



Exercice 1 – Niveau terminale

Thème « Science, climat et société »

Forçage radiatif et conséquences sur l'environnement

Sur 10 points

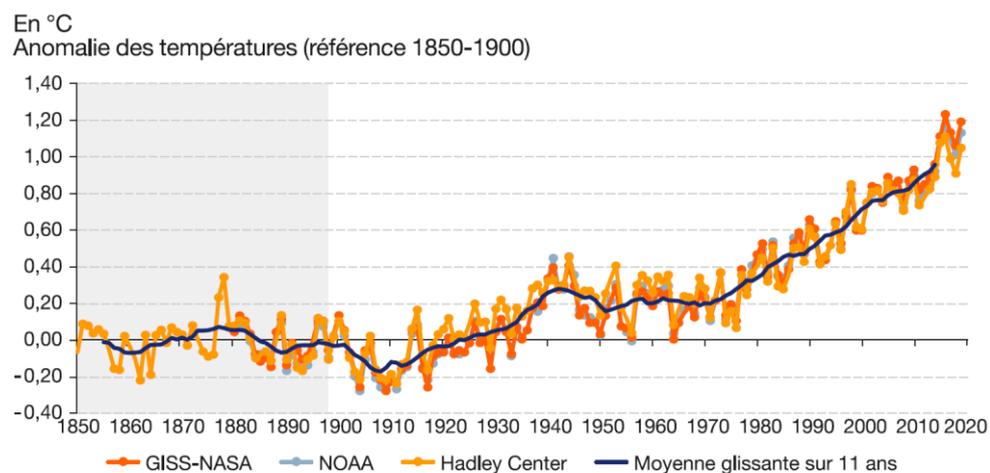
L'ADEME, Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de la transition écologique. Elle a publié en octobre 2020 une prévision des impacts climatiques à venir d'ici 2050 en France. Ces derniers concernent principalement l'augmentation des températures et les risques d'inondation qui en découlent.

L'objectif de cet exercice est de chercher à comprendre les risques liés à l'augmentation du forçage radiatif terrestre.

Document 1 – Évolution de la température moyenne annuelle mondiale

L'anomalie de la température de la Terre est l'écart, positif ou négatif, entre la température annuelle moyenne mesurée en degrés Celsius et la température moyenne annuelle normale (observée dans les années 1850) .

Les données proviennent de trois sources : NASA ; NOAA ; Hadley Center.



Note : en grisé la période préindustrielle 1850-1900.

Source : D'après le Ministère de la transition écologique

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



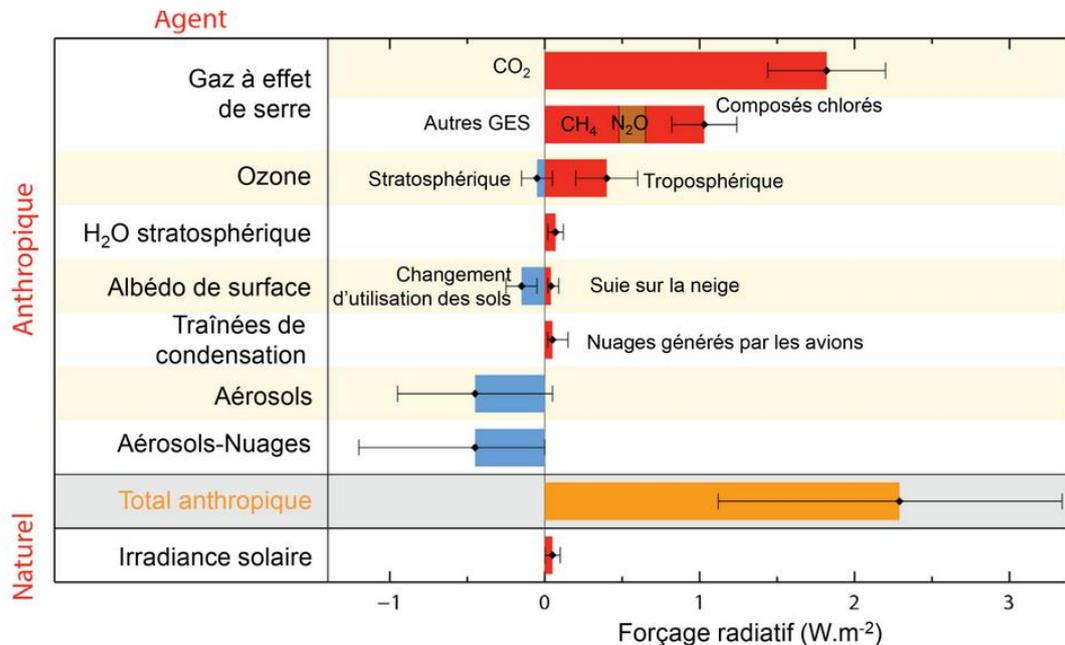
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

