

Què tenim sota els peus? 550 milions d'anys d'evolució a Ponent i el Pirineu

TEXTES DE L'EXPOSITION

1. LA DIVISION DU TEMPS	1
2. PALÉOZOÏQUE : explosion de vie.....	2
3. PERMIEN-TRIAS : la vie sur Terre est à deux doigts de disparaître	5
4. MÉSOZOÏQUE : le règne des reptiles.....	8
5. PALÉOGÈNE : les mammifères prennent la vedette	12
6. NÉOGÈNE et QUATERNAIRE : les périodes les plus modernes de l'histoire de la Terre ..	15
7. ANTHROPOCÈNE : les effets de notre présence sur la planète Terre	18
8. PIONNIERS	20

1. LA DIVISION DU TEMPS

Notre planète a une longue histoire, qui a commencé il y a environ 4,6 milliards d'années, moment dont nous avons des preuves géologiques de la formation de la Terre et des autres planètes du système solaire. Les roches qui témoignent de cette époque si lointaine sont difficiles à trouver et ont généralement connu d'intenses processus de déformation et de réchauffement. La vie est apparue très tôt : les premiers fossiles d'organismes unicellulaires sont conservés dans des roches qui datent d'il y a 3,7 milliards d'années.

Toutefois, c'est à partir du grand éon Phanérozoïque que les fossiles deviennent plus abondants. Cet éon a débuté il y a 541 millions d'années et va jusqu'à nos jours.

Un éon est la plus grande subdivision dans l'échelle du temps géologique. Cet immense laps de temps se divise en intervalles de durées différentes, dénommées ères, périodes, étages... lesquels correspondent aux événements de nature géologique ou biologique qui surviennent sur la planète et sont enregistrés dans les roches. Ainsi, par exemple, la limite entre différentes ères (la subdivision immédiatement inférieure à l'éon) peut être déterminée par de grands événements géologiques qui affectent l'ensemble de la Terre et impliquent l'extinction d'un grand nombre de groupes d'organismes.

Le calendrier de Lleida

La province de Lleida est un territoire qui dispose d'une variété géologique et paléontologique absolument exceptionnelle. Le plus souvent, pour trouver une richesse de ces caractéristiques il faut parcourir d'immenses étendues de territoires, voire des continents entiers. En revanche, les roches de Lleida concentrent une bonne partie de l'histoire de notre planète, avec en prime un magnifique registre fossile.

Les roches les plus anciennes de la planète ne sont pas présentes : dans le calendrier de l'histoire de la Terre, à Lleida il manque les premiers mois. Toutefois, la partie la plus intéressante, l'éon phanérozoïque, où la vie devient variée et abondante, s'y trouve dans sa presque totalité.

La plupart des roches qui composent nos paysages contiennent des restes fossiles des animaux et plantes qui ont vécu au cours de cette longue période de l'histoire. Lleida, en plus d'être un territoire regorgeant de fossiles, comporte plusieurs sites absolument exceptionnels du point de vue de la qualité des fossiles qui y sont conservés et du fait que ce sont des restes d'animaux et de plantes qui ont vécu à des moments clés de l'histoire de la vie sur Terre.

2. PALÉOZOÏQUE : explosion de vie

Cette ère, qui signifie « la vie ancienne », a débuté il y a 541 millions d'années et s'est achevée il y a 250 millions d'années. Curieusement, aussi bien le début que la fin du

Paléozoïque sont déterminés par deux événements biologiques opposés : une explosion de vie et une extinction.

Au début du Paléozoïque, pendant la période du Cambrien, les organismes marins prolifèrent. Des dizaines de groupes d'animaux apparaissent soudainement, dont les descendants continuent de vivre dans nos océans et sur nos continents. Les conditions chimiques adéquates étaient alors réunies pour qu'un grand nombre de ces groupes soient capables de développer un squelette externe dur, de composition calcaire, ce qui a énormément facilité le processus de fossilisation.

« L'explosion du Cambrien » a été une des grandes énigmes paléontologiques pendant des dizaines d'années.

Toutefois, ces dernières années, grâce à l'exploration de nouveaux gisements, on a pu constater que cette explosion de vie n'a pas été soudaine et qu'elle a au contraire mis des dizaines de millions d'années à se produire. On a également découvert qu'avant le Cambrien, il y avait déjà une très grande diversité biologique marine. Malheureusement, les organismes qui composaient ces écosystèmes avaient, pour la plupart, un corps mou, et ont donc laissé très peu de vestiges fossiles.

Il y a 250 millions d'années, l'ère paléozoïque prenait fin avec l'extinction de la plupart des groupes d'organismes qui vivaient sur notre planète, aussi bien marins que terrestres.



Légende photo 1 : Au Paléozoïque, les masses continentales tendent à se rejoindre pour former un seul continent : LA PANGÉE. © 2021 Colorado Plateau Geosystems Inc.

Les plus anciens fossiles de Lleida

Les roches les plus anciennes de Lleida se sont formées pendant cette ère, et nous les trouvons au cœur des Pyrénées. Dans cette zone très vaste affleure un ensemble de roches qui ont connu des réchauffements et des pressions considérables, celles-ci ayant joué un rôle dans la formation de deux grandes chaînes de montagnes, la plus récente étant celle des Pyrénées proprement dites. Avant cela, les roches paléozoïques avaient déjà été affectées par la formation d'une grande chaîne de montagnes qui s'est formée à la fin du Paléozoïque, la chaîne varisque ou hercynienne, qui s'étendait sur une grande partie de l'Europe et du nord de l'Afrique.

Du fait de l'histoire mouvementée de nos roches paléozoïques, on les trouve généralement très plissées, déformées, et leur composition chimique et état physique se sont transformés. Elles sont connues sous le nom de roches métamorphiques.

