

## Exercice 1 – Niveau première

Thème « Le Soleil, notre source d'énergie »

### Le paradoxe du Soleil pâle

Sur 10 points

Le système solaire s'est formé il y a 4,57 milliards d'années. Le paradoxe du jeune Soleil pâle désigne la contradiction apparente, entre la présence d'eau liquide sur Terre à cette époque et le fait que le Soleil ne brillait qu'à 70 % de son intensité actuelle. La température sur Terre devait être inférieure à 0 °C et donc l'eau aurait dû être présente à l'état solide uniquement.

L'objectif de cet exercice est d'étudier ce paradoxe.

### Partie 1 – Caractérisation du Soleil jeune

Actuellement, la puissance surfacique moyenne du rayonnement solaire arrivant à la surface de l'atmosphère terrestre est de  $340 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

- 1- Montrer que la puissance surfacique moyenne solaire qui atteignait la surface de l'atmosphère terrestre il y a 4 milliards d'années était d'environ  $240 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

#### Document 1 – Loi de Stefan

La puissance émise par unité de surface ( $P$  exprimée en  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ) est proportionnelle à la puissance quatrième de la température ( $T$  exprimée en Kelvin).

$$P = \sigma \times T^4$$

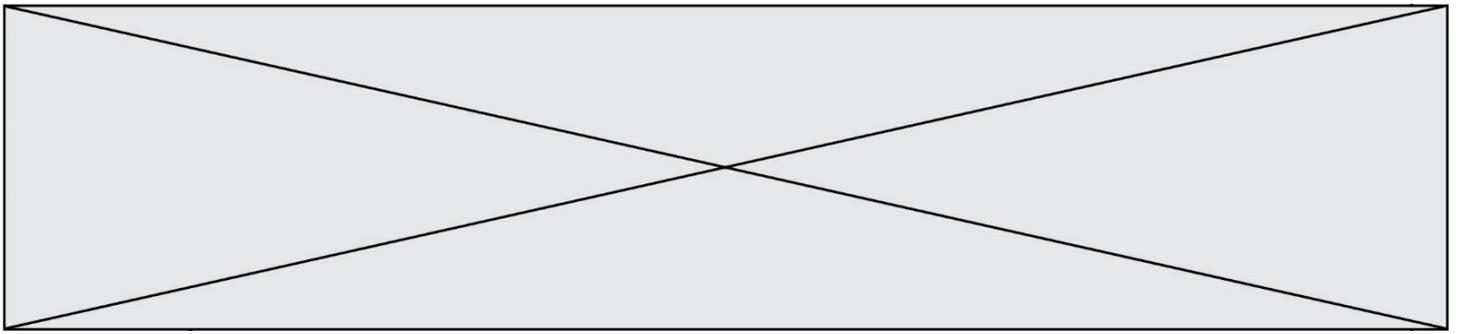
avec  $\sigma$ , constante de Stefan-Boltzmann valant  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ .

**Relation entre la température  $\theta$ (°C) et la température  $T$ (K) :**

$$T = \theta + 273$$

- 2- À l'aide du document 1, montrer qu'en première approximation, la température de la Terre aurait dû être d'environ  $-18 \text{ °C}$  il y a 4 milliards d'années.