Document 2 – Composantes du forçage radiatif terrestre



Anthropique : « d'origine humaine ».

Source : d'après <https://www.climat-en-questions.fr>

- 1- Rappeler la définition du « forçage radiatif ».
- 2- Expliquer pourquoi la température moyenne de la Terre augmente avec l'augmentation du forçage radiatif.
- 3- À partir des documents 1 et 2, expliquer l'évolution de la température moyenne terrestre depuis les dernières décennies.

Comme indiqué dans le document 2, l'un des paramètres influençant le forçage radiatif est l'albédo terrestre moyen. On rappelle que l'albédo quantifie la fraction de la puissance émise par le Soleil et atteignant la Terre qui est diffusée par la Terre vers l'espace.



Document 3 – Valeurs d'albédo de différentes surfaces

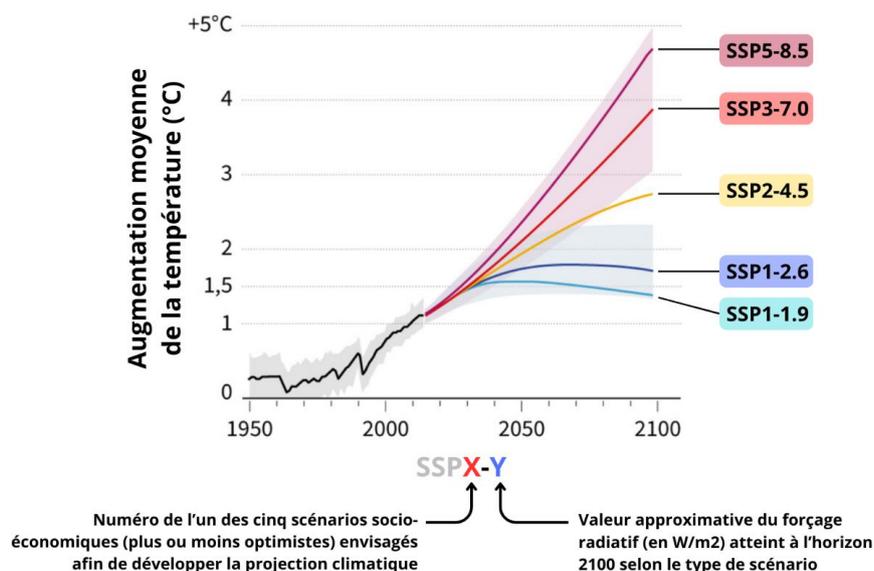
Type de Surface	Albédo (0 à 1)
Surface d'un lac	0,02 à 0,04
Surface de la mer	0,05 à 0,15
Sol sombre	0,05 à 0,15
Glace	0,60 environ
Neige tassée	0,40 à 0,70

Si l'albédo vaut 0, tout le rayonnement reçu est absorbé et s'il vaut 1, tout le rayonnement reçu est réfléchi.

Source : D'après Wikipédia

- 4- À l'aide du document 3, justifier que la fusion des glaces continentales (*glaciers*) et des mers (*banquises*) se traduit par une augmentation du forçage radiatif.
- 5- Représenter sur un schéma l'effet de rétroaction positive de l'albédo sur l'augmentation de la température terrestre.

