

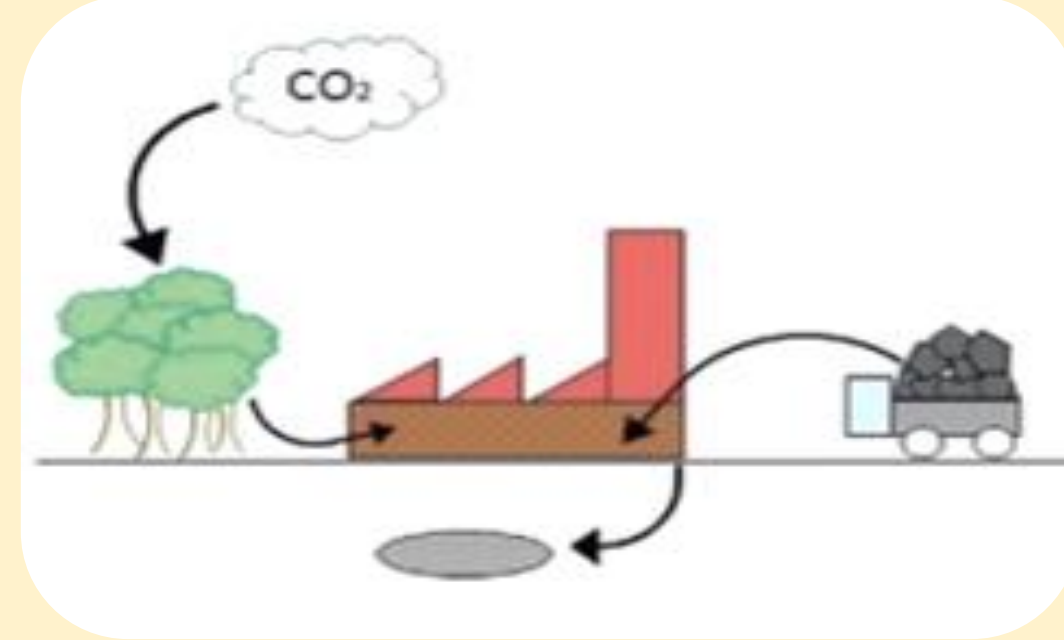
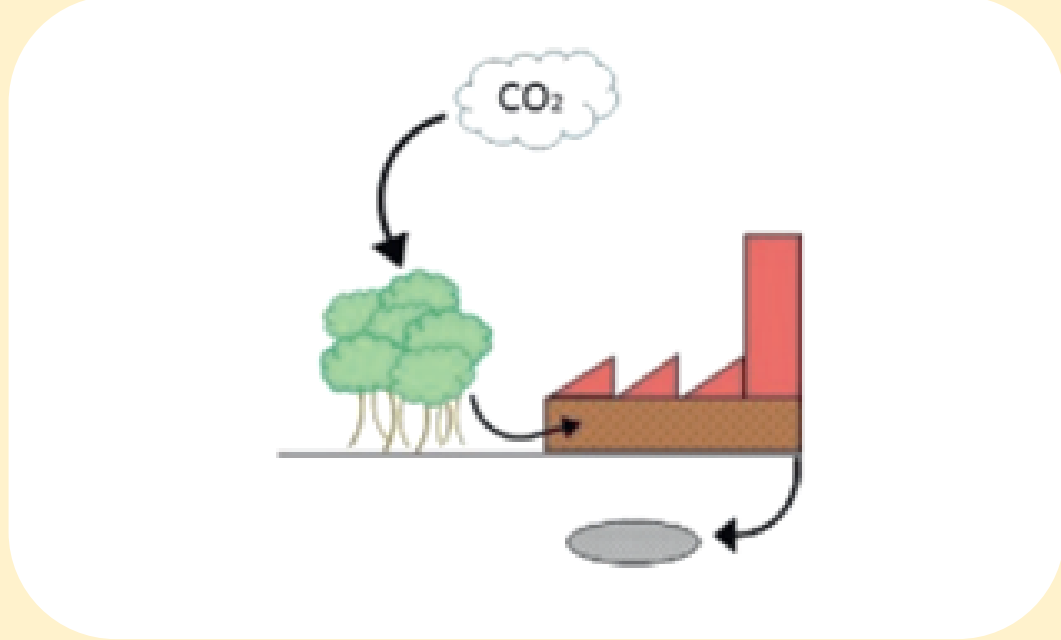
Introduction :

