

Chapitre LTAS3. La Terre dans l'Univers (partie SVT)

Sommaire

<i>Séquence 1. Les exoplanètes. Documents 1 à 10.</i>	<i>2</i>
<i>Séquence 2. L'eau sur Terre. Documents 11 à 20.</i>	<i>6</i>
<i>Application. L'eau souterraine : exemple de la nappe d'eau sous la Beauce. Documents 21 à 22</i>	<i>12</i>

Séquence 1. Les exoplanètes. Documents 1 à 10.

Document 1. Comment découvrir des exoplanètes.

D'après Enseignement scientifique première Nathan 2023

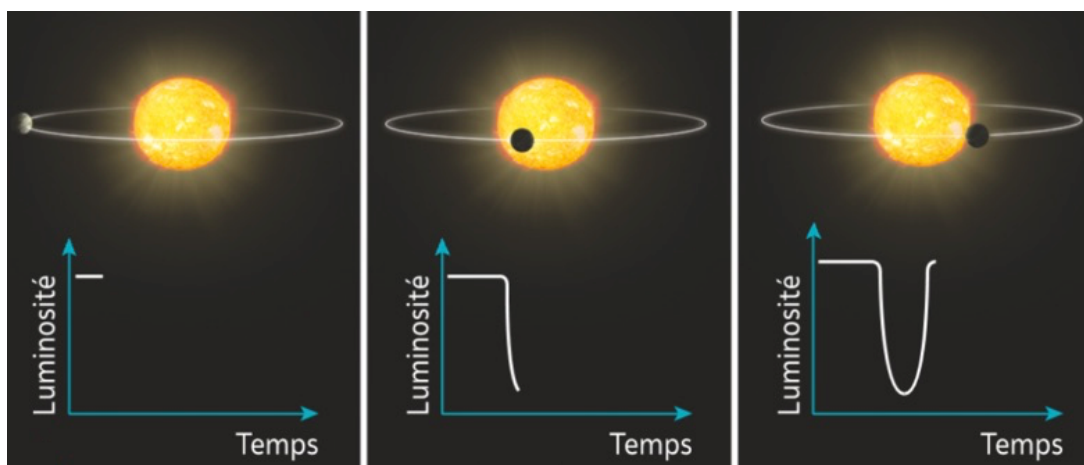
Les chercheurs sont capables de prendre des images extraordinaires des planètes du Système solaire au moyen de télescopes puissants et de sondes spatiales. Cependant, les exoplanètes sont beaucoup plus difficiles à observer directement : elles sont en orbite autour d'étoiles lointaines et, de plus, elles se trouvent souvent proches de leur étoile très brillante. Les astronomes doivent alors les détecter indirectement en observant l'effet qu'elles ont sur leur étoile.

Pour un observateur, quand une planète passe devant son étoile [on dit qu'elle est en transit], la luminosité de l'étoile semble diminuer temporairement.

D'après l'Agence spatiale canadienne, www.asc-csa.gc.ca

Document 2. Méthode de détection d'une exoplanète.

D'après Enseignement scientifique première Nathan 2023



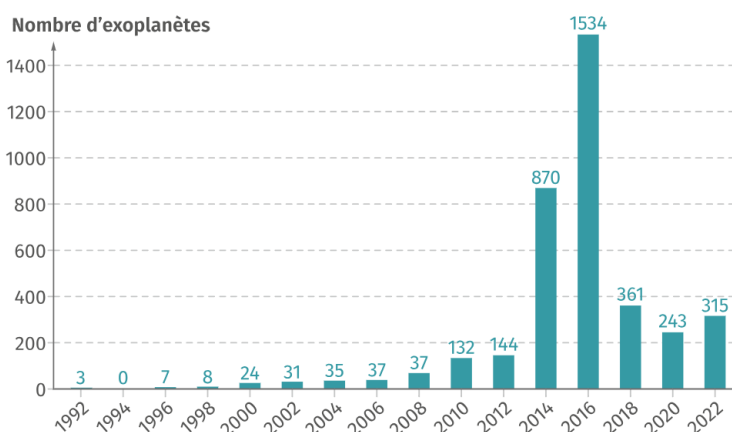
Document 3. Les exoplanètes.

D'après Enseignement scientifique première Le Livre Scolaire 2023

La première exoplanète, nommée HD 114762 b, a été découverte en 1989 (bien que des doutes subsistent encore sur sa nature), suivie en 1992 par trois exoplanètes autour du pulsar PSR B1257+12.

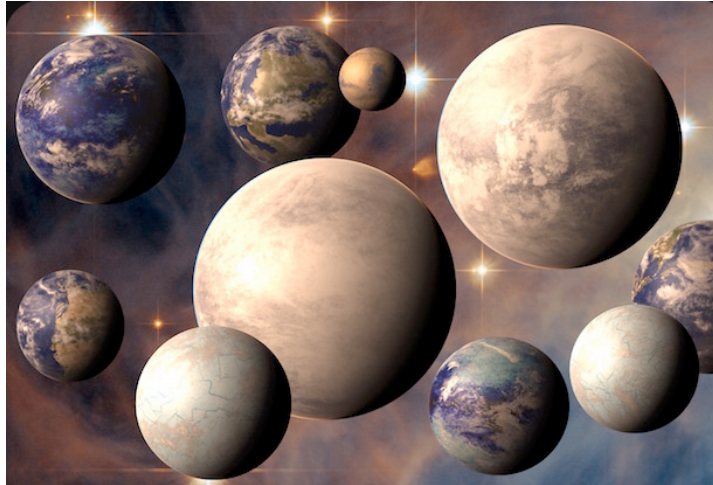
Le 26 mai 2023, on recensait près de 5 382 exoplanètes. Certaines présenteraient les caractéristiques nécessaires pour qu'on puisse les considérer comme habitables.

