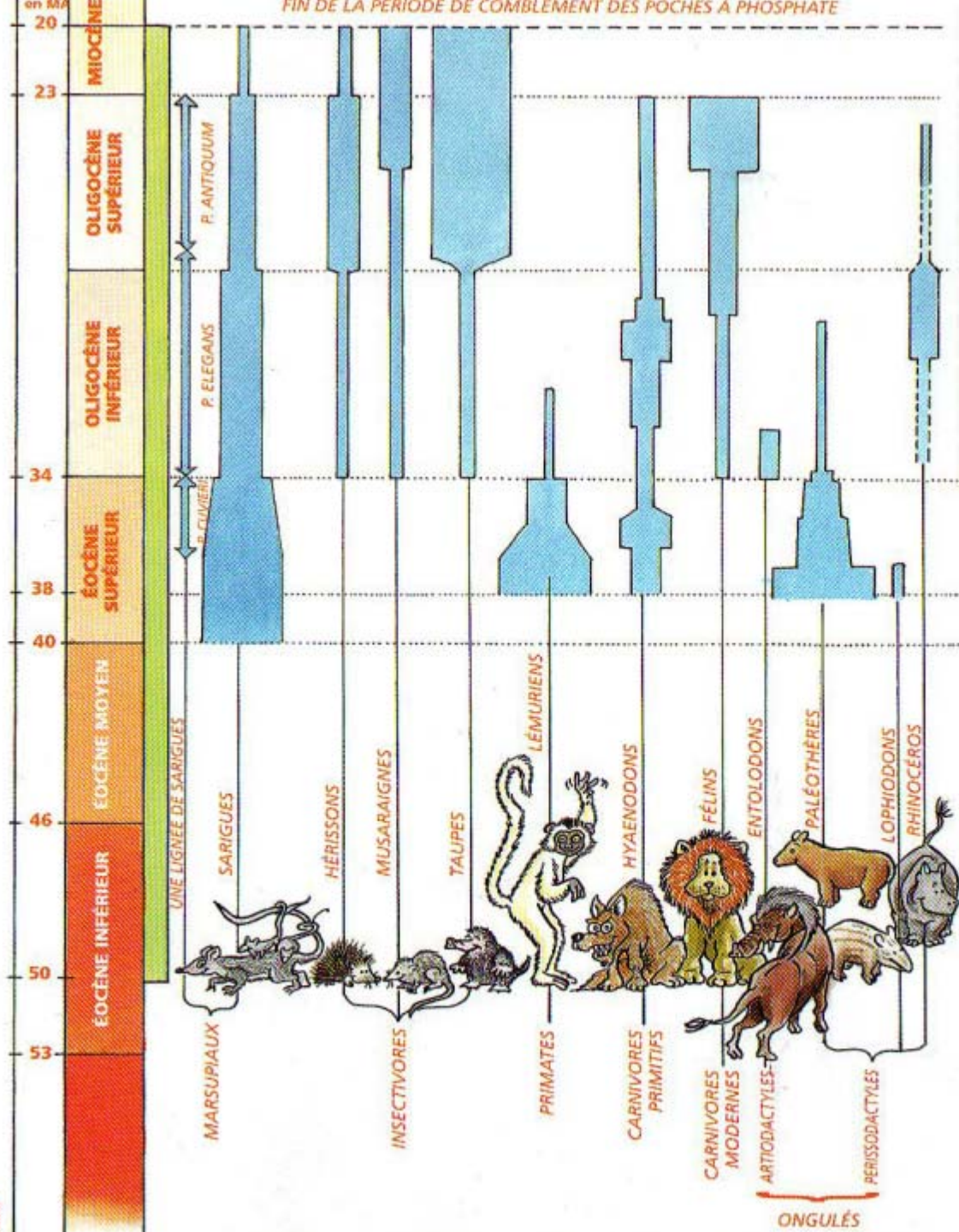


**Courbe des températures marines près du pôle Sud au cours du tertiaire.**

Cette courbe représente l'évolution de la température de surface des eaux océaniques près du pôle Sud, du début du tertiaire à la période actuelle.

Vers 34 millions d'années, une baisse brutale de 5 °C est enregistrée.

Une telle variation a affecté le climat de tous les continents, entraînant d'importants changements



**Distribution chronologique de quelques groupes de mammifères dans les faunes du Quercy.**  
 Les faunes antérieures à 40 millions d'années et postérieures à 20 millions d'années, faiblement diversifiées, n'ont pas été prises en compte dans ce tableau. La période de comblement des poches à phosphate est indiquée par le bandeau vert.

## L'importance biochronologique des faunes

La biochronologie étudie la répartition des espèces fossiles dans le temps.

Son principe repose sur les dates d'apparition et de disparition des espèces, sur les associations d'espèces et sur les lignées évolutives.