Les technologies à émissions négatives semblent être un moyen de respecter les limites de réchauffement fixées par les Accords de Paris. En effet, la stratégie de ces accords est d'atteindre une émission net zéro, c'est à dire que l'impact global de l'humanité en émission de gaz à effet de serre est nul. Cependant nous consommons toujours du CO₂, il est donc impossible d'atteindre ce but sans en retirer de l'atmosphère. C'est dans cette optique que les technologies de capture de carbone et de stockage (CCS) nous sont indispensables. Aujourd'hui l'utilisation de ces technologies est modérée avec 44 Mt de CO₂ capturées sur l'année 2022. Afin d'atteindre l'objectif des 2 °C, les scénarios misent beaucoup sur une utilisation massive des technologies de CCS. Ils prévoient de capturer jusqu'à **3.3 Gt de CO₂ par an**, ce qui représente **75 fois** la quantité capturée cette année. Un tel déploiement à large échelle de ces technologies implique alors des risques non négligeables sur des champs plus larges que la durabilité planétaire, notamment au niveau des ressources mises en jeu. Les deux principales technologies sont **la bioénergie avec capture de CO₂ (BECCS)** et **la capture de dioxyde de carbone de l'air (DACCS)**, basées toutes les deux sur la CCS.

BECCS

La biomasse capture le CO₂ pendant la croissance. Elle est ensuite brûlée pour produire de l'électricité. Le CO₂ produit pendant la combustion est stocké dans le sous-sol.

La biomasse, ayant un pouvoir énergétique inférieur au charbon, peut aussi être brûlée avec du charbon.