La découverte des exoplanètes au fil du temps.



Une représentation artistique d'exoplanètes potentiellement habitables.

D'après <https://exoplanetes.umontreal.ca>, consulté le 4/01/25



PHL@UPR Arecibo, ESA/Hubble, NASA

Document 4. Les critères d'habitabilité.

D'après Enseignement scientifique première Le Livre Scolaire 2023

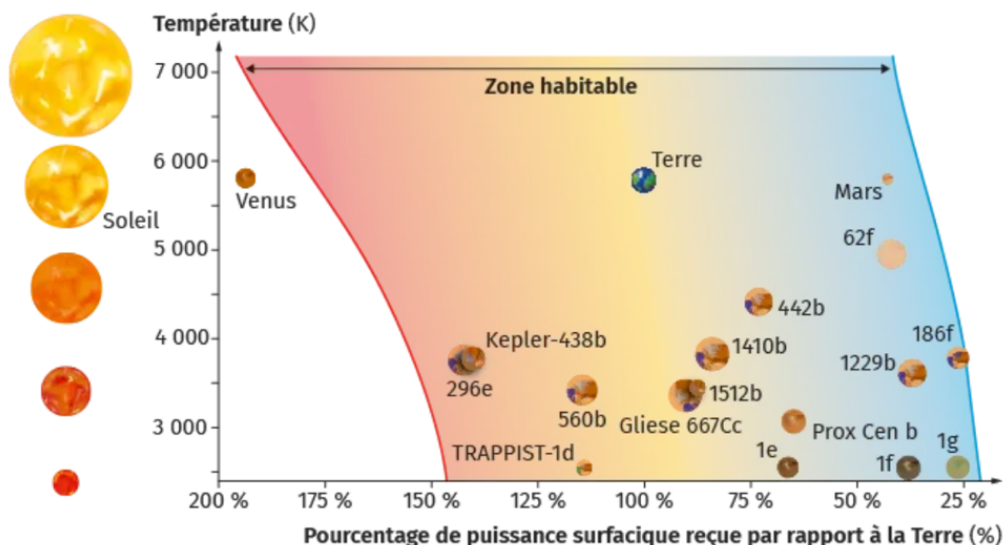
Les conditions jugées suffisantes pour qu'une exoplanète puisse être considérée comme habitable sont difficiles à définir, tout simplement parce que la Terre est le seul exemple que les astronomes connaissent. Ils s'accordent toutefois sur le fait que l'une des conditions essentielles est la présence d'eau liquide H_2O à la surface. Pourquoi ? Parce que les principaux processus biochimiques ne peuvent se produire qu'en présence de ce solvant.

Mais ce n'est pas tout : la vie sur Terre n'est apparue que parce que la pesanteur y est suffisamment forte pour empêcher les gaz de l'atmosphère de s'échapper de l'attraction gravitationnelle de la planète. Sans ces gaz, pas d'effet de serre possible, et par conséquent, pas de température régulée à la surface de la planète. D'autre part, pour soutenir la vie, une exoplanète a nécessairement besoin qu'une certaine quantité d'énergie lui parvienne par le rayonnement de son étoile. Attention toutefois aux excès liés à une trop grande proximité : cela impliquerait une puissance surfacique trop élevée !

Document 5. La zone d'habitabilité.

D'après Enseignement scientifique première Le Livre Scolaire 2023, modifié 2024

Une zone habitable est une région de l'espace dans laquelle les conditions seraient favorables à l'apparition de la vie. De manière simplifiée, on peut retenir qu'il s'agit d'une zone autour d'une étoile, définie de façon à ce que la puissance surfacique reçue par les astres en provenance de leur étoile ne soit ni trop faible, ni trop forte (comparativement à la Terre).



Dans la zone d'habitabilité, l'eau peut exister à l'état liquide à la surface de la planète.

Questions.

- **Définir** le terme d' « exoplanète » et **expliquer** comment on découvre une exoplanète. **Déterminer** combien d'exoplanètes ont été découvertes à ce jour (estimation hors document, en complément du document 3).
- En exploitant la Terre, **expliquer** ce qu'est la zone d'habitabilité et **indiquer** les critères d'habitabilité (vous pouvez en trouver d'autres que ceux exposés dans le document).

Document 6. L'indice de similarité avec la Terre.

D'après Enseignement scientifique première Le Livre Scolaire 2023

L'indice de similarité avec la Terre (IST) est une grandeur qui permet de classer les planètes selon leur ressemblance avec la Terre (dont l'IST vaut 1). Il est intéressant si l'on admet que plus le degré de ressemblance d'une planète avec la Terre est élevé, plus celle-ci a des chances de permettre l'apparition de la vie.

Document 7. L'IST pour quelques candidats.

D'après Enseignement scientifique première Le Livre Scolaire 2023

	Indice de similarité avec la Terre
Mars	0,70
TRAPPIST-1 d (exoplanète)	0,90
Kepler-438 b (exoplanète)	0,88

Selon les chercheurs qui ont proposé cet indice, une valeur comprise entre 0,8 et 1 est nécessaire pour que la planète présente potentiellement une atmosphère stable et suffisante pour avoir un effet de serre.