Les processus de métamorphisme finissent par faire disparaître les fossiles. Par chance, les Pyrénées comprennent de vastes étendues de roches paléozoïques où le métamorphisme a été suffisamment faible pour qu'en soient conservés des vestiges encore intacts ou peu déformés. Ce sont les plus anciens fossiles de Lleida.

Pendant pratiquement toute la durée de l'ère du Paléozoïque, la zone de l'actuelle Lleida était submergée par l'océan. Les fossiles que nous trouvons dans les roches paléozoïques pyrénéennes appartiennent à tout un ensemble d'organismes qui vivaient dans la mer. Certaines étaient des mers froides de grande profondeur ; d'autres étaient moins profondes et plus propices au développement de la vie.



Légende photo 2 : Cette reconstruction de la mer pendant la période du Silurien montre le milieu marin où se sont formés ces sédiments. Au cours des premières périodes du Paléozoïque, la vie s'est développée exclusivement dans les mers. Illustration : Roc Olivé.



Légende photo 3 : Le paysage urbain et naturel des Pyrénées est largement influencé par le type de roches qui s'y trouvent. Des vallées fermées, peu de terres de cultures et l'uniformité des matériaux de construction sont l'héritage de cette histoire géologique du Paléozoïque. Image : Oriol Riart.

3. PERMIEN-TRIAS : la vie sur Terre est à deux doigts de disparaître

Le Permien est la dernière période de l'ère paléozoïque, et le Trias la première période de l'ère suivante, le Mésozoïque. Ce qui sépare ces deux ères est l'épisode d'extinction le plus grave qu'a vécu notre planète depuis qu'il y a de la vie. À la fin du Permien, près de 90 % des espèces du monde entier se sont éteintes ; de fait, la vie a été à deux doigts de disparaître complètement de la surface de la Terre. Les causes de cet épisode ont été discutées pendant très longtemps. Il semble que l'une d'elles ait été la formation d'un grand et unique continent, appelé Pangée, bordé par

un océan planétaire connu sous le nom de Panthalassa. Ceci aurait modifié de façon radicale les courants marins et atmosphériques, et provoqué un changement climatique responsable de l'aridification de grandes surfaces continentales. La réunion des divers continents aurait également entraîné la disparition de grandes étendues de plateformes marines, où la vie proliférait.

Dans les Pyrénées, les roches formées pendant le Permien et celles formées au début du Trias présentent des caractéristiques très similaires, ce qui les rend parfois difficiles à distinguer les unes des autres. C'est la raison pour laquelle nous nous référons à l'ensemble de ces roches sous le nom de Permien-trias. Ces roches sont en général de couleur rouge intense, ce qui indique des époques de grande aridité ainsi que la présence de cours fluviaux qui apportaient des sédiments sableux et boueux. Il s'agit principalement de conglomérats, de grès et d'argiles de couleur rouge vin que l'on peut observer au sud de La Seu d'Urgell ou dans les alentours d'El Pont de Suert. Nous avons également des indices d'une importante activité volcanique, et les strates formées par les matières volcaniques sont fréquentes.



Légende photo 4 : Pour la deuxième fois dans l'histoire de la Terre, tous les continents se regroupent en une unique masse, Pangée, entourée par Panthalassa, l'océan mondial. © 2021 Colorado Plateau Geosystems Inc.

Restes osseux, impressions végétales et ichnites

Dans les strates du Permien-trias, on retrouve relativement souvent des impressions de troncs et de feuilles de végétaux qui y vivaient alors. Il est plus difficile d'y trouver des restes d'animaux, en particulier d'animaux vertébrés. Les découvertes consistent en de rares restes osseux et, surtout, d'ichnites, des empreintes fossiles de différents types d'animaux.

Ainsi, grâce aux ichnites nous savons qu'il y avait des amphibiens et différentes sortes de petits reptiles, entre autres les synapsides. Ces derniers constituaient le grand groupe des vertébrés qui nous incluent nous, les mammifères. Mais les synapsides qui vivaient en ces temps-là étaient bien différents des mammifères actuels. Les plus étranges portaient sur leur dos de grandes voiles qui avaient une fonction thermorégulatrice. Ils ont plus tard acquis des caractéristiques de plus en plus proches de celles des mammifères, par exemple la posture des pattes plus verticale (de sorte qu'ils ne rampent plus sur le ventre) ou le développement de poils corporels. Pour finir, les véritables mammifères sont apparus dès le Trias, qui au tout début étaient de taille très modeste, équivalente à celle d'un rat. Cette taille s'est maintenue pendant tout le reste du Mésozoïque, car un autre groupe d'animaux a rapidement évolué et occupé les niches écologiques réservées aux animaux plus grands : les dinosaures. D'autres groupes de reptiles ont occupé des niches marines ainsi que le milieu aérien. Durant de nombreuses années, le Mésozoïque a été connu, de façon informelle, comme l'ère des reptiles.



Légende photo 5 : Le Permien est une époque agitée, avec l'apparition de reptiles qui occupent de nombreuses niches écologiques. C'est à la fin de cette période qu'a lieu la plus grande extinction jamais survenue sur notre planète. Illustration : Óscar Sanisidro.



Légende photo 6 : Pendant le Trias, de nouveaux animaux et plantes s'établissent, avec d'énormes amphibiens, le règne des prêles, des fougères et des conifères et l'apparition d'un groupe très important : les archosauriens. Les archosauriens ont eu un grand succès évolutif

et donné naissance à divers groupes, comme les dinosaures (qui incluent les oiseaux), les reptiles volants ou les crocodiles. Illustration : Óscar Sanisidro.