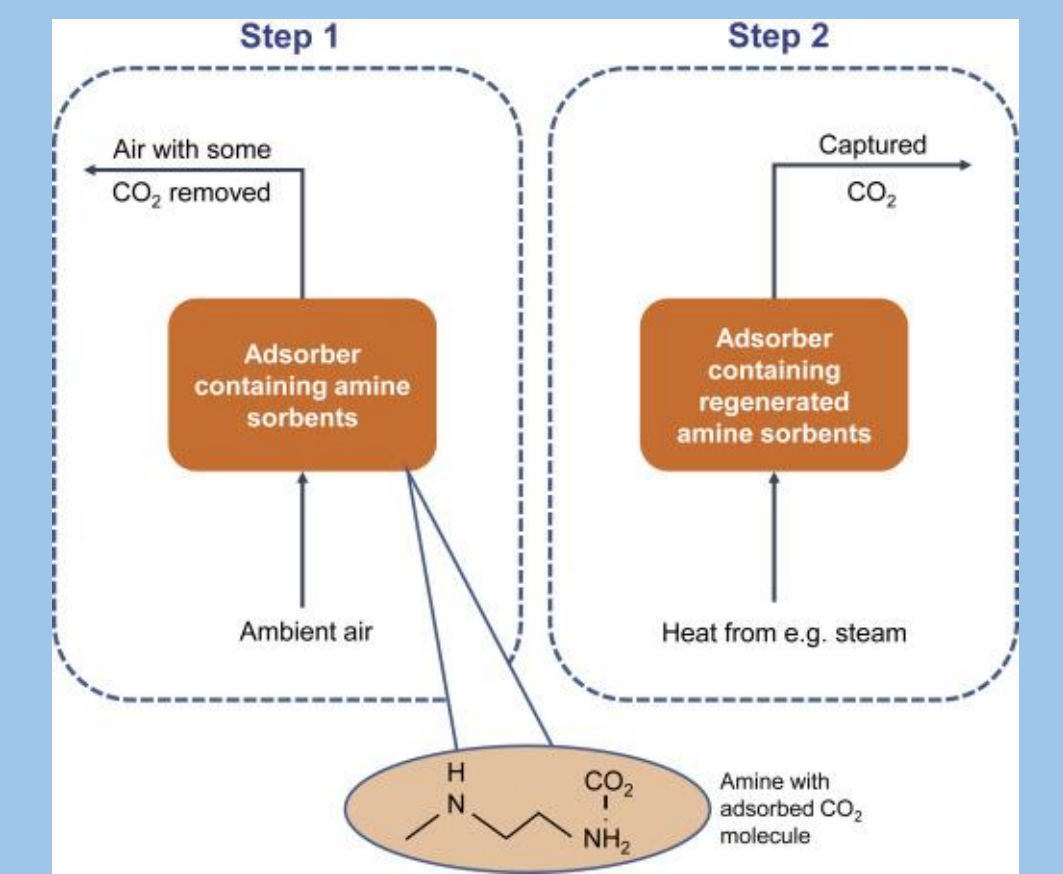