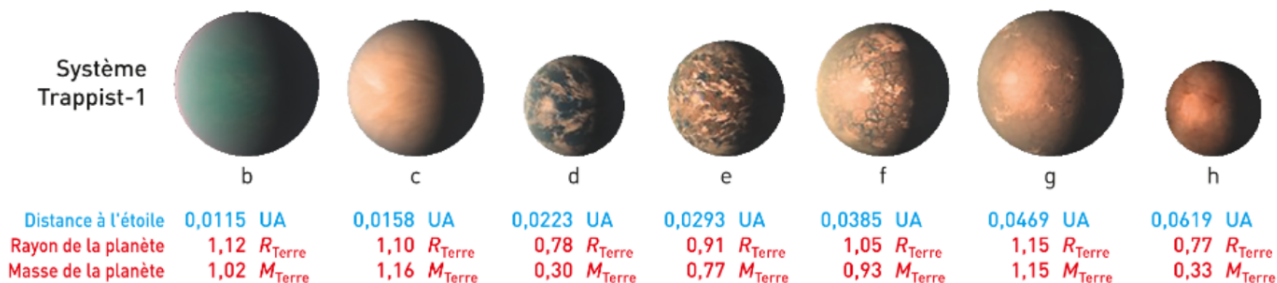
Document 8. Le système Trappist-1.

D'après Enseignement scientifique première Bordas 2023

Trappist-1a est une naine rouge. C'est une étoile ultra froide de catégorie M située à 40,5 années-lumière de la Terre. En 2015, le télescope belge Trappist a détecté 7 planètes rocheuses en orbite autour de cette étoile, nommées respectivement « b », « c », « d », « e », « f », « g » et « h ». Cette découverte a suscité beaucoup d'intérêt car ces exoplanètes ont des dimensions et des caractéristiques similaires à celles de la Terre.

Document 9. Caractéristiques des planètes du système Trappist-1.

D'après Enseignement scientifique première Bordas 2023



1 UA = 150 millions de km. $M_{\text{Trappist-1a}} = 0,08 \times M_{\text{Soleil}}$

UA = unité astronomique. 1 UA = distance Terre-Soleil

Représentation artistique de la planète Trappist-1f.

D'après <https://exoplanetes.umontreal.ca>, consulté le 4/01/25



NASA/JPL-Caltech

Document 10. Les caractéristiques de l'atmosphère d'une planète.

D'après Enseignement scientifique première Bordas 2023

La présence et la composition d'une atmosphère ont une influence sur la température de surface de la planète et donc sur la présence d'eau liquide et de vie sur cette planète. L'atmosphère permet de réguler les températures à la surface d'une planète.

Dans le cas des planètes orbitant autour des naines rouges comme Trappist-1, du fait de leur proximité avec leur étoile, les mouvements de rotation et de révolution de ces planètes sont souvent synchronisés. Elles présentent alors toujours la même face à leur étoile qui est de ce fait très chaude, la face cachée étant elle très froide. Dans ce cas, la présence d'une atmosphère permettrait de faire circuler la chaleur et d'avoir des températures moins extrêmes de part et d'autre de la planète.

Le télescope spatial James Webb, lancé en 2021, a mesuré en mars 2023 le rayonnement thermique de la face visible de la planète Trappist-1b et les résultats ne sont pas en faveur de la présence d'atmosphère. Ce résultat n'est pas étonnant car la forte activité des naines rouges (jets de rayonnements et particules très énergétiques) peut empêcher la présence d'atmosphère sur les planètes proches.

Questions.

- **Expliquer** ce qu'est l'IST.
- **Présenter** le système Trappist-1.
- **Indiquer** si une atmosphère est présente sur Trappist 1b et 1d et quel serait son rôle.

Séquence 2. L'eau sur Terre. Documents 11 à 20.

Document 11. L'origine de l'eau sur Terre.

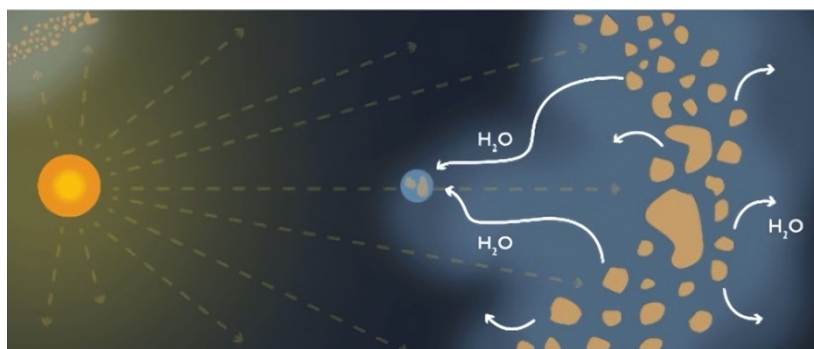
D'après Enseignement scientifique première Le Livre Scolaire 2023 modifié décembre 2024
<https://www.techno-science.net> consulté le 4/01/2025

De nombreuses théories se sont affrontées pour tenter d'expliquer la présence d'eau sur Terre. Pendant longtemps, il était acquis que l'eau avait été apportée lors d'un bombardement intense de la planète par des comètes ou des astéroïdes, bien après la formation de la Terre (durant les 100 premiers millions d'années environ).



Des études plus récentes, fondées sur la recherche d'isotopes de l'hydrogène dans des météorites, tendent à montrer que de la vapeur d'eau s'est probablement également formée à partir des noyaux d'hydrogène initialement présents lors de la formation de la Terre.

