

Initiation à la paléontologie et aux fossiles

Laurent DUBOIS

I) Définitions

A) La paléontologie

Le mot "Paléontologie" peut être découpé en trois termes :

Paleo = palaios = ancien

Ontos = vie, être

Logie = logos = étude, science.

Il s'agit donc, littéralement, de la science étudiant la vie ancienne, et plus précisément, de la discipline qui étudie les organismes disparus ayant laissé dans les terrains sédimentaires des traces de leur corps ou de leurs activités. Ces traces sont appelées 'fossiles'.

Il existe 4 lois majeures en paléontologie :

1 ère l'actualisme. Les lois physiques (gravité...) et biologiques (nutrition, reproduction..) actuelles sont applicables dans le passé.

2 ème l'anatomie comparée. Les fossiles retrouvés sont souvent fragmentaires ; l'organisme est rarement complet. Cette loi permet de reconnaître l'organisme à partir de fragments trouvés. Par exemple, nous pouvons savoir à quel organisme correspond un fémur trouvé.

3 ème la corrélation organique. Chaque partie d'un organisme a une morphologie compatible avec le reste de l'organisme (la morphologie est différente selon le mode de vie).

4 ème la chronologie relative. Il faut tenir compte de la stratigraphie des couches. La plus ancienne couche est la plus profonde, sauf événement géologique ayant inversé la série.

B) Les fossiles

1) Définition

Ce terme a une définition très large, car un fossile ne correspond pas seulement à des restes d'organismes, comme des ossements, il s'agit également d'empreintes (méduses dans le calcaire) et de moules (courant chez les coquilles), de traces d'activités (paléochnologie), ou même parfois d'activité chimique. Les fossiles sont souvent issus des parties minéralisées dures d'un organisme, et très rarement des tissus mous.

2) Chimie du fossile

Quand un fossile est recouvert par des sédiments, il subit des changements de pression et de température, ainsi que la circulation des fluides. Si ces fluides ont une composition chimique proche de celle du fossile, ça n'aura pas beaucoup d'incidence. Dans le cas contraire, la différence de composition peut entraîner des modifications. Par exemple : une coquille carbonatée tombe dans des argiles (qui deviendront des schistes par la suite). Si nous avons circulation de fluides acides, le CaCO_3 de la coquille va être dissout. Ceci a par pour conséquence la perte de la structure interne, nous n'avons plus de 'fossile corporel', mais un moule interne et un externe (fig. 1).

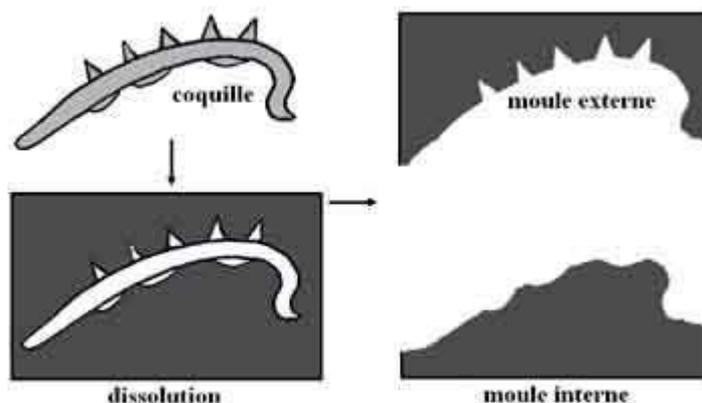


Fig. 1 : dissolution de la coquille et obtention de moules.

Nous pouvons également avoir une dissolution de la coquille puis un remplacement de la structure par épigénie. C'est un phénomène lent de substitution de la composition originelle par une autre, molécule par molécule ce qui préserve la microstructure. Nous avons donc un 'fossile corporel'. Ce terme est utilisé pour un fossile dont la microstructure est préservée dans la composition originelle, ou épigénisée. Dans d'autres cas, nous pouvons avoir

une recristallisation, c'est-à-dire un changement de structure et non de composition. Ce phénomène s'explique par le fait que certaines structures sont plus stables que d'autres. Les principaux concernés sont l'aragonite qui donne la calcite (fig. 2), et l'opale qui donne le quartz.



Fig. 2 : cristallisation de calcite dans une coquille d'Ammonite. Fossile issu de ma collection personnelle.

II) La fossilisation

A) Définition

Les fossiles sont le résultat de certains processus et phénomènes rares. Il ne concerne que 1 à 2 % de la population initiale (estimation impossible à vérifier). Il faut que les organismes échappent à la décomposition et la destruction, et subsistent dans de bonnes conditions de conservation.