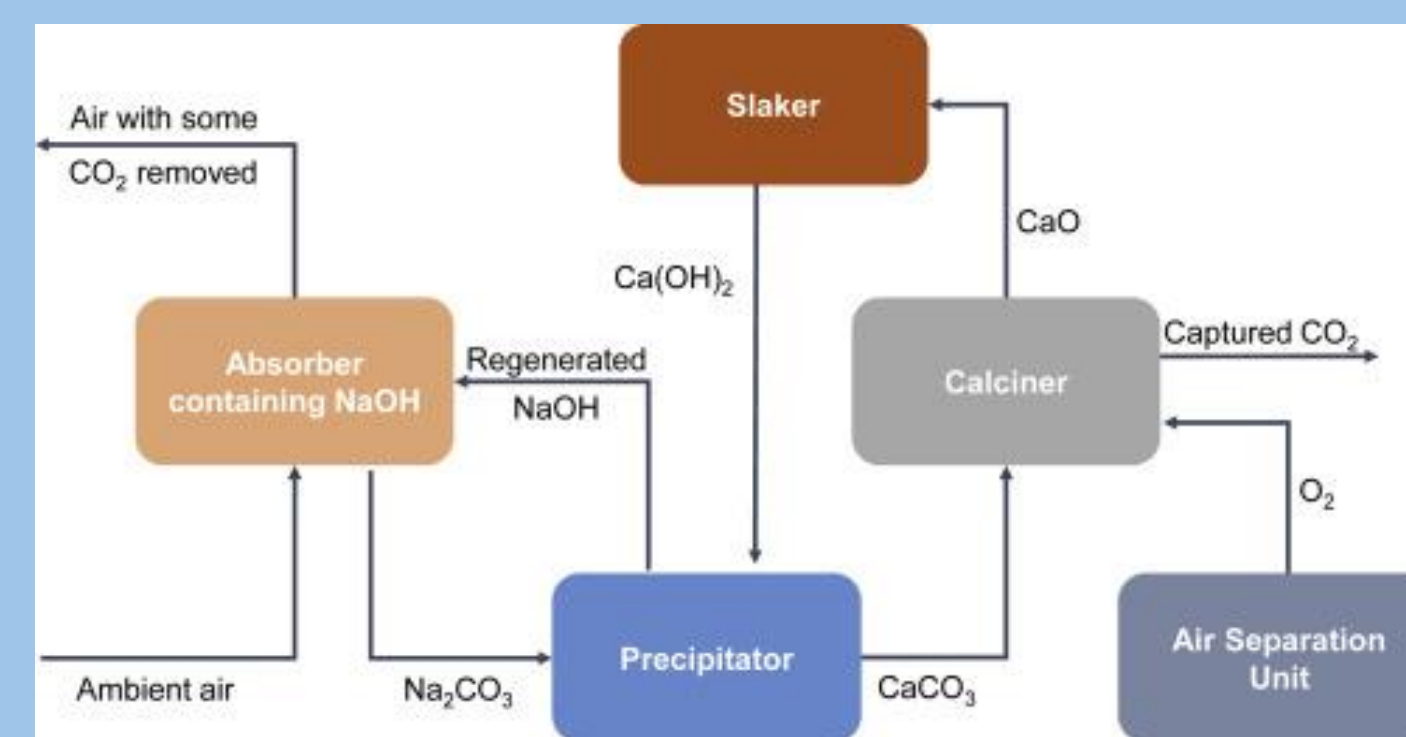
Utilisation actuelle:

