

TP : reconstituer les climats passés pour modéliser les climats de demain

Dans le contexte actuel, qui voit la température du globe augmenter, la compréhension des mécanismes qui contrôlent les variations climatiques est un enjeu sociétal majeur. Pour cela, la reconstitution des climats du passé est un élément clef pour discuter de l'évolution du climat.

Le miocène supérieur constitue une période modèle pour tester des scénarios sur les changements climatiques futurs. En effet, les modèles climatiques prévoient une augmentation globale des précipitations incluant d'importantes variations spatiales de ces précipitations entre le nord de l'Europe (qui serait plus sec qu'aujourd'hui) et le sud de l'Europe (qui serait plus humide qu'aujourd'hui). Or, c'est tout à fait le type de climat que l'on observerait au miocène supérieur. Ainsi, mieux comprendre le climat au miocène supérieur, c'est mieux appréhender le climat du futur.

Par ailleurs, en Europe, les grands singes disparaissent à cette période entre deux étages géologiques, le Vallésien et le Turolien autour de -8,7 Ma. On cherche à mieux comprendre la disparition de ces grands singes et à savoir si elle peut être reliée à de potentielles modifications environnementales.

Pour reconstituer les climats du passé, nous avons recours à différents indices qui varient en fonction de l'ancienneté du climat que l'on cherche à reconstituer. Par exemple, les derniers 800 000 ans peuvent être approchés précisément grâce à l'étude des glaces polaires, tandis qu'au-delà il faudra mesurer les isotopes de l'oxygène dans les sédiments océaniques ou l'indice stomatique de plantes fossiles. Ces mesures permettent de façon indirecte de reconstituer la température terrestre et ainsi les climats du passé. Sur les bases de ces indices climatiques du passé, on construit alors des modèles de climats que l'on cherche toujours à affiner en y apportant de nouvelles données.



Parmi les chercheurs qui s'intéressent aux reconstitutions du climat du passé, on trouve les paléontologues. Ces derniers participent à la compréhension des climats passés en reconstituant les paléo-environnements.

Comment font les paléontologues ? Quelles sont les approches qu'ils proposent ?

Nous proposons ici d'utiliser les vraies données issues des recherches de Gildas Merceron, chercheur au laboratoire paléoprism de l'université de Poitiers qui travaille sur des dents fossiles. (<http://paleoprism.labo.univ-poitiers.fr/2018/06/26/merceron-gildas/>)

Consigne : vous disposez d'une base de données et d'une banque de photographies de molaires d'hipparion. Vous devez mettre en évidence les modifications climatiques en Europe au miocène supérieur. Vos résultats devront être présentés sous la forme d'une affiche qui servira d'appui à la discussion avec vos collègues paléontologues lors d'un prochain congrès.

Votre affiche devra comporter

- Titre
- Auteurs et affiliations
- abstract (texte scientifique de 250 mots maximum)
- illustrations de vos résultats

Document 1 : Génotype, phénotype et paléo-environnement.

Le phénotype des êtres vivants résulte des interactions entre génotype et environnement. Les paléontologues, qui cherchent à reconstituer les environnements passés, vont donc devoir choisir parmi l'ensemble des informations livrées par les phénotypes fossiles celles qui donnent des indications sur les environnements passés. On nomme ces informations "éco-indicateurs".

L'usure des dents d'herbivore est l'un de ces éco-indicateurs. En effet, elle reflète les propriétés mécaniques des aliments et leur contenu : plus les dents sont usées, plus les espèces sont associées à une consommation à base de graminées riches en silice abrasive et donc de milieu ouvert de type plaine herbacée. A l'inverse des dents peu usées témoignent d'une alimentation à base de feuilles peu abrasives caractéristiques de milieu plus fermé, de type forêt.



La forêt, un milieu « fermé »



La savane, un milieu « ouvert »

Document 2 : Pourquoi s'intéresse-t-on aux herbivores ?

Reconstituer le paléo-environnement, c'est notamment être capable de formuler des hypothèses sur les végétaux présents. Pour cela, les herbivores sont une communauté de choix. Plus précisément, les ongulés herbivores sont de bons indicateurs environnementaux avec des espèces qui peuvent se répartir en quatre catégories alimentaires :

- Les **brouteurs** de feuilles (folivores), qui s'alimentent de plantes ligneuses et non ligneuses.
- Les **paisseurs**, qui se nourrissent de graminées (plantes très abrasives).
- Les **mangeurs mixtes** qui s'alimentent de manière non sélective des deux types de plantes ou alternent de manière saisonnière entre les deux types.
- Les **frugivores**, qui s'alimentent de fruits



Peinture d'Hipparion

Pour reconstituer les variations du climat de la fin du Miocène en Europe, on utilise les dents d'un phytophage très présent dans cette région à l'époque : l'Hipparion.

Document 3 : Micro et méso-usure dentaire permettent d'aborder deux échelles de temps.

La méso-usure et la micro-usure dentaire donnent deux informations complémentaires et sont en général utilisées ensemble par les paléontologues pour reconstituer le paléo environnement.

La méso-usure dentaire: elle repose sur l'observation de l'usure et de la forme des pointes des molaires (ces pointes sont nommées cuspides). Elle informe sur le type d'alimentation des derniers mois de la vie de l'animal.