Document 4 – Évolution de la température moyenne terrestre en fonction des scénarios SSP



Source : D'après le rapport du GIEC



Exercice 2 – Niveau terminale

Thème « Le futur des énergies »

La centrale Sable Blanc

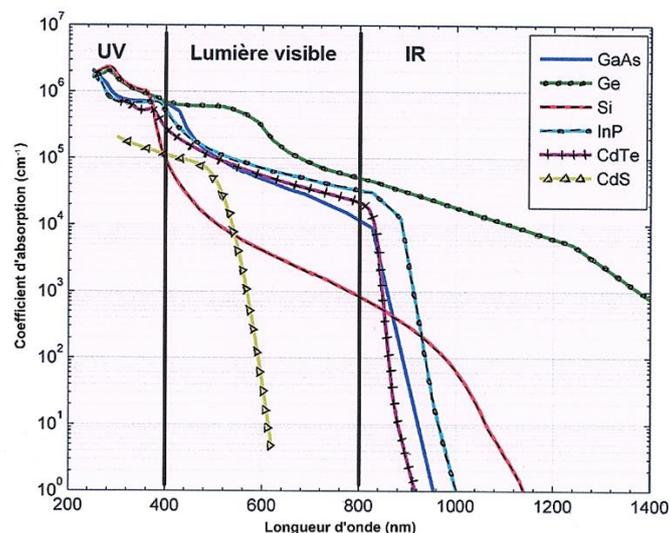
Sur 10 points

Depuis 2022, en Guyane, la centrale Sable Blanc combine une centrale solaire et le complexe de stockage de Toco, c'est-à-dire le plus grand complexe de stockage par batteries lithium-ion en France. Cette centrale mixte permet de produire le jour grâce à un excellent ensoleillement et d'injecter cette production sur le réseau électrique guyanais de 19 heures à 21 heures, après le coucher du soleil.



Dans cet exercice, on cherche à augmenter l'efficacité des panneaux photovoltaïques et à trouver une alternative à l'utilisation de batteries.

Document 1 – Coefficient d'absorption des matériaux semi-conducteurs en fonction de la longueur d'onde de la lumière



GaAs : arséniure de gallium ; Si : silicium ; InP : phosphure d'indium ; CdTe : tellure de cadmium ; CdS : sulfure de Cadmium.

Source : d'après <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01529748/document>

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 : / /



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

- 1- À partir du document 1, indiquer pourquoi il est possible d'utiliser le matériau semi-conducteur tellurure de cadmium (CdTe) en remplacement du silicium (Si) que l'on trouve communément dans les modules photovoltaïques.

La centrale solaire est constituée d'une surface de 22 200 m² de modules photovoltaïques au tellurure de cadmium (Cd/Te) qui reçoivent annuellement une énergie solaire de 1,875 MWh/m² pour une production électrique de 5 400 MWh. On rappelle que 1 kWh est l'énergie associée à une puissance de 1 kW transférée ou stockée pendant une heure.

- 2- Calculer le rendement énergétique de la centrale solaire. Toute démarche entreprise pour répondre à la question sera valorisée.

Document 2 – La découverte du volant de stockage solaire VOSS

Savez-vous que l'énergie la moins chère est l'énergie solaire ? Grâce à la baisse spectaculaire du prix des panneaux photovoltaïques, [...] l'énergie solaire est deux fois moins chère que les énergies classiques et polluantes. (...) elle est aussi extrêmement abondante. [...]

Si l'énergie solaire est si peu chère et si abondante, pourquoi n'est-elle pas notre énergie principale ? Parce qu'il y a un problème : l'intermittence [...] le jour, il y a du soleil et la nuit, il n'y en a pas ! [...]

Il est absolument nécessaire de stocker le surplus d'énergie solaire en milieu de journée pour pouvoir l'utiliser le soir et la nuit. [...]. Les batteries, comme celles de votre téléphone, fonctionnent selon une réaction chimique. A chaque cycle de charge et de décharge, elle s'use, elle perd de sa capacité et il faut la changer au bout de quelques années. Le coût du stockage est donc très élevé [...] si bien que l'énergie solaire, une fois stockée dans les batteries, n'est plus du tout intéressante [...] elle a besoin de subventions pour se développer.

Il y a quelques années, une entreprise innovante a proposé de remplacer les batteries par des volants [...] un cylindre ou un disque qui tourne à très grande vitesse pour stocker de l'énergie sous forme d'énergie cinétique [...] Le très gros avantage des volants par rapport aux batteries, c'est qu'ils ont une durée de vie beaucoup plus grande [...]. Avec mon équipe, nous avons fait des volants en acier, puis en fonte, [...] mais ces matériaux classiques sont trop chers [...]. J'ai alors testé le béton [...] : il permet de stocker pour dix fois moins chers que les autres matériaux. **Ce volant de stockage solaire, nous l'avons appelé VOSS.**

L'association du volant en béton avec les panneaux photovoltaïques conduit à une énergie renouvelable nuit et jour à un coût inférieure aux énergies polluantes.



