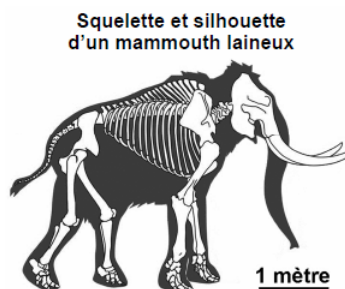


### La disparition des mammouths laineux

Le mammouth laineux (*Mammuthus primigenius*) est une espèce fossile proche des éléphants actuels.

Il y a quelques dizaines de milliers d'années, il occupait encore une large partie de l'Eurasie et de l'Amérique du Nord. Mais, il y a environ 10 000 ans, presque toutes ses populations ont disparu.

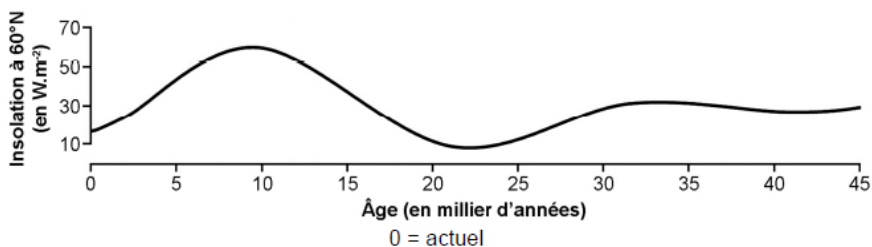
Image d'après A. Hořda-Michalska, *Geological Review*, 2014



**À l'aide de l'exploitation des documents proposés et de vos connaissances, montrer que la disparition des mammouths laineux pourrait avoir des causes différentes.**

#### **Document 1 : variation de l'insolation à 60° de latitude nord durant les derniers 45 000 ans**

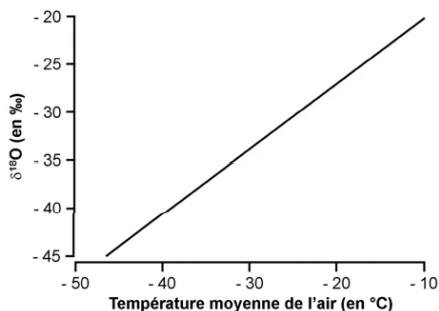
L'insolation correspond à la quantité d'énergie solaire (en Watts) reçue par mètre carré de surface terrestre.



D'après G.M. MacDonald et al., *Nature*, 2012

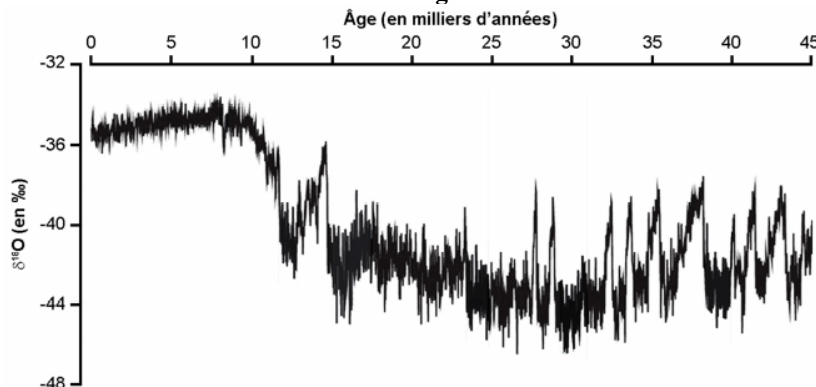
#### **Document 2 : informations déduites de la composition isotopique des glaces.**

**Document 2.a : relation entre le delta  $^{18}O$  de la glace du Groenland et la température moyenne de l'air dans cette région**



D'après J. Jouzel et al., *Journal of Geophysical Research*, 1994

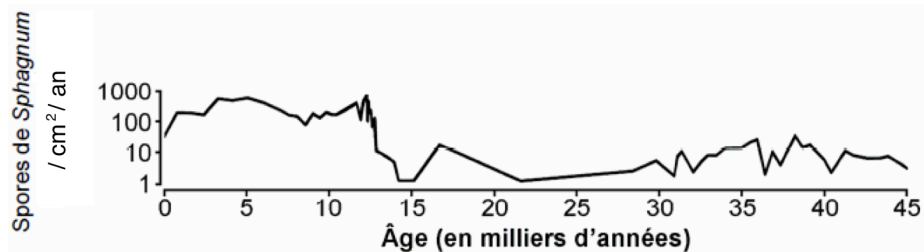
**Document 2.b : variation du  $\delta^{18}O$  dans une carotte de glace du Groenland durant les derniers 45 000 ans**



