

## UTILISER UNE BASE DE DONNÉES PALÉONTOLOGIQUE POUR RECONSTITUER DES VARIATIONS CLIMATIQUES PASSÉES (PALEOBIOLOGY DATABASE)

### Thème

Thème 2 - Enjeux contemporains de la planète

### Note d'intention

La reconstitution des variations climatiques passées fait intervenir différents types d'indices : palynologiques (étude des diagrammes polliniques), préhistoriques (étude des peintures rupestres ou d'autres indices liés à la présence humaine), isotopiques (exploitation par exemple du delta <sup>18</sup>O en tant que paléothermomètre), géologiques (études des indices glaciaires : tillites, stries, blocs erratiques... ; étude des roches sédimentaires : bauxite indicatrice de climats tropicaux...), paléontologiques.

Les données palynologiques, isotopiques, préhistoriques et géologiques sont couramment utilisées par les enseignants de SVT. L'objet de cette ressource est donc de présenter comment l'exploitation d'une base de données paléontologique peut permettre la reconstitution des variations climatiques du Paléozoïque, du Mésozoïque et du Cénozoïque.

### Mots-clés

Variation climatique, principe d'actualisme, paléoclimat, paléo biocénose, paléo ceintures climatiques.

### Références au programme

Les climats de la Terre : comprendre le passé pour agir aujourd'hui et demain  
Reconstituer et comprendre les variations climatiques passées

### Connaissances

Les indices paléontologiques de :

- la modification de la biodiversité au Cénozoïque en lien avec une baisse de la température moyenne du globe ;
- la modification de la biodiversité au Mésozoïque en lien avec une augmentation de la température moyenne du globe ;
- l'importante glaciation au Carbonifère-Permien.

### Compétences

Exploiter des bases de données pour reconstituer les paléo ceintures climatiques.

#### Pratiquer des démarches scientifiques

- Interpréter des résultats et en tirer des conclusions.
- Comprendre le lien entre les phénomènes naturels et le langage mathématique.

#### Concevoir, créer, réaliser :

- Identifier et choisir des notions, des outils et des techniques, ou des modèles simples pour mettre en œuvre une démarche scientifique.
- Concevoir et mettre en œuvre un protocole.

#### Pratiquer des langages :

- Communiquer dans un langage scientifiquement approprié : oral, écrit, graphique, numérique.
- Utiliser des outils numériques : utiliser des logiciels d'acquisition, de simulation et de traitement de données.

## Présentation générale de Paleobiology Database

### Description et accès

Paleobiology Database (PBDB) est un site internet public, développé depuis 2000 et soutenu par la NSF<sup>1</sup>, permettant l'exploitation d'une base de données très riche de paléontologie.

Cette base de données paléontologique est le fruit du travail collaboratif et pluridisciplinaire de chercheurs du monde entier.

### Accès à Paleobiology database (pbdb)

Le lien : <https://paleobiodb.org/>

### Base de données paléontologique

PBDB fournit des informations très variées sur plus d'un million de fossiles et plus de 400 000 taxons. Dans PBDB, chaque fossile est appelé « occurrence ». Les données pour chaque fossile peuvent concerner :

- son groupe taxonomique ;
- son âge ;
- son contexte géologique (lithologie, paléoenvironnement...) ;
- sa paléo localisation (paléolatititude, paléolongitude)...

### Exploitation possible de PBDB en classe

Il est assez simple d'utiliser PBDB en classe pour visualiser l'évolution de la biodiversité mondiale, qu'il s'agisse de la biodiversité totale ou de la biodiversité de certains taxons. On peut ainsi aisément observer les grandes crises biologiques, les radiations évolutives.

Dans cette ressource, l'objet est de montrer qu'il est également possible d'utiliser PBDB pour mettre en évidence des variations climatiques passées.

### Visualisation des données avec PBDB

Il existe deux façons de visualiser les données issues de PBDB.

En arrivant sur la page d'accueil du site, il est possible de sélectionner l'un des deux modes, « Explore » ou « Download data ».