4. MÉSOZOÏQUE : le règne des reptiles

Le Mésozoïque ou ère mésozoïque (« la vie au milieu ») s'étend sur environ 185 millions d'années. Son début et sa fin sont tous deux marqués par les plus grands épisodes d'extinction dans l'histoire de la biosphère. Le Mésozoïque commence avec la grande catastrophe de la fin du Permien et s'achève avec une autre de semblable : il y a 66 millions d'années, l'impact d'un astéroïde sur la surface de la Terre a provoqué tout un ensemble d'effets qui se sont traduits par une autre grande extinction. De nombreux groupes d'organismes ont été affectés, notamment les marins ; cet épisode est toutefois généralement connu pour avoir entraîné l'extinction des dinosaures et des reptiles marins et volants.

Nous avons vu précédemment que le début du Trias est marqué par la grande extinction qui s'est produite à la fin du Permien. Pendant le reste du Trias, les milieux côtiers et ceux nettement marins se sont alternés, et le registre fossile des Pyrénées de Lleida, constitué, notamment, d'invertébrés marins, de poissons et de quelques reptiles marins restants, a été notoire. Concernant les périodes postérieures au Trias, le Jurassique et le Crétacé, les roches que nous en trouvons se situent au sud des Pyrénées. Les roches jurassiques et crétaciques des pré-Pyrénées sont pratiquement toutes d'origine marine : la presque totalité des 185 millions d'années du Mésozoïque sont représentées, à Lleida, par des calcaires, des grès et des marnes qui se sont formées au fond de la mer. Les fossiles qui s'y trouvent sont par conséquent des squelettes d'animaux marins (mollusques, brachiopodes, éponges, coraux, etc.). On trouve toutefois deux moments, au début et à la fin du Crétacé, où le milieu devient plus continental, ce qui a laissé un registre géologique et paléontologique exceptionnel.

La faune marine du Jurassique

Le Jurassique présente une faune marine riche, notamment dans les roches de la première partie de cette période. Les marnes et les calcaires du Jurassique inférieur, ou Lias,

contiennent une faune abondante d'invertébrés marins. Est à noter en particulier la découverte faite dans le village d'Alòs de Balaguer, comarque de La Noguera. Il s'agit de vertèbres d'un grand reptile marin du groupe des ichtyosaures (« poissons lézards »). Ce sont des animaux déprédateurs, dont la morphologie est très proche de celle des dauphins. Ils sont une parfaite illustration de la façon dont le milieu où vivent les organismes modèle leurs corps et finit par leur faire adopter la meilleure façon de se déplacer et d'y vivre.



Légende photo 7 : Lleida présente un registre fossile de roches jurassiques très intéressant. Durant cette période, Lleida était une mer aux eaux peu profondes où, à certains moments, la vie proliférait. © 2021 Colorado Plateau Geosystems Inc.



Légende photo 8 : Cette mer accueillait des dizaines d'espèces d'invertébrés marins, notamment le groupe des céphalopodes, aujourd'hui éteint, avec par exemple les ammonites et les bélemnites. Nous avons également retrouvé des restes de grands reptiles marins, comme les ichtyosaures. Illustration : Roc Olivé.

Le Crétacé

La très longue période appelée Crétacé est très bien représentée dans la zone pré-pyrénéenne de Lleida. Une grande partie des principales chaînes de montagnes et des sommets est constituée, en majeure partie, de roches crétacées, parmi lesquelles dominent les calcaires. La plupart de ces roches se sont formées sur des

plateformes, où les eaux marines étaient proches de la côte, chaudes, bien ensoleillées et peu profondes. Nous trouvons à Lleida d'importants gisements crétacés d'origine marine ; par exemple, dans les cols de Basturs (Isona et Conca Dellà), à Cabó ou dans la partie haute de la chaîne du Montsec.

Dans la chaîne du Montsec, à la limite septentrionale de la comarque de La Noguera, des gisements paléontologiques exceptionnels sont conservés : ceux de la carrière de Meià et la Cabrua, qui correspondent aux anciennes exploitations des calcaires lithographiques, abandonnées dans les années 1910. Géologues, paléontologues et amateurs en tous genres ont toutefois continué de se rendre dans les carrières pendant des décennies, attirés par les trésors fossiles, les vestiges de nombreuses espèces de plantes, arthropodes, poissons, amphibiens, reptiles et oiseaux qui y ont vécu pendant le Crétacé inférieur, il y a entre 130 et 125 millions d'années, dans une zone lagunaire d'eaux très tranquilles et tout près de la mer, dans un milieu de type tropical. La tranquillité des eaux a permis une conservation exceptionnelle des restes fossiles et, dans certains cas, les parties molles des organismes y sont imprimées.



Légende photo 9 : L'élargissement de l'Atlantique centrale et septentrionale et l'ouverture du golfe de Gascogne entraînent l'individualisation d'une petite portion à l'intérieur de ce grand puzzle de plaques : la plaque ibérique ou Ibérie. © 2021 Colorado Plateau Geosystems Inc.



Légende photo 10 : Sur la côte, là où se dresse aujourd'hui le Montsec de Meià, on trouvait une vaste zone de lacs. Les animaux et plantes qui vivaient dans ces eaux et sur les rives se

déposaient, à leur mort, dans les fonds boueux, où ils se sont fossilisés. La configuration particulière du lac (des zones profondes sans oxygène et un apport important en carbonate de calcium) a permis une conservation exceptionnelle de ces organismes. Illustration : Roc Olivé.

La fin du Mésozoïque

Dans les pré-Pyrénées nous trouvons également le dernier chapitre du Crétacé, et donc du Mésozoïque. La crise d'il y a 66 millions d'années, due à l'impact d'un astéroïde, et qui a entraîné l'une des plus grandes extinctions de l'histoire de la vie sur la Terre, est connue par les géologues et paléontologues comme la limite K-T, du mot allemand *Kreide* (« craie », une roche très abondante au Crétacé qui lui donne son nom), et Tertiaire, la période qui suit le Crétacé.

