

Bioatténuation

Fiche **QUESTIONS SUR...** n° 04.02.Q03

2023, actualisée en mai 2026

André-Jean GUÉRIN et Jean JOUZEL, membres de l'Académie d'Agriculture de France

Mots clés : changement climatique, effet serre, photosynthèse, puits carbone

Cette fiche évoque le rôle de la biosphère dans l'atténuation des concentrations de gaz à effet de serre, qui sont à l'origine du réchauffement que nous connaissons depuis l'utilisation massive des combustibles fossiles, et signale quelques pistes pour mieux utiliser cette propriété.

Changements climatiques, de quoi s'agit-il ?

Les composantes du système climatique – dont les interactions déterminent, sous l'effet du rayonnement solaire, le climat de la planète – incluent l'atmosphère, l'océan, la cryosphère, et les surfaces continentales. L'énergie reçue est absorbée différemment par les diverses composantes. Les océans représentent le principal réservoir de la chaleur capturée et d'humidité. Ils l'échangent principalement avec l'atmosphère. La position des courants marins et leur température de surface influent sur une grande partie du climat. Les continents et surtout le relief introduisent des barrières physiques à ces échanges qui modifient grandement la distribution des précipitations, de la chaleur et de la végétation.¹

Si les climats ont sans aucun doute changé tout au long de l'histoire de la Terre, aujourd'hui, ce sont les changements induits par les activités humaines qui nous préoccupent. Selon une enquête réalisée par IPSOS en France en mai 2015, les interviewés, pour 93 % d'entre eux, pensent qu'on est en train de vivre une période de réchauffement climatique. Ils sont même 43 % à déclarer que ce réchauffement climatique est certain². Une enquête réalisée à la demande d'AXA en octobre 2012 montrait que ce sentiment n'était pas nouveau et qu'il était largement partagé en Amérique, Asie et Europe³.

L'effet de serre associé à notre atmosphère est connu depuis plus de 200 ans, avec les travaux de Horace-Bénédict de Saussure en 1780 et Joseph Fourier en 1824. En 1896, le chimiste suédois Svante August Arrhenius estime l'incidence du gaz carbonique (CO₂) sur la température terrestre. Il en conclut qu'un doublement de son taux de présence dans l'atmosphère conduirait à un réchauffement climatique de 4°C à 6°C, ce qui n'est pas très éloigné des prévisions actuelles réunies par le GIEC. Dans le même temps, le géologue américain Thomas Chamberlin émet l'idée que les climats pourraient varier avec les changements dans la concentration de dioxyde de carbone atmosphérique⁴. Claude Lorius a eu l'idée que les bulles d'air emprisonnées depuis des centaines de milliers d'années dans les calottes glaciaires pouvaient révéler les climats passés ; avec son équipe, il a démontré la réalité des changements à l'œuvre et le rôle récent des activités humaines sur la composition de l'atmosphère.

Le *Groupe d'experts intergouvernemental* sur l'évolution du climat (GIEC, et en anglais : IPCC pour *Intergovernmental Panel on Climate Change*) a été créé en novembre 1988, à la demande du G7, par deux organismes de l'ONU : l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE). C'est un organisme intergouvernemental, qui "a pour mission d'évaluer, sans parti pris et de façon méthodique, claire et objective, les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique qui nous sont nécessaires pour mieux comprendre les risques liés au réchauffement

¹ Wikipédia : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Climat>

² Les Français face au changement climatique : <https://www.ipsos.com/fr-fr/les-francais-face-au-changement-climatique>

³ Les effets du changement climatique vont totalement bouleverser notre vision du monde. Nous devons agir MAINTENANT : <https://www.axa.be/ab/FR/a-propos-dAXA/presse/communiques/Pages/communiquede-presse-4-octobre-2012.aspx>

⁴ En 1899, Thomas CHAMBERLIN publie : *An Attempt to Frame a Working Hypothesis of the Cause of Glacial Periods on an Atmospheric Basis*

page 1 Fiche consultable sur le site internet www.academie-agriculture.fr onglet "**Publications**" puis "**Table des matières des documents de l'Encyclopédie**".