Une autre hypothèse publiée en décembre 2024 met en évidence un nouveau modèle de distribution de l'eau sur les planètes internes du Système solaire, dont la Terre. Cinq millions d'années après la naissance du Soleil, les astéroïdes de la ceinture principale auraient libéré, sous l'effet de l'énergie solaire, de la vapeur d'eau.



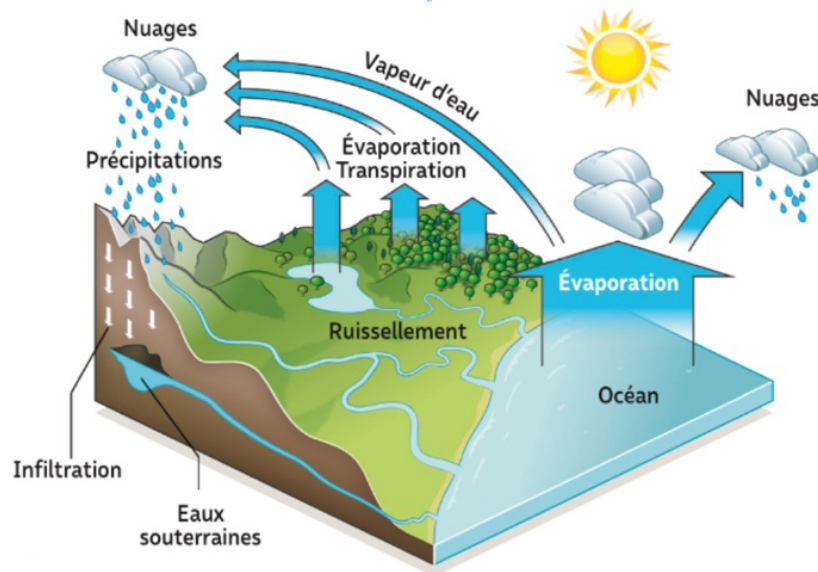
Ce « bain de vapeur » se diffusant peu à peu dans le Système solaire interne, aurait fini par envelopper les planètes qui en auraient capturé une partie au profit de la formation des océans, entre 10 et 100 millions d'années plus tard.

Question.

- **Indiquer** quelles sont les origines possibles de l'eau sur Terre.

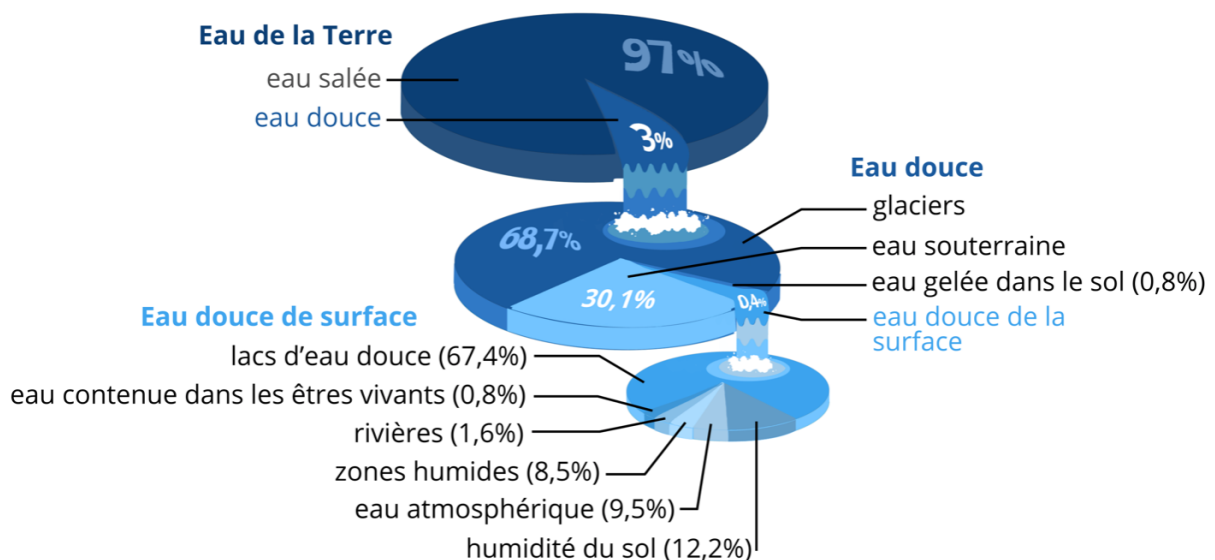
Document 12. Le cycle de l'eau.

D'après Enseignement scientifique première Nathan 2023



Document 13. L'eau douce sur Terre.

D'après Office International de l'Eau. Consulté en janvier 2025



Document 14. Différentes catégories d'eau.

D'après Enseignement scientifique première Bordas 2023, modifié janvier 2025

On distingue différentes catégories d'eau selon la teneur en minéraux :