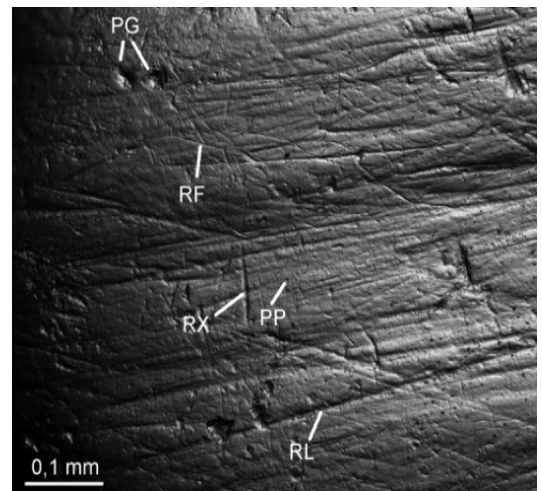


Florent
Rivals et al.,
messages d'os, 2015

La micro-usure dentaire passe par l'observation de la surface de contact entre les dents antagonistes et le décompte des micro-traces présentes qui nous informent sur les derniers jours de vie des individus. Des tissus végétaux riches en lignine comme les brindilles de buissons, ou les graines et les graminées génèrent des micro-usures dentaires différentes lorsque les dents les réduisent en particules fines. Les micro-usures dentaires peuvent varier rapidement au cours du temps (quelques jours à semaines). Elles permettent notamment de mettre en évidence les changements de régime alimentaire au fil des saisons, en fonction de la composition du régime alimentaire.

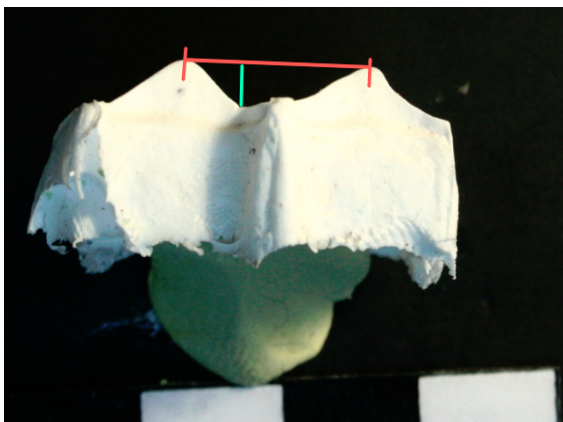
Six paramètres quantitatifs descriptifs de la texture de micro-usure dentaire sont couramment utilisés. Parmi eux, la **complexité** de la texture quantifie le changement de la rugosité de surface en fonction de l'échelle d'acquisition. Une surface présentant des stries et des ponctuations de tailles variées présentera une complexité forte. L'**anisotropie** de la texture, permet de quantifier l'orientation préférentielle des marques à la surface de la facette dentaire. Une orientation préférentielle des traces de micro-usure correspond à une forte anisotropie.

Les variations de complexité et d'anisotropie sont regroupées dans un **indice textural**. Un indice textural faible caractérise un régime alimentaire plutôt brouteur de feuillages et de végétaux ligneux (branchages) donc d'un milieu plutôt fermé. A l'inverse un indice textural élevé témoigne plutôt d'un régime de type paisseur de graminées et donc d'un milieu plus ouvert de type plaine herbacée.



Exemple de micro-usure.
Photographie de la surface d'une molaire de mammouth. Rayures fines (RF), rayures larges (RL), petites ponctuations (PP), grandes ponctuations (PG), et rayures croisées (RX) – Florent Rivals, 2015.

Document 4 : Les mesures de méso-usure dentaire en pratique.



Meso-usure dentaire. Son estimation consiste à estimer l'usure des cuspidés. Pour cela les mesures suivantes sont prises.

- distance Inter Cuspide (**IC**) = entre les 2 cuspidés de la molaire (trait rouge)
- hauteur entre le creux de la dent et la ligne IC (trait vert, perpendiculaire au trait rouge) = **h3**.
- Pour ne pas tenir compte de la taille de l'individu ou de son âge, on fait ensuite le rapport **H3/IC**. Cela permet également de se passer de l'échelle réelle de la dent car le rapport est sans unité.

Document 5 : Test de Student

Dans le domaine de la recherche, une des questions importantes est de savoir si pour deux groupes d'échantillons indépendants l'un de l'autre, les différences observées sont significatives : Si on réalise la moyenne de vos tailles dans cette salle et dans la salle d'à côté, les différences calculées sont-elles significatives ou le simple fruit du hasard ?

Le test de Student est un test statistique populaire servant à mesurer les différences entre les moyennes de deux groupes. Il est basé sur une loi de probabilité appelée loi de Student. L'exécution de ce test sert à comprendre si les différences sont statistiquement significatives, c'est-à-dire si elles ne sont pas le fruit du hasard.

Ce test permet de calculer une valeur appelée *p*. Plus la valeur de *p* est petite, plus la probabilité que les différences calculées soient significatives est grande. On admet en général une valeur limite de 0,05, c'est-à-dire que lorsque $p < 0,05$, on peut considérer les différences comme significatives.

Ce test peut être réalisé en ligne : <http://biostatgv.sentiweb.fr/?module=tests/student>, ou bien en utilisant le tableur : la fonction à utiliser est **TEST.STUDENT**. La syntaxe à utiliser est TEST.STUDENT(*groupe1* ; *groupe2* ; 2 ; 2)