



THEME 2B - Les climats de la Terre

TP2 - La reconstitution des climats anciens (le Crétacé)



L'échelle chrono-stratigraphique montre un **changement brutal** entre le **Maastrichtien** (Crétacé, Ere Secondaire) et le **Danien** (Paléocène, Ere Tertiaire) : c'est la **Crise Crétacé Tertiaire** (Crise KT). Cette crise est marquée par l'extinction de très nombreuses espèces (Dinosaures, Ammonites) ainsi que par un **changement climatique** de grande ampleur que l'on veut caractériser et dont on veut identifier les causes.

Problème : Comment reconstituer les variations climatiques de la limite Crétacé-Tertiaire (-65 Ma) ?

Matériel et données :	Aides et supports :
<ul style="list-style-type: none"> - Manuel BELIN p320 à 325 et Documents 1 à 4 - Microscope optique, lames, lamelles, feuille de Ginkgo actuelle, vernis à ongle, pince, ciseaux - Loupe binoculaire et échantillons de Foraminifères du Danien et Maastrichtien - PC équipé du logiciel Mesurim(2) et photographies des échantillons de Ginkgo et de microfossiles 	<ul style="list-style-type: none"> - Fiche Protocole « Caractériser le climat du Crétacé » - Fiche « Reconnaissance des foraminifères » - Fiche technique Mesurim 2 - Fiche technique Excel/Calc

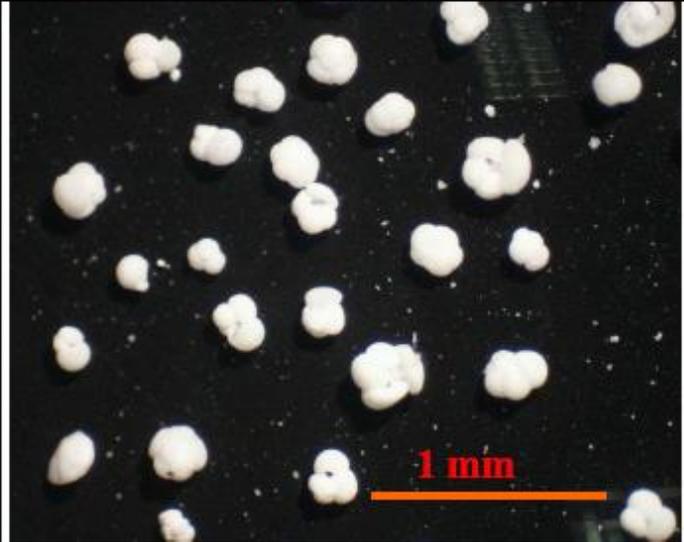
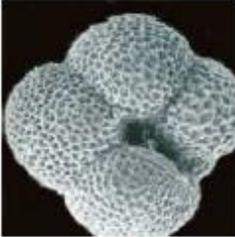
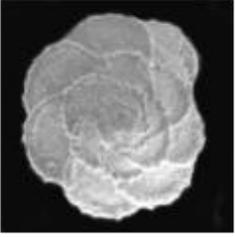
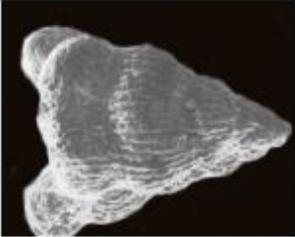
Propositions d'activités	Capacités / Critères de réussite
<p><u>ACTIVITE : La reconstitution des climats anciens (le Crétacé)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ETAPE 1 : Proposez une stratégie pour déterminer le climat du Crétacé et comprendre la nature du changement climatique de la limite Crétacé Tertiaire. 📞 Appelez le professeur pour vérification ➤ ETAPE 2 : Réalisez les manipulations proposées afin de : <ul style="list-style-type: none"> - déterminer l'indice stomatique du Ginkgo actuel et le comparer aux valeurs des feuilles fossiles. - déterminer l'abondance relative des microfossiles des 2 périodes. 📞 Appelez le professeur pour vérification ➤ ETAPE 3 : Récapitulez vos résultats sous une forme judicieuse. ➤ ETAPE 4 : Rédigez un texte permettant de répondre à la problématique. <p>En fin de séance, rangez le matériel et nettoyez la paillasse.</p>	<p>Recenser, extraire des informations <i>Quoi ? Comment ? Attendu ?</i></p> <p>Utiliser un logiciel (Mesurim 2) <i>Charger l'image, réaliser un comptage (gérer et nommer les items), supprimer une marque (clic droit)</i></p> <p>Utiliser un logiciel (Excel/Calc) <i>Ouvrir le fichier <u>en copie</u>, identifier la structure des données (lignes/colonnes), construire un graphique « nuage de points », tracer la droite de régression (courbe de tendance).</i></p> <p>Manipuler (Microscope optique/Loupe) <i>Maîtriser la lumière (diaphragme, condensateur), maîtrise de la mise au point (utilisation de la vis micrométrique), centrer l'observation, identifier des éléments exploitables</i></p> <p>Présenter les résultats à l'écrit <i>Techniquement correct renseigné correctement, organisé pour répondre à la question (annotation, ordre des éléments pour comprendre, mots clés ...).</i></p> <p>Gérer et organiser le poste de travail</p>