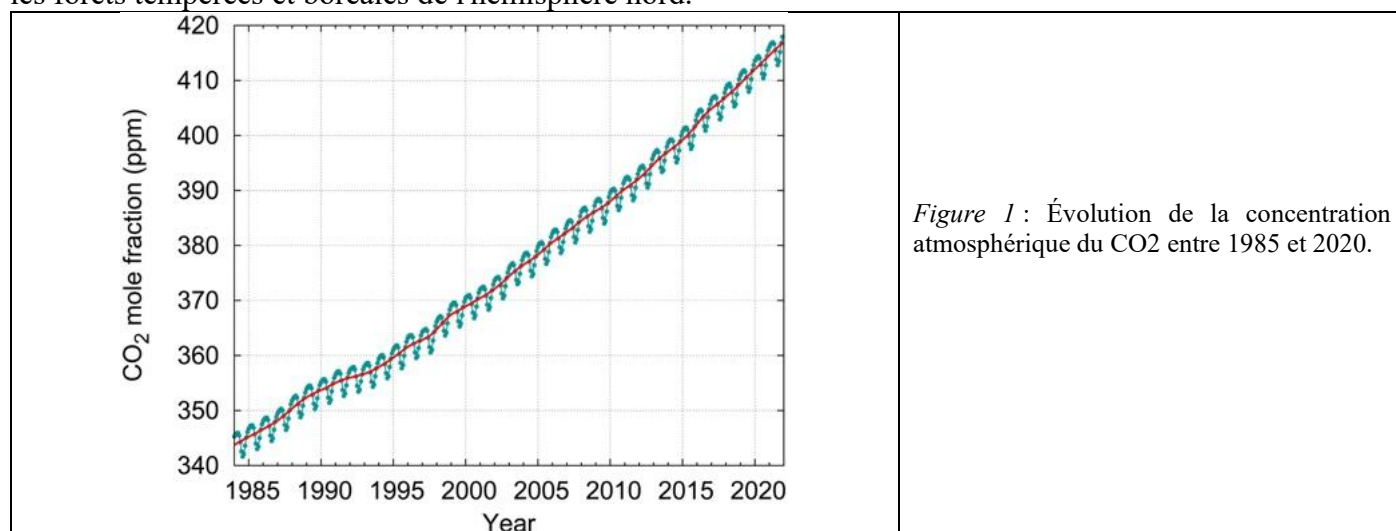
climatique d'origine humaine, cerner plus précisément les conséquences possibles de ce changement et envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation"⁵.

Le GIEC produit tous les six ans un *Rapport d'évaluation* en trois volumes sur les changements climatiques. Le cinquième *Rapport d'évaluation*, adopté en 2014 a permis de nourrir les négociations qui ont abouti à l'accord international sur le climat adopté à l'unanimité le 12 décembre 2015 à Paris, à l'issue de la COP 21. À l'invitation de cette dernière, le GIEC a produit, en 2018, un *Rapport spécial* sur les impacts du réchauffement climatique de 1,5° C au-dessus des niveaux préindustriels, soit environ 0,5° C au-dessus de la température moyenne des cinq dernières années.

Au fil des *Rapports d'évaluation* successifs, le GIEC accorde une place accrue au rôle du *secteur des terres*⁶ dans les contributions qu'il apporte aux changements climatiques. En 2019, il a publié un *Rapport spécial* sur le changement climatique, la désertification, la dégradation des terres, la gestion durable des terres, la sécurité alimentaire, et les flux de gaz à effet de serre (GES) dans les écosystèmes terrestres. Un troisième *Rapport spécial*, également publié en 2019, s'est focalisé sur l'océan et la cryosphère ; le prochain rapport complet sera publié en 2021 et 2022.

Rôle de la vie et plus particulièrement des végétaux et de la photosynthèse

Depuis 1957, la concentration atmosphérique de CO₂ fait l'objet d'un suivi précis à l'observatoire de Mauna Loa à Hawaï. La *Figure 1* présente l'évolution de la concentration atmosphérique du CO₂ de 1985 à 2020⁷, des mesures semblables existent depuis au moins 1958. L'augmentation graduelle de la concentration atmosphérique de CO₂ épouse un cycle qui comporte annuellement un maximum et un minimum. Ce cycle annuel est attribuable à l'activité saisonnière de la végétation terrestre de l'hémisphère nord, essentiellement les forêts tempérées et boréales de l'hémisphère nord.