Nous trouvons la limite K-T dans la zone pré-pyrénéenne, à l'intérieur de l'ensemble de strates formées principalement de grès, d'argiles et de calcaires d'origine continentale, lesquelles constituent la formation Tresp ou Garumnien. Ces roches contiennent les vestiges des derniers dinosaures d'Europe et tout un ensemble d'organismes qui ont cohabité avec eux. On trouve notamment les hadrosaures, ou dinosaures à bec de canard, des animaux s'alimentant de végétaux qu'ils broyaient avec une incroyable batterie de petites dents qui se renouvelaient continuellement. Outre les hadrosaures, on y a trouvé des titanosaures, des herbivores géants qui, avec une petite tête et un cou et une queue extraordinairement longs, pouvaient mesurer plus de 20 mètres de long. D'autres dinosaures retrouvés dans les roches du Garumnien sont les nodosaures, ou dinosaures cuirassés, ainsi que des dinosaures carnivores de diverses dimensions. Ces fantastiques animaux vivaient aux côtés d'une abondante faune de crocodiles, tortues, reptiles volants, lézards, amphibiens...

Les gisements de plantes indiquent un climat tropical, chaud et humide, avec toutefois quelques périodes de sécheresse. Les dernières strates du Garumnien ne contiennent pas de restes de dinosaures ni de la vie abondante qui composait leur écosystème, car ces strates se sont formées après la grande crise de la limite K-T. Les vestiges fossiles présents dans ces strates sont rares et évoquent un monde qui venait tout juste de se remettre d'une grande crise biologique.



Légende photo 11 : L'île des dinosaures. À la fin du Crétacé, la plaque africaine se déplace vers le nord et fait entrer l'Ibérie en collision avec la grande plaque eurasiennne. Cette collision entraîne l'élévation et le repli d'un grand volume de roches qui formeront la chaîne de montagnes des Pyrénées. Au début du repli, la partie émergée de l'Ibérie et une partie de l'actuel territoire de la France forment une grande île de l'archipel, qui constituait le sud de l'Europe, où se sont formés tout un ensemble de rivières, de lacs et de deltas où vivaient une faune et une flore abondantes. © 2021 Colorado Plateau Geosystems Inc.



Légende photo 12 : Lleida conserve les meilleurs gisements européens des derniers écosystèmes où vivaient les dinosaures, ceux présents juste avant la chute de l'astéroïde géant qui a provoqué la grande extinction de la fin du Mésozoïque. Illustration : Óscar Sanisidro.

5. PALÉOGÈNE : les mammifères prennent la vedette

Après la grande crise biologique de la fin du Crétacé, qui marque la fin du Mésozoïque, une nouvelle ère débute, au cours de laquelle les mammifères acquièrent une grande importance, en particulier dans les milieux de type continental. Il s'agit de l'ère du Cénozoïque (« nouvelle vie »). Le Cénozoïque se divise en trois grandes périodes : le Paléogène, la plus ancienne, et le Néogène et le

Quaternaire, les plus modernes – cette dernière a parfois été incluse dans le Néogène.

La formation des Pyrénées, dont le commencement remonte à la fin du Crétacé suite à la rencontre entre la plaque ibérienne et le sud de l'Europe, entraîne un changement drastique dans la configuration géographique du nord de la Péninsule. Un vaste bras de mer entre par la région de la cantabrique et inonde la zone située au sud de la chaîne pyrénéenne (la totalité de l'actuel bassin de l'Èbre). La dépression située au sud de la chaîne de montagnes, l'actuel bassin de l'Èbre, recevait des tonnes de sédiments des chaînes de montagnes alentours. Des rivières et des lacs s'y sont formés, qui étaient régulièrement submergés par la mer.

L'Ilerdien, un registre exceptionnel dans El Pallars Jussà

Le registre géologique et paléontologique de cette période à Lleida est exceptionnel. Nous y trouvons des restes fossiles des trois époques en lesquelles se divise le Paléogène (de la plus ancienne aux plus modernes : Paléocène, Éocène et Oligocène). Dans la zone d'El Pallars Jussà, le registre de la fin du Paléocène et du début de l'Éocène est si complet et exceptionnel que l'on a pu établir un nouvel étage de l'histoire de la Terre : l'Ilerdien. En effet, tout près de la ville de Tremp affleure un ensemble de strates d'origine marine, qui englobent d'entre il y a 55,8 et 52,8 millions d'années, avec un registre géologique extraordinairement complet et une faune fossile exceptionnelle. Cette exceptionnalité a conduit les géologues suisses Lukas Hottinger et Hans Schaub, en 1960, à définir cet étage, qui prend le nom de l'ancienne Ilerda (Lleida).

L'époque de l'Éocène

L'Éocène continentale nous a également fourni des fossiles de différentes sortes de vertébrés, sur des sites situés près des villages de La Pobla de Segur et d'Àger.

L'ensemble faunistique de ces gisements inclut diverses espèces d'artiodactyles, périssodactyles, crocodiles et primates, et reflète la grande diversification des mammifères qui s'est produite après la grande extinction d'il y a 66 millions d'années. À partir d'alors, de nombreuses niches écologiques se sont libérées et ont été occupées par différentes espèces de mammifères.