- Il y a actuellement 6 projets en exploitation dans le monde, principalement en Amérique du Nord et en Europe. La capture actuelle s'élève à **2 MtCO₂ par an** et pourrait atteindre **40 MtCO₂ par an** d'ici 2030.

DACCS

Fonctionnement :

- Deux méthodes sont généralement utilisées : soit un solvant liquide soit un absorbant solide qui vont capturer le dioxyde de carbone de l'atmosphère. Chauffer le produit permet de libérer le dioxyde de carbone et de recommencer un cycle de capture.
- Le DACCS peut être décrit comme une forme de photosynthèse industrielle. Tout comme les plantes utilisent la photosynthèse pour convertir la lumière solaire et le CO₂ en sucre, les systèmes DACCS utilisent l'électricité pour éliminer le CO₂ de l'atmosphère à l'aide de ventilateurs et de filtres.



Promesse du DACCS:

- Une étude réalisée en 2021 par la Coalition for Negative Emissions montre que le DACCS pourrait produire au moins **1 Gt** d'émissions négatives durables d'ici 2025
- Le CO₂ capté peut ensuite être comprimé à très haute pression et pompé par pipeline dans des formations géologiques profondes. Ce processus d'entreposage permanent est connu sous le nom de « séquestration . »

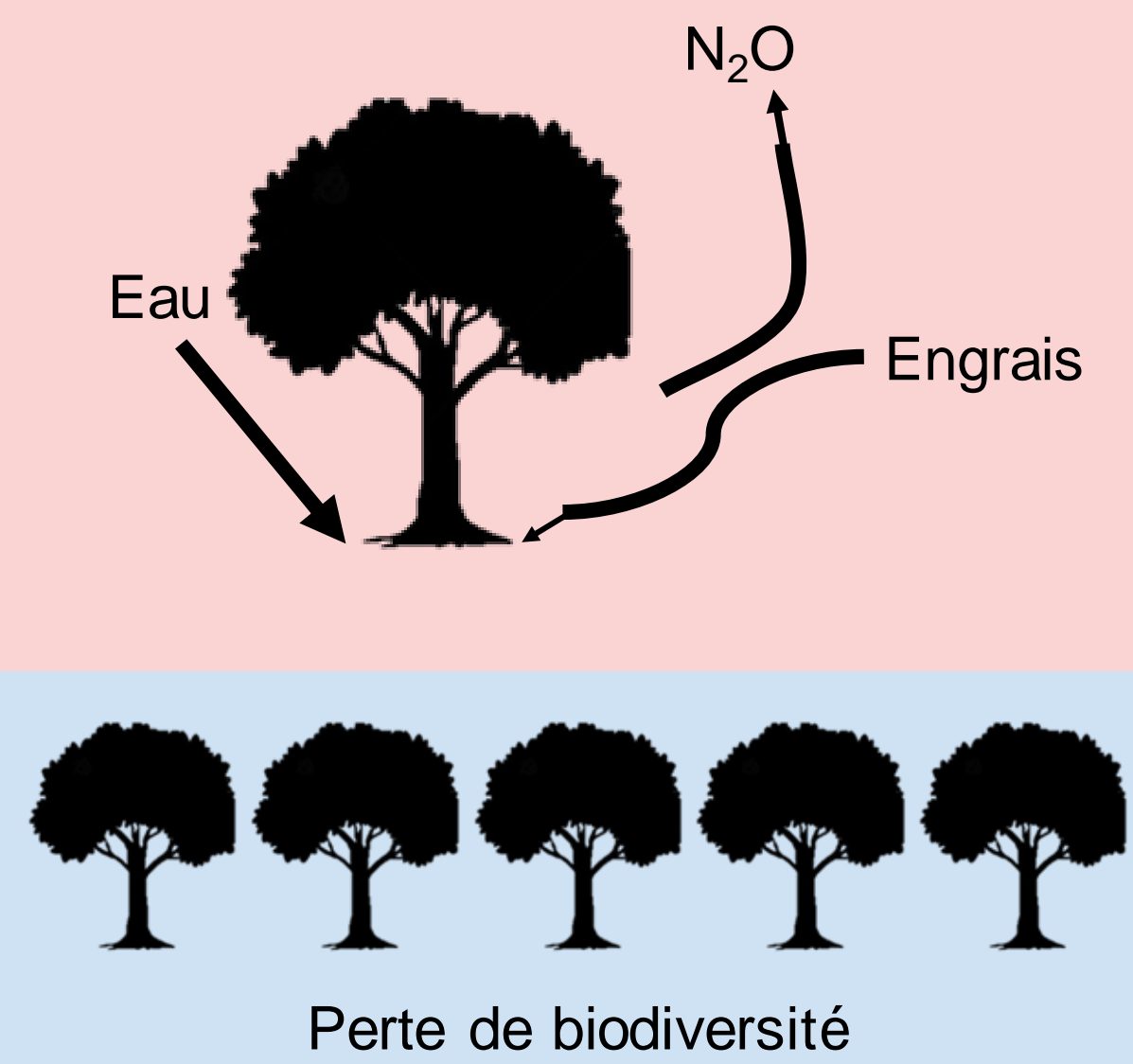
Utilisation actuelle:

- Il y a actuellement 15 usines DACCS en exploitation dans le monde – Climeworks en exploite trois en Suisse, en Islande et en Italie. Ensemble, ces petites installations captent environ **9000 tonnes** de CO₂ par an. La première usine de grande envergure, actuellement en cours de développement dans le bassin de Permien, au Texas, devrait capter **1 000 000 de tonnes** (une mégatonne) par année lorsqu'elle entrera en service en 2025.

Problème financiers:

- Avec seulement 0,04%, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère est très diluée, ce qui rend son élimination et son stockage difficiles. Cela signifie que le DACCS coûte beaucoup plus cher que d'autres technologies de captage du CO₂ – **entre 200 \$ et 600 \$ (156-468 £) par tonne**. Le processus nécessite également de grandes quantités d'énergie, ce qui ajoute à la demande d'électricité.