#### **Document 3 : teneur en spores de végétaux du genre *Sphagnum* dans une tourbière d'Alaska**

Les végétaux du genre *Sphagnum*, caractéristiques des tourbières, présentent la particularité de résister à des températures extrêmement faibles (jusqu'à  $-50^{\circ}C$ ). Toutefois, les *Sphagnum* sont plus abondantes lors des périodes chaudes. Pour leur reproduction, les *Sphagnum* produisent des spores.

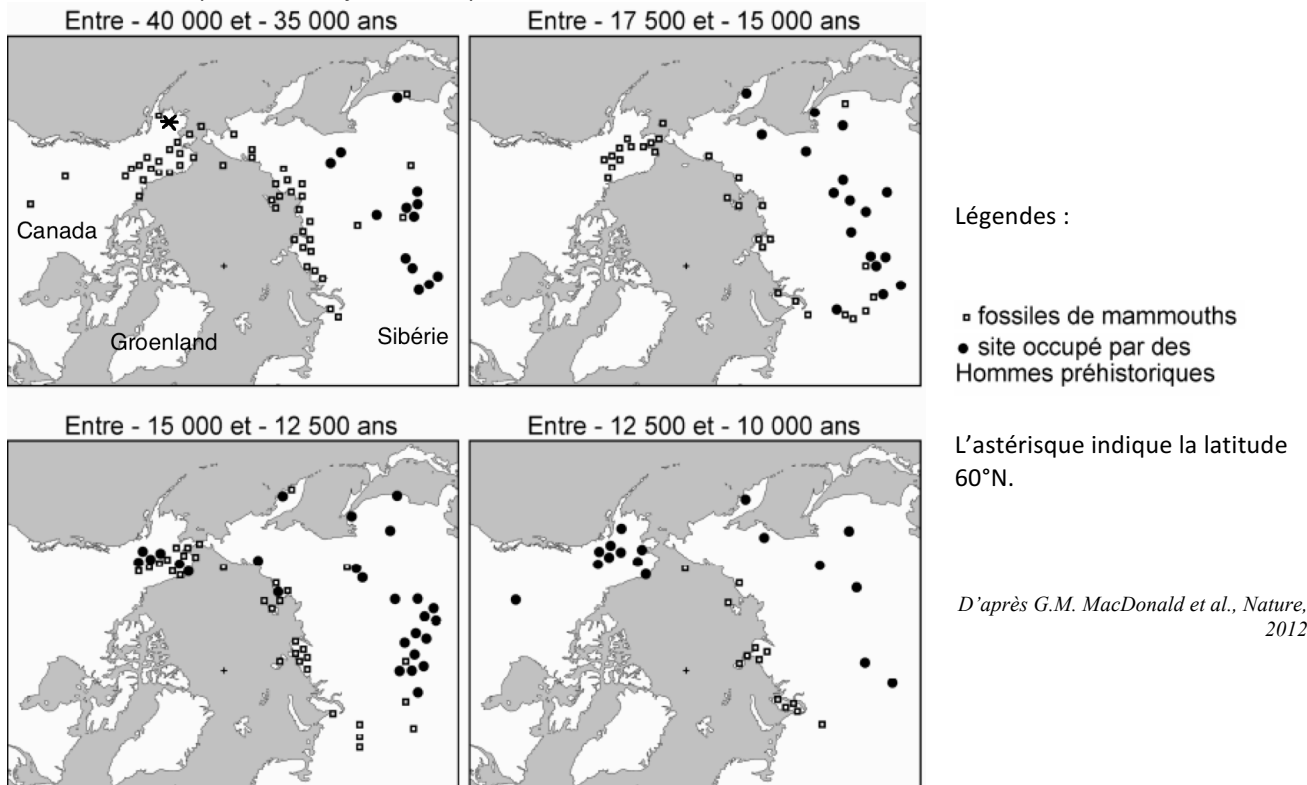
Selon les paléontologues, dans le passé, l'expansion des tourbières en Alaska se faisait au détriment des plantes dont se nourrissaient les mammouths. Autrement dit, plus les tourbières occupaient d'espaces et moins les mammouths disposaient de nourriture.