## Partie 2 – Première proposition d'explication du paradoxe

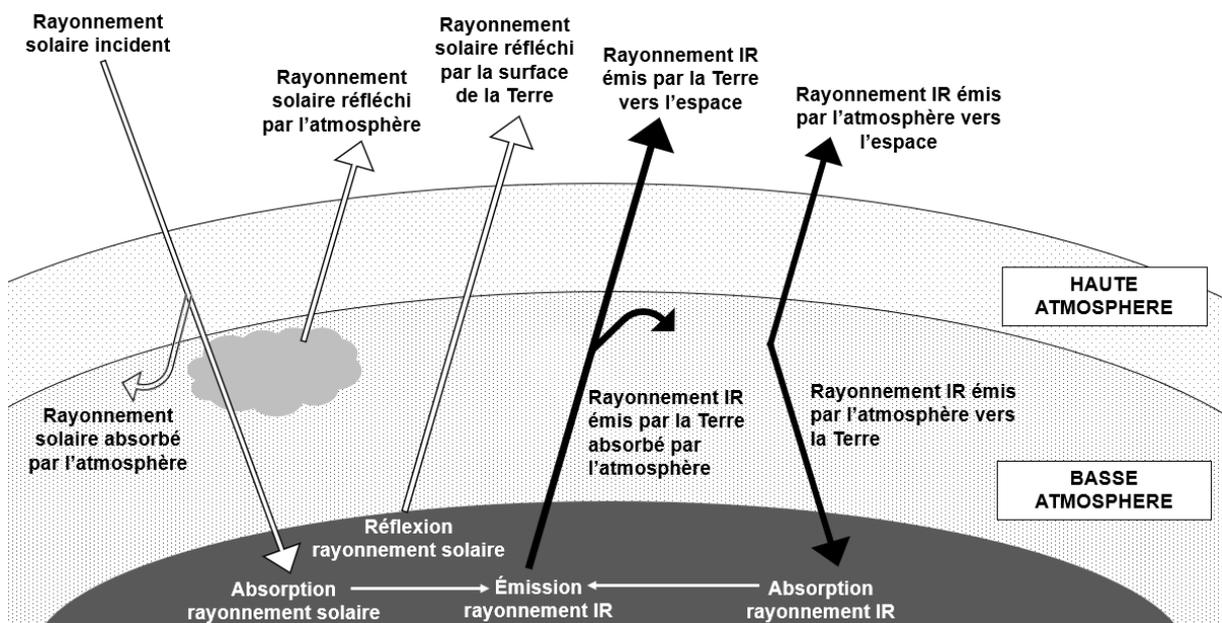
### Document 4 – Tableau de la pression partielle atmosphérique en CO<sub>2</sub>

Une température de  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  est incompatible avec la présence d'eau liquide. Des études ont permis de montrer qu'il y a 4 milliards d'années, un volcanisme très intense rejetait de grandes quantités de dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre.

<b>Période</b>	-4 Milliards d'années	Actuelle
<b>Pression partielle en CO<sub>2</sub></b>	Entre 0,3 et 0,6 bar	$3 \times 10^{-4}$ bar

Source : d'après <https://planet-terre.ens-lyon.fr>

### Document 5 – Bilan radiatif terrestre



Source : d'après l'auteur

- 4- À partir des documents 4 et 5 et de vos connaissances, proposer une explication au paradoxe du Soleil pâle, c'est à dire à la présence d'eau liquide il y a 4 milliards d'années malgré une température terrestre inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$  due à la plus faible puissance reçue du Soleil.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



1.1

### Partie 3 – Seconde proposition d'explication du paradoxe

D'autres chercheurs ont proposé d'expliquer le paradoxe du Soleil jeune pâle par un albédo moyen très faible.

5- Définir l'albédo.

#### Document 6 – Quelques valeurs d'albédo

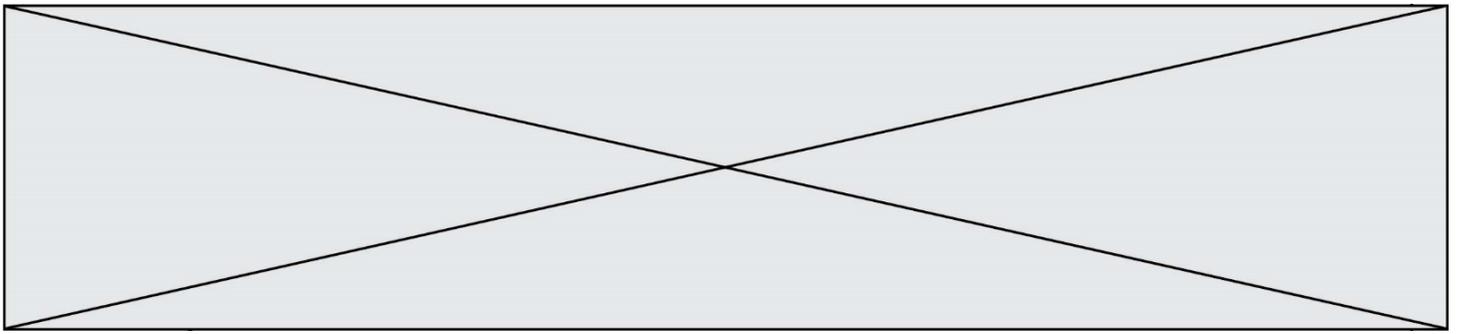
Surface	Océan	Forêt	Nuages	Sable	Neige
<b>Albédo</b>	0,05 – 0,10	0,05 – 0,10	0,2 – 0,3	0,2 – 0,3	0,8 – 0,9

Albédo moyen terrestre actuel :  $\alpha = 0,3$

Albédo moyen terrestre estimé à l'époque du Soleil jeune (4 milliards d'années) :  
 $\alpha = 0,05$

*Source : d'après l'auteur*

- 6- Expliquer pourquoi la valeur de l'albédo à l'époque du jeune Soleil pâle permettrait d'expliquer la présence d'eau liquide sur Terre alors que la puissance surfacique solaire incidente était plus faible qu'actuellement.
- 7- Expliquer en quoi l'étude de paradoxes scientifiques est une composante essentielle de la démarche scientifique. Vous argumenterez en vous appuyant sur l'exemple étudié dans cet exercice et sur vos connaissances personnelles.



