

## Corrigé et barème de correction du devoir n°2 (enseignement de spécialité) du 15/11/2011

Nom / prénom :	TS4	Note / 20 =>
<b>A. Sujet Type II-2 (14 points) : La Terre « boule de neige » au Sturtien</b>		<b>/14</b>
Des traces glaciaires tr-s anciennes (antérieures à 700 Ma) indiquent la présence de glaciers sous les tropiques, voire jusqu'à l'équateur. Les conditions à l'origine de ces glaciations tropicales sont très discutées. Les documents présentent l'une des hypothèses émises : la « Terre boule de neige », qui correspond à un globe terrestre totalement gelé en surface. L'étude est restreinte à l'un de ces épisodes ayant eu lieu au Sturtien (-850 à -650 millions d'années). ☉ A l'aide des documents fournis et des connaissances, présenter les arguments en faveur d'une extension des calottes glaciaires des pôles jusqu'à l'équateur au Sturtien, puis de leur disparition.		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Introduction</b> : L'Histoire de la Terre au cours des 4 premières ères a montré des <b>périodes froides</b> suivies de <b>périodes plus chaudes</b>. L'objet de ce devoir porte sur le climat dans des <b>périodes très anciennes</b> (Précambrien) antérieures aux 4 grandes ères : le Sturtien. Le titre même du devoir nous informe que la Terre était un « boule de neige » donc particulièrement froide. (=&gt; retour au contexte conduisant à la problématique). Il faut <b>argumenter</b> ce climat particulièrement froid ainsi que le changement climatique qui s'en suit. (=&gt; problématique). [0,5 pt] Nous mettrons donc les documents en relation entre eux, à la lumière de nos connaissances pour dans un premier temps donner les preuves d'un climat particulièrement froid puis dans un second temps, avancer des hypothèses pour démontrer le changement climatique qui s'en suit. (=&gt; organisation du devoir pour résoudre la problématique). [0,5 pt].</li> </ul>		<b>/1,0</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>I. Les arguments en faveur d'une « Terre boule de neige » (glaciation bien au-delà des calottes polaires)</b></li> </ul>		<b>/7</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>I-1 Doc. 1 + acquis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le document 1 reconstitue la composition des continents au Sturtien. Ils sont soudés en un <b>méga-continent (nommé Rodinia) localisé principalement au pôle Sud</b> et se poursuivant par une <b>bande continentale franchissant l'équateur</b> [0,5 pts]. Même si certains marqueurs sont contestés par les scientifiques, on observe que des <b>dépôts glaciaires s'observent sur une grande partie de cette Rodinia, jusqu'à l'équateur</b> [0,5 pts]. Les connaissances nous permettent de déduire que les dépôts glaciaires (= <b>moraines</b>) traduisent la présence directe de glaciers à <b>des latitudes basses (au-delà des 30 °S)</b> [0,5 pt].</li> </ul>	/1,5
<ul style="list-style-type: none"> <li>I-2 Doc. 2b + I-1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le document 2b est un modèle climatique (travaux de M-I Budyko) : il énonce que <b>si les glaciers s'étendent depuis les pôles jusqu'à des latitudes inférieures à 30°</b> (entre tropiques) : la <b>glaciation terrestre est totale</b> (Terre « Boule de neige ») [0,5 pts]. Cette situation est réalisée au Sturtien car on trouve des dépôts morainiques en Sibéria, en Laurentia, en Australia qui sont des <b>continents localisés dans cette bande intertropicale</b> [1 pts] =&gt; Il y a donc bien eu une extension des calottes glaciaires au Sturtien [0,5 pts].</li> </ul>	/2,0
<ul style="list-style-type: none"> <li>I-3 Doc. 2c + acquis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le document 2c ne nous fournit pas d'argument mais une <b>explication astronomique</b> de la glaciation Sturtienne. [0,5 pts]. Elle peut donc avoir valeur <b>d'argument indirect</b>. La température terrestre est directement liée à l'étoile « soleil ». Un chercheur (J-F Deconinck), spécialiste des paléoclimats a estimé que l'énergie émise par le soleil n'était que 94 % de celle émise actuellement. Ce chercheur a également montré que la distance Terre-Soleil n'a pas varié. Donc la <b>Terre recevait au Sturtien moins d'énergie</b> qu'actuellement [0,5 pts] et comme les <b>températures terrestres dépendent directement de l'énergie solaire reçue</b> [0,5 pts], on peut faire l'hypothèse d'un climat froid.</li> </ul>	/1,5