Fiche protocole « Caractériser le climat du Crétacé (-135 à - 65 Ma) »

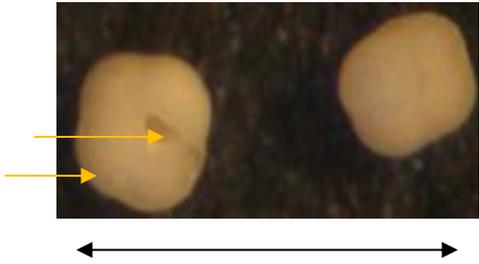
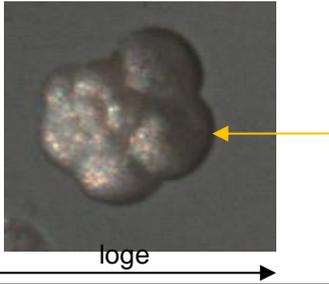
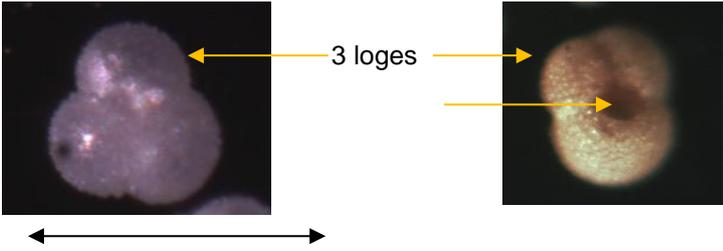
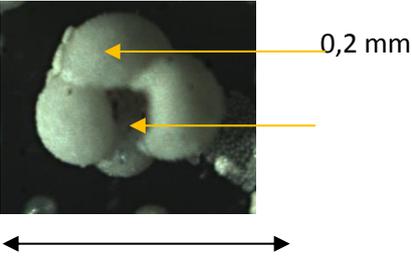
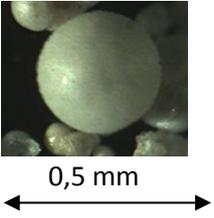
Matériel et protocoles d'utilisation du matériel