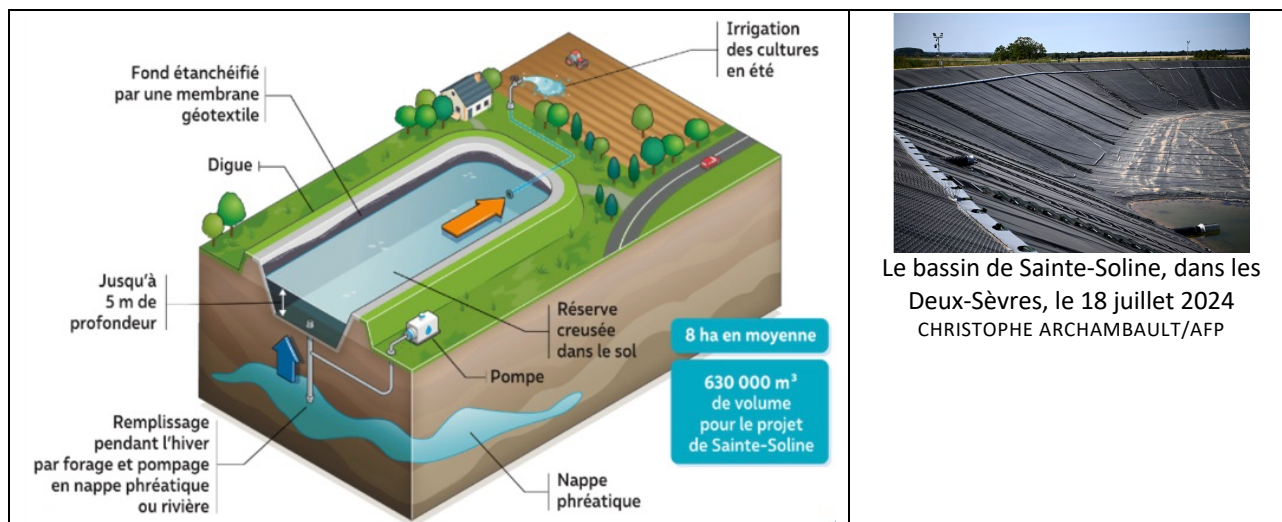
- Une eau est dite douce si sa teneur en minéraux est inférieure à 1 g.L^{-1} (lacs, rivières, glaciers etc.).
- Une eau est dite saumâtre si sa teneur en minéraux est comprise entre 1 et 10 g.L^{-1} (jonction entre rivières et océan/ mer etc.).
- Une eau est dite salée si sa teneur en minéraux est supérieure à 10 g.L^{-1} . On en trouve dans les océans, les mers etc.

Une eau est potable si l'être humain peut la boire sans risque pour sa santé. C'est le produit de consommation le plus encadré : il existe 63 critères de potabilité de l'eau qui sont de nature physico-chimique (pH, température, teneur en minéraux, présence de pesticides, de nitrates, etc.), organoleptiques (couleur, goût, odeur, etc.) et microbiologiques (absence de virus, bactéries, etc.). La très grande majorité des eaux potables sont issues d'eaux douces traitées.

En France, 62 % de l'eau du robinet provient des eaux souterraines (nappes superficielles et profondes), les 38 % restants proviennent des eaux superficielles (torrents, rivières, lacs).

Document 15. Les réserves de substitution.

D'après Enseignement scientifique première Nathan 2023



« Mégabassine » est le terme utilisé par les opposants au projet.

[La fonction d'une mégabassine] est simple : puiser l'eau dans les nappes phréatiques peu profondes, en hiver, lorsque les précipitations sont plus fréquentes, pour la stocker à l'air libre et l'utiliser l'été afin d'irriguer les cultures. Pour les agriculteurs, il s'agit d'une solution pour assurer les rendements, surtout en cas de sécheresse et de restrictions d'eau.

Le bassin de Sainte-Soline peut contenir jusqu'à 628 000 m³ d'eau, l'équivalent d'environ 250 piscines olympiques. La Coop de l'eau des Deux-Sèvres, qui réunit les agriculteurs porteurs du projet, estime qu'il permettra de faire « baisser de 70 % les prélèvements (...) en été ». En effet, c'est à cette saison que les agriculteurs, en manque d'eau, pompent dans les nappes phréatiques, amplifiant l'assèchement des sols.