La biosphère – plus particulièrement la végétation et les forêts — module la concentration en CO₂ de l'atmosphère. Ce fait est connu depuis des décennies.

Moins connu est le stockage ou le déstockage de carbone qui résulte de l'activité des êtres vivants et des écosystèmes. Certes, on sait que les centaines de milliards de tonnes de carbone séquestrées dans les combustibles fossiles, lignite, charbon, pétrole, gaz naturel, etc. sont le fruit de l'accumulation de cadavres de végétaux et d'animaux. En revanche, la mesure des stocks de carbone retenus actuellement dans les organismes vivants, dans les sols et les écosystèmes est un exercice difficile et dont les résultats sont discutés.

Le GIEC fournit une représentation imagée des échanges de carbone sous forme de gaz carbonique dans l'atmosphère et l'océan et des stocks de carbone organique dans la végétation, les sols et les réserves de carbone fossile.

⁵ Site Internet du GIEC : <http://www.ipcc.ch>

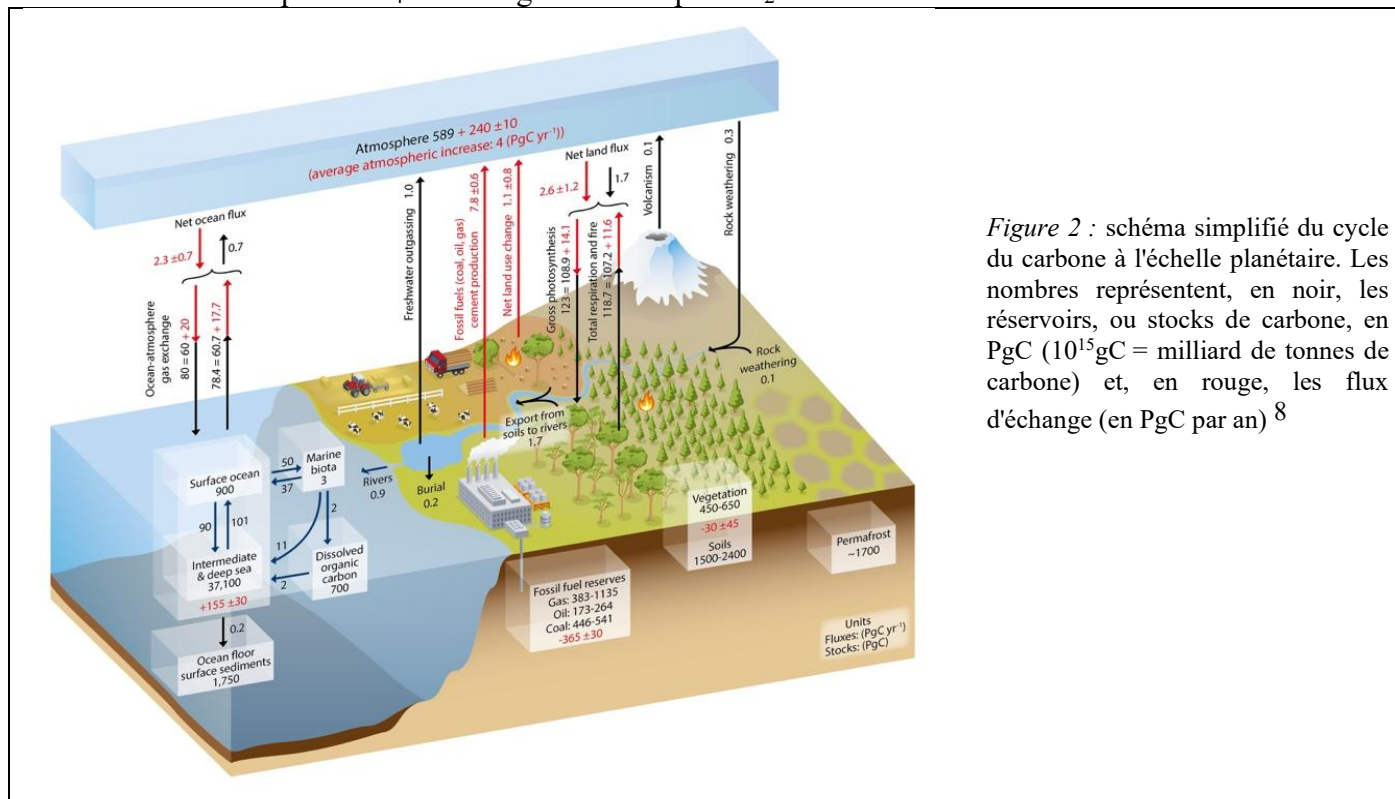
⁶ Le *secteur des terres* recouvre essentiellement les terres cultivées, les pâturages, les forêts et les espaces naturels non exploités. Dans la nomenclature des conventions concernant les changements climatiques il est affublé du sigle AFOLU pour : agriculture, forest and land use.