<p>Matériel</p> <ul style="list-style-type: none"> - Microscope optique - Vernis à ongle transparent - Pincettes fines - Ciseaux - Aiguille lancéolée ou fine - Feuille de Ginkgo actuelle - PC, logiciel CALC/EXCEL – MESURIM2 - Photographie ginkgo.jpg - Fichier ginkgo.xlsx/ods 	<p>Détermination de l'indice stomatique d'une feuille de Ginkgo</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Déposer du vernis en petite goutte à divers endroits de la feuille puis laisser sécher 2- Décoller délicatement le vernis sec à l'aide d'une pince fine en relevant les bords 3- Poser le film de vernis, à plat, sur une lame, dans une goutte d'eau 4- Recouvrir d'une lamelle et observer au microscope optique 5- Déterminer l'indice stomatique de la feuille étudiée au moyen du logiciel Mesurim(2) 6- Reportez votre valeur dans le fichier ginkgo.xlsx(ods) et tracer le graphique <p style="text-align: center;">ATTENTION :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ne pas trop éclairer longtemps l'échantillon (l'empreinte peut fondre). - L'utilisation du diaphragme lors de l'observation microscopique est déterminante.
<p>Matériel</p> <ul style="list-style-type: none"> - Loupe Binoculaire - Echantillon fossile du Danien - Echantillon fossile du Maastrichtien - PC et logiciel MESURIM 2 - Photographie danien.jpg - Photographie maastrichtien.jpg 	<p>Détermination de l'abondance relative des foraminifères</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Déposez l'échantillon « Danien » dans la boîte de pétri et observer à la loupe binoculaire 2. Identifier les microfossiles présents dans les échantillons du Danien 3. Répéter l'opération pour l'échantillon « Maastrichtien » 4. Déterminer l'abondance relative des fossiles des 2 époques avec le logiciel Mesurim(2)
<p>Matériel</p> <ul style="list-style-type: none"> - PC équipé d'un accès internet - Site Build Your Own Earth (QR Code) <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>	<p>Identification des causes du refroidissement</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dans l'onglet « Earth 1 », choisir « Ancien », « 65 Ma Cretaceous/Tertiary Boundary » 2. Dans la fenêtre « Climate Property », choisir « Ice » et « Total Snow + Sea Ice » 3. Cliquer sur « view climat model » et rechercher l'extension maximale des glaces 4. Mettre sur pause et Enregistrer l'image (« Download Image ») 5. Sélectionner la période « 170 Ma : Jurassic (Jurassique) » et comparer 6. Sélectionner la période « 65 Ma Cretaceous/Tertiary Boundary (Asteroid) » et comparer 7. Envisager 2 causes possibles du refroidissement du climat à la fin du Crétacé

PLANCHE DE RECONNAISSANCE DE QUELQUES FORAMINIFERES

Globigérinidés	Globotruncanidés	Hétérohélicidés
		
<p>Ci dessus, 25 individus observés à la loupe. Ci-contre, 1 individu observé au MEB, face ombilicale.</p> 	<p>Ci dessus, 7 individus observés à la loupe. Ci-contre, 1 individu observé au MEB, face spirale.</p> 	<p>Ci dessus, 8 individus observés à la loupe. Ci-contre, 1 individu observé au MEB, vu de profil.</p> 
<p>Les Globigérinidés sont caractérisés par de petites loges rondes et perforées qui s'enroulent en spirale irrégulière autour d'un axe central formant un ombilic. D'un côté, l'ombilic est occupé par un orifice, le foramen. De l'autre, il est occupé par des loges de petite taille, alors que celles de plus gros diamètre sont situées à la périphérie.</p>	<p>Les Globotruncanidés présentent une face spirale conique avec un sommet aplati, l'apex (angle > 90°), et une face en creux qui cerne un orifice, le foramen. Les loges sont anguleuses et bordées par un liseré translucide, la carène. Les loges s'enroulent en spirale autour d'un axe. Le grain de quartz au centre de la photographie du haut sépare des individus placés face spirale visible (à droite) et face ombilicale visible (à gauche).</p>	<p>Les Hétérohélicidés sont de forme conique avec un sommet, l'apex présentant un angle inférieur à 90°. Les loges sont de plus en plus grosses du sommet à la base du cône. Le grain de quartz au centre de la photographie du haut, sépare des formes avec de grandes loges en forme de croissant réparties de part et d'autre de l'axe du cône (à droite) et des formes avec de petites loges sphériques réparties tout autour de l'axe (à gauche).</p>

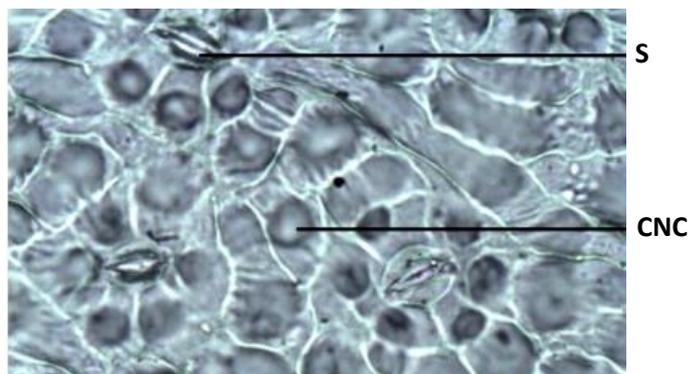
CLE D'IDENTIFICATION DE QUELQUES FORAMINIFERES