À la fin de l'Éocène, s'est produite la dernière entrée d'eaux marines dans le grand golfe qui incluait l'actuelle Catalogne centrale. Cette inondation a permis aux écueils de coraux de se développer en divers endroits, et ceux-ci comportaient des dizaines d'espèces d'invertébrés. Ces eaux étaient chaudes, de climat tropical, peu profondes et claires ; des conditions idéales pour la prolifération des coraux et d'autres animaux. Les fossiles qui témoignent de cette abondante activité biotique se retrouvent dans divers gisements pré-pyrénéens, et notamment dans la vallée de Lord (El Solsonès). Par la suite, le golfe marin se fermera au niveau de la zone cantabrique et les eaux s'évaporeront petit à petit, jusqu'à disparaître. L'évaporation a entraîné la sédimentation des sels et gypses présents dans les eaux et a donné naissance à d'épaisses formations de gypses, comme celles que nous pouvons observer au nord du village de Guissona. Elles sont la dernière manifestation des eaux marines de l'actuel bassin de l'Èbre.

L'Oligocène et la fin du Paléogène

Au cours de la période suivante, l'Oligocène, tout le bassin de l'Èbre est devenu de type strictement continental. Le climat est chaud et humide, et la faune et la flore abondent, ce que l'on peut observer grâce aux extraordinaires gisements des alentours des villages de Tàrraga et Cervera.

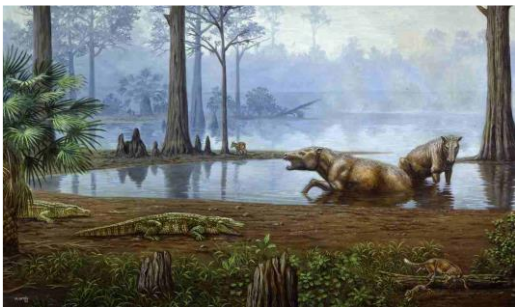
Les lacs et rivières accueillent des populations de crocodiles et de tortues qui cohabitent avec une faune variée de mammifères, notamment l'*Elomeryx*, un des plus anciens Anthracotheriidae connus aujourd'hui. Les Anthracotheriidae, aujourd'hui éteints, sont un groupe de mammifères semi-aquatiques apparentés avec les hippopotames et les baleines. Nous trouvons également des vestiges d'*Entelodon*, un énorme animal omnivore qui est un lointain parent du porc. Le *Cainotherium* était un petit artiodactyle (animal à sabots avec un nombre pair de doigts, comme les cervidés ou les porcs) dont la taille et le mode de vie rappellent ceux du lapin.



Légende photo 13 : Le retrait de la mer vers l'ouest dans la zone pyrénéenne et l'apparition de la chaîne de montagnes des Pyrénées commencent à donner à la géographie de Lleida un aspect qui nous est familier. © 2021 Colorado Plateau Geosystems Inc.



Légende photo 14 : Au cours de l'Éocène, des zones de végétations denses se développent, semblables aux forêts actuelles. C'est dans ce milieu qu'évoluent les premiers primates, aux côtés d'autres mammifères, et qui formeraient petit à petit une faune qui commence à ressembler à la faune actuelle. Illustration : Mauricio Antón.



Légende photo 15 : À la fin de l'Éocène et au début de l'Oligocène, des zones marécageuses se développent, avec des forêts exubérantes et un grand nombre d'espèces de mammifères et de reptiles. C'est ce que révèlent les fossiles d'El Talladell et de Cervera. Illustration : Mauricio Antón.

6. NÉOGÈNE et QUATERNAIRE : les périodes les plus modernes de l'histoire de la Terre

Les 23 millions dernières années de l'histoire de notre planète ont été divisées en deux périodes : le Néogène et le Quaternaire. Le Quaternaire se divise en Pléistocène et Holocène, et a commencé il y a 2,58 millions d'années, coïncidant avec la première grande glaciation qui a affecté, principalement, l'hémisphère nord.

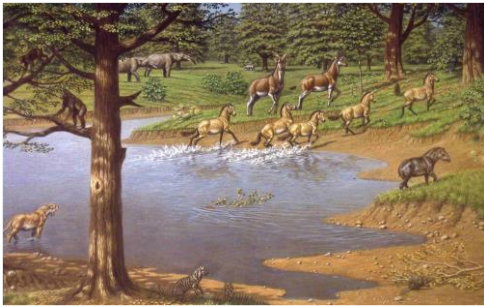
Au cours des phases finales de la formation des Pyrénées, la partie centrale de l'Europe et celle orientale de la péninsule Ibérique connaissent une période d'extension. C'est-à-dire un processus inverse à celui de compression qui a donné naissance à une chaîne de montagnes. Cette extension se traduit par un ensemble de failles et de zones de dépression (bassins) où viennent se déposer de grandes quantités de sédiments. Les bassins les plus célèbres sont ceux d'El Vallès, El Penedès et L'Empordà. Étonnamment, des zones de dépression se forment également dans les zones montagneuses, encerclées de chaînes de montagnes. Ce sont ce que les géologues connaissent comme les bassins intramontagneux. C'est par exemple le cas des bassins de La Seu d'Urgell et de la Cerdagne. Dans ces zones de dépression des Pyrénées, vécurent une grande quantité d'espèces animales et de plantes, que nous connaissons grâce à de magnifiques ensembles de gisements qui nous ont fourni de nombreux fossiles.

Animaux et plantes sont déjà très semblables aux espèces actuelles. La flore indique l'existence dans cette zone d'un climat de type méditerranéen. Parmi les animaux, on trouve les chevaux (*Hipparion*), les éléphants, les cerfs et l'hominidé *Dryopithecus*.

Le Pléistocène (entre il y a 2,58 millions d'années et 11 700 ans) se caractérise par un refroidissement général du climat dans le monde entier, et se traduit par une importante accumulation de glace dans de vastes zones continentales et dans les chaînes de montagnes, en particulier dans l'hémisphère nord. C'est la raison pour laquelle il est également connu comme l'Âge de glace. Les Pyrénées ont été fortement affectées par ces cycles glaciaires (en particulier le dernier) et, de fait, nous serions actuellement dans un cycle interglaciaire, c'est-à-dire dans une période aux températures chaudes entre deux périodes de glaciation. Dans le val d'Aran, l'effet des glaciations s'observe nettement dans la morphologie des vallées, des lacs et des dépôts sédimentaires de haute montagne. La vallée glaciaire de Hont Herèda est un exemple géologique exceptionnel de morphologie glaciaire.