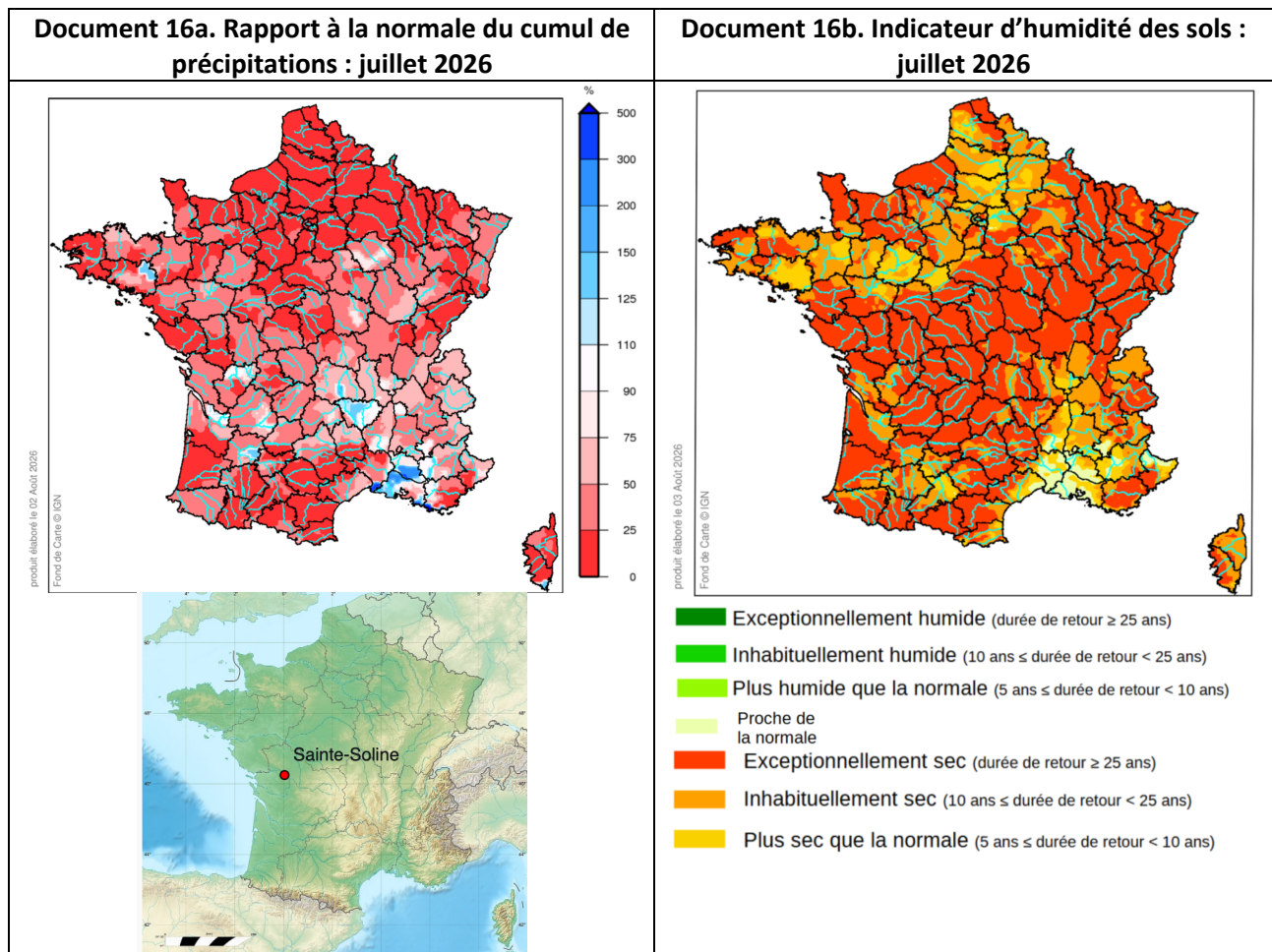
D'après *Le Monde*, 8 novembre 2022

Sur la bâche en plastique ne restent que quelques flaques éparses. Grâce aux pluies hivernales, le cratère de la mégabassine de Sainte-Soline, dans les Deux-Sèvres, contenait pourtant début mai près de 50 000 m³ d'eau - soit environ 11 % de son remplissage maximal historique de 450 000 m³.

C'était sans compter le réchauffement climatique et les deux premières canicules de mai et de juin. Entre le 26 mai 2026, journée la plus chaude jamais enregistrée ce mois-ci en France, et le 20 juillet 2026, l'intégralité du volume d'eau s'est évaporée.

Les détracteurs de ces dispositifs y voient l'œuvre de l'évaporation, qui mettrait à mal le modèle des mégabassines. De son côté, la coopérative qui exploite la réserve de Sainte-Soline assure que la quasi-totalité de l'eau stockée a été utilisée par des éleveurs. Qu'en est-il vraiment ?

D'après le Nouvel Obs, 20 août 2026 et Ouest France, 22 août 2026



D'après Météo France, consulté le 26 août 2026

Questions.

- **Décrire** le cycle de l'eau sur Terre.
- **Préciser** la part d'eau douce disponible sur Terre, sa répartition, l'origine de l'eau du robinet en France et les contrôles effectués.
- **Indiquer** comment fonctionne une réserve de substitution et **rechercher** les arguments donnés par les opposants et les défenseurs de ces projets (hors document pour la deuxième partie de la question).
- **Donner** le bilan de ces réserves à l'été 2026.

Document 17. L'eau : l'or bleu.

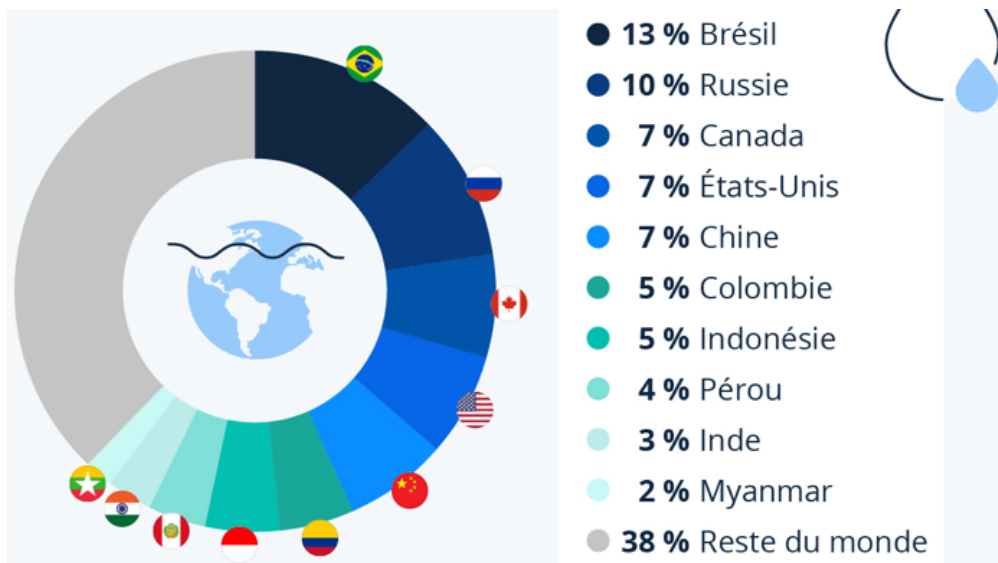
D'après Enseignement scientifique première Bordas 2023

Plus de 1,1 milliard d'êtres humains ne bénéficient pas de l'eau potable et 2,4 milliards ne disposent pas d'installations sanitaires décentes. Cette précieuse ressource semble abondante, mais ses réserves sont réparties de façon très inégale. Alors que quelques pays se partagent 60 % des réserves d'eau douce, l'Asie, qui concentre près de 60 % de la population mondiale, ne dispose que de 30 % de ces ressources. Le manque d'eau est structurel dans le triangle qui s'étend de la Tunisie au Soudan et au Pakistan. Chaque habitant y dispose en moyenne de moins de 1 000 m³ d'eau douce par an, une situation dite de « pénurie chronique ».