## Exercice 2 – Niveau première

Thème « Une longue histoire de la matière »

### Dessalement par les végétaux

Sur 10 points

L'augmentation croissante de la population mondiale et le réchauffement climatique global posent le problème de la gestion de l'eau douce pour les populations humaines. Parmi les techniques à l'étude, on cherche à exploiter l'eau salée par l'utilisation de certains végétaux.

Un cabinet parisien a été lauréat d'un concours en 2010 en proposant le projet « *Freshwater Factory* ». Il s'agissait d'une tour de 280 mètres de haut, abritant des centaines de Palétuviers, arbres tropicaux peuplant les mangroves (forêts poussant au bord ou dans l'eau très salée). Si le projet avait été réalisé, il était attendu que cette tour produise 30 000 litres d'eau douce par jour.

**L'objectif de ce sujet est d'étudier la capacité du Palétuvier à extraire le sel de l'eau.**

#### Partie 1 – Étude des cristaux présents sur les feuilles du Palétuvier.

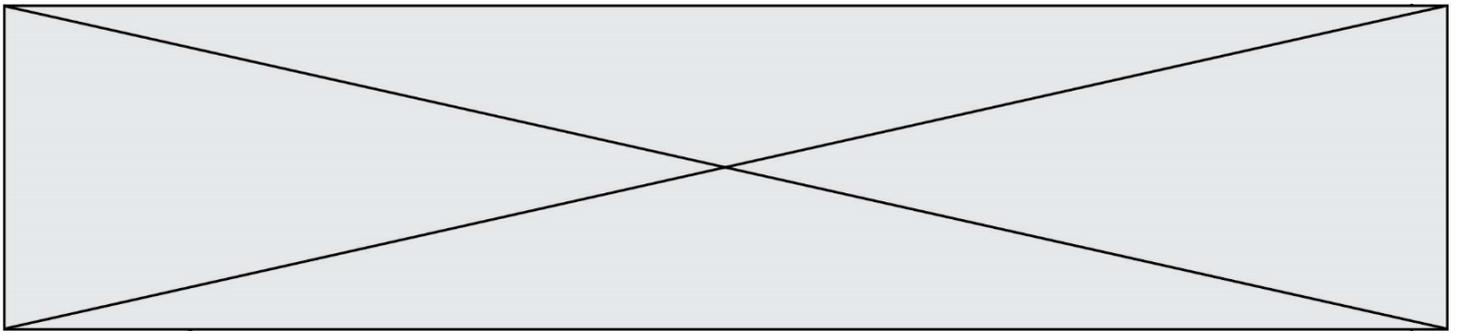
La photographie ci-dessous présente une feuille de Palétuvier sur laquelle on observe des cristaux.



Cristaux

Source : d'après <https://ocean.si.edu/ecosystems/coasts-shallow-water/crystals-salt>





Les encadrements des valeurs des masses volumiques de trois cristaux sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Cristal	Iodure de potassium KI	Hydroxyde de sodium NaOH	Chlorure de sodium NaCl
Couleur du cristal	jaune clair	blanche	blanche
Solubilité dans l'eau à 20°C (g.L <sup>-1</sup> )	1430	1090	358,5
$\rho \times 10^3$ (en kg.m <sup>-3</sup> )	$3,08 \leq \rho \leq 3,16$	$2,09 \leq \rho \leq 2,17$	$2,13 \leq \rho \leq 2,21$

