

**INTRODUCTION :**

Les enjeux actuels autour du réchauffement climatique imposent une réduction drastique de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère en particulier le CO<sub>2</sub>. Pour cela la diminution de nos émissions est obligatoire, cependant, cela ne sera pas suffisant pour tenir les objectifs climatiques de 2° C d'augmentation maximal voté durant la COP-21. En effet, la captation et le stockage du CO<sub>2</sub> paraissent ainsi être nécessaires et impliquent l'utilisation de nombreuses technologies afin d'emmagasiner plus durablement le dit gaz.

**LE TON-YEAR ACCOUNTING**

**Qu'est ce que c'est ?**

Le principe du ton-year accounting est de calculer les émissions de CO<sub>2</sub> évitées par les tonnes temporaires de CO<sub>2</sub> stockées. Cette nouvelle unité a été créée car le stockage de CO<sub>2</sub> peut ne pas être permanent et être réversible en cas d'effet non prévu. Cependant il existe plusieurs manières de calculer ces émissions et cette unité est souvent mal utilisée en justifiant l'émission d'encore plus de CO<sub>2</sub>.

**Une nouvelle unité**

$$1 \text{ ton-year} = 1 \text{ tCO}_2 \text{ stockée pour un an}$$

Effets sur le futur : on doit choisir une base de temps, un horizon au-delà duquel on ne se préoccupe pas des effets de nos méthodes. Généralement la base de temps est de 100 ans (selon le protocole de Kyoto).

**Calcul**

- Les émissions :

Calculer en ton-year les émissions de CO<sub>2</sub> doit prendre en compte le cycle du carbone. (Figure 1)