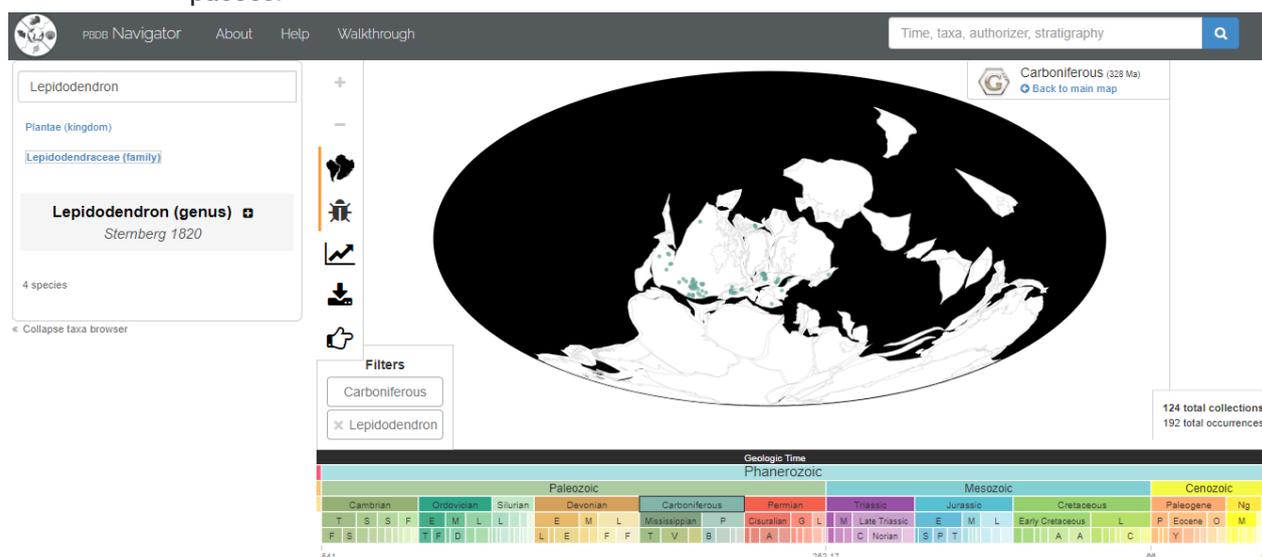
1. National Science Foundation, agence indépendante du gouvernement des États-Unis, destinée à soutenir financièrement la recherche scientifique fondamentale.

### Le mode « Explore » (ou « Navigator ») de PBDB

Le mode « Explore » (ou « Navigator ») permet de visualiser, sur une carte interactive, la distribution des fossiles pour différents âges.

Avec ce navigateur, il est possible de :

- choisir spécifiquement certains taxons ;
- sélectionner uniquement certaines périodes géologiques ;
- représenter la Terre avec la position actuelle des continents ou leurs emplacements passés.



Localisation du genre *Lepidodendron* au Carbonifère (les points bleus représentent l'emplacement des différents fossiles du genre *Lepidodendron*)

Retrouvez éducol sur



### Le mode « Download Data » de PBDB

Le mode « Download Data » permet l'exportation sur un tableur d'une base de données au format .csv (il existe d'autres formats disponibles). Une fois téléchargée, elle peut être enregistrée au format .xls (ou .ods, ou xlsx).

Un formulaire permet de sélectionner différentes options avant le téléchargement de la base de données.

Formulaire de téléchargement de données sur PBDB

Retrouvez éduscol sur



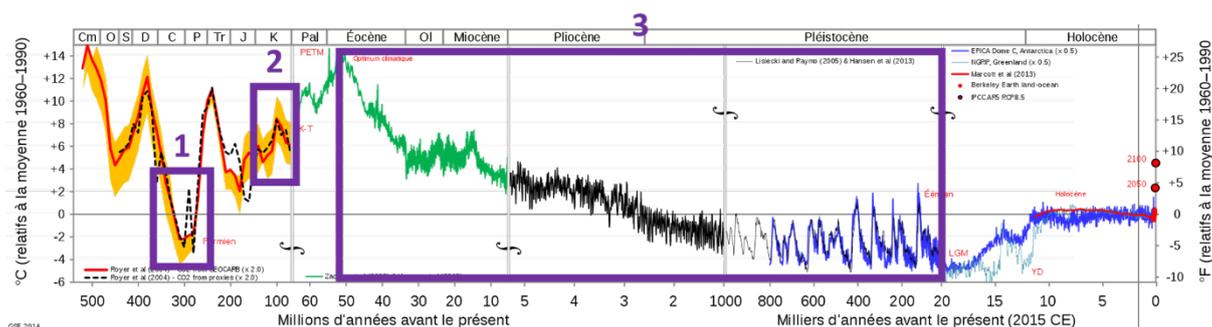
## Utilisation de Paleobiology Database pour reconstituer les variations climatiques passées

### Objectifs de l'exploitation de PBDB

Dans cette partie, on présentera l'exploitation de PBDB pour mettre en évidence les variations climatiques du Paléozoïque, du Mésozoïque et du Cénozoïque.

L'élève pourra mobiliser différentes méthodes pour essayer de mettre en évidence :

- un refroidissement au Carbonifère-Permien (« 1 » sur la figure ci-dessous) ;
- un réchauffement au Crétacé (« 2 » sur la figure ci-dessous) ;
- un refroidissement au Cénozoïque (« 3 » sur la figure ci-dessous).



Température globale moyenne au cours des 540 derniers millions d'années<sup>2</sup>.

#### Point de vigilance

On s'intéresse ici exclusivement à l'utilisation de données paléontologiques. Il sera évidemment nécessaire, en classe, de présenter d'autres méthodes de reconstitution de paléoclimats (isotopes de l'oxygène, roches sédimentaires caractéristiques de zones climatiques...) pour montrer que c'est l'accumulation d'indices convergents qui permet à la communauté scientifique de reconstituer un modèle des climats passés.

### Choix des taxons sur PBDB

Pour mettre en évidence des variations climatiques, il est nécessaire de choisir des taxons :

- qui soient caractéristiques d'un climat chaud ou froid ;
- s'étendant sur une grande période géologique ;
- représentés par de nombreux fossiles.

Nous proposons d'exploiter les taxons suivants.