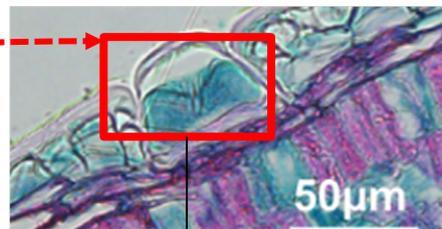
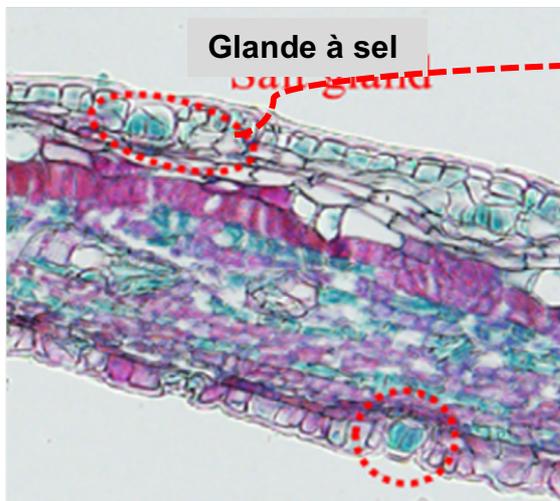
5- Identifier la nature possible des cristaux présents sur les feuilles de Palétuvier.



### Document 3 – Structure des feuilles de Palétuvier

De fortes concentrations de sels sont toxiques pour les cellules végétales. Les feuilles de Palétuvier possèdent à leur surface des glandes appelées « glandes à sel ». Le document ci-dessous en présente des observations, aux microscopes optique et électronique.

#### Observation en microscopie optique :

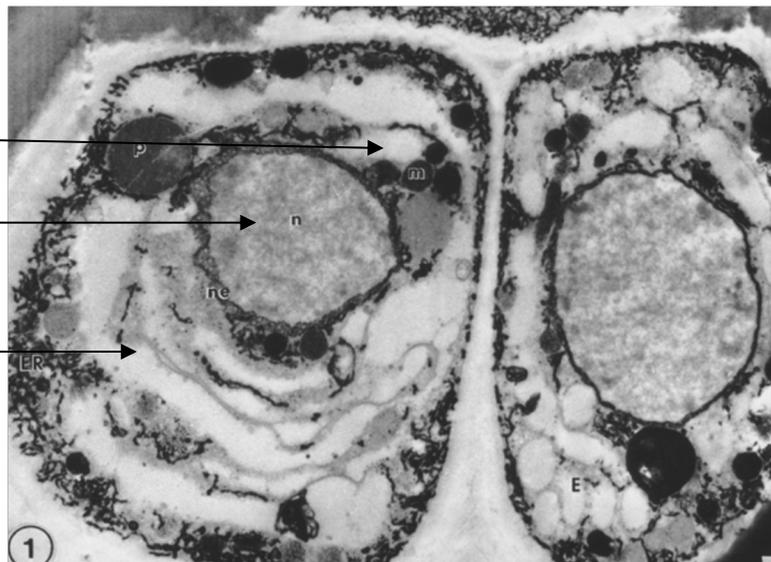


#### Observation en microscopie électronique :

Mitochondrie (organite)

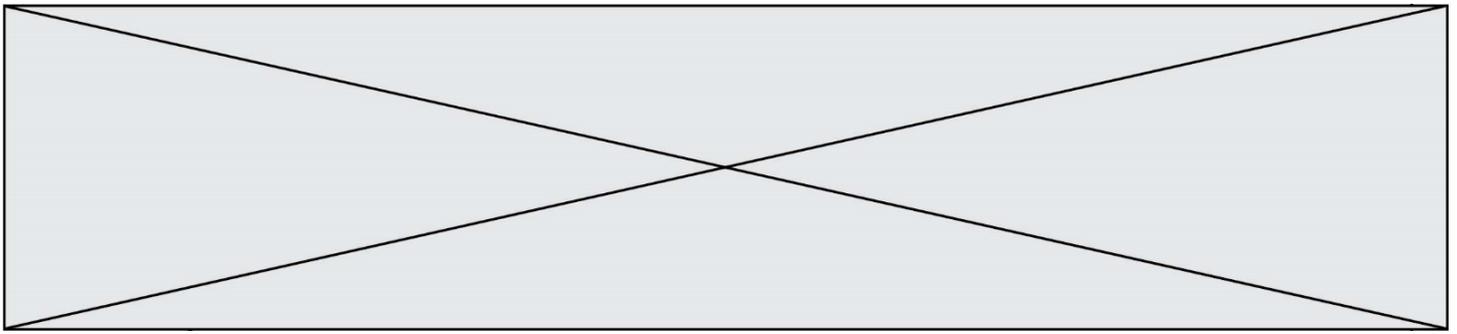
Noyau

Cytoplasme



Source : d'après Drennan PM, Berjak P, Lawton JR, Pammenter NW. Ultrastructure of the salt glands of the mangrove, *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh., as indicated by the use of selective membrane staining. *Planta*. 1987 Oct et Cui, Miaomiao & Wang, Zuankai & Wang, Bin. (2022). *Survival Strategies of Mangrove (Ceriops tagal (perr.) C. B. Rob) and the Inspired Corrosion Inhibitor. Frontiers in Materials*