<ul style="list-style-type: none"> <li>I-4 Doc. 2a + acquis + I-3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le document 2a de la même façon ne fournit pas d'argument mais permet de mettre en évidence un <b>facteur amplificateur du climat froid</b>. [0,5 pts]. Elle peut donc aussi avoir valeur <b>d'argument indirect</b>. Ce document donne les albédos de quelques surfaces. La neige fraîche et ancienne (glace) ont des albédos forts [0,5 pts]. Or nous savons que l'albédo est le rapport entre l'énergie réfléchi par un objet et l'énergie qu'il reçoit [0,5 pt]. Donc si au Sturtien les continents sont recouverts de glaciers, s'il fait froid (cf. I-3) et que les précipitations se font sous forme de neige fraîche qui recouvre la surface de ces continents (et sans doute des banquises nombreuses (= glaces océaniques)) [0,5 pts], ces surfaces restituent une bonne partie (entre 60 et 80 %) de l'énergie reçue, ce qui contribue à <b>amplifier</b> les rigueurs du climat.</li> </ul>	/2,0
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>II. Arguments en faveur d'une disparition des glaciers (ou de leur extension ?) à la fin du Sturtien</b></li> </ul>		<b>/5,0</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>II-1 Doc. 1 + acquis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le document 1 nous apprend qu'à la fin du Sturtien, le méga-continent « Rodinia » se disloque. Cela signifie que les continents dérivent (tectonique des plaques) [0,5 pts]. Ce même document évoque des activités géologiques en particulier volcaniques <b>intenses</b> [0,5 pts] qui reliées au fait précédent peuvent être interprétées par les processus géologiques conduisant à l'écartement des plaques : ouverture puis expansion océanique puis subduction puis collision [0,5 pts] (en appliquant le principe de l'actualisme qui suppose que les processus actuels de géodynamique interne se sont déroulés également par le passé).</li> </ul>	/1,5
<ul style="list-style-type: none"> <li>II-2 Doc. 3 + II-1 + acquis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le document 3 nous rappelle que le volcanisme (accrétion ou subduction) est générateur de CO<sub>2</sub> [0,5 pts]. Or le document 1 (cf. II-1) évoque une dislocation continentale qui se traduit par un <b>volcanisme d'accrétion</b> (du fait de l'activité des dorsales lors de l'expansion océanique) et un <b>volcanisme de subduction</b> (lié à la disparition de ces océans suite à leur vieillissement) [0,5 pts]. Cette <b>dislocation génère donc une grande émission de CO<sub>2</sub></b> (plusieurs milliards de Gt / an) [0,5 pts]. Or nous savons que le CO<sub>2</sub> est un <b>puissant gaz à effet de Serre</b> qui contribue donc à <b>augmenter la température terrestre</b>. [0,5 pts]. C'est cette élévation de température qui a sans doute contribué à faire fondre les glaciers. [0,5 pts].</li> </ul>	/2,5
<ul style="list-style-type: none"> <li>II-3 Doc. 2a + II-2 + acquis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le document 2a (tableau des albédos) nous permet de mettre en évidence un <b>amplificateur de ce réchauffement</b> [0,5 pts]. Si les glaces fondent, les océans augmentent en volume et la fonte des glaciers découvre les sols et leur végétation éventuelle [0,5 pts]. Or tous ces objets ont un albédo faible. La Terre renvoie moins d'énergie et donc cet <b>albédo faible</b> contribue à amplifier les <b>augmentations de températures</b>.</li> </ul>	/1,0
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Conclusion</b> :</li> </ul>		<b>/1,0</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ (réponse rapide à la problématique) =&gt; Les arguments en faveur d'une extension des calottes glaciaires au Sturtien sont donc : l'existence de marqueurs glaciaires morainiques aux faibles latitudes, une énergie solaire reçue par la Terre plus faible que la normale et un facteur amplificateur du climat froid lié à un albédo global fort ; par la suite c'est la dislocation du Méga continent de Rodinia, du fait du volcanisme de dorsale et de subduction, producteurs de CO<sub>2</sub> qui provoque l'augmentation de la température terrestre (par effet de Serre) et fait fondre les glaciers. CO<sub>2</sub> [0,5 pts]. Cependant, comment expliquer l'absence de marqueurs glaciaires sur des continents entiers tels que N. China, S. China et Iran ? CO<sub>2</sub> [0,5 pts]</li> </ul>		