D'après G.M. MacDonald et al., Nature, 2012

#### Document 4 : territoires occupés par les mammouths laineux et par les Hommes préhistoriques à différentes périodes

On rappelle que du mammouth, l'homme consommait la viande, la moelle osseuse et la graisse. Avec l'ivoire, il fabriquait outils, bijoux et sculptures.



Légendes :

□ fossiles de mammouths  
● site occupé par des Hommes préhistoriques

L'astérisque indique la latitude 60°N.

D'après G.M. MacDonald et al., Nature, 2012

#### Document 5 : les « beast solonetz »

Après avoir examiné plus de 23 500 ossements et dents de mammouths laineux provenant de la partie septentrionale de l'Eurasie, un chercheur russe a constaté sur ces derniers des traces de maladies enzootiques (maladies épidémiques qui touchent une ou plusieurs espèces d'animaux dans une même région). L'étude porte plus particulièrement sur des sites nommés « beast solonetz », qui sont des endroits où la surface du sol est caractérisée par une importante concentration en certains éléments chimiques que les animaux sauvages vont incorporer à leur régime alimentaire. Ces sites datés de - 10 000 à - 40 000 ans (Pléistocène supérieur) ont été observés notamment en Sibérie.

Ces éléments sont essentiels au bon fonctionnement du métabolisme des mammifères, en particulier lors de la régénération du squelette, des muscles, de la peau, de la toison, des organes internes et autres.

Il est connu que les herbivores sont notoirement lithophages (littéralement « qui mangent la pierre »). En effet, ils ne trouvent pas certains éléments chimiques en assez grande quantité dans leur fourrage et sont rapidement carencés sans apports extérieurs. Ce sont dans les « beast solonetz » que les herbivores sauvages vont trouver ces compléments alimentaires essentiels à leur survie, en mangeant le sol et en buvant l'eau minéralisée s'écoulant des sources afin de maintenir leur équilibre interne.

Le chercheur a fait le constat que la biosphère de l'Eurasie septentrionale est déficiente en de nombreux éléments chimiques qui sont nécessaires aux grands herbivores, la seule solution pour eux étant de compenser ce manque en allant les chercher dans ces « oasis minérales » que sont les « beast solonetz ». Si ces derniers viennent à se raréfier, les herbivores risquent des carences chroniques qui ont pour conséquence de graves maladies comme l'ostéoporose, l'ostéomalacie, le rachitisme, la tétanie, la gastro-entérite..., l'issue peut même être fatale sans cet apport minéral.

Il est établi qu'entre - 30 000 et - 10 000 ans, une augmentation des précipitations entraîna un plus grand lessivage des sols, emportant dans les rivières et les océans les éléments minéraux des « beast solonetz ».

D'après Ludovic Hamiaux, INIST-CNR, <http://recherchespolaires.inist.fr/?Une-nouvelle-hypothese-pour>

## Correction.

On cherche à montrer que la disparition des mammouths laineux il y a 10 000 ans pourrait avoir deux origines différentes.

### Document 1.

- L'insolation (ici à 60° de latitude nord soit des latitudes où vivaient les mammouths laineux) varie au cours du temps (ici 45 000 ans).
- L'insolation qui était relativement faible entre -45 000 ans et -20 000 ans (entre 30 et 10 W.m<sup>-2</sup> avec un minimum à -10 000 ans) a augmenté entre -20 000 et -10 000 ans (pour atteindre 60 W.m<sup>-2</sup> soit le sextuple du minimum). Elle diminue de nouveau depuis.
- Les variations d'insolation sont dues aux variations des paramètres orbitaux de la Terre (cycles de Milankovitch). Un des paramètres peut être cité.
- On peut donc supposer qu'avec une hausse de l'insolation entre -20 000 et -10 000 ans, les températures aient augmenté.