Légende photo 16 : La grande étendue de glace permanente qui a recouvert l'Europe à la fin du Pléistocène a contribué à donner l'avant-dernier coup de pinceau à la morphologie du territoire en modelant montagnes et vallées.



Légende photo 17 : Au cours du Myocène, se développe une faune de carnivores, éléphants, chevaux et autres formes très semblables aux êtres vivants actuels, dans un milieu qui peu à peu passe de la savane à un climat méditerranéen. Illustration : Mauricio Antón.



Légende photo 18 : Un des premiers singes qui a été découvert en Europe, âgé d'environ 11 millions d'années. Il était adapté aux arbres (de là le nom de singe des arbres) et était frugivore. Les mâles avaient des canines bien développées, ce qui indique un comportement agressif entre mâles et entre espèces, comme c'est le cas des primates modernes. Illustration : Óscar Sanisidro.

7. ANTHROPOCÈNE : les effets de notre présence sur la planète Terre

L'impact des activités humaines sur la planète Terre génère au quotidien des préoccupations qui sont au cœur de l'actualité. L'exploitation incontrôlée des ressources naturelles provoque aujourd'hui de graves modifications environnementales, lesquelles peuvent avoir des effets négatifs sur le moyen et le long terme : pollution, changement climatique, extinction d'espèces, invasion d'espèces exogènes, pandémies globales... Tous ces phénomènes sont liés, directement ou indirectement, à l'activité humaine. Au cours des dernières décennies, les effets sur l'environnement se sont accélérés et nous commençons à en observer, de façon préoccupante, les conséquences.

Les changements environnementaux provoqués par l'activité humaine sont d'une telle magnitude que plusieurs scientifiques les équiparent aux modifications environnementales qui ont entraîné des changements de temps géologiques, que ce soit d'époque, de période ou d'ère. C'est pourquoi aujourd'hui, bien que nous considérons nous trouver dans l'Holocène, la deuxième période du Quaternaire, certains scientifiques pensent que nous sommes dans une nouvelle période : l'Anthropocène.

Le registre fossile de l'Anthropocène

Les modifications introduites par l'humanité sont-elles si radicales qu'elles puissent mener à un changement d'étage géologique ? Quelles sont les conséquences de l'activité humaine ?

Elles sont nombreuses, mais nous citerons celles probablement les plus graves : extinction accélérée d'espèces (à des rythmes supérieurs à ceux de la grande extinction de la fin du Permien) ; niveaux de CO₂ et de méthane dans l'atmosphère qui provoquent un réchauffement climatique global ; utilisation d'engrais qui ont doublé les quantités d'azote et de phosphore dans le sol ; présence de plastiques (souvent de taille microscopique) dans

tous les écosystèmes terrestres ; déforestation ; modification artificielle des systèmes hydriques et répartition anormale des sédiments qui en découle... Toutes ces conséquences laissent sans l'ombre d'un doute leur empreinte dans le registre géologique actuel. On dit que cette empreinte sera facilement reconnaissable par les géologues du futur, et que l'on pourra aisément identifier les strates correspondant à l'Anthropocène, en particulier grâce au registre fossile qu'il contiendra : les technofossiles (toute chose construite avec la technologie humaine : que ce soit une brique, un smartphone ou une ville). On dit aussi que les os de poulet seront des fossiles typiques de l'Anthropocène, que cet animal ayant fait l'objet d'une production de masse à partir du milieu du XXe siècle pour servir d'aliment dans le monde entier.

Quand commence l'Anthropocène ?

Plusieurs dates sont proposées pour le début de l'Anthropocène : la révolution agricole, d'il y a environ 11 500 ans, le début de la révolution industrielle, à la fin du XVIIIe siècle, ou encore les premières bombes atomiques, dans les années 1940. Certains disent même que l'Anthropocène n'a pas encore commencé, étant donné que, dans un futur proche, l'impact humain sur la Terre sera beaucoup plus important qu'aujourd'hui ; ce sera alors le moment de déclarer le début de la nouvelle époque.

Toutefois, l'Anthropocène a également suscité de nombreuses réticences aussi bien chez les scientifiques que parmi les spécialistes de domaines non scientifiques. L'argument donné est que les périodes géologiques doivent être définies sur une échelle bien plus grande, et qu'elles doivent comporter des changements plus nets. Il a également été signalé que ce terme est anthropocentrique et donc peu approprié, car il désigne un intervalle de l'histoire de la Terre qui fait référence, pour la première fois, à une seule espèce, la nôtre.

Le but du terme *anthropocène* devrait être de centrer notre attention sur les conséquences de l'action collective et de la façon dont nous pourrions encore éviter le pire. Ce devrait être un avertissement fait au monde.

Citation : « La magnitude de ce que nous sommes en train d'observer avec les sédiments est telle, voire plus grande, que celle que nous observions pour définir d'autres temps géologiques du passé. À partir de la deuxième moitié du XXe siècle, l'impact humain est

devenu un phénomène global, synchronique et qui s'accélère dans le monde entier. »
Anthropocene Working Group, AWG.

8. PIONNIERS

Lluís Marià Vidal Carreras (Barcelona, 1842 – 1922)

Ingénieur des mines, géologue et pionnier de la photographie. Lorsqu'il étudiait à l'Université des Mines de Madrid, en plus de se former en géologie il s'est intéressé à la paléontologie et à la préhistoire. Après avoir exercé plusieurs positions professionnelles, en 1888 il a été nommé responsable des ressources minières de la province de Lleida, et vers 1909 il a dirigé la Commission de la Carte Géologique d'Espagne.