B) Conditions

Il existe plusieurs agents de destruction dont les deux plus importants sont les agents biologiques (animaux et organismes microscopiques comme les bactéries qui dégradent les cadavres), et les agents atmosphériques (pluie, oxygène...). Ensuite il faut que les fossiles puissent être préservés des autres facteurs de destruction, c'est à dire la diagenèse, le métamorphisme, la dissolution par des eaux d'infiltration ou la tectonique. Ces différents paramètres définissent la difficulté à fossiliser un organisme et expliquent le faible pourcentage de fossilisation.

Les principaux facteurs favorables à la fossilisation sont :

- un enfouissement rapide et abondant, pour protéger le cadavre principalement de l'oxygène. Ceci fonctionne mieux avec des sédiments fins (boue).
- les catastrophes, tels que les Tsunamis, avalanches, crues... qui apportent des sédiments en grandes quantités qui piègent les organismes.
- une topographie favorable à l'enfouissement rapide, c'est-à-dire une dépression pouvant piéger les organismes lors de glissements de terrain par exemple.
- le mode de vie de l'organisme. Un organisme vivant dans des terriers, ou enfoui aura plus de chance d'être conservé.
- nature de l'organisme. La nature chimique et la présence d'un squelette ou exosquelette joue un rôle important dans la fossilisation (squelette ou spicule, carbonaté ou siliceux). En effet les tissus mous sont rarement conservés. C'est là un piège de la fossilisation : elle désavantage les organismes n'ayant pas de partie solide.

C) Sélection

Bien que rare, la conservation des tissus mous existe dans certaines conditions exceptionnelles :

- o Mammouth dans la glace de Sibérie (une 40 aine de mammouths). Ils sont conservés en totalité, même le contenu stomacal.
- o Momification dans l'ozocérite (paraffine naturelle, fraction lourde du pétrole) de mammouths et rhinocéros. Cette paraffine conserve bien les organismes à l'exception des poils.
- o Insecte dans l'ambre (venant du pin) (fig. 4).

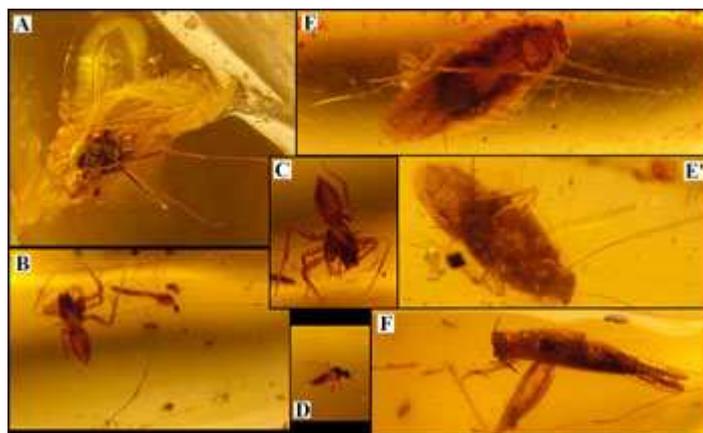


Fig. 4 : insectes prisonnier de l'ambre. A) mouche ; B) moustique ; C) araignée ; D) moucheron ; E) blatte, vue dorsale ; E') blatte, vue ventrale ; F) sauterelle. Fossiles issus de ma collection personnelle. Provenance de Madagascar, datés de -20 Ma. Cliquer sur l'image pour l'agrandir.

- o Protiste dans le silex (saturation en Si)
- o Spores et pollens dans les roches
- o Substances organiques : dans des silex de 3 milliards d'années ont été trouvées des molécules dérivées de la chlorophylle (preuve de la photosynthèse à cette époque).
- o Même si les tissus disparaissent, ils peuvent marquer la roche et délimiter les contours de l'organisme (fig. 5).



Fig. 5 : poisson fossile dont les tissus ont marqué la roche et définissent les contours de l'individu. Fossile issu de ma collection personnelle.

Ainsi, il est possible de trouver des poils sur les mammouths, des plumes, des insectes, des feuilles (fig. 6)...



Fig. 6 : fossiles de végétaux (feuilles, tige, branches). Fossiles issus de ma collection personnelle. Cliquer sur l'image pour l'agrandir.

La conservation des parties dures reste la plus courante. Elle concerne les parties minéralisées (carapace, coquille, squelette interne, dents, bois...). Ces restes peuvent être conservés avec leur substance originelle ou alors avoir subi une transformation par épigénie (molécule par molécule).