## Exercice 3 – Niveau première

Thème « La Terre, un astre singulier »

### Pénurie d'eau sur la planète bleue

Sur 10 points

#### Partie 1 – L'eau liquide, rare dans le système solaire

L'eau est constituée d'hydrogène et d'oxygène, des éléments chimiques parmi les plus abondants dans l'Univers. Pourtant la molécule d'eau quant à elle est relativement rare dans l'Univers. À l'état liquide, indispensable à la vie, elle l'est encore plus : dans notre Système solaire on ne trouve de l'eau liquide que sur Terre.

#### Document 1 – Données sur les planètes telluriques du système solaire

La **température théorique** est la température calculée à la surface d'une planète si l'on ne considère que les effets de l'éclairement du Soleil et de l'albédo de sa surface : modèle de planète avec une atmosphère mais sans effet de serre

Planète ou satellite	Mercure	Vénus	Terre	Mars
Distance au Soleil ( $\times 10^6$ km)	58	108	150	228
Température théorique (°C)	161	22	- 18	- 56
Température moyenne mesurée (°C)	169	470	15	- 63
Pression atmosphérique à la surface de la planète (Pa)	Pas d'atmosphère 0 Pa	9,3.10 <sup>6</sup> Pa	10 <sup>5</sup> Pa	Atmosphère ténue 6 Pa

Source : d'après <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/planetes-telluriques.xml> et <https://cnes.fr>

- 1- Décrire la variation de la température théorique à la surface de la planète en fonction de sa distance au Soleil. Expliquer cette variation globale.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



1.1

2- Justifier que sans effet de serre, l'eau à la surface de la Terre ne serait pas liquide.

### Document 2 – Atmosphère ou pas ?

La capacité d'un astre à retenir une atmosphère dépend de plusieurs paramètres. Les molécules qui constituent l'atmosphère sont soumises à une incessante agitation. Celle-ci est à l'origine d'une vitesse moyenne d'origine thermique qui dépend de la température sur la planète et de la masse des molécules.