Risques associés à la BECCS

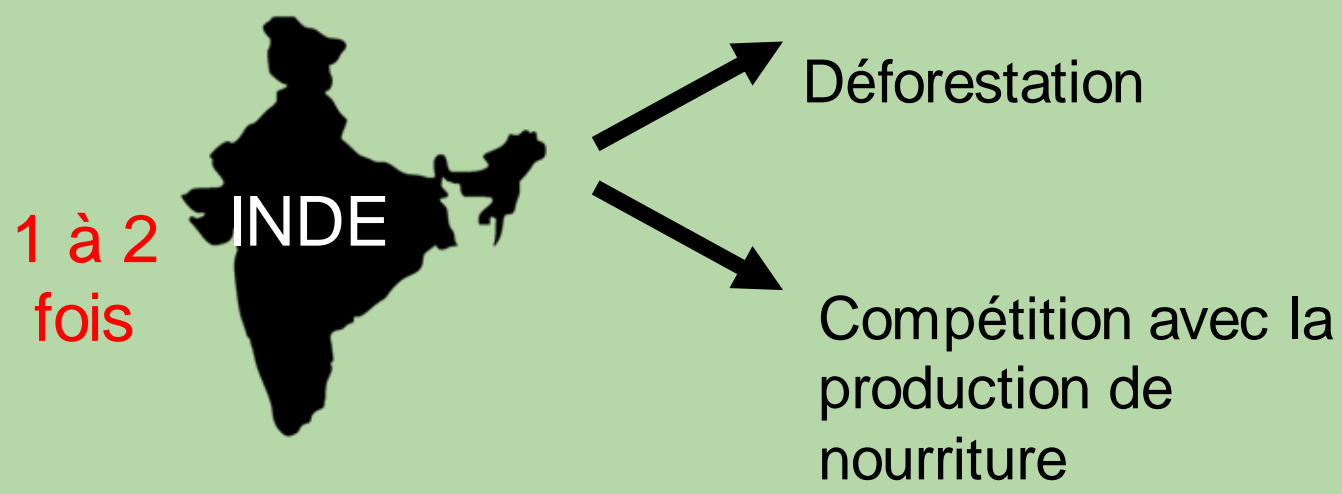


La quantité de biomasse nécessaire impose d'utiliser de grandes quantités d'engrais ce qui implique une forte production de N₂O (qui possède un forçage radiatif 300 fois supérieur à celui du CO₂). Il faut ajouter à cela que la BECCS nécessite beaucoup d'eau si l'on veut réduire la surface nécessaire.

Les cultures destinées à l'énergie doivent être produites en grande quantité, ce qui nécessite de se restreindre à peu d'espèces, impliquant une réduction de la biodiversité.

Pour produire **100 EJ/an** (environ 20% de la production d'énergie mondiale), il faut **5% des terres émergées** (hors Groenland et Antarctique), soit 500 millions d'hectares. Cela induit deux problèmes :

- La BECCS va entrer en compétition avec la production de nourriture.
- Pour contourner ce problème, il sera tentant de convertir des forêts en cultures, ce qui aura un effet contre-productif en réduisant la quantité de CO₂ captée par les arbres.



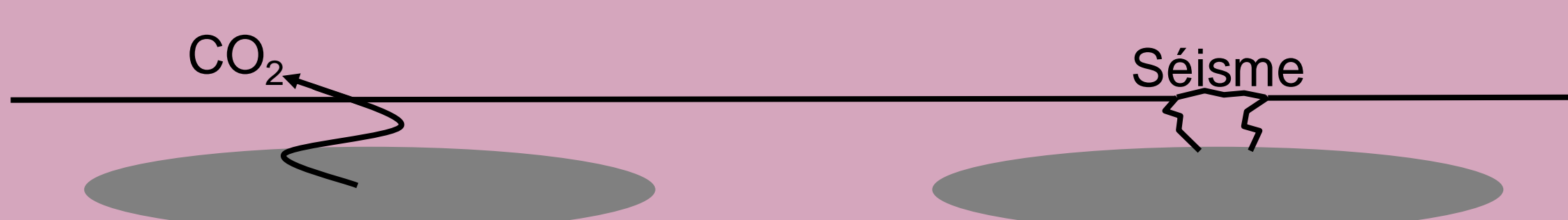
Problèmes financiers

- Le coût estimé de la BECCS est entre 100 et 200\$/tCO₂. Atteindre 3.3 GtCO₂ par an représente donc **entre 330 et 660 milliards de dollars par an**.

Risques associés au stockage de carbone :

Nécessité de stocker sous terre:

- La réutilisation de carbone capturée est très compliquée et n'est aujourd'hui presque pas mise en place. Chaque année nous utilisons 230 Mt de CO₂ pour des usages industriels. Il est principalement utilisé dans la fabrication de fertilisants et pour la récupération de pétrole. Si nous réutilisons tout le CO₂ capturé en supposant que les infrastructures de transport de CO₂ soient suffisantes, nous ne stockerons que **7% des 3.3Gt de CO₂ capturé**. De plus, ce type de stockage est très peu efficace car la durée caractéristique de retour dans l'atmosphère du CO₂ capturé de cette manière est de 10 ans, là où l'enfouissement géologique peut le stocker des millions d'années.