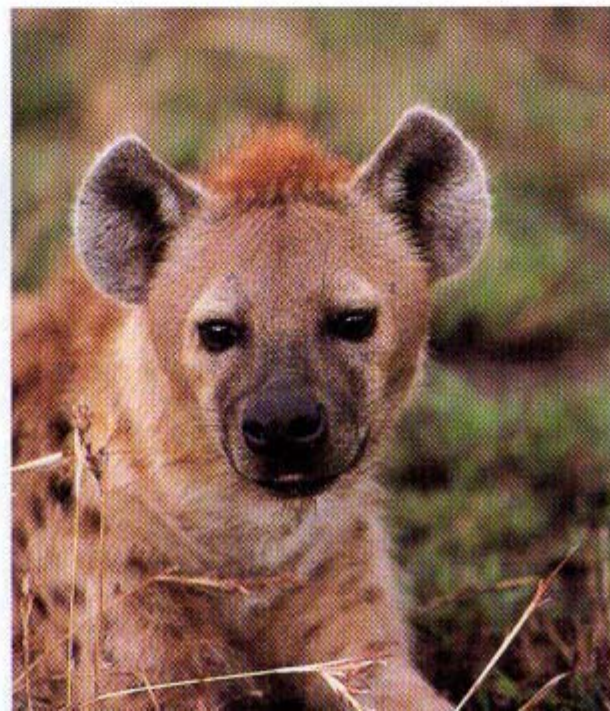
Si toutes les poches à phosphate ne livrent pas des fossiles, plus de cent d'entre elles racontent les changements survenus dans les faunes de vertébrés continentaux durant 30 millions d'années, entre 50 et 20 millions d'années. Ces changements permettent de déterminer avec précision l'âge des remplissages.

*Des descendants  
de la faune du tertiaire*

*Taube commune*



*Lion*



*Hyène tachetée, Kenya.*

# L'avenir des poches à phosphate à phosphate

Les dizaines de milliers de fossiles de vertébrés continentaux extraits des poches à phosphate du Quercy ont permis des avancées considérables dans la connaissance de l'évolution des espèces et de leurs environnements dans le sud de la France, au cours d'une période clé de l'histoire des mammifères. Par leur étude, nous constatons la disparition des formes primitives et l'apparition des familles actuelles. Un tel patrimoine doit être conservé et protégé.

Depuis la fin des exploitations de phosphate, ces « trous » à la surface du causse constituent un danger potentiel pour les personnes qui s'y aventurent et pour les troupeaux : éboulements fréquents, présence de gaz carbonique... Certains ont été comblés avec les déblais autrefois extraits. Aujourd'hui, certaines poches à phosphate servent illégalement de poubelle. Ces rejets en milieu souterrain risquent de polluer gravement les nappes d'eau. La qualité des fossiles attire aussi des collectionneurs, voire des marchands, qui pillent certains

sites sans se soucier de leur intérêt scientifique.

**Le Quercy est la seule région au monde où l'histoire des faunes continentales tertiaires peut être suivie sur une période aussi longue. C'est un patrimoine géologique exceptionnel. Près du village de Bach, une ancienne phosphatière est en cours**

d'aménagement pour faire connaître ce patrimoine et faire prendre conscience de sa fragilité. Ces sites, d'intérêt mondial, seront-ils pris en compte par le Parc naturel régional des Causses du Quercy qui vient de naître à l'automne 1999 ?

*Une ancienne poche à phosphate  
reconvertie en poubelle...*





L'association Les Escaliers du temps aménage actuellement la phosphatière du Cloup d'Aural à Bach (Lot). A terme, le site devrait comprendre une partie en visite guidée : la phosphatière proprement dite, et une partie en visite libre avec panneaux d'information, reconstitutions paléontologiques...

Cette association souhaiterait que ce site s'adresse à la fois aux touristes classiques et au public scolaire. La découverte pédagogique pourrait s'appuyer sur le site proprement dit : ethno-archéologie industrielle, paléontologie et évolution, action de l'eau sur le calcaire..., mais aussi sur l'environnement proche, grâce à des circuits permettant de découvrir la géologie, les paysages, la diversité des milieux naturels...

Ce projet ne pourra se concrétiser qu'avec le concours du Parc naturel régional qui se met acuellement en place, mais il est possible d'en contacter les responsables en s'adressant à : Les Escaliers du temps - Mairie de Bach - 46230 Bach - tél. : 05 65 31 60 55.

*Un noyer pousse dans le fond  
du Cloup d'Aural, près de Bach.*



### **Bibliographie**

- BT 1085, *Il y a 150 000 ans, un site paléontologique et préhistorique : l'aven de Romain-la-Roche*, Éd. PEMF.
- BT 1105, *L'Eau, le Calcaire, le Karst*, Éd. PEMF.
- PÉRISCOPE n° 63, *L'Évolution du vivant*, Éd. PEMF.
- PÉRISCOPE n° 18, *Découvrir le monde souterrain*, Éd. PEMF.
- PÉRISCOPE n° 59, *Des Roches : leur aventure*, Éd. PEMF.
- Revue *Spelunca* n° 73, *Les Phosphatières du Quercy*.



**Direction Régionale de l'Environnement,  
de l'Aménagement et du Logement Midi-Pyrénées**

**Service de la Biodiversité  
et des Ressources Naturelles**

**Service des Territoires, de l'Aménagement,  
de l'Energie et du Logement**

**Cité administrative - Bât. G,  
31074 Toulouse Cedex 9**

**Tél. 33 (0)5 61 58 50 00**

**Fax. 33 (0)5 61 58 54 48**

**[www.midi-pyrenees.developpement-durable.gouv.fr](http://www.midi-pyrenees.developpement-durable.gouv.fr)**