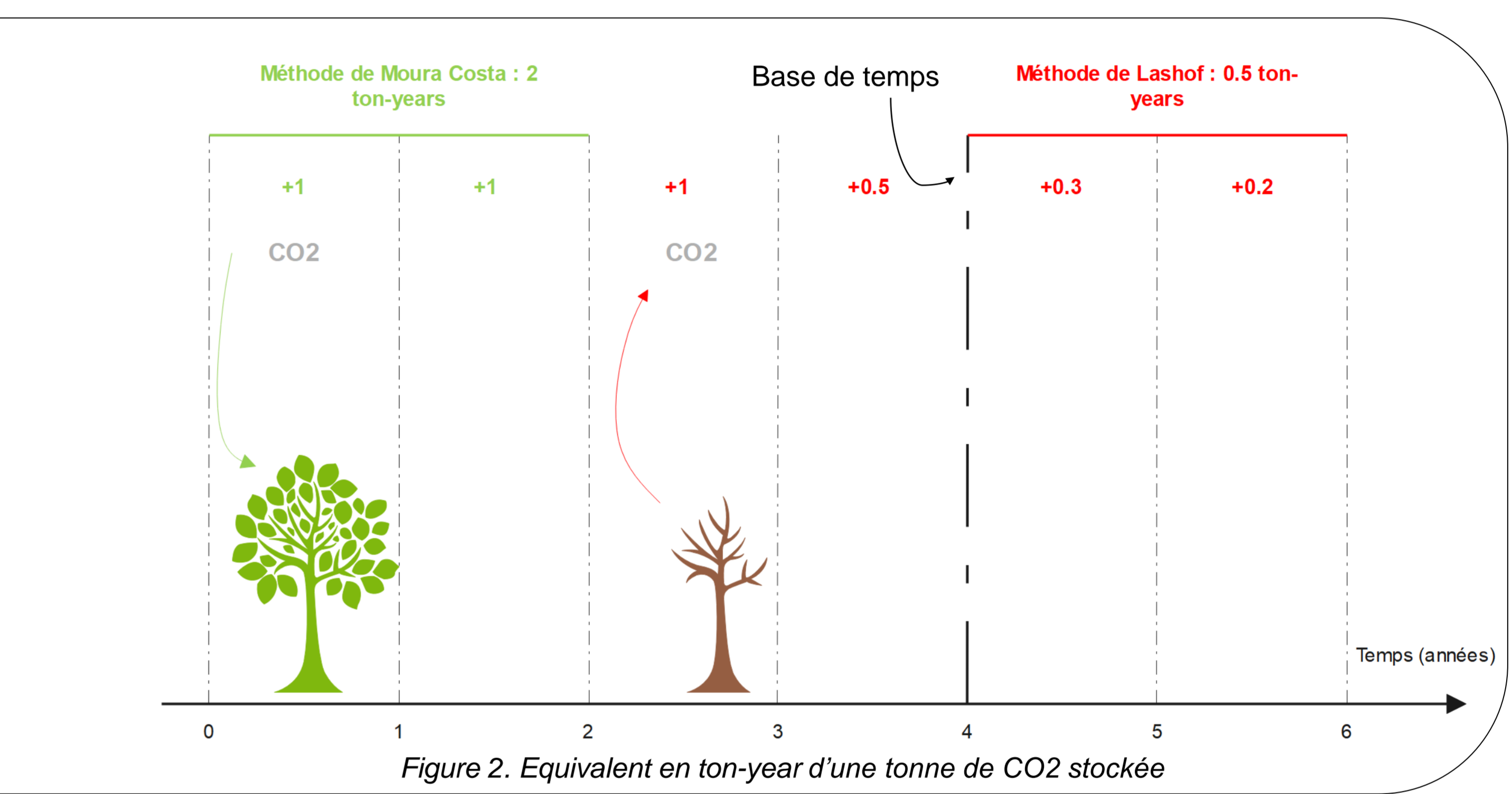
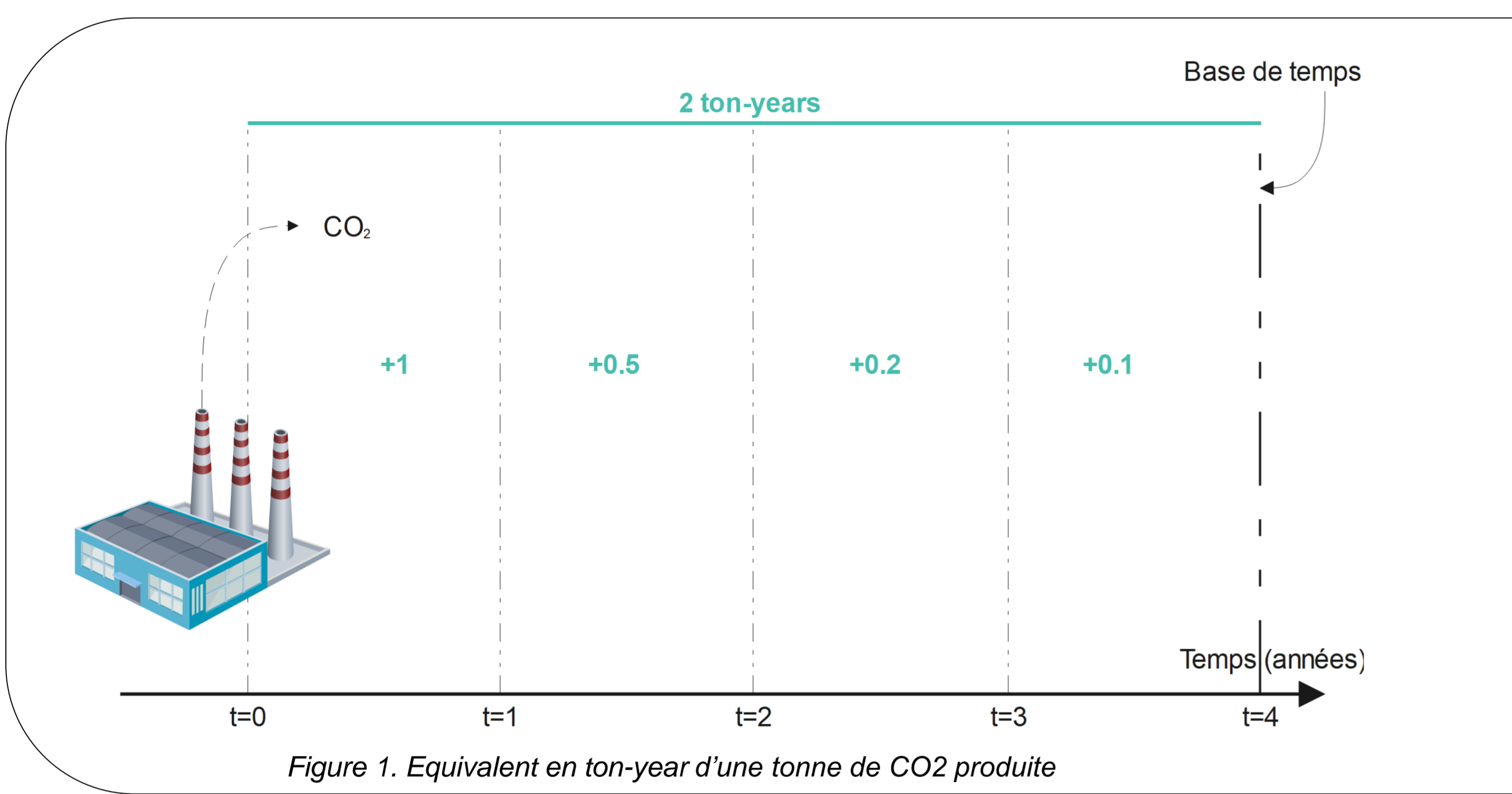
- Le stockage : (Figure 2)

**Méthode de Moura Costa :**

Compte le nombre de tonnes stockées et multiplie par le nombre d'années pour lesquelles c'est stocké. Elle ne prend pas en compte ce qui se passe après le déstockage possible dans l'atmosphère.