Capacité de stockage et acceptation:

- Dans un monde où nous capturons 3.3 Gt de CO₂ par an la question des capacités de stockage se pose. Les réservoirs pouvant être utilisés sont les cavités salines ou encore les anciens réservoirs de pétrole vidés. A l'aide de données satellites, l'IEA estime que la Terre aurait une capacité de stockage **entre 8 000 Gt et 55 000Gt**. Avec une capture de 3.3 Gt par an nous pourrions alors tenir plus de 2000 ans avec la capacité de stockage pessimiste. Il n'y aura donc pas de limitation en termes de capacité de stockage.
- En stockant autant de CO₂ il faudra le transporter via des pipelines ou encore des camions. D'après l'IEA, 70 % des principaux sites d'émission de CO₂ se trouvent à moins de 100 km des sites de stockage.
- En revanche se pose la question de l'acceptabilité des citoyens du stockage de CO₂ proche de leurs habitations.

Conclusion

Il apparaît donc que les technologies à émissions négatives étudiées présentent des risques non négligeables, pour une efficacité peu ou pas prouvée. La quantité de CO₂ à retirer de l'atmosphère pour respecter l'Accord de Paris est bien trop importante pour que l'on puisse y parvenir dans les prochaines années, ou du moins avant 2030. En outre, l'utilisation de ces technologies fait peser un poids tant financier qu'alimentaire sur les populations locales : en plus d'avoir un coût très élevé, elles nécessitent des surfaces importantes, ce qui se voit sur la biomasse dans le cas de la BECCS ou pour le stockage du CO₂ dans les deux cas. Enfin, ces technologies entrent en compétition avec certains objectifs importants du développement durable, comme l'objectif 2 "Faim zéro" ou l'objectif 6 "Eau propre et assainissement".

Finalement, soulignons aussi que ces technologies sont une barrière à la transition énergétique, puisqu'elles nous permettraient de continuer à consommer autant.

[1] Courvoisier, Thierry J., European Academies Science Advisory Council, et Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, éd. *Negative Emission Technologies: What Role in Meeting Paris Agreement Targets?* EASAC Policy Report 35, Halle (Saale): EASAC Secretariat, Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, 2018.
 [2] Smith, Lydia J., et Margaret S. Torn. « Ecological Limits to Terrestrial Biological Carbon Dioxide Removal ». *Climatic Change* 118, n° 1 (1 mai 2013): 89-103. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0682-3>.
 [3] Birol, Dr Faith. « World Energy Outlook 2022 », s. d. 524.
 [4] Fuss, Sabine, William F. Lamb, Max W. Callaghan, Jérôme Hlaira, Felix Creutzig, Thorben Amann, Tim Beringer, et al. « Negative Emissions—Part 2: Costs, Potentials and Side Effects ». *Environmental Research Letters* 13, n° 6 (mai 2018): 063002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aab0f1>.
 [5] Sabine Fuss et al., "Negative emissions—Part 2: Costs, Potentials and Side Effects." *Environmental Research Letters* 13, no. 6 (2018): 063002. <https://doi.org/10.1088/17489326/aab0f1>.
 [6] National Research Council. *Climate Intervention: Carbon Dioxide Removal and Reliable Sequestration*. 2015. Washington, DC: National Academies Press.
 [7] Smith, Peter, Steven J. Davis, Felix Creutzig, Sabine Fuss, Jan Minx, Benoit Gabrielle, Etsushi Kato, et al. « Biophysical and Economic Limits to Negative CO₂ Emissions ». *Nature Climate Change* 6, n° 1 (janvier 2016): 42-50. <https://doi.org/10.1038/nclimate2870>.