#### L'ordre des Testudines (tortues)

L'ordre des *Testudines* s'étend entre le Jurassique et aujourd'hui. Les tortues actuelles vivent préférentiellement dans les régions tropicales et subtropicales. En appliquant le principe d'actualisme, on peut considérer les fossiles de *Testudines* comme indicateurs de climats plutôt chauds.



Tortue géante des Galapagos

Retrouvez éduscol sur



2. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Pal%C3%A9oclimatologie>

### Le superordre des *Crocodylomorpha* (crocodiles)

Le superordre des *Crocodylomorpha* comprend les crocodyliens. Il s'étend entre la fin du Trias et aujourd'hui. Les crocodyliens actuels vivent essentiellement dans les zones tropicales et subtropicales. En appliquant le principe d'actualisme, on peut considérer les fossiles de *Crocodylomorpha* comme indicateurs de climats plutôt chauds.



Crocodiles du Nil



### L'ordre des *Cyatheaales* (fougères arborescentes)

L'ordre des *Cyatheaales* correspond aux fougères arborescentes et s'étend de la fin du Permien à aujourd'hui. Les fougères arborescentes actuelles poussent dans les régions tropicales et subtropicales et dans les forêts humides des régions tempérées de l'Océanie. En appliquant le principe d'actualisme, on peut considérer les fossiles de *Cyatheaales* comme indicateurs de climats plutôt chauds<sup>3</sup>.

Fougères arborescentes en Nouvelle Calédonie

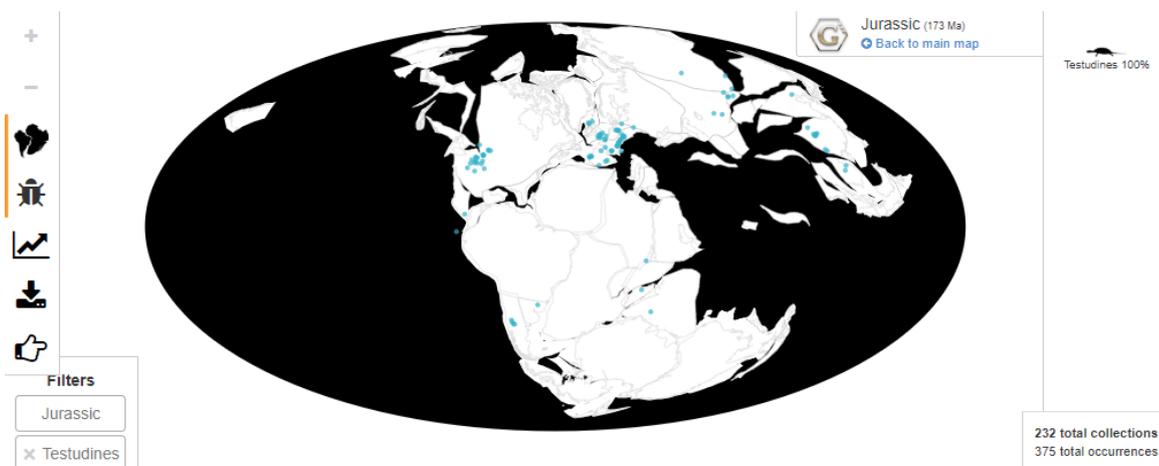
## Exploitation simple de PBDB : visualisation rapide de la carte interactive

Pour les trois taxons étudiés, il est possible de reconstituer des paléoceintures climatiques assez rapidement, en utilisant le mode « Explore » (« Navigator ») de PBDB.

### Modalités pédagogiques

Il est envisageable de mettre en place un travail coopératif au sein de la classe (chaque groupe d'élèves pouvant étudier un taxon en particulier).

On obtient, par exemple, pour l'ordre des *Testudines* au Jurassique, la carte suivante :



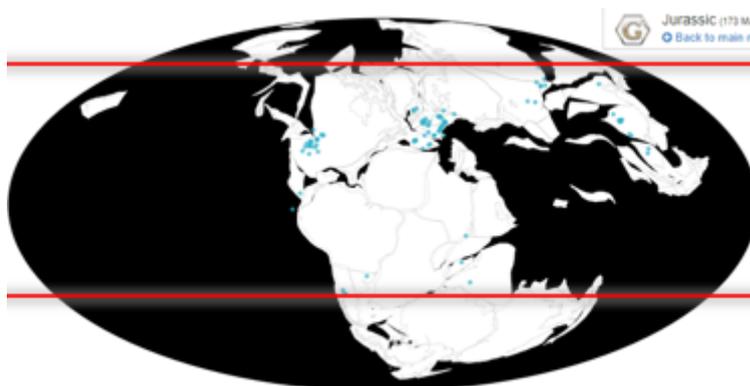
Distribution des *Testudines* au Jurassique