Dix pays se partagent plus de 60 % des réserves d'eau douce.

Répartition des ressources renouvelables d'eau douce mondiales par pays en 2020.

D'après <https://fr.statista.com> consulté le 4/01/2025



D'après : AQUASTAT via Banque mondiale

Le problème de l'eau est aussi qualitatif. Plus sa consommation augmente, plus les rejets d'eaux usées sont importants. Dans les pays en voie de développement, 90 % des eaux résiduaires et 70 % des déchets industriels sont rejetés sans traitement préalable dans les eaux de surface. En conséquence, plus de 5 millions de personnes meurent chaque année de maladies liées à l'eau, soit dix fois plus que le nombre de victimes tuées dans les conflits. Or, la population mondiale est passée de 5 milliards d'individus en l'an 2000 à 8,2 milliards en 2024. La quantité moyenne d'eau douce disponible par habitant et par an a donc decru de presque un tiers.

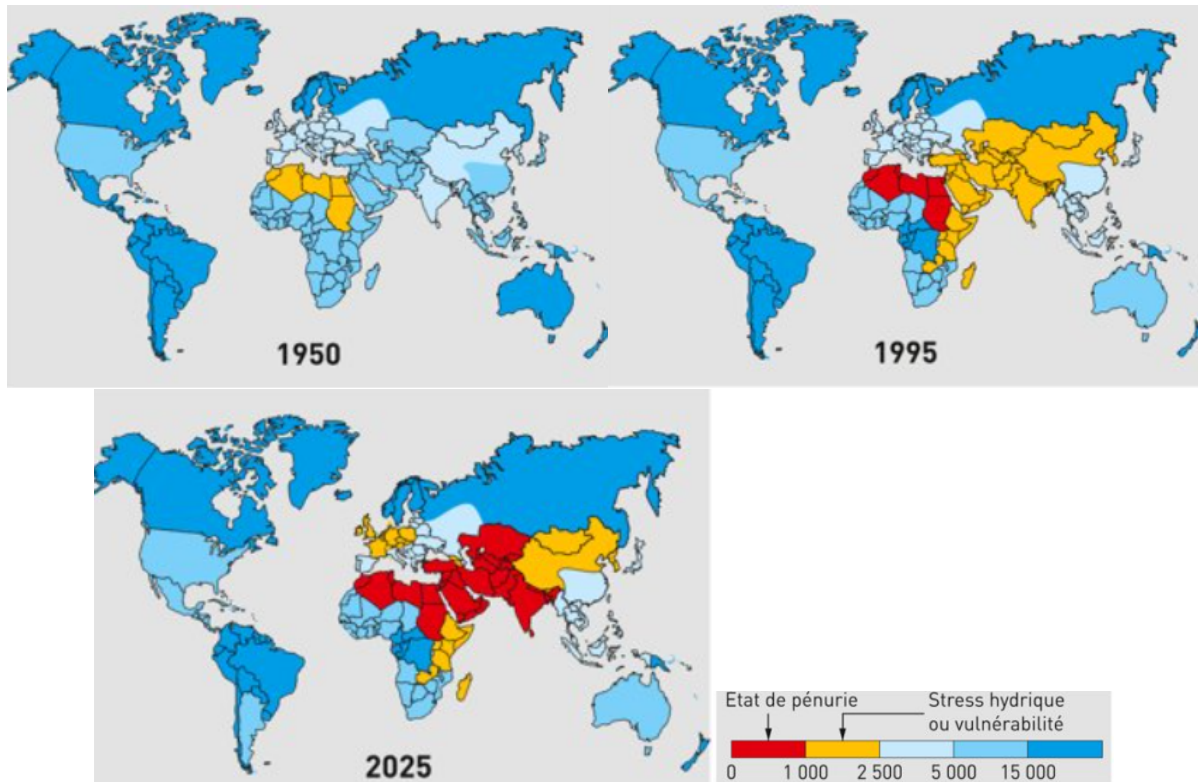
Si la tendance actuelle à l'augmentation des prélèvements se poursuit, les Nations unies prévoient que, dans vingt ans, 1,8 milliard d'êtres humains vivront dans des régions affectées par une pénurie totale d'eau et 5 autres milliards dans des régions où il sera difficile de répondre à tous leurs besoins. [...]

Les Européens consomment actuellement pour leur usage quotidien 8 fois plus d'eau douce que leurs grands-parents. Un Australien utilise en moyenne plus de 1 000 litres d'eau potable par jour, un Américain de 300 à 400 litres, et un Européen de 100 à 200 litres, alors que dans certains pays en voie de développement la consommation quotidienne moyenne par habitant ne dépasse pas quelques litres. [...]

Les solutions purement technologiques à la pénurie d'eau, comme le dessalement de l'eau de mer, n'auront qu'un effet limité en raison de leur coût. Il faut améliorer l'efficacité des modes d'utilisation, en particulier l'irrigation, rénover les structures de production et de distribution d'eau potable et en construire de nouvelles, préserver les réserves, lutter contre la pollution.