Notre grand projet est de créer des grandes centrales photovoltaïques dans des endroits très ensoleillés, comme les déserts, et d'alimenter le réseau mondial avec une énergie propre et bon marché. [...]

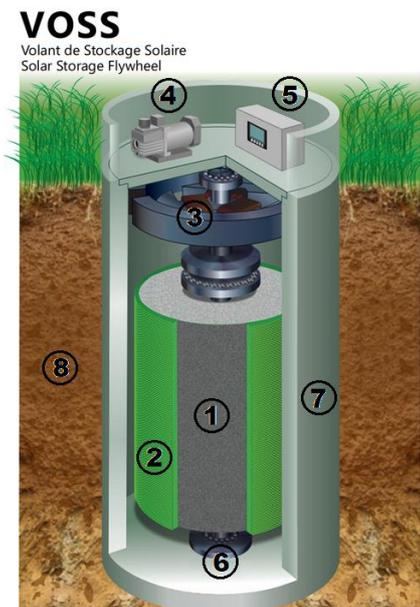
Source : d'après TEDxParisSalon, 2015, extraits de la présentation d'A. Gennesseaux, fondateur de Energiestro

- 3- À partir du document 2, citer un avantage et un inconvénient de l'énergie solaire.
- 4- Les batteries couplées à la centrale solaire ont une capacité de stockage de 2,9 MWh et une puissance de 2,6 MW. Calculer la durée d'autonomie électrique de ces batteries.

Document 3 – Quelques données sur le volant de stockage solaire VOSS

Un VOSS est constitué d'une masse en béton (mélange de sable et de ciment) précontraint (1) entraînée par un moteur électrique (4). L'apport d'énergie électrique permet de faire tourner la masse à des vitesses très élevées (environ 6000 tours/min) et une fois lancée, elle continue à tourner, même si plus aucun courant ne l'alimente. L'énergie électrique est alors stockée dans le volant sous forme d'énergie cinétique, elle pourra ensuite être restituée instantanément en utilisant l'alternateur (3), entraînant la baisse de la vitesse de rotation de la masse.

Le VOSS est expérimenté au sein du complexe de Toco : « Pour une masse de 4-5 tonnes incluant l'équipement autour, le volant aura une capacité de stockage énergétique de 10 kWh, et l'ensemble moteur/alternateur une puissance nominale de 10 kW. Ainsi, le système disposera d'une autonomie d'une heure en utilisation maximum ».



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

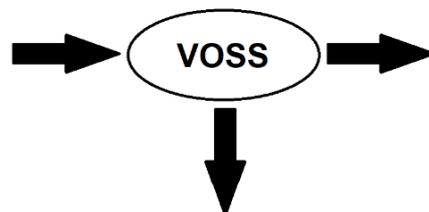
Comparatif des dimensions et des masses des deux dispositifs de stockage concurrents pour une capacité de stockage identique :

	Puissance	Hauteur	Largeur	Masse totale
Volant solaire VOSS	10 kW	1 m	1,5 m	3 000 kg
Batterie lithium-ion	10 kW	0,9 m	0,60 m	180 kg

Exemple : pour pouvoir stocker dans un ou plusieurs volants solaires la moitié de la production (60 MW) qui couvre les besoins d'une ville de 55 000 habitants, la masse totale du dispositif de stockage devrait atteindre 17 250 tonnes, soit l'équivalent de 345 avions de ligne.

Source : d'après <https://www.choisir.com/energie/articles/117094/quest-ce-que-le-volant-de-stockage-solaire-voss>

- 5- Recopier et compléter sur votre copie le schéma de la chaîne de transformation énergétique d'un VOSS lorsqu'il est en phase de restitution de l'énergie stockée.



- 6- Donner le nom du phénomène physique exploité par les alternateurs électriques et le décrire brièvement.
- 7- La commercialisation du VOSS, qui devait officiellement débiter en 2018, puis en 2020, demeure encore aujourd'hui au stade de prototype. En vous appuyant sur le document 3 et sur vos connaissances en lien avec l'empreinte carbone du béton, proposer des arguments pour expliquer ce retard alors que cette innovation semble prometteuse.