Retrouvez éducol sur



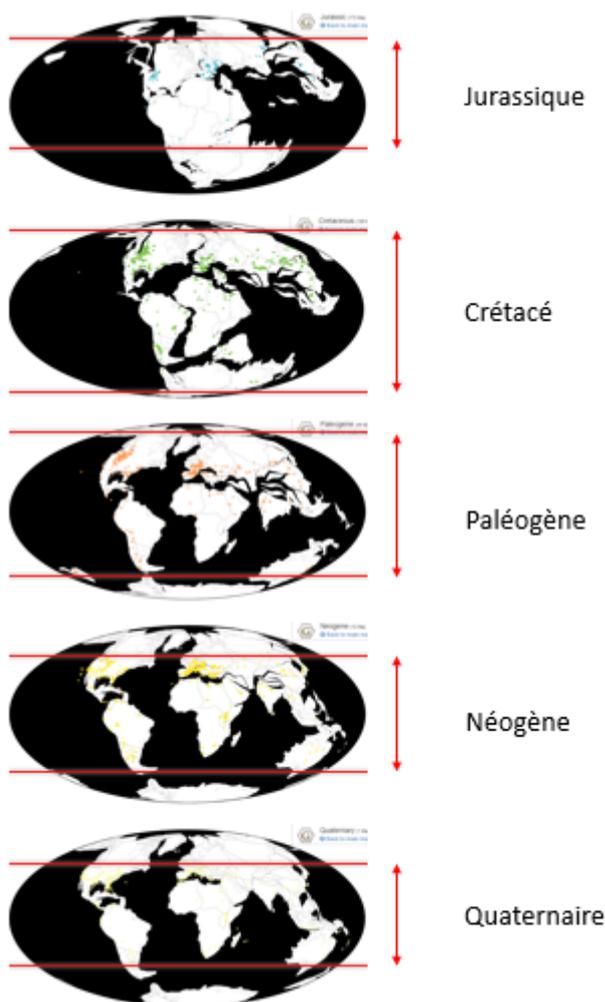
3. Comme on retrouve également des fougères arborescentes dans des forêts tempérées humides, il faudra utiliser ces indicateurs climatiques avec prudence. La confrontation des indices issus des différents taxons étudiés est indispensable.

Il est alors possible de réaliser une capture d'écran puis de tracer une ligne horizontale au niveau du fossile situé le plus au sud et une ligne horizontale au niveau du fossile situé le plus au nord.



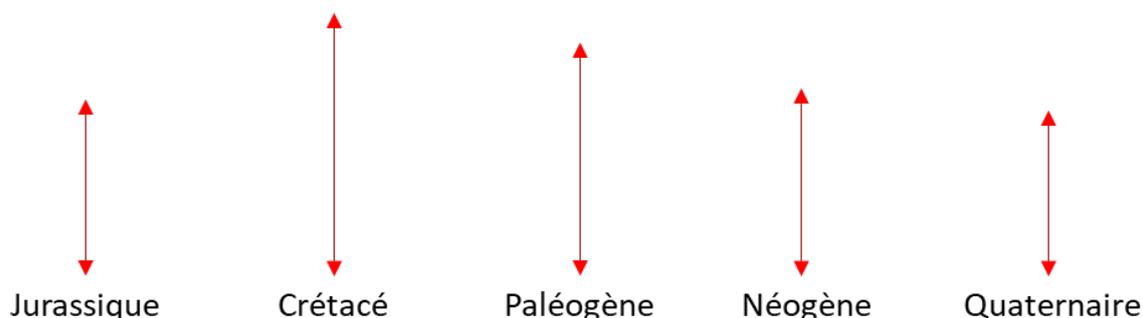
Tracés de lignes horizontales identifiant la latitude du fossile situé le plus au sud et de la latitude du fossile situé le plus au nord

Ainsi, en répétant ce travail pour les différentes périodes géologiques on peut obtenir la représentation suivante :



Évolution de la distribution des Testudines entre le Jurassique et le Quaternaire (les points colorés correspondent à la localisation des différents fossiles de Testudines et la double flèche rouge correspond à l'extension latitudinale des fossiles de Testudines)

On peut ensuite comparer graphiquement la longueur des doubles flèches représentant l'extension latitudinale des fossiles de Testudines aux différentes époques :



Évolution de l'extension de la distribution latitudinale des Testudines entre le Jurassique et le Quaternaire

On constate une extension de la distribution latitudinale des *Testudines* entre le Jurassique et la Crétacé. On peut émettre l'hypothèse que cette extension peut être associée à un réchauffement du climat global.

On constate une diminution de l'amplitude de la distribution latitudinale des *Testudines* entre le Crétacé et le Quaternaire. On peut émettre l'hypothèse que cette diminution de l'amplitude de la distribution latitudinale des *Testudines* peut être associée à un refroidissement global.

En réalisant le même travail pour les taxons des *Crocodylomorpha* et des *Cyatheales*, on aboutit aux mêmes interprétations.

La confrontation des différents indices permet donc d'interpréter un réchauffement entre le Jurassique et le Crétacé et un refroidissement global au cours du Cénozoïque.

### Exploitation complexe de PBDB : traitement des données sur un tableur

Pour obtenir des graphiques et permettre une interprétation plus quantitative des variations climatiques passées, il est possible de télécharger les données pour les trois taxons étudiés, en utilisant la fonction « Download Data » de PBDB. Il sera ainsi possible de traiter les données à l'aide d'un tableur.

#### Modalités pédagogiques

Pour ce type d'activité, il est également envisageable de mettre en place un travail coopératif au sein de classe (chaque groupe d'élèves pouvant étudier un taxon en particulier).