<b>B. Question de cours (6 points) : Les mécanismes régulateurs du CO<sub>2</sub> atmosphérique ; application au Crétacé</b>		<b>/6</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☉ Présenter d'une part les mécanismes qui libèrent du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère [2 pts] et d'autre part les mécanismes qui consomment du CO<sub>2</sub> [2 pts]</li> <li>☉ Expliquer comment ces mécanismes rendent compte du climat au Crétacé [2 pts]</li> </ul>		
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Les mécanismes qui libèrent du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère : <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Le <b>dégazage</b> du manteau par le <b>volcanisme</b> (dans Océan et/ou Atmosphère). 20 % de ce dégazage est dû au volcanisme aérien (principalement volcanisme de point chaud et volcanisme de subduction) et 80 % au volcanisme sous-marin (principalement activité des dorsales). [1 pt].</li> <li>+ La <b>précipitation des carbonates</b> se fait par les organismes bâtisseurs de récifs : ils font précipiter le CaCO<sub>3</sub> (calcaire qui constitue bien souvent les récifs) à partir des ions Ca<sup>2+</sup> et des ions hydrogénocarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ; c'est donc un <b>mécanisme physico-chimique</b> producteur de CO<sub>2</sub> [0,5 pts].</li> <li>+ La <b>respiration</b> ou la <b>fermentation</b> par les être vivants sont des processus biologiques qui libèrent du CO<sub>2</sub> selon l'équation (respiration) : <math>6 C_6H_{12}O_6</math> (glucose) + 6 O<sub>2</sub> → 6 CO<sub>2</sub> + 6 H<sub>2</sub>O + énergie [0,5 pts]:</li> </ul> </li> </ul>	/2,0
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Les mécanismes qui consomment du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère : <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Certaines roches (carbonées) <b>stockent le Carbone</b> de la matière organique : la matière organique est une forme de stockage par les végétaux du CO<sub>2</sub> (= photosynthèse) ; à la mort des êtres vivants (végétaux et animaux) il arrive que cette matière organique soit incomplètement dégradée et forme alors des <b>substances humiques</b> transportées par les eaux. Dans les lacs et dans les océans et les mers ces substances humiques, en l'absence du dioxygène s'accumulent et subissent des transformations chimiques donnant des <b>roches carbonées</b> (hydrocarbures, houilles et charbons). [0,5 pts]</li> <li>+ L'<b>altération des silicates calciques et magnésiens</b> des reliefs orogéniques : l'altération des silicates calciques (exemple les pyroxènes des granites et des basaltes) donne des HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> et des ions Ca<sup>2+</sup> ; ce <b>mécanisme physico-chimique consomme du CO<sub>2</sub></b> (on notera qu'il consomme 2 moles de CO<sub>2</sub>). Ce mécanisme est particulièrement intense lors de l'<b>érosion des chaînes de montagnes</b> résultant de la <b>convergence lithosphérique</b>. [0,5 pts]</li> <li>+ La <b>dissolution des carbonates</b> : les <b>eaux météoriques chargées de CO<sub>2</sub></b> solubilisent les calcaires ; c'est donc un mécanisme physico-chimique qui consomme du CO<sub>2</sub>. Notons que ce mécanisme est à l'origine des lapiez, des gouffres, des dolines <b>des reliefs karstiques</b>. [0,5 pts]</li> <li>+ La <b>photosynthèse</b> est un mécanisme <b>biologique</b> qui consomme du CO<sub>2</sub> selon l'équation : <math>6 CO_2 + 6 H_2O + \text{énergie (solaire)} \Rightarrow 6 C_6H_{12}O_6</math> (matière organique : glucose). [0,5 pts]</li> </ul> </li> </ul>	/2,0
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ comment ces mécanismes rendent compte du climat au Crétacé ? <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Au <b>Crétacé</b> (climat chaud sur l'ensemble de la planète) les <b>taux de CO<sub>2</sub> sont importants</b> du fait des <b>mécanismes libérateurs de CO<sub>2</sub></b>. L'activité volcanique sous-marine lié à l'activité des dorsales, le volcanisme de type point chaud sont des mécanisme générant du CO<sub>2</sub>. [0,75 pts]</li> <li>+ C'est au crétacé que se forment des <b>massifs importants de calcaire</b> (= <b>précipitation des carbonates</b>) qui génère du CO<sub>2</sub> ; inversement pas d'altération continentale à cette époque et donc pas de processus consommateurs de CO<sub>2</sub>. [0,75 pts]</li> <li>+ Facteur amplificateur l'albédo : les <b>calottes glaciaires fondent</b> et le <b>niveau des océans remonte</b>. L'albédo est donc faible et donc la chaleur du soleil est davantage retenue. [0,5 pts]</li> </ul> </li> </ul>	/2,0
<p><b>Appréciation :</b></p>		