III) Classification

La classification des êtres vivants et des fossiles s'appelle la taxinomie ou taxonomie. Lorsque l'on découvre un fossile, quel qu'il soit, les paléontologues lui donnent un nom. Il existe 3 cas de figure :

a) si le fossile trouvé correspond à un organisme inconnu : un nom lui sera donné en utilisant la nomenclature binomiale. Par exemple : Homo sapiens, c'est-à-dire le Genre et l'espèce (les conventions définissent ces deux termes à écrire en italique, le genre avec une majuscule, l'espèce avec une minuscule). Les organismes sont classés selon leurs différences, ressemblances et caractéristique dans plusieurs groupements. Du plus éloigné au plus précis : règne, embranchement ou phylum, classe, ordre, famille, genre et espèce. Prenons un exemple : le loup.

Règne : animal.
Embranchement : Vertebrata.
Classe : Mammalia (mammifère).
Ordre : Carnivora.
Famille : Canidae.
Genre : Canis.
Espèce : Canis lupus.

Remarque importante : La notion d'espèce en paléontologie n'a pas la même signification qu'en biologie. Pour les biologistes elle est défini, outre les ressemblances entre organismes, par deux êtres interféconds dont la descendance est viable et reproductible également. En paléontologie, la notion d'interfécondité est difficilement applicable, seules les ressemblances sont donc utilisées. Ceci représente donc une source d'erreur, car il dangereux de ne se baser que sur la ressemblance de deux organismes. Un des exemples les plus frappant est celui du requin, qui est un poisson sélacien, et du dauphin, qui est un mammifère. Ces organismes aux morphologies apparemment très proches n'ont en fait pas grand-chose en commun.

b) si le fossile trouvé correspond à un organisme déjà connu : si les critères morphologiques et paramètres importants sont identiques à une espèce déjà recensée, il n'y a pas de problème, ce fossile est placé dans la même espèce.

c) si le fossile correspond à un élément d'un organisme : dans ce cas les paléontologues n'utilisent pas la taxonomie, mais la parataxonomie. Prenons l'exemple d'un œuf de dinosaure. Lorsque qu'un œuf de dinosaure est découvert, il est généralement impossible de savoir à quelle espèce de dinosaure il appartient, mais il faut obligatoirement le répertorier. C'est ainsi que les paléontologues utilisent la parataxonomie. Elle ne correspond pas un organisme précis mais à une classification de différents éléments. Prenons un deuxième exemple, celui des conodontes. Ces éléments sont souvent rapportés par les chercheurs comme étant des dents. Chaque conodonte différent possède un nom d'espèce et de genre alors qu'un organisme possède souvent plusieurs dents différentes (comme nous). Différentes espèces de conodontes appartiennent peut être, ou certainement, à un même organisme. La parataxonomie est utilisée dans plusieurs cas : pour les œufs de dinosaures, les ichnofossiles (cf. chapitre V) les conodontes, les chitinozoaires, les coprolithes, les kystes de dinoflagellés, les acritarches et aussi en paléobotanique car il est difficile de savoir de quelle plante proviennent les spores.

d) les pièges

Il existe plusieurs pièges pouvant générer la création de deux espèces alors qu'elles ne correspondent qu'à une seule. Il s'agit du polymorphisme : à l'intérieur d'une espèce interféconde nous pouvons trouver des formes distinctes. Ceci s'explique par le dimorphisme sexuel, c'est-à-dire deux formes distinctes correspondant à la différence de sexe, ou alors des différences selon le stade ontogénique (développement), les formes juvéniles pouvant être différentes des formes adultes (fig. 7). C'est également le cas du polytypisme : si nous prenons une espèce d'ammonite qui va être scindée en 2 groupes à cause de la tectonique, ces deux groupes vont évoluer différemment chacun de leur côté, développant des caractéristiques que l'autre n'a pas (fig. 7). Toutefois, si ces différences ne touchent pas les facteurs liés à la reproduction, qu'il ne s'agit que de changement d'ornementation par exemple, alors les deux groupes vont paraître différents malgré une interfécondité toujours possible.