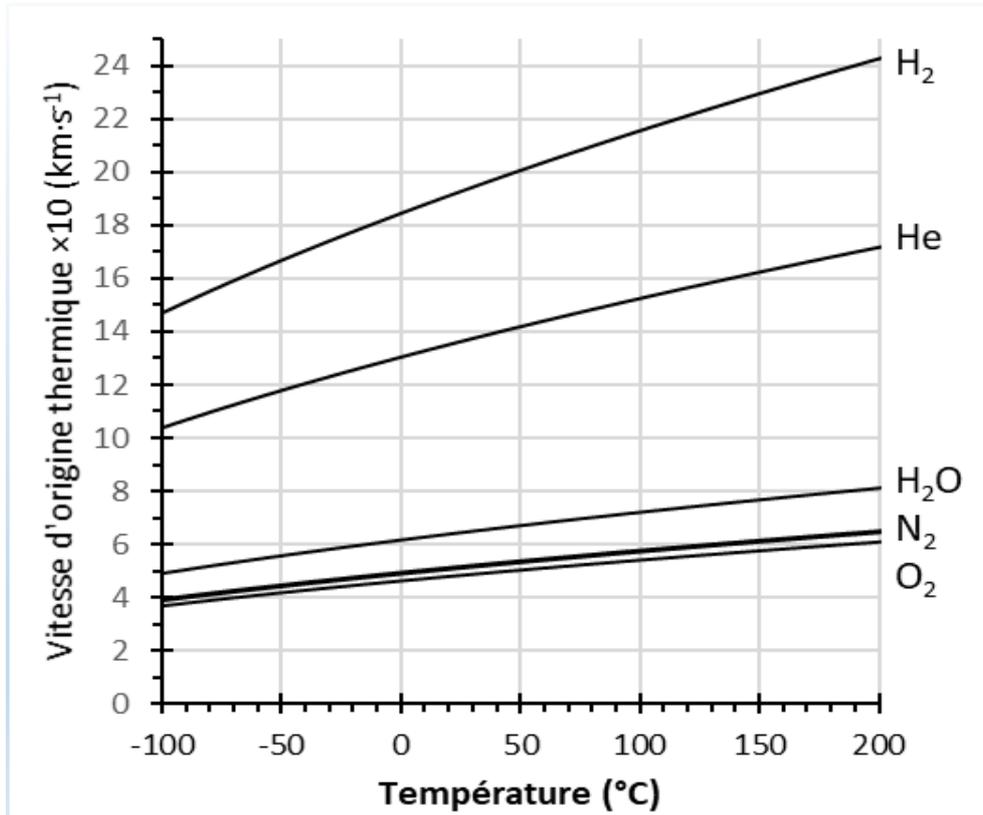
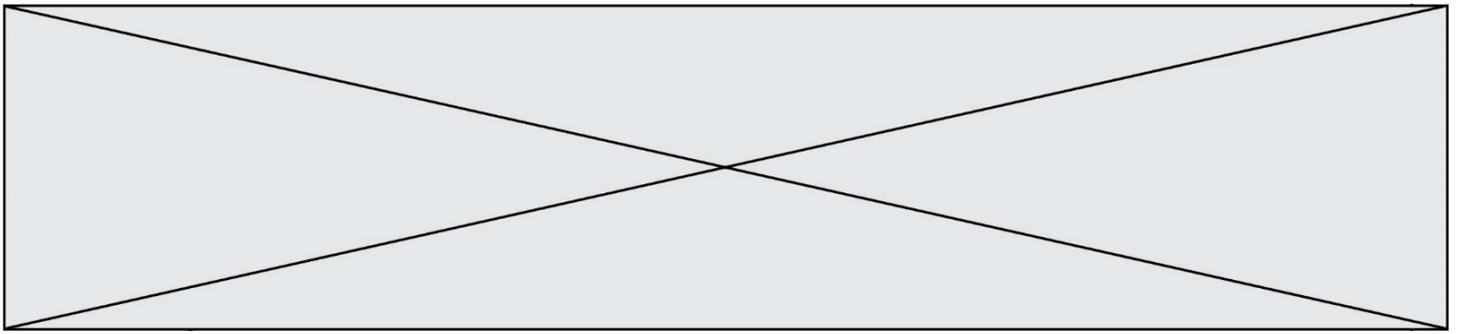
Les molécules de l'atmosphère sont également soumises à l'attraction gravitationnelle de l'astre, qui tend à les maintenir autour de lui.

On appelle « vitesse de libération », la vitesse minimale qu'il faut communiquer à un corps à la surface d'un astre sans atmosphère, pour qu'il échappe définitivement à l'attraction gravitationnelle de cet astre.

- Vitesse de libération sur Terre :  $11,2 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$
- Vitesse de libération sur Mars :  $5,0 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$

Sur un astre possédant une atmosphère, si la **vitesse d'origine thermique des molécules est inférieure au dixième de la vitesse de libération** sur l'astre, alors les molécules restent dans l'atmosphère, piégées pour de bon par l'attraction gravitationnelle.

**Le graphique ci-dessous** représente le décuple de la vitesse d'origine thermique en fonction de la température pour quelques entités chimiques.



\*l'axe des ordonnées représente les valeurs de vitesse d'origine thermique multipliées par 10.

Source : <http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/limites/eau/comprendre/systeme-solaire/atmosphere-atmosphere-1>

3- Choisir en justifiant parmi les réponses A, B ou C celle qui complète l'aide à l'exploitation du graphique du document 2 :

« Pour déterminer si un astre peut retenir une atmosphère, placer sur le graphique un point dont les coordonnées sont la température moyenne de surface de l'astre en abscisse et la vitesse de libération sur l'astre en ordonnée. Si le point tracé est [réponse A, B ou C] la courbe associée à une entité chimique, alors l'astre est capable de retenir une atmosphère contenant cette entité ».

- Réponse A : [au-dessus de]
- Réponse B : [en-dessous de]
- Réponse C : [sur]