#### Téléchargement des données sur PBDB

Afin de télécharger, à partir de PBDB, la base de données que l'on souhaite traiter, il est nécessaire de choisir le taxon étudié et de sélectionner l'option « paléolocation » afin d'obtenir pour chaque fossile sa paléolatititude.

#### Annexe n°1 - Téléchargement des données à l'aide du formulaire de pbdb

Guide permettant d'utiliser le formulaire de téléchargement de données sur PBDB.

#### Préparation et « nettoyage » du fichier de données

Avant d'entreprendre, à l'aide d'un tableur comme LibreOffice Calc (ou Microsoft Excel), la

Retrouvez éducol sur



création de graphiques à partir des données téléchargées, certaines précautions doivent être prises lors de l'ouverture du fichier de données téléchargé et certaines manipulations doivent être réalisées pour permettre l'exploitation de la base de données.

### Annexe n°2 - Préparation et « nettoyage » du fichier de données

Guide permettant de préparer le fichier de données avant son utilisation pour réaliser des graphiques.

La préparation du fichier de données peut être réalisée au préalable par l'enseignant ou le préparateur afin de simplifier le travail de traitement de données par les élèves.

#### Téléchargement de fichiers de données simplifiés

Des fichiers de données déjà préparés et directement utilisables par les élèves sont téléchargeables sur le site de l'académie de Paris.

- Données concernant les *Testudines*
  - Données concernant les *Crocodylomorpha*
  - Données concernant les *Cyatheales*
- [Lien pour accéder au téléchargement](#)

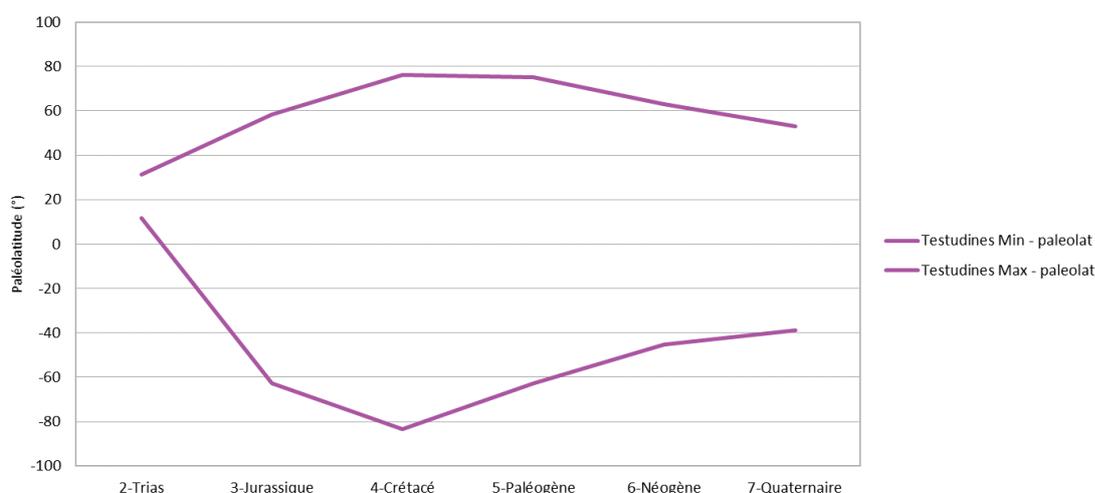
#### Traitement du fichier de données et interprétations

Le traitement des données pour construire des graphiques implique l'utilisation de la fonction « Tableau croisé dynamique » disponible sur tous les tableurs (LibreOffice Calc, Microsoft Excel...).

### Annexe n°3 - Réaliser un tableau croisé dynamique

Guide permettant d'utiliser la fonction « tableau croisé dynamique » sur un tableur afin de traiter les données.

En utilisant un tableau croisé dynamique (« Table dynamique » sur LibreOffice Calc), on peut obtenir pour chaque période géologique, la paléolatititude minimale et la paléolatititude maximale. On peut ensuite construire un graphique comme celui-ci.



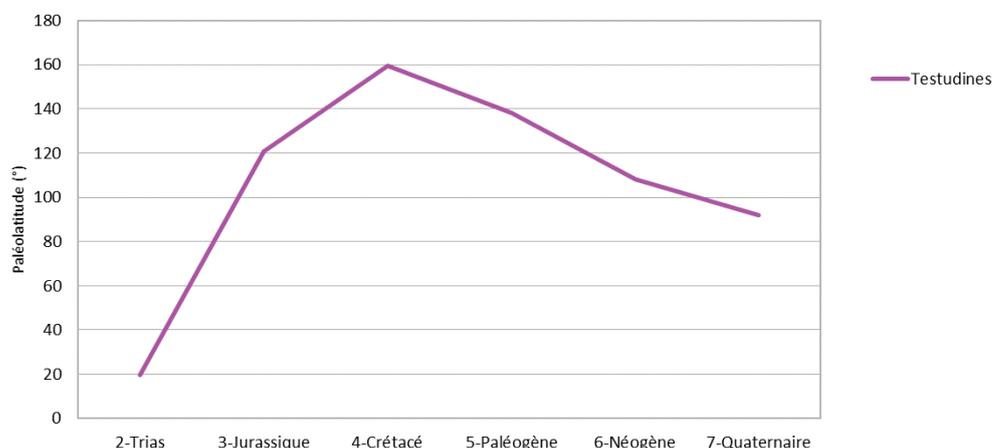
Évolution des paléolatitudes minimales et maximales des fossiles de Testudines

Retrouvez éducol sur



On peut également calculer l'amplitude de la distribution latitudinale des fossiles, en calculant la différence pour chaque période entre la latitude minimale et la latitude maximale des fossiles de Testudines retrouvés.