**Méthode de Lashof :**

Suppose que le CO<sub>2</sub> est stocké que temporairement et va être réémis dans l'atmosphère et donc calcule le nombre de ton-years non relâché pendant la période de temps choisie. Donc si le stockage ne relâche du CO<sub>2</sub> qu'après l'horizon de temps choisi alors c'est ce qu'on a épargné.

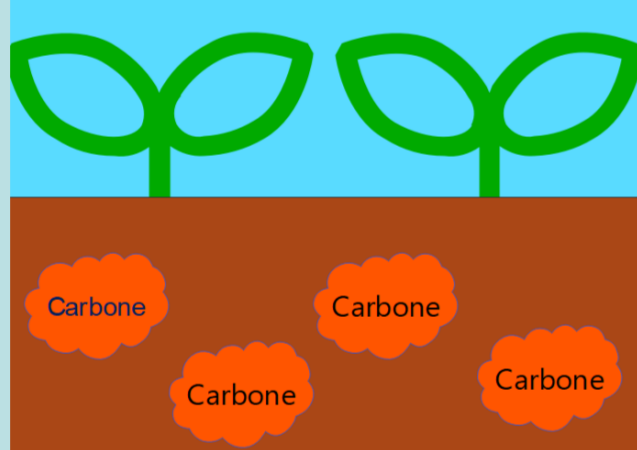


**La gestion améliorée des forêts:**

La replantation d'arbres sur de grandes surfaces contribue à l'élimination du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Toutefois, avec le changement climatique, les risques de destruction des forêts sont de plus en plus prépondérants notamment les risques d'incendie. L'agriculture et l'étalement urbain sont également des freins à la préservation des forêts.

**Les sols :**

L'agriculture verte permet de préserver voire d'augmenter la capacité du sol à stocker du carbone par exemple en labourant moins la terre ou en utilisant des engrais verts. Cependant, les agriculteurs sont réticents face à ces techniques car elles réduisent leur rendement.



**Les océans :**

Les océans sont naturellement un puit de carbone, ils contiennent actuellement 38% du CO<sub>2</sub> anthropique de ces deux derniers siècles. Certaines méthodes peuvent stimuler les échanges biochimiques marins et ainsi augmenter la capacité des océans à séquestrer du carbone comme la fertilisation (ajout de sulfate de fer...) et alcalinisation (ajout de substances alcalines...). Le stockage naturel du CO<sub>2</sub> dans les océans est instable à cause du rééquilibrage des pressions partielles avec l'atmosphère. On peut également stocker le carbone sous forme liquide dans les fonds marins, ce qui assure un stockage permanent mais difficile à mettre en œuvre.

**Les matériaux biosourcés :**

les matériaux biosourcés sont issus de la matière organique renouvelable (biomasse), végétale ou animale. Ils peuvent être utilisés comme matière première dans des produits de

construction et de décoration, de mobilier fixe et comme matériau de construction dans un bâtiment. Cette technique permet de diviser par 10 le coût en CO<sub>2</sub> mais multiplie par 5 le coût économique.

**La séquestration géologique :**

Le CO<sub>2</sub> capté serait injecté dans des formations rocheuses profondes sous forme hypercritique via des puits dans des roches perméables situées sous des formations jugées suffisamment hermétiques. On utilise les gisements de pétrole qui ne sont plus exploités. En revanche, la séquestration géologique présente des risques de réversibilité liés à l'activité sismique. Les sites de stockage sont parfois difficiles à trouver en raison des caractéristiques géologiques nécessaires.

**Altération des roches :**

Le CO<sub>2</sub> est capté et stabilisé sous la forme d'un carbonate solide que l'on stocke dans une roche ou un matériau. Cette technique n'est pas largement déployée en raison du temps de mise en place et de son coût (50 à 500€/tCO<sub>2</sub>). Il existe des techniques auxiliaires afin d'accélérer ce processus comme l'altération forcée, même dans des cavités géologiques.