### Document 2.

- On étudie un thermomètre isotopique dans la glace (l'inlandsis groenlandais), le δ<sup>18</sup>O. Il existe une relation linéaire entre le δ<sup>18</sup>O et la température de l'air : plus la température est basse, plus le δ<sup>18</sup>O diminue. Le δ<sup>18</sup>O est un thermomètre isotopique.
- On remarque là aussi une variation du δ<sup>18</sup>O dans les glaces groenlandaises depuis 45 000 ans.
- Malgré des variations régulières, on remarque un δ<sup>18</sup>O bas entre -45 000 et -15 000 ans (aux alentours de -44 ‰, soit une température de l'air de -45°C environ). Période glaciaire.
- Vers -15 000 ans, on observe une brusque augmentation du δ<sup>18</sup>O (pic à -36 ‰), soit une température de l'air de -35°C environ. Après un court refroidissement (Dryas récent), vers -12 000 ans le δ<sup>18</sup>O remonte pour se stabiliser vers -35 ‰ : le climat est durablement réchauffé (ce que l'on peut corréler avec la hausse de l'insolation). Période interglaciaire.

### Document 3.

- On regarde la variation de la teneur en spores de végétaux du genre Sphagnum dans une tourbière d'Alaska (c'est la palynologie). Ces végétaux résistent à des températures très basses (-50°C) mais sont plus abondants lors de périodes chaudes. On recherche les spores (indispensables à leur reproduction) : plus il y a de spores, plus les sphaignes doivent être en quantité importante. Utilisation du principe d'actualisme.
- Avant -14 000 ans, malgré des variations, on trouve entre 1 et 10 spores /cm<sup>2</sup>/an, CAD peu.
- Depuis, le nombre de spores a brutalement augmenté, avant de se stabiliser aux alentours de 100 /cm<sup>2</sup>/an.
- On peut donc confirmer le réchauffement qui s'est produit vers cette date.
- Or, ces tourbières en expansion se fait au détriment des plantes dont se nourrissent les mammouths : ils ont donc dû avoir des difficultés pour se nourrir.

### Document 4.

- Entre -40 000 et -10 000 ans, les populations humaines d'Alaska et d'Asie chassaient les mammouths.
- On trouve beaucoup de fossiles de mammouths entre -40 000 et -35 000 ans, dans des zones où l'homme n'est pas présent. On peut supposer qu'il y avait donc beaucoup de mammouths.
- Par la suite, les hommes peuplent de nouveaux territoires, et à chaque fois les populations de mammouths diminuent : on peut donc supposer que la chasse est une deuxième cause de disparition des mammouths.

### Document 5.

- Les mammouths sont herbivores : ils sont donc carencés en certains éléments chimiques qu'ils ne trouvent pas dans leur alimentation, et qu'ils doivent rechercher dans le sol (dans les « beast solonetz ») sinon ils souffrent de maladies qui peuvent être létales.
- Or vers -30 000 à -10 000 ans les précipitations se sont intensifiées, ce qui a lessivé les éléments chimiques des « beast solonetz » provoquant leur raréfaction.
- Les mammouths ont donc souffert de carences qui ont pu être fatales (la population s'est trouvée affaiblie).

## Conclusion :

Les derniers mammouths ont disparu vers -10 000 ans. On peut l'expliquer :

- Par un réchauffement climatique suite à une hausse de l'insolation, enregistré par le thermomètre isotopique et l'abondance des spores de sphaignes. Ce réchauffement s'est traduit par une raréfaction des plantes dont se nourrissaient les mammouths ;
- Ce réchauffement a provoqué une intensification des précipitations lessivant les éléments chimiques des « oasis minérales » engendrant des carences pouvant s'avérer létales pour les mammouths ;
- Par une chasse par les populations d'hommes qui exploitaient les mammouths pour se nourrir et réaliser d'autres activités.

Qualité de la démarche	Éléments scientifiques tirés des documents et issus des connaissances	
Démarche cohérente qui permet de répondre à la problématique	Suffisants dans les deux domaines.	5
	Suffisants pour un domaine et moyen pour l'autre <b>ou</b> moyen dans les deux.	4
Démarche maladroite et réponse partielle à la problématique	Suffisants pour un domaine et moyen pour l'autre <b>ou</b> moyen dans les deux.	3
	Moyen dans l'un des domaines et insuffisant dans l'autre.	2
Aucune démarche ou démarche incohérente	Insuffisant dans les deux domaines.	1
	Rien	0