On pourra alors obtenir ce type de graphique.

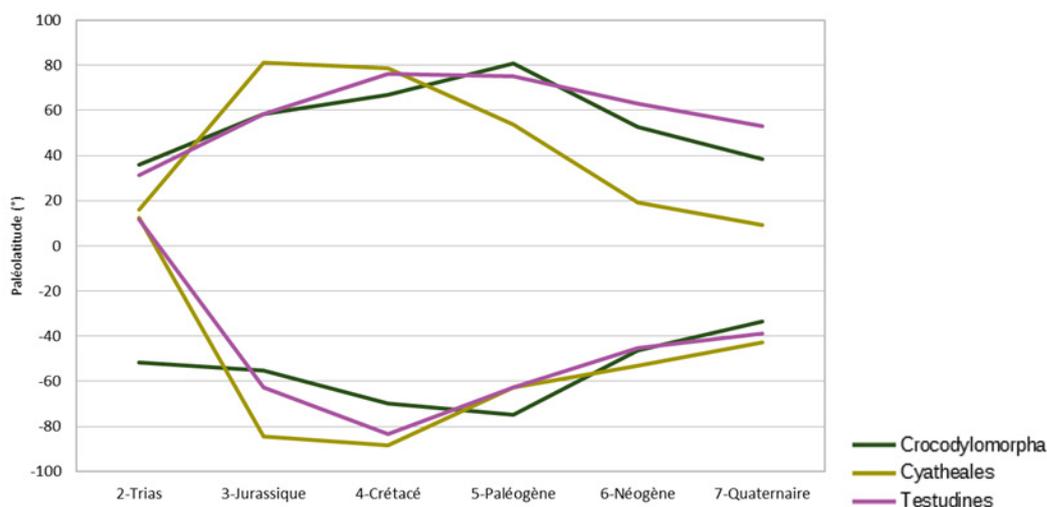


Évolution de l'amplitude de la distribution latitudinale des fossiles de Testudines

À l'aide des deux précédents graphiques, on observe qu'entre le Trias et le Crétacé, on retrouve des fossiles de *Testudines* vers des latitudes de plus en plus hautes. Comme les tortues se répartissent plutôt dans les régions tropicales et intertropicales, on peut faire l'hypothèse, qu'entre le Trias et le Crétacé, la largeur de la zone intertropicale a augmenté en raison d'un réchauffement climatique global.

Enfin, entre le Crétacé et le Quaternaire, on constate que les fossiles de Testudines sont localisés vers des latitudes de plus en plus basses. On peut faire l'hypothèse qu'au cours du Cénozoïque, la largeur de la zone intertropicale s'est réduite en raison d'un refroidissement climatique global.

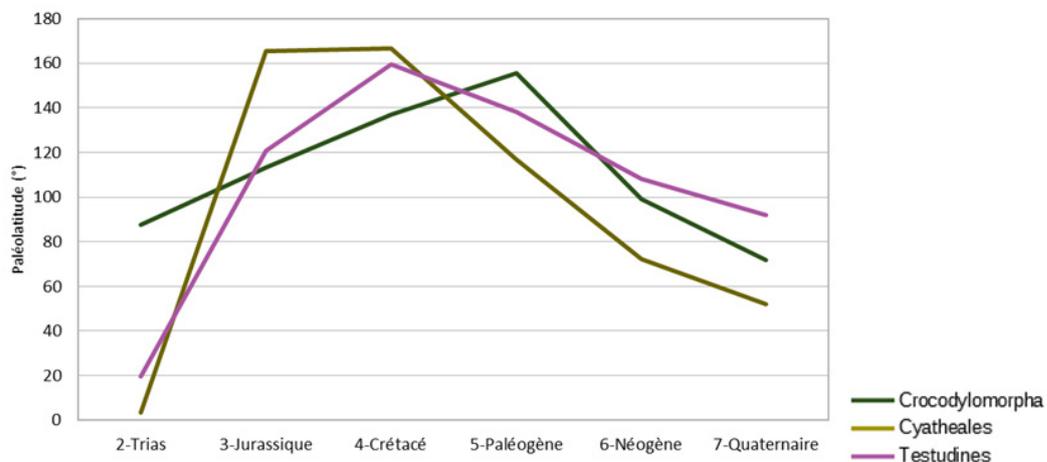
En réalisant le même type de traitement de données pour les fossiles de *Crocodylomorpha* et de *Cyatheales*, on peut regrouper les différentes informations dans un seul graphique.



Évolution des paléolatitudes minimales et maximales des fossiles de Crocodylomorpha, de Cyatheales et de Testudines

Retrouvez éducol sur





Évolution de l'amplitude de la distribution latitudinale des fossiles de Crocodylomorpha, de Cyatheaales et de Testudines

On constate globalement les mêmes variations de répartition latitudinales pour les différents taxons étudiés. Comme, d'après le principe d'actualisme, ces trois taxons, sont plutôt représentatifs de climats chauds, l'hypothèse d'un réchauffement au Crétacé et d'un refroidissement au cours du Cénozoïque semble de plus en plus valide.