⁷ Source : OMM (Organisation Météorologique Mondiale).

La Figure 2 montre que le premier réservoir de carbone – et de très loin, – est dans l'océan mondial.

Quelques ordres de grandeur à l'échelle du monde

Parmi les gaz à effet de serre émis en lien avec les activités humaines, les principaux sont notamment le gaz carbonique (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O). Ces deux derniers proviennent pour beaucoup du secteur des terres (AFOLU) avec l'élevage de ruminants, et les zones humides dont les riziicultures inondées pour CH₄ et les engrais azotés pour N₂O.



Si l'on ajoute les émissions de gaz carbonique (CO₂) qui résultent de la conversion des prairies permanentes et des forêts ainsi que de l'artificialisation des terres, le secteur AFOLU est source de 24 % des émissions anthropiques de GES⁹.

Les sols et la végétation, grâce à l'énergie solaire, séquestrent en moyenne sur la période 2007-2016 un flux de 3 (± 0,8) GtC (milliards de tonnes de carbone) chaque année, capté à partir du dioxyde de carbone de l'air. Toutefois, cette activité de puits de carbone est réduite par les émissions anthropiques liées à l'usage des terres s'élevant à 1,3 (± 0,7) GtC dans le secteur AFOLU provenant principalement des déforestations et changement d'usage des sols¹⁰. Le puits résiduel, de l'ordre de 1,7 GtC/an (avec de fortes incertitudes) est largement débordé par les émissions liées à l'agriculture et l'élevage.

La comparaison des stocks et des flux de carbone entre compartiments révèle toutefois certains potentiels. Après les océans, les sols constituent le second réservoir avec 1 500 à 2 400 milliards de tonnes de carbone. Avant même les réserves fossiles, ils contiennent 3 à 5 fois le carbone compris dans la végétation ou dans l'atmosphère sous forme de gaz carbonique. Des considérations plus précises, mais débouchant sur les mêmes ordres de grandeur ont présidé à l'initiative 4 %¹¹ lancée par le ministre de l'Agriculture, Stéphane Le Foll, lors de la préparation de la COP 21 : un taux de croissance annuel du stock de carbone dans les sols de 0,4 %, soit 4 ‰ par an, permettrait de stopper l'augmentation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère liée aux activités humaines.

⁸ Ce schéma est tiré du cinquième rapport d'évaluation du GIEC, groupe de travail n° 1 (AR5-WG1), [Fig6-01- ><http://www.ipcc.ch/report/graphics/images/Assessment%20Reports/AR5%20-%20WG1/Chapter%2006/Fig6-01.jpg>]

⁹ GIEC, rapport d'évaluation du groupe 3 (WGIIIAR5_SPM_TS_Volume.pdf), p. 9.

¹⁰ Voir : *Global Carbon Project* (Le Quéré et al 2017).

¹¹ Voir le site Internet : <https://www.4p1000.org/fr>

Il s'agit d'une des pistes pour réduire les émissions de GES du secteur des terres et augmenter la séquestration du carbone auquel il pourrait contribuer.