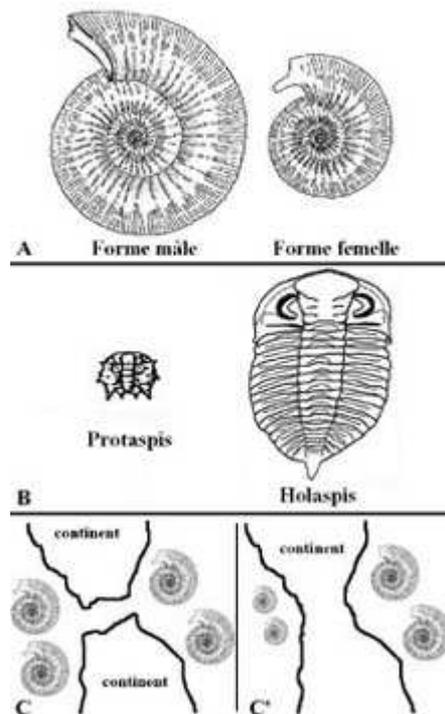


Fig. 7 : A) dimorphisme sexuel ; B) différence de morphologie chez le trilobite entre une forme juvénile et une adulte ; C) cas de polytypisme (exemple fictif).

IV) Informations du fossile

Lorsque l'on découvre un fossile, il ne faut pas le dégager tout de suite mais d'abord l'étudier sur place car sa position et son orientation peuvent donner de nombreuses informations. Dans un premier temps il faut regarder si le fossile a subi un transport ou non.

- S'il n'a pas été transporté, il est autochtone (un organisme nectonique ne peut jamais être autochtone car il tombe dans la colonne d'eau lors de sa mort). Un gisement d'organismes autochtones, appelé gisement paléobiocénose, peut donner des informations paléocéologiques (une biocénose est un ensemble d'organismes vivant dans le même biotope).
- S'il n'est pas mort sur place, il est allochtone. Un gisement de tels organismes est nommé gisement thanatocénose, il est inutile en paléocéologie. Remarque : une formation parautochtone est un mélange des deux, on a des organismes allochtones (souvent brisés) et des organismes autochtones.

La description de fossile ou d'une accumulation, passe par plusieurs points :

- il faut définir la composition taxinomique, c'est-à-dire la présence d'un organisme majoritaire (assemblage monotypique) ou de plusieurs organismes différents (assemblage polytypique).
- ensuite il faut définir l'arrangement en 3D des fossiles, leur géométrie (forme de récif, terriers, lentille...).
- le Packing : supporté par une matrice, ou supporté par des bioclastes. En fonction de la quantité de bioclastes.
- l'orientation : l'orientation des fossiles peut donner le sens du paléocourant par orientation préférentielle (fig. 8).

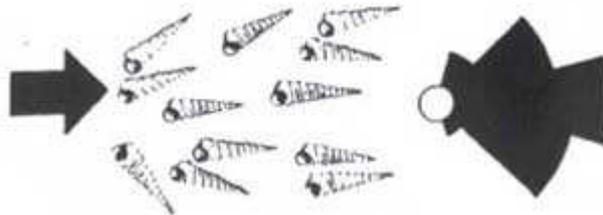


Fig. 8 : orientation des fossiles selon le paléocourant.

-l'énergie : les fossiles vont être plus ou moins désarticulé ou cassé selon l'énergie du milieu.

- les critères de polarité. La cristallisation à l'intérieur d'une coquille ne va pas être uniforme : le bas de la coquille va être remplie par de la boue et des microcristaux, tandis que le haut sera occupé par des cristaux de plus grande taille. Ce phénomène peut permettre une orientation de la couche dont elle provient, de savoir si elle a subi une inversion.

- les déformations tectoniques. La déformation des fossiles peut indiquer la direction des contraintes tectoniques (fig. 9).

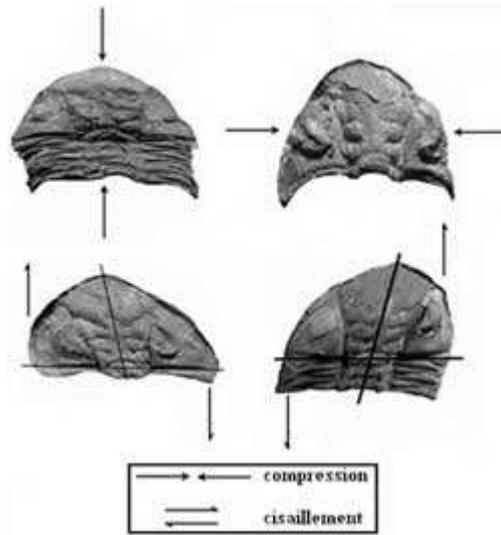


Fig. 9 : déformation de trilobites, en cisaillement ou en compression.