## Annexe n°1 - Téléchargement des données à l'aide du formulaire de PBDB

Pour sélectionner des données exploitables afin de reconstituer des variations climatiques passées, il est nécessaire de réaliser les étapes suivantes dans le formulaire de la page « Download Data » de PBDB.

1. Sélectionner « Occurrences »

What do you want to download? ?

Occurrences  
 Specimens /  Measurements  
 Geological strata  
 Collections  
 Diversity over time  
 Taxa  
 Opinions  
 Bibliographic references /  Taxa by ref

2. Indiquer le nom du taxon étudié

▼ Select by taxonomy ?

Taxon or taxa to include:

Taxonomic resolution:

Preservation:

Modifiers:

Show accepted names only

Identification:

3. Sélectionner « paleolocation » dans les options afin d'avoir pour chaque fossile la paléolatitue et la paléolongitude.

▼ Choose output options ?

Output order:  |  | Limit number of records:

Include all output blocks whose names are boldfaced below

Additional output blocks:

<input type="checkbox"/> attribution	<input type="checkbox"/> classification	<input type="checkbox"/> classification ext.	<input type="checkbox"/> genus	<input type="checkbox"/> subgenus
<input type="checkbox"/> accepted only	<input type="checkbox"/> ident components	<input type="checkbox"/> phylopic id	<input type="checkbox"/> plant organs	<input type="checkbox"/> abundance
<input type="checkbox"/> ecospace	<input type="checkbox"/> taphonomy	<input type="checkbox"/> eco/taph basis	<input type="checkbox"/> preservation	<input type="checkbox"/> collection
<input type="checkbox"/> coordinates	<input type="checkbox"/> location	<input checked="" type="checkbox"/> paleolocation	<input type="checkbox"/> protection	<input type="checkbox"/> stratigraphy
<input type="checkbox"/> stratigraphy ext.	<input type="checkbox"/> lithology	<input type="checkbox"/> lithology ext.	<input type="checkbox"/> paleoenvironment	<input type="checkbox"/> geological context
<input type="checkbox"/> time binning	<input type="checkbox"/> time comparison	<input type="checkbox"/> methods	<input type="checkbox"/> research group	<input type="checkbox"/> reference
<input type="checkbox"/> ref attribution	<input type="checkbox"/> centerer ids	<input type="checkbox"/> centerer names	<input type="checkbox"/> created/modified	

Include metadata at the beginning of the output

4. Cliquer sur « Download » pour télécharger le fichier .csv

[https://paleobiodb.org/data1.2/occs/list.csv?datainfo&rowcount&base\\_name=Testudines&show=paleoloc](https://paleobiodb.org/data1.2/occs/list.csv?datainfo&rowcount&base_name=Testudines&show=paleoloc)

## Annexe n°2 - Préparation et « nettoyage » du fichier de données

En ouvrant le fichier .csv téléchargé avec LibreOffice Calc :

- sélectionner la langue « Anglais » ;
- et cocher « virgule » dans « Options de séparateur ».

Il est possible avec un tableur d'enregistrer le fichier de données au format .ods (ou .xls ou .xlsx) afin de pouvoir traiter les données et obtenir des graphiques.

Les colonnes qui seront utilisées pour cette exploitation pédagogique sont les suivantes :

- occurrence\_no (référence du fossile) ;
- max\_ma (âge maximum estimé du fossile) ;
- min\_ma (âge minimum estimé du fossile) ;
- paleolat (paléolatititude du fossile).

Afin de simplifier la lecture, on peut supprimer les colonnes inutiles (on peut aussi supprimer les 17 premières lignes du tableau qui présente la base de données).

Ensuite, il est possible d'ajouter une colonne pour nommer la période géologique à laquelle appartient chaque fossile. On peut utiliser une formule permettant d'automatiser ce traitement.

=SI(ET(B2<=295;B2>=245);»1-Permien»;SI(ET(B2<=245;B2>=205);»2-Trias»;SI(ET(B2<=205;B2>=135);»3-Jurassique»;SI(ET(B2<=135;B2>=65);»4-Crétacé»;SI(ET(B2<=65;B2>=23,5);»5-Paléogène»;SI(ET(B2<=23,5;B2>=1,8);»6-Néogène»;»7-Quaternaire»))))))

On obtient alors le tableau suivant :