**Biochar :**

Le biochar est une forme de charbon très riche en carbone produit par pyrolyse de biomasse. Le biochar peut être épandu sur les sols agricoles pour améliorer les rendements et la teneur du sol en carbone. Le GIEC annonce que le déploiement du biochar à l'échelle mondiale permettrait l'élimination de 2Gt de CO<sub>2</sub> par an. Néanmoins, il faut prendre garde à ne pas détruire les écosystèmes sylvestres qui sont dépendants des matières mortes utilisées pour faire le biochar.

Méthode de séquestration	Explication brève	Contexte de pertinence	Durée du stockage	Maturité de la technique	Risques de réversibilité prématurée	Investissement énergétique	Potentiel de stockage
Forêts	Planter des végétaux	Reforestation	1-100 ans	Mature	Faible à élevé	Minimal	Elevé
	Retarder la récolte des arbres	Stock de bois suffisant	1 an supplémentaire	Mature	Faible à élevé	Minimal	Modéré
	Améliorer génétiquement la photosynthèse	Pays développés	1-100 ans	En développement	-	Faible	-
Sols	Agriculture verte	Pays développés	1-100 ans	Mature	Faible à modéré	Faible	Elevé
Océans	Fertilisation, alcalinisation	Ecosystème marin adapté	1 000 - 100 000 ans	Expérimental	Elevé	Modéré	Elevé
	Stockage liquide dans les fonds	Ecosystème marin adapté	Permanent	Expérimental	Faible	Modéré	Très élevé
Roches	Stockage hypercritique en profondeur dans les roches	Géologie adaptée	Permanent	Mature	Faible	Elevé	Elevé
	Dissolution dans des aquifères	Géologie adaptée	Permanent	Mature	Faible	Elevé	Elevé
Altération des roches	On incorpore le CO <sub>2</sub> dans les roches	Pays développés	Permanent	Mature	Aucun	Faible à modéré	Modéré à élevé
Biochar	Production de charbon organique riche en carbone	zones agricoles	100 - 100 ans	Mature	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré
Matériaux biosourcés	Matériaux riches en CO <sub>2</sub> pour la construction	Gestion durable des forêts	10 - 1 000 ans	Mature	Faible à modéré	Faible	Faible à modéré

**PROBLEMES DE LA CAPTATION :**

La séquestration du carbone passe tout d'abord par une étape de capture. Cette étape est donc cruciale dans le procédé. Il existe de nombreuses méthodes de captation et séquestration du carbone : la précombustion, la postcombustion et l'oxycombustion. Cependant, ces procédés présentent des limites. L'une des principales est le coût de ces technologies nouvelles dont l'industrie n'est pas encore développée. De plus l'acheminement du carbone jusqu'à une zone de stockage amène de nouvelles problématiques et remet en question la rentabilité du processus.

**FAISABILITE TECHNOLOGIQUE :**

D'après le GIEC, d'ici 2050, il faudrait stocker environ 220 GT de CO<sub>2</sub> afin d'atteindre la neutralité carbone. Physiquement on estime que l'on peut stocker entre 8 000 et 55 000 GT de CO<sub>2</sub>. Mais cela dépend des décisions politiques et des investissements. Bien plus, l'échéance étant de 30 ans, sans décisions fortes / participations du privé, peu de ces technologies seront disponibles à temps. Enfin, il faut trouver un compromis entre une industrie de stockage permanent mais lente à déployer et une industrie de stockage plus éphémère mais plus rapidement disponible et moins conséquente.

**ASPECTS SOCIAUX :**

D'un point de vue mondial, il y a de fortes disparités de capacités de stockage entre les pays. Il se trouve que ce sont les pays les moins aisés qui subiront les plans de stockage à large échelle des pays les plus développés. Au niveau des entreprises, ces technologies sont souvent utilisées pour justifier une absence de baisse dans les émissions de gaz à effet de serre. Certaines entreprises pétrolières les utilisent comme manière pour extraire davantage de pétrole. Pour la population, le manque de communication autour de ces technologies peut créer un manque de confiance. Par exemple, les agriculteurs peuvent être récalcitrants quant à l'utilisation de biochar.

**CONCLUSION :**

Ainsi, la séquestration du carbone est une solution envisageable au niveau technique pour atteindre la neutralité carbone, qu'il est nécessaire de mettre en place rapidement. Ceci implique que la prise de décisions doit être forte dans le but d'entraîner une action efficace dans ce domaine. Il semble que le débat entre le stockage permanent et le stockage éphémère converge vers une association des deux. En effet, un premier stockage à court terme permettrait de répondre aux enjeux climatiques dans les plus brefs délais puis serait couplée à des solutions davantage pérennes pour les émissions incompressibles et de revalorisation pour compenser en partie le déstockage de carbone dans l'atmosphère.