Il a été membre de nombreuses associations scientifiques nationales et internationales : président du Centre excursionniste de Catalogne, de l'Athenaeum Barcelonais et de l'Académie Royale des Sciences et des Arts de Barcelone ; membre honoraire du Conseil des Sciences Naturelles de Barcelone et vice-président de la Société Géologique de France.

Il a été un pionnier de la photographie de montagne. Il a réalisé des photographies que nous pouvons considérer comme les plus anciennes du secteur sud des Pyrénées, du val d'Aran et d'Andorre.

Parmi ses nombreux travaux, sont à noter ceux consacrés aux Pays catalans, en particulier concernant la circonscription de Lleida. En 1875, il a publié une de ses œuvres les plus importantes, *Geología de la provincia de Lérida*, dans laquelle il présente une étude qui englobe une bonne partie de l'actuel Géoparc Mondial de l'Unesco Tremp-Montsec.

Francesc Clua Anglès (Cubells, 1847 – Tàrrrega, 1920)

Naturaliste, écrivain, peintre et figure prééminente du catalanisme à Tàrrrega. Fondateur du Centre excursionniste de L'Urgell et La Segarra, il a été un des pionniers de la randonnée scientifique en Catalogne. Il s'est marié avec Filomena Terés, fille d'une prestigieuse famille de Tàrrrega, où il s'est installé. Il a étudié et collectionné les fossiles, et a rendu publiques ses découvertes d'El Talladell. Il a travaillé en collaboration avec des institutions et scientifiques de l'époque, notamment Charles Depéret, Lluís Marià Vidal et Norbert Font Sagué. Ce

dernier, en 1908, a proposé de le nommer chargé de collecte pour le Musée Martorell de Barcelona.

Martí Madern Carreras (Cabanes, Alt Empordà, 1896 – Cervera, 1975)

Spécialiste de la flore fossile de l'Oligocène de La Segarra. Il a été titularisé professeur des écoles à Figueres. Il a intégré le corps de fonctionnaires des télégraphes et, au début des années 1920, il a été destiné à Cervera. Il y a exercé en parallèle les fonctions de chef du service des télégraphes et d'enseignant pour les élèves de terminale.

Après la guerre civile espagnole, les calcaires de l'Oligocène des alentours de Cervera commencent à être exploités pour la fabrication du ciment. À partir d'alors, il a pu commencer à se consacrer sa grande passion : la collecte et l'étude de la flore fossile conservée dans ces formations calcaires. Il a travaillé en collaboration avec Josep Ramon Bataller, de l'Université de Barcelone, et avec Georges Depape, de l'Université libre de Lille, en France, auxquels il a remis le matériel pour la publication, en 1950, de *Flore Oligocène de Cervera (Catalogne)*. Il a publié de nombreuses notes apportant des connaissances sur cette flore, souvent dans des revues comarcales.

Madern a été un grand maître. Il avait des connaissances approfondies en histoire naturelle, en mathématiques, en français et en grammaire, et exerçait le métier de professeur par vocation. Il se distinguait également pour ses connaissances en philatélie et en météorologie. Il était en contact avec la rédaction du journal *La Vanguardia*, à qui il fournissait des informations quotidiennes sur les conditions météorologiques de la comarque de La Segarra.

Lluís Ferrer Condal (Barcelona, 1914 – 2011)

Médecin, érudit et enthousiaste de la paléontologie. Après les années d'exploitation de la carrière de Meià, et une fois la guerre civile espagnole terminée, ce site du Crétacé inférieur du Montsec a été oublié d'une partie du monde scientifique. Au début des années 1950, il y a eu un regain d'intérêt pour les découvertes grâce au travail désintéressé de Lluís Ferrer Condal. Sa première visite de la carrière date de 1950, année à laquelle il exerçait en tant que médecin dans le village de Salàs de Pallars. Son enthousiasme l'a poussé à réaliser un nombre incalculable de visites du site pendant ses week-ends, et il est parvenu à rassembler

une importante collection. Parmi les pièces les plus importantes, on trouve une grenouille pratiquement entière (*Eodiscoglossus santonjae*) et une plume d'oiseau. Il a travaillé en collaboration avec de nombreux chercheurs, aussi bien de dimensions nationale qu'internationale, qu'il accompagnait sur le site et à qui il confiait des pièces de sa propre collection pour qu'ils puissent les étudier.

Manuel Riu Riu (Manresa, 1929 – Sant Llorenç de Morunys, 2011)

Historien et archéologue, spécialiste de l'histoire médiévale. Depuis tout jeune, il a gardé un lien étroit avec Sant Llorenç de Morunys, d'où sa mère et son père étaient originaires. Il y a passé pratiquement toutes ses vacances ainsi que la guerre civile. Il était également très lié à El Berguedà, y ayant réalisé son service militaire et sa femme étant originaire de Berga.

Riu a été pionnier en Europe dans l'introduction de la méthodologie archéologique pour l'étude de l'histoire médiévale, et a réalisé de nombreuses fouilles dans la vallée de Lord (El Solsonès) et à El Berguedà. Impliqué dans de nombreuses associations culturelles, il était l'âme du Musée-Centre d'Interprétation de la Vallée de Lord, qu'il a inauguré en 1947 avec d'autres habitants et auquel il a fait don d'un grand nombre de pièces.

Il s'est également intéressé à la paléontologie et a rassemblé une collection d'exemplaires de diverses périodes géologiques, notamment de celle de l'étage Priabonien de l'Éocène, qui affleure sur de vastes étendues dans la vallée de Lord. Cette collection est conservée et partiellement exposée au Musée-Centre d'Interprétation de la Vallée de Lord.