	A	B	C	D	E
1	Occurrence	Max_Ma	Min_Ma	Paléolatititude	Période
2	30260	139,8	132,9	30,65	3-Jurassique
3	40165	59,2	56	40,13	5-Paléogène
4	40166	59,2	56	40,13	5-Paléogène
5	41525	55,8	37,2	43,28	5-Paléogène
6	41581	55,8	37,2	43,28	5-Paléogène
7	137485	83,6	72,1	37,74	4-Crétacé
8	138852	99,6	93,5	14,74	4-Crétacé
9	138861	99,6	93,5	14,74	4-Crétacé
10	146082	72,1	66	-18,88	4-Crétacé
11	147095	83,6	70,6	45,81	4-Crétacé
12	148501	105,3	93,5	38,67	4-Crétacé
13	148630	72,1	66	36,26	4-Crétacé
14	149319	72,1	66	58,43	4-Crétacé
15	149320	72,1	66	58,43	4-Crétacé
16	149321	72,1	66	58,43	4-Crétacé
17	149322	72,1	66	58,43	4-Crétacé
18	149323	72,1	66	58,43	4-Crétacé
19	149324	72,1	66	58,43	4-Crétacé
20	149344	59,2	56	38,76	5-Paléogène
21	150081	0,781	0,0117	22,77	7-Quaternaire
22	150082	0,781	0,0117	22,77	7-Quaternaire
23	150319	47,8	41,3	34,74	5-Paléogène
24	150320	47,8	41,3	34,74	5-Paléogène
25	150606	72,1	66	10,21	4-Crétacé
26	150869	23,03	5,333	0,33	6-Néogène
27	150970	22,02	5,333	0,33	6-Néogène

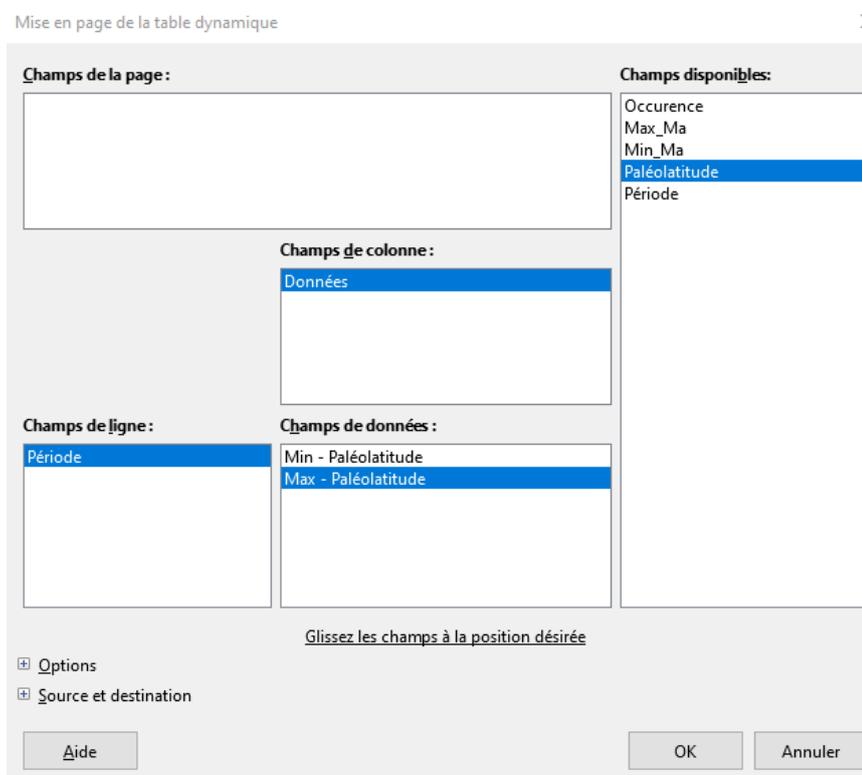
### Annexe n°3 - Réaliser un tableau croisé dynamique

La fonction « Tableau croisé dynamique » permet de regrouper des données selon une ou plusieurs de ses propres catégories et de faire les opérations nécessaires entre les valeurs de chaque groupe.

Ici, on regroupera les fossiles d'un taxon par périodes géologiques et on cherchera les paléolatitudes minimum et maximum de ces fossiles pour chaque période géologique.

Dans LibreOffice Calc :

1. Sélectionner les données à traiter (on sélectionne ici l'ensemble du tableau présenté dans l'annexe n°2).
2. Dans le menu, sélectionner « Insertion » puis « Table dynamique ».
3. Pour regrouper les fossiles par périodes géologiques, dans « Champs de ligne », glisser « Période ».
4. Pour rechercher pour chaque période géologique, la paléolatitude minimale parmi les fossiles du taxon étudié, dans « Champs de données », glisser « Paléolatitude ». Puis double-cliquer sur « Paléolatitude » pour choisir « Min ».
5. Pour rechercher pour chaque période géologique, la paléolatitude maximale parmi les fossiles du taxon étudié, dans « Champs de données », glisser « Paléolatitude ». Puis double-cliquer sur « Paléolatitude » pour choisir « Max ».
6. On obtient ainsi le paramétrage suivant :



7. Cliquer ensuite sur « OK » pour obtenir le tableau croisé dynamique suivant (ici pour les fossiles de *Testudines*) :

	A	B	C
1		Données	
2	Période ▼	Min - Paléolat	Max - Paléolat
3	1-Permien	25,38	28,84
4	2-Trias	11,56	31,29
5	3-Jurassique	-62,76	58,2
6	4-Crétacé	-83,34	76,14
7	5-Paléogène	-62,82	75,25
8	6-Néogène	-45,25	63,02
9	7-Quaternaire	-38,98	52,88
10	<b>Total Résultats</b>	<b>-83,34</b>	<b>76,14</b>
11			

Retrouvez éduscol sur