V) Paléoichnologie

Le mot 'Paléoichnologie' peut être découpé en trois termes :

Paléo = Palaios = ancien

Ichno = empreinte

Logos = études

Il s'agit de la discipline étudiant les empreintes fossiles. Une trace fossile est appelée un ichnofossile. Ces traces sont liées à un comportement ou une action. Par exemple nous avons des traces de logement (pouvant indiquer la polarité), de nutritives (coprolithes), de reproduction (œufs)...

Classification éthologique des traces fossiles (fig. 10) :

Domichnia : construction d'un terrier d'habitation.

Cubichnia : repos ou stationnement.

Repichnia : locomotion.

Pascichnia : alimentation.

Fugichnia : échappement et migration soudaine.

Praedichnia : alimentation par prédation.

Equilibrichnia : réadaptation au substrat par migration graduelle.

Ambulichnia : locomotion de vertébrés.

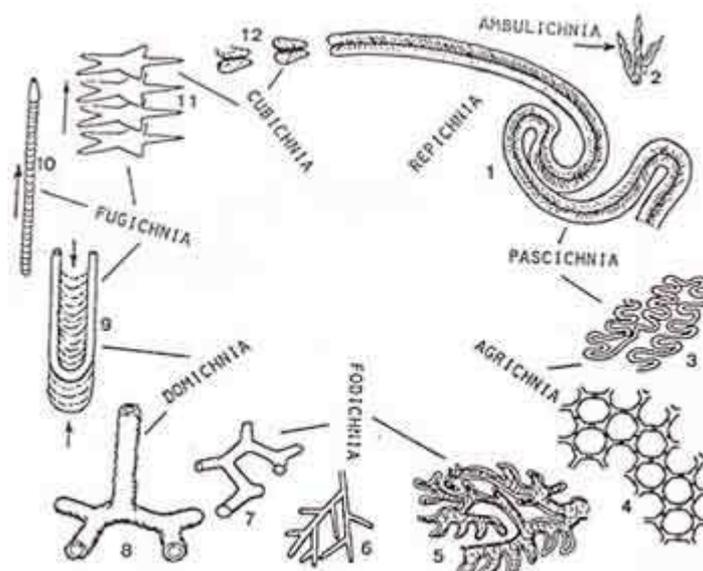


Fig. 10: Classification éthologique des traces fossiles. 1, Cruziana; 2, Neotrisauropus; 3, Cosmeraphe; 4, Palaeodictyon; 5, Zoophycos; 6, Chondrites; 7, Thalassonoides; 8, Ophiomorpha; 9, Diplocraterion; 10, Gastrochaenolites; 11, Asteriacites; 12, Rusophyous.

Type éthologique de déplacement.

Philotaxie : en lacets.

Phobotaxie : en évitant de recouper les trajets antérieurs.

Helicotaxie : en spirale.

Homostrophie : méandrique.

Reotaxie : orienté selon les courants

Tigmotaxie : répétition du schéma antérieur à une distance régulière.

Lorsqu'on a une trace fossile, nous faisons une description, une classification, puis une interprétation. Le problème c'est que plusieurs organismes vivent sur le substrat, une somme de trace devient donc indéfinissable, c'est une bioturbation. Lorsqu'elles sont multiples mais définissables, nous pouvons établir une chronologie des traces qui se recoupent.

Remarque : les ichnofossiles ne sont définis que par un nom d'espèce et de genre. C'est une parataxonomie : définition d'une classification avec une absence d'information, une ichnoespèce ne correspond pas à un organisme mais à 1 comportement.

Les 4 principes de la paléochnologie :

- un même organisme peut faire plusieurs traces différentes.
- en fonction du substrat une trace peut apparaître de plusieurs façons, selon la conservation.
- une trace peut être faite par plusieurs organismes.
- une même trace peut être le résultat de plusieurs organismes (un habitat peut abriter plusieurs organismes).

VI) Paléoécologie

C'est l'étude des relations entre les organismes et leur environnement au cours des temps géologiques. L'exactitude des observations diminue généralement avec l'âge avancé des roches. Elle se fonde sur l'adaptation des organismes dans leur milieu et sur l'actualisme, mais les organismes peuvent également modifier le milieu de vie.

Certains organismes sont utilisés pour étudier les variations climatiques :

- les foraminifères sont utilisés dans l'étude du dO18 (voir paléoclimatologie, évolution au cours des temps, V B), ce qui permet de connaître la paléotempérature.
- plus précisément, un arbre présente des cernes clairs au printemps et en été, et des cernes sombres en automne et hiver. Ceci permet de visualiser les années passées. Si l'arbre ne présente pas de cernes, ça implique qu'il n'y avait pas de saison, et donc qu'il se situait à l'équateur.