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



1.1

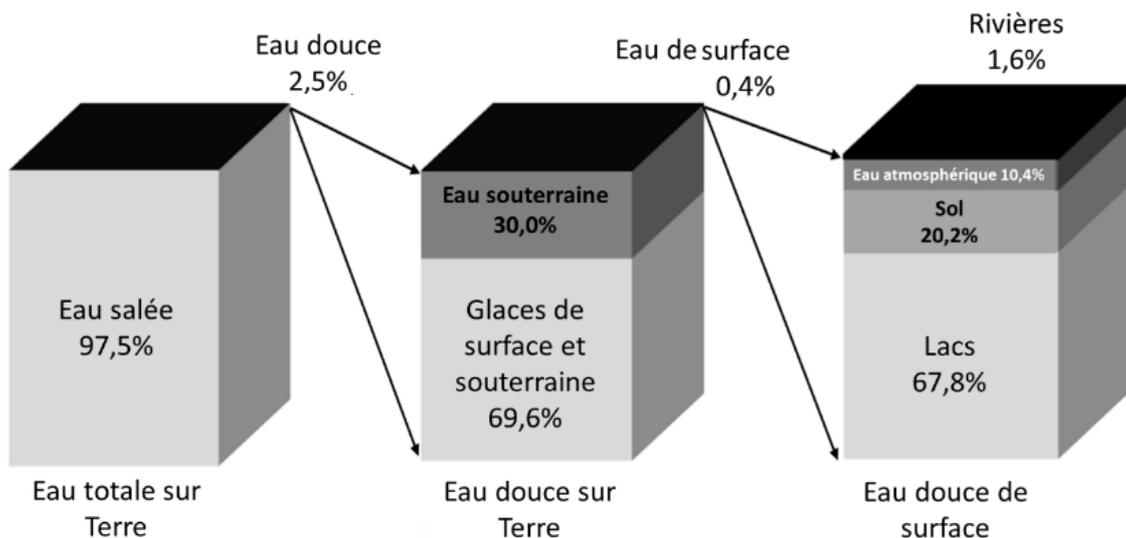
4- En déduire que ce modèle est cohérent avec l'absence d'eau dans l'atmosphère de Mars et cohérent avec la présence d'eau dans l'atmosphère de la Terre.

## Partie 2 – La pénurie d'eau sur Terre

« Nous allons devoir gérer de plus en plus d'épisodes de pénuries d'eau ». Ce sont les mots de Richard Connor, l'auteur du rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau, publié mercredi 22 mars 2023 par l'Unesco.

### Document 3 – Répartition en pourcentage de l'eau sur Terre (en volume)

L'eau recouvre 72 % de la surface du globe pour un volume total estimé à 1 386 millions de km<sup>3</sup>, qui vaut à la Terre son nom de « planète bleue ».

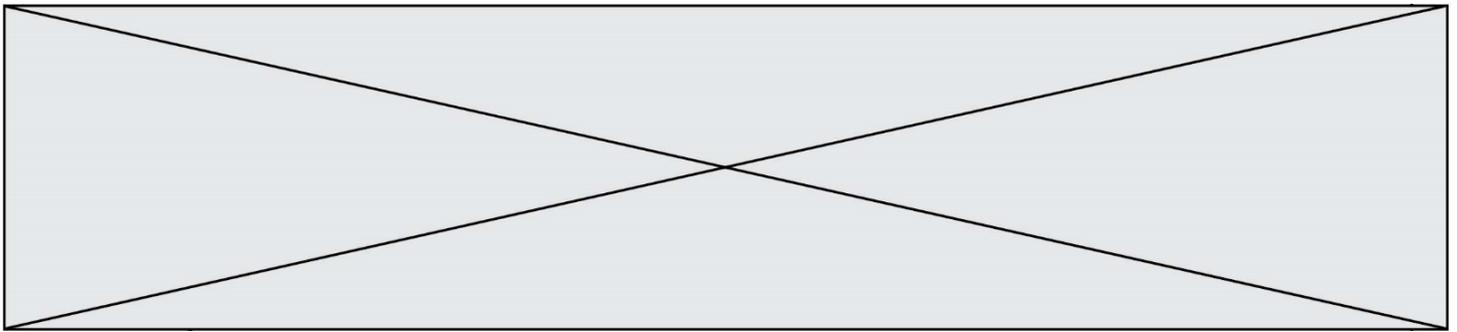


Source : d'après <https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.100481210>

L'Homme ne peut accéder, pour subvenir à ses besoins, qu'à l'eau douce de surface et aux eaux souterraines.

5- Calculer le pourcentage d'eau douce utilisable par les humains par rapport à l'eau totale sur Terre et discuter de l'apparente grande quantité d'eau disponible sur la planète Terre.