ESPECES	CARACTERISTIQUES
<i>Neogloboquadrina pachyderma</i>	<p>Le test est compact et l'ouverture est décalée sur un quart. Cette espèce a deux variétés qui s'enroulent dans des directions opposées. Forme dextre (enroulement vers la droite). Forme senestre (enroulement vers la gauche).</p> <p>Lorsque la proportion de forme dextre par rapport la forme senestre se rapproche de 1 cela traduit une augmentation de la température de l'eau</p> <p>Zone climatique : Province subarctique</p> 
<i>Globigerina quinqueloba</i>	<p>Loges bien distinctes les unes des autres, nombreuses. Foraminifères petits légèrement transparents</p> <p>Zone climatique : Province subarctique et tempéré</p> 
<i>Globigerina ruber</i>	<p>3 loges</p> 
<i>Globigerina bulboides</i>	<p>0,2 mm</p> <p>Loges sont bien distinctes les unes des autres, rondes, en général au nombre de quatre lorsqu'on regarde par la face ventrale. L'ouverture est centrale, la plus grosse loge fait face à une autre loge, de l'autre côté de l'ouverture centrale.</p> <p>Zone climatique : Province subarctique et tempéré</p> 
<i>Orbulina universa</i>	<p>0,5 mm</p> 
<i>Globorotalia menardii</i>	<p>Test « festonné » ou caréné</p> <p>Zone climatique : Province subtropicale et tropicale</p> 

Document 1 : Déterminer un indice stomatique d'une feuille de *Ginkgo biloba* actuel

• L'**indice stomatique (IS)** correspond au nombre de **stomates (S)** dénombré sur la face inférieure des feuilles par rapport au **nombre total de cellules** de cet épiderme, c'est-à-dire la somme des cellules non chlorophylliennes (CNC) et des stomates (S). Il est exprimé en %.

$$\text{IS (en \%)} = \frac{S \times 100}{(\text{CNC} + S)}$$



Photographie d'une empreinte d'épiderme de feuille actuelle de *Ginkgo* (MO x400)

• Les **stomates** sont des structures formées de **deux cellules stomatiques** délimitant une ouverture appelée **ostiole**. Les deux cellules stomatiques constituent un seul stomate. **Elles ne comptent donc que pour une unité, dans le calcul de l'indice stomatique.**

• L'espèce *Ginkgo biloba* fait partie des Gymnospermes, proches des sapins mais possède des **feuilles caduques** (qui tombent en hiver) et non des épines. On connaît des fossiles de *Ginkgo* de plus de 200 Ma, dont les feuilles sont très proches des feuilles actuelles.



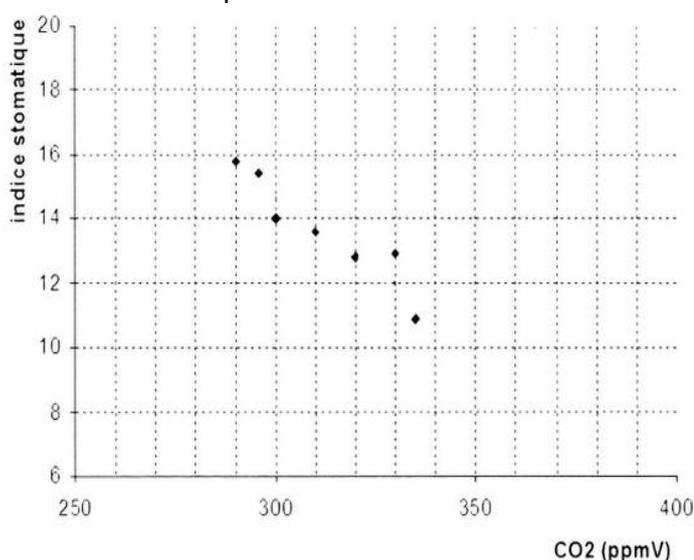
Photo de feuille de *Ginkgo* actuelle

Document 2 : Indice stomatique d'une feuille de *Ginkgo biloba* fossile

• On a montré expérimentalement que le *Ginkgo biloba* actuel possède un **indice stomatique qui varie avec la concentration atmosphérique de CO₂**. En effet, le graphique a montre que l'indice stomatique diminue avec la concentration de CO₂.