Et pour l'Europe et la France ?

En juillet 2013, l'INRA a rendu publique une étude sur "*Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ?*"¹²

En février 2015, dans la perspective de la COP 21, le Conseil général de l'agriculture de l'alimentation et des espaces ruraux (CGAAER) a élargi le champ de l'examen à la forêt et à l'alimentation¹³. Parmi les leviers et potentiels d'atténuation du secteur des terres en France, il inclut notamment les réductions d'émissions qui peuvent résulter de la substitution de matériaux dont la production est cause importante d'émissions par des matériaux issus de produits forestiers, et qui, en outre, vont assurer une séquestration du carbone dans la durée. L'exemple le plus emblématique est l'utilisation accrue du bois dans le bâtiment.

The Shift Project¹⁴ a publié un Manifeste pour décarboner l'Europe¹⁵ au printemps 2017. Il l'a assorti de 9 propositions pour que l'Europe change d'ère. Deux concernent l'une l'agriculture et l'alimentation, une autre la forêt. La piste ajoutée par cette approche est de prendre en compte une évolution des modes alimentaires. Compte tenu du poids de l'élevage dans les émissions directes et indirectes de GES et des recommandations sanitaires et nutritionnelles concernant la consommation de produits animaux, il apparaît raisonnable de vouloir prolonger les tendances actuelles d'une réduction de près de 2 % par an de la consommation de produits animaux, dans le régime alimentaire des consommateurs européens. Il est alors possible d'envisager des productions de qualité qui valorisent les pâturages et utilisent moins les récoltes des grandes cultures (blé, maïs, orge, notamment).

Une esquisse des estimations des potentiels d'atténuation qui pourraient provenir du secteur des terres a été tentée à partir de ces diverses approches.¹⁶

Pour la France, l'estimation se situe entre 50 et 76 millions de tonnes d'équivalent CO₂ par an à l'horizon 2030, soit 1/3 à 1/2 de l'objectif national d'atténuation à cette échéance. Pour l'Europe et à l'horizon 2050, les seules réductions des gaspillages alimentaires et de consommation de produits animaux pourraient générer un total de 230 à 310 millions de tonnes d'équivalent CO₂ par an, soit 7 à 10 % de l'effort restant pour une division des émissions de l'UE par 4.

Les chiffres du GIEC permettent en outre une estimation mondiale à l'horizon 2050 de 8 000 à 19 000 millions de tonnes d'équivalent CO₂ par an, soit les 2/3 et plus que le solde des émissions anthropiques net des puits océaniques et terrestres actuels. De tels volumes peuvent paraître modestes aujourd'hui. Toutefois, ils constitueraient un apport essentiel dans l'espoir des objectifs de l'Accord de Paris.

Ce qu'il faut retenir :

L'origine anthropique des récents changements climatiques est solidement étayé.

Le rôle de la végétation sur le taux de dioxyde de carbone atmosphérique est lui aussi connu de longue date.

Le secteur des terres, avec notamment l'agriculture, la forêt et les espaces naturels, de puits est devenu source de carbone.

Des pistes existent pour inverser cette évolution récente et permettre à ce secteur une contribution substantielle à l'atténuation des causes du réchauffement climatique

¹² *Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ?* : <http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Etudes/Toutes-les-actualites/Etude-Reduction-des-GES-en-agriculture>

¹³ Les contributions possibles de l'agriculture et de la forêt à la lutte contre le changement climatique, CGAAER, février 2015.

¹⁴ The Shift Project est une ONG environnementale orientée vers la décarbonation de l'économie : <https://theshiftproject.org>

¹⁵ Le Manifeste pour décarboner l'Europe et les 9 propositions pour que l'Europe change d'ère : <http://decarbonizeurope.org>

¹⁶ Pour l'ensemble des chiffres, voir Sentiers *L'intelligence du vivant pour le climat*, et en particulier l'esquisse d'une estimation : <http://sentiers.eu/saj/marcher-avec/article/l-intelligence-du-vivant-pour-le-climat#estimation>