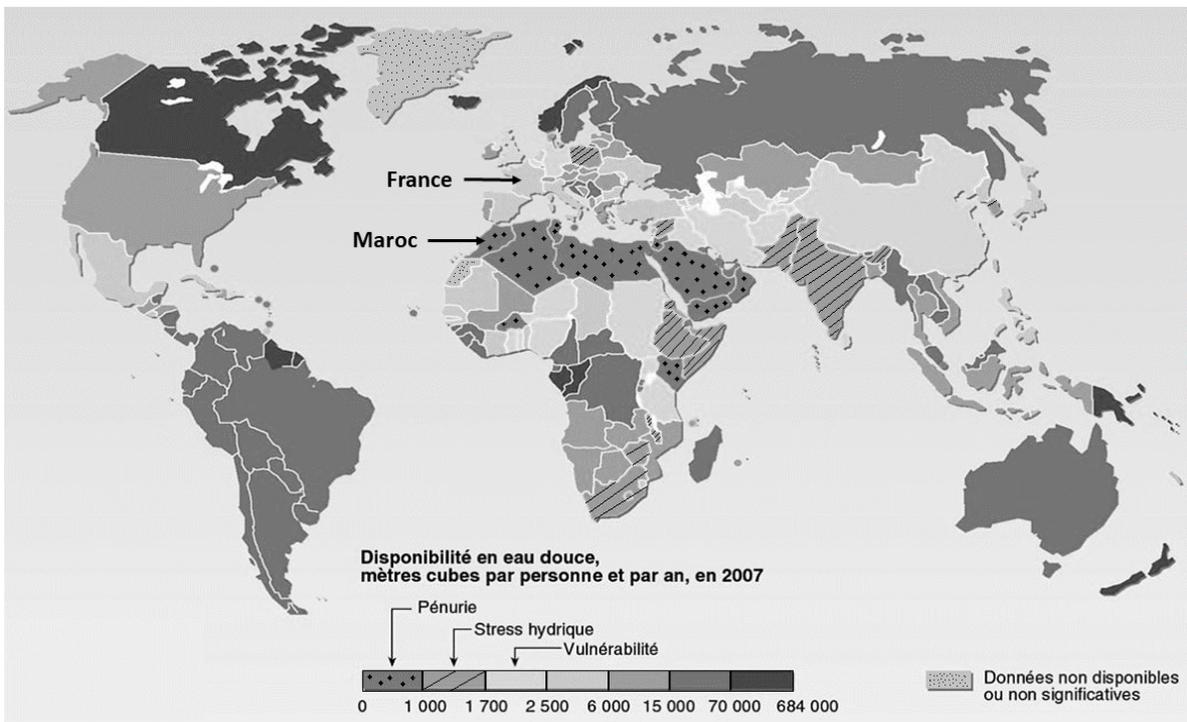
Pour quantifier la ressource en eau douce disponible pour l'humanité, on estime un flux d'eau. Celui-ci provient en grande partie des précipitations issues du cycle de l'eau.



#### Document 4 – Différents niveaux de disponibilité de l'eau douce dans le monde

Le flux d'eau douce est d'environ 40 000 millions de km<sup>3</sup>/an dans le monde. Ce qui équivaut, s'il était également réparti, à 5 700 m<sup>3</sup> par personne et par an. Malgré cette ressource apparemment suffisante, de nombreux pays connaissent une crise de l'eau. Les pays du Maghreb, dont le Maroc, en font partie.

La carte ci-dessous montre la disponibilité en eau douce dans le monde en m<sup>3</sup> par personne et par an :



Source : d'après <https://www.cieau.com/connaitre-leau/les-ressources-en-france-et-dans-le-monde/ou-en-sont-les-ressources-en-eau-dans-le-monde/>

- 6- Montrer l'existence d'une inégale répartition des ressources en eau. Vous appuiez votre raisonnement sur des rapports entre les valeurs de disponibilité en France, Maroc et Canada.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



1.1

### Document 5 – Comparaison de données entre la France et le Maroc

Les précipitations se mesurent en hauteur d'eau tombée au sol rapportée à une unité de surface : 1 millimètre de pluie représente 1 litre d'eau par mètre carré.

Précipitations annuelles moyennes en France (en mm)	800
Précipitations annuelles moyennes au Maroc (en mm)	377

Source : d'après <http://meteofrance.com/> et <https://www.marocmeteo.ma/>

L'agriculture est le premier usager de la ressource en eau douce, en particulier pour l'irrigation.

Le tableau ci-dessous présente les superficies agricoles totales et irriguées en 2010 en France et au Maroc (en milliers d'hectares) :

	Surface agricole totale	Superficie irriguée
France	26325	1575
Maroc	9900	1500

Source : d'après Mutin, 2011 ; FAO, 2010 et SSP-Agreste-recensement agricole 2010

- 7- Déterminer deux causes possibles de l'inégale répartition des ressources en eau entre la France et le Maroc. Justifier la réponse par des valeurs chiffrées.