Il sera déclaré fils adoptif de Sant Llorenç de Morunys. En 2003, il a reçu la Croix de Sant Jordi et, en 2006, le Prix Ville de Berga à la Culture.

Josep Duró Farràs (La Seu d'Urgell, 1928 – Andorra la Vella, 2000)

Il s'est diplômé en médecine et en chirurgie à l'Université de Barcelone, et s'est de suite consacré à la profession de médecin à Sant Julià de Lòria et à Canillo (Andorre). Son père, Emili Duró Moles, était lui aussi médecin.

Nommé directeur de la Santé d'Andorre, il a instauré les vaccins obligatoires dans les écoles et les révisions pulmonaires annuelles par rayons X pour les élèves de tous les systèmes éducatifs du pays. Il a été le défenseur d'un contrôle de la croissance démographique, et le

premier à réaliser des analyses régulières de toutes les sources d'eau du pays. Il a également exercé en tant que médecin légiste pour le Conseil Général des Vallées d'Andorre.

Grand amateur de paléontologie, il a rassemblé une collection de fossiles du Néogène de L'Alt Urgell et de Cerdagne, que sa famille a cédée à l'Institut Catalan de Paléontologie et dont une partie est actuellement exposée au Musée Dinofera de Coll de Nargó.

Cette passion lui est venue très jeune, lorsqu'il a trouvé des fossiles près de La Seu d'Urgell. Des années plus tard, près d'Alàs, il a découvert des défenses de mastodonte, et jusqu'à sa mort il a soutenu que l'animal entier était enterré au même endroit. Au fil des années, on a découvert que L'Alt Urgell regorgeait de lieux idéals où faire des études paléontologiques, en particulier à Coll de Nargó. Peu avant ses 40 ans, une chute accidentelle l'empêcha de pratiquer *in situ* une des activités qui lui plaisaient le plus : la paléontologie.

Grand adepte du cinéma, il a filmé des événements institutionnels et de loisirs et réalisé une collection au format 8 mm, qui est actuellement conservée aux Archives Nationales d'Andorre.

Passionné d'automobilisme, il a gagné de nombreux trophées. Il a été médecin du Club Automobile d'Andorre pendant de nombreuses années.

Maria Lourdes Casanovas Cladellas (Sabadell, 1934)

Paléontologue. Elle a étudié avec le paléontologue de Sabadell Miquel Crusafont et a obtenu son doctorat en 1975 à l'Université de Barcelone, où elle a été professeure pendant quatre ans. Son domaine de recherche comprend les mammifères du Paléogène (Éocène), et principalement ceux des sites d'El Pallars Jussà et de La Noguera. Avec son mari, le docteur Josep Vicenç Santafé, elle a introduit l'étude de la paléoichnologie (étude des empreintes fossiles) dans l'État espagnol. Faisant équipe avec J. V. Santafé et d'autres paléontologues, elle a réalisé un important travail de recherche sur les gisements de dinosaures de la péninsule Ibérique. Elle est l'auteure de nombreux articles scientifiques et de vulgarisation.

Josep Vicenç Santafé Llopis (Valencia, 1934 – Sant Quirze del Vallès, 2017)

Paléontologue et homme politique. Il a été instituteur d'Éducation Générale Basique aux Écoles Pies de Sabadell. Grand amateur de paléontologie, il était collaborateur au Musée de

la Ville de Sabadell, embryon de ce qui serait l'Institut de Paléontologie de Sabadell (actuel Institut Catalan de Paléontologie). Avec sa femme, la Dre M. L. Casanovas, dans les années 1960 il a étudié la géologie à l'Université de Barcelone, et en 1976 il a obtenu une place de fonctionnaire à la Diputació de Barcelone et été destiné à l'Institut Catalan de Paléontologie. Deux ans plus tard il a présenté sa thèse doctorale, consacrée à l'étude des rhinocéros fossiles en Espagne.

Avec la docteure M. L. Casanovas et les docteurs Sebastià Calzada (du Musée du Séminaire de Barcelone) et José Luis Sanz (de l'Université Autonome de Madrid), ce fut l'un des fers de lance de l'étude des dinosaures dans l'État espagnol. Parmi les nombreuses zones où il a travaillé, sont à noter l'ensemble de gisements d'ichnites de dinosaures de La Rioja, les gisements du Crétacé inférieur du Pays valencien, et tout particulièrement le Crétacé terminal des Pyrénées de Lleida. Il est l'auteur de nombreuses publications scientifiques et de livres de vulgarisation de paléontologie. Il a été conseiller municipal de Sant Quirze del Vallès.

Antoni Lacasa i Ruiz (Lleida, 1946)

Un des fers de lance, dans les années soixante-dix, du groupe d'Amis de la Paléontologie, avec Eduard Remacha et Josep Esteve. Ce groupe a été accueilli par l'Institut d'Estudis Ilerdencs en 1977, avec qui ils ont organisé une première campagne de fouilles sur le site de la carrière de Meià en 1979. Le principal objectif de cette expédition était la carrière classique, mais la plupart des fouilles se firent sur le site de La Cabrua, un affleurement précédemment mentionné par d'autres auteurs.

Il a participé activement aux 19 campagnes de fouilles organisées sur ces deux sites jusqu'en 1996. De plus, il a prit part aux prospections et aux fouilles sur d'autres affleurements, principalement de l'âge Mésozoïque et, avec ses compagnons de l'association, il a prit soin de la collection paléontologique de l'Institut d'Estudis Ilerdencs, composée actuellement de plus de 5 000 exemplaires.

Il a écrit de nombreux articles scientifiques et livres de vulgarisation sur la géologie et la paléontologie à Lleida, en particulier sur les fossiles des calcaires lithographiques du Montsec, et il a été conseiller et coordinateur de la section Géologie et Paléontologie de l'Institut d'Estudis Ilerdencs