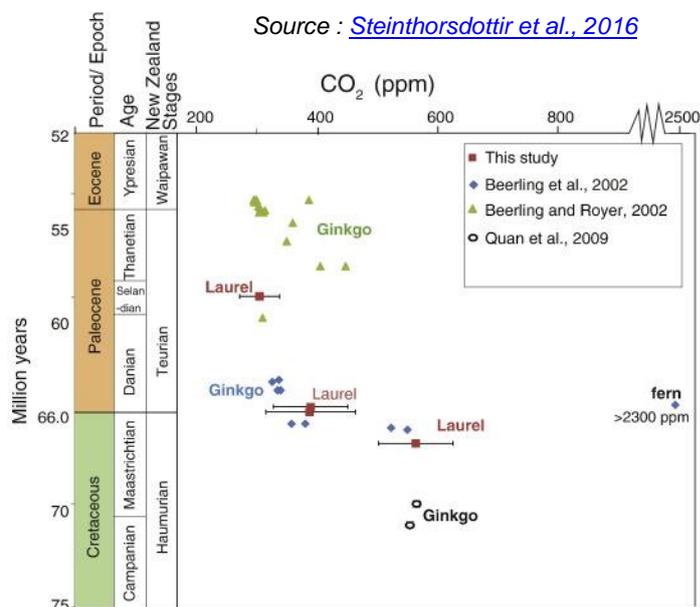
• D'autre part, on sait que le CO₂ est un **gaz à effet de serre** qui augmente la température de l'atmosphère d'une planète en absorbant le **rayonnement infra-rouge (IR)** puis en le restituant au sol et à l'atmosphère.

• On a également pu identifier l'indice stomatique de feuilles fossiles de *Ginkgo* depuis **100 millions d'années** (graphique b). Ces études ont également été menées sur **d'autres plantes** (Laurier cerise : *Laurel* ; fougère : *fern*) et aboutissent à une **vision assez fiable du climat du Crétacé** et de l'importante variation climatique de la limite Crétacé-Tertiaire.



Graphique montrant les variations de l'indice stomatique en fonction du taux de CO₂.

Source : Sujet ECE



Graphique des IS sur différentes feuilles fossil

Document 3 : Les foraminifères, des fossiles stratigraphiques

- Les **foraminifères** sont des êtres vivants microscopiques qui possèdent une coquille (test) calcaire (CaCO_3) qui se fossilise au sein des sédiments calcaires du fond de l'océan. De plus, ils sont présents en grande quantité dans les océans et se dispersent sur de très grandes zones, ce qui en fait de très bons **fossiles stratigraphiques**.
- L'analyse des carottages de sédiments de l'Océan Atlantique montre que l'abondance des foraminifères a varié au cours de la transition Crétacé-Paléocène. De plus, le contenu des sédiments dépend de leur latitude d'origine et donc du climat. En effet, **plus les eaux sont chaudes, plus le calcaire précipite facilement. Ainsi, en période chaude, les Foraminifères sont plus abondants, grands et diversifiés.**

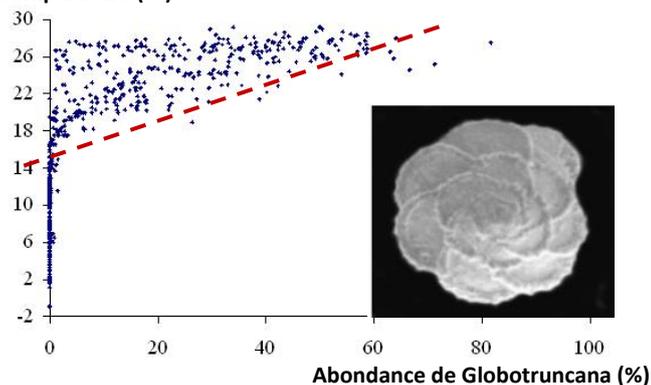
Foraminifères		Crétacé supérieur					Paléocène			
Groupes	Genres	Cénomannien	Turonien	Coniacien	Santonien	Campanien	Maastrichtien	Danien	Montien	Thanétien
Hétérohélidés	Heterohelix									
	Pseudotextularia									
	Racemiguembelina									
Globotruncanidés	Hedbergella									
	Globotruncana									
	Abathomphalus									
Globigérinidés	Globigerina									
Globorotalidés	Globorotalia									