Certains organismes sont caractéristiques d'un type de milieu.

- les oursins ne vivent que dans les eaux à salinité stables,
- les coraux ne se trouvent que dans des milieux à salinité 25‰/000, à faible profondeur pour la photosynthèse et dans des eaux oxygénées sans particule détritique.

VII) La biostratigraphie

Les fossiles changent dans le temps, on peut les utiliser comme "chronomètre".

Une formation lithostratigraphique peut être subdivisée à partir des fossiles en couche biostratigraphique (biozone) ayant le même contenu fossile. Une biozone est une division de base biostratigraphique fondée sur l'apparition ou la disparition d'espèce.

Les biozones sont isochrones, c'est-à-dire qu'elles représentent la même tranche de temps latéralement, mais ceci n'est vrai que d'un point de vue théorique. En réalité une espèce peut mettre plus de 10000 ans pour se retrouver sur toute la surface du globe, donc la date d'apparition ne sera pas la même sur différents points de la planète. En fait, l'isochronie des biozones est acceptée pour les terrains les plus âgés, pour des terrains récents, cette notion est plus controversée.

Il existe différents types de biozone.

- Biozone d'extension (fig. 11, 1) : couche définie par l'apparition et la disparition d'une même espèce.
- Zone d'extension coïncidente ou de superposition (fig. 11, 2) : il s'agit d'une couche comportant trois espèces.
- Zone d'intervalle (fig. 11, 3, 4 et 5) : une couche est délimitée par l'apparition d'une espèce, jusqu'à l'apparition de la suivante. Si les différentes espèces appartiennent à un même genre, on parle de zone intervalle phylozone.
- Zone d'acmé de l'espèce A : il s'agit de la couche contenant le plus de représentant de l'espèce A. Cette zone n'est pas corrélable sur longue distance car la quantité dépend des conditions écologiques.

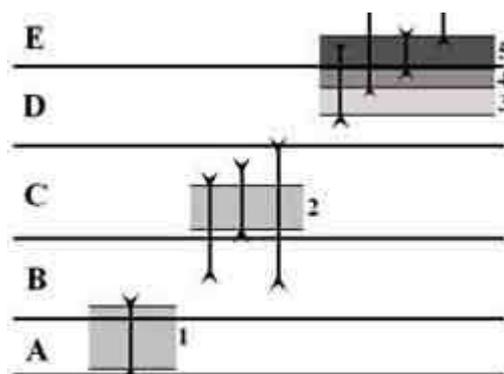


Fig. 11: différents types de biozone. 1) Biozone d'extension; 2) Zone d'extension coïncidente ou de superposition; 3, 4 et 5) Zone d'intervalle.

Un bon fossile biostratigraphique doit répondre à plusieurs critères :

- une évolution rapide : au plus l'organisme a une évolution rapide, au plus les niveaux sédimentaires pourront être décomposés en tranches de temps plus fines.
- une large répartition géographique pour pouvoir faire des corrélations entre plusieurs endroits.
- un grand nombre d'individus.

En conclusion...

La paléontologie est un ensemble de disciplines et un outil pour d'autres.

- C'est un assemblage de disciplines (paléontologie, biostratigraphie, systématique...) dont un bon paléontologue doit posséder les bases. Il faut savoir qu'un paléontologue professionnel est souvent spécialisé, dans une matière (comme celles citées précédemment), dans une 'tranche' de temps (cambrien, jurassique...) ou dans un groupe fossile (Trilobites, Brachiopodes...). Si vous vous lancez dans des études de paléontologie, il faut également savoir dans quelle branche vous souhaitez vous perfectionner. En effet, si vous voulez étudier les microfossiles, la fac de Lille est préférable. Au contraire, si votre passion est l'étude des Dinosaures, il est préférable d'aller à Paris par exemple.

- La paléontologie est un outil pour d'autres disciplines comme la tectonique, la sédimentologie, la paléogéographie... Dans ces disciplines, les fossiles n'occupent pas une place centrale, mais constituent un élément pouvant apporter, conforter ou infirmer des hypothèses.

Quelque soit la discipline de la paléontologie que vous choisissiez, une chose est sur, il faut aimer voyager car elle risque de vous amener aux quatre coins du globe...

D'autres articles sur <http://www.geopolis-fr.com/>