« Quand l'eau devient une denrée rare », Atlas géopolitique du Monde diplomatique, 2006, Marc Laimé.

Document 18. Disponibilité en eau douce en 1950, 1995 et projetée en 2025, en mètres cubes par personne et par an.



Document 19. Les nappes phréatiques.

D'après Enseignement scientifique première Nathan 2023

Si les nappes phréatiques sont si étroitement surveillées, c'est que ces stocks d'eau en sous-sol constituent près des deux tiers de la consommation d'eau potable, plus du tiers de celle du monde agricole et sont aussi largement exploités par le secteur industriel. Il s'agit de plonger des pompes dans les trous de forage. Les nappes les moins profondes, plus faciles d'accès, sont généralement utilisées pour l'agriculture et l'industrie tandis que les plus profondes, davantage préservées des pollutions, sont privilégiées pour l'eau potable.

D'après le dossier « L'eau douce : répartition, surveillance et gestion », enseignants.lumni.fr

Document 20. La protection des ressources hydriques.

D'après Enseignement scientifique première Nathan 2023

Au cours de son cycle, l'eau est confrontée à la pollution : fines particules présentes dans les nuages, polluants rejetés par des usines ou l'activité humaine, produits phytosanitaires dans les champs...

Des mesures de protection de l'eau sont alors indispensables.

Ainsi il est formellement interdit de jeter des produits polluants (médicaments, engrais, désherbants, produits contre les rongeurs, huile de vidange, hydrocarbures, peintures...) dans les éviers, les toilettes.

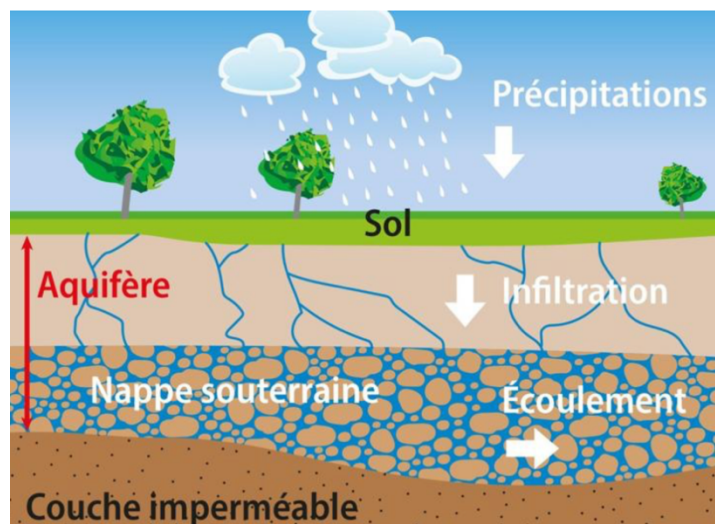
Question.

- **Montrer** l'inégalité des ressources en eau à l'échelle mondiale et pourquoi il est important de gérer les ressources hydriques et de les protéger.
- **Rechercher** une région française où se pose déjà un problème de gestion des ressources et quelles sont les solutions envisageables (hors documents).

Document 21. L'eau souterraine.

D'après 1ES Hachette Éducation 2024

Dans le sol, l'eau est contenue dans des roches poreuses ou fissurées, appelées aquifères. L'eau s'y infiltre jusqu'à une couche imperméable constituant la base. L'eau contenue représente la nappe souterraine, dite phréatique si elle est directement liée à la surface. Un aquifère possède une capacité de stockage de l'eau liée à son volume et à sa porosité (c'est-à-dire le volume d'espace disponible pour l'eau). Par exemple, la nappe phréatique d'Alsace est l'une des plus grandes de France. L'eau circule à travers des alluvions (gravier grossiers) dont la porosité est très élevée, de l'ordre de 10 %, ce qui signifie que 10 % du volume de l'aquifère peut être rempli d'eau.



Document 22. Une vaste nappe d'eau sous la Beauce.

D'après 1ES Hachette Éducation 2024 modifié 2026

La Beauce, région agricole à l'ouest de Bourges, compte plus de 3 000 puits pour irriguer et arroser ses cultures (blé, orge, colza, etc.). Les agriculteurs pompent annuellement entre 150 et 450 millions de m³ d'eau. Le prélèvement en eau potable atteint 80 millions de m³, tandis que l'industrie utilise 20 millions de m³. Les pluies annuelles fournissent en moyenne un milliard de m³ d'eau (soit 110 mm de pluie). Le sous-sol renferme une nappe dans un aquifère de surface 10 000 km², dont la porosité moyenne des roches est de 4 %. Les forages révèlent que les argiles vertes constituent sa base imperméable.

Profondeur	Nature de la roche	Âge de la roche
0 à 2 m	Limons	Quaternaire
2 à 31 m	Calcaire de Pithiviers	Aquitaniens supérieur
31 à 34 m	Molasse du Gâtinais	Aquitaniens
34 à 57 m	Calcaire d'Étampes	Stampien
57 à 61 m	Argiles vertes	Stampien
61 à 69 m	Calcaire de Morancez	Éocène
69 à 80 m	Argile à silex	Éocène

Rappel : 1 km³ = 10⁹ m³

1. **Calculer** le volume de l'aquifère et sa capacité de stockage d'eau.
2. **Calculer** le volume d'eau de la nappe phréatique lorsque son niveau supérieur est à 20 m de profondeur.
3. **Comparer** la réserve aux prélèvements et à l'apport annuel d'eau par les pluies.