Abondance des Foraminifères des sédiments Atlantiques durant le Crétacé supérieur et le Paléocène. (D'après Pomerol)

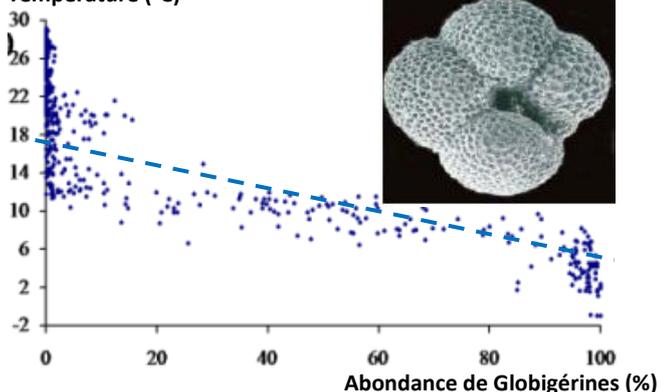
Document 4 : Les foraminifères, des indicateurs climatiques

- Chaque foraminifère présente des **exigences climatiques**. Les **Globotruncana** sont relativement grands (0,25 à 1 mm) et sont présents en **climats chauds**. Ils présentent une face conique avec un sommet aplati, l'apex (angle > 90°) et une face en creux qui cerne un orifice, le foramen. Les loges sont anguleuses, bordées par un bourrelet épais, la carène, et s'enroulent en spirale autour d'un axe.
- A l'inverse, les **Globigérines** préfèrent les **climats froids**. Les Globigérines sont caractérisées par leur très petite taille (< 0,25mm). Elles présentent de petites loges rondes et perforées qui s'enroulent en spirale irrégulière autour d'un axe central formant un ombilic (dépression en forme de nombril).

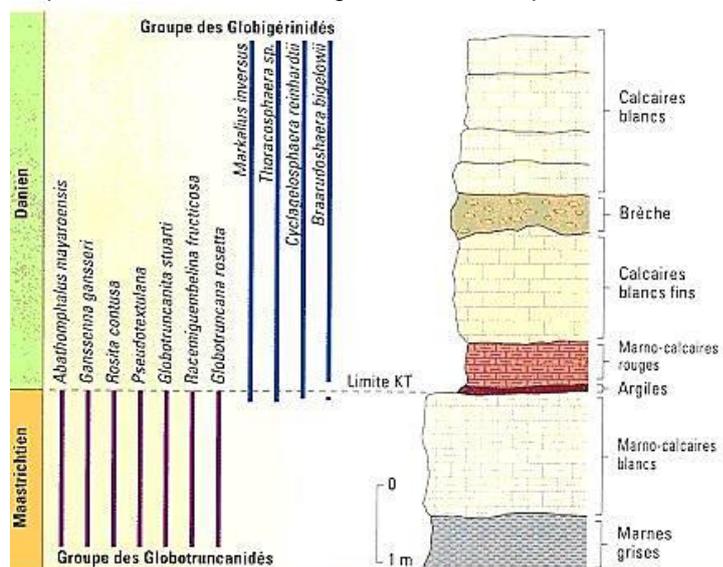
Température (°C)



Température (°C)



- La limite Crétacé Tertiaire a bouleversé les populations de **foraminifères** qui ont changé radicalement (voir frise). D'autre part, la **sédimentation** a également été impactée par le changement climatique : en **climat chaud**, les calcaires se déposent en grande quantité. En **climat froid**, le calcaire est peu présent et ce sont les argiles et marnes qui dominent.



Frise montrant l'abondance des Foraminifères et log sédimentaire de la période Maastrichtien/Danien

RESSOURCES :

- http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/CCCIC/ressources/bio_point2
- <http://www4.ac-nancy-metz.fr/svt/enseign/svt/ressourc/rescien/petro/TechObs/TechObs1.html>

Document supplémentaire (moins utile avec la partie BYOE).

