Committee For A Constructive Tomorrow • 1875 Eye Street NW • 5th Floor • Washington, DC 20006

Le dioxyde de carbone : le gaz de la vie

De minuscules quantités de cette miraculeuse molécule rendent possible la vie sur Terre

Rapport spécial pour le Committee For A Constructive Tomorrow

Par Paul Driessen



PROMOUVOIR LA VIE • ENCOURAGER LE PROGRÈS • PROTÉGER LA TERRE • ÉDUQUER

Le dioxyde de carbone : le gaz de la vie

De minuscules quantités de cette miraculeuse molécule rendent possible la vie sur Terre

Par Paul Driessen

Publié par le Committee For A Constructive Tomorrow
1875 Eye Street NW, 5th Floor
Washington, DC 20006 (202)
429-2737 www.cfact.org

Copyright © 2013 par le Committee For A Constructive Tomorrow

SOMMAIRE

Introduction 1

Sources de dioxyde de carbone 3

Améliorer nos disponibilités alimentaires 5

Des études en situation réelle confirment les résultats en serres des chercheurs 8

En quoi l'augmentation du CO_2 est-elle un atout pour les plantes ? 9

Que se passe-t-il dans les plantes lorsque les niveaux de CO_2 augmentent ? 10

Comment y parviennent-elles ? La physiologie de l'enrichissement en CO_2 11

Explications plus « poussées » 13

Conclusion 15

Sources 16

Comité de lecture 17

À propos de l'auteur 18

À propos du CFACT 19

INTRODUCTION

Il n'y a pas si longtemps, une infection due à une plaie, à l'extraction d'une dent ou à une intoxication alimentaire se soldait souvent par une longue agonie, et dans le moins pire des cas, on pratiquait l'amputation du membre atteint. Par ailleurs, avant l'apparition de l'éther et autres anesthésiants, les seuls remèdes contre la douleur étaient une bonne rasade de whiskey ou un morceau de cuir entre les dents. La découverte de la pénicilline et des autres antibiotiques a sauvé des millions et des millions de vies.

Le vaccin de Salk a permis d'éradiquer la polio dans la plupart des pays développés, et avec ses travaux novateurs, Edward Jenner a été le précurseur de grandes avancées dans le domaine médical grâce auxquelles la variole a pu être éliminée partout dans le monde. Aujourd'hui, avec les médicaments à base d'artémisinine, on peut empêcher que des millions de personnes ne meurent dans d'atroces souffrances, ne soient victimes de dommages cérébraux et ne succombent à la malaria.

Il est tout à fait prodigieux de voir comme de si petites doses de ces médicaments sont capables de combattre des infections mortelles, de soulager la douleur ou de protéger les populations contre des maladies qui ont autrefois décimé des familles, des communautés et des nations entières. De manière similaire, de minuscules quantités de vitamines, de minéraux et d'oligoéléments (comme le sélénium) dans notre organisme permettent à notre cerveau et à notre métabolisme de fonctionner normalement, ou de nous protéger contre les maladies, les allergènes ou les contaminants que les volcans, les cheminées océaniques, l'érosion des roches et les incendies de forêts libèrent dans l'air et dans l'eau depuis la formation de la Terre.

De la même manière, à l'échelle de la planète, le dioxyde de carbone (CO_2) est véritablement une molécule miraculeuse pour les plantes.

En unités de volume, on exprime souvent sa concentration en parties par million : 400 ppmv, ou simplement 400 ppm. Il s'agit de la quantité presque infinitésimale de dioxyde de carbone aujourd'hui présente dans notre atmosphère.



Encore plus étonnant, *400 ppm* représentent une augmentation d'environ 120 ppm depuis 1800, à l'époque où de nombreux scientifiques disaient que les plantes manquaient de dioxyde de carbone. C'est au moment où notre planète a commencé à sortir de l'âge de glace qui avait refroidi la Terre et forcé les colonisateurs Vikings à quitter le Groenland. À mesure qu'ils se réchauffaient, les océans commençaient à libérer une partie du dioxyde de carbone que leurs eaux contenaient, à l'image des bulles de CO_2 qui s'échappent d'une bouteille de bière ou de soda chaude. Au même moment, avec la Révolution industrielle et la croissance des populations, on a commencé à brûler plus de bois et de combustibles fossiles, augmentant ainsi davantage la quantité de CO_2 dans l'atmosphère.

Petit à petit, les concentrations atmosphériques en dioxyde de carbone ont atteint les quantités que nous connaissons aujourd'hui.

Autrement dit, le dioxyde de carbone représente maintenant 400 molécules pour chaque million de molécules de gaz dans l'atmosphère terrestre. Les autres principaux composants sont l'azote à 78,08% (780 800 ppm), l'oxygène à 20,95% (209 500 ppm), l'argon à 0,93% (9 300 ppm) et la vapeur d'eau à 0,25% (2 500 ppm en moyenne à l'échelle mondiale, bien que la concentration en vapeur d'eau varie entre 10 ppm dans les zones les plus froides de l'Arctique et de l'Antarctique, et 5% soit 5 000 ppm dans les masses d'air chaudes et humides).

En langage plus simple, les 400 ppm de dioxyde de carbone aujourd'hui présents dans notre atmosphère terrestre représentent 0,04%, soit l'équivalent de 40 cents sur 1000 dollars, ou de 4 centimètres sur un terrain de foot de 100 mètres. Il s'agit d'une quantité infime. (La concentration d'oxygène dans l'atmosphère équivaut à 21 mètres sur un terrain de foot.) Et l'augmentation de 120 ppm entre 1800 et 2013 équivaut à 12 cents sur 1000 $, ou à 1,2 cm sur un terrain de foot.

Toutefois, il existe un proverbe arabe qui dit qu'il ne faut pas juger le grain de poivre d'après sa petite taille. Et en effet, cette infinitésimale quantité de CO_2 possède un pouvoir extraordinaire puisqu'elle rend possible la vie sur Terre, y compris la nôtre. Le dioxyde de carbone est véritablement le « gaz de la vie », une molécule miraculeuse.

Si on éliminait le CO_2, les plantes se dessécheraient et mourraient, ainsi que les algues et le phytoplancton des lacs et des océans, les graminées, les laminaires et autres plantes aquatiques. Puis, la vie animale et la vie humaine s'éteindrait. Même une réduction trop importante des niveaux de dioxyde de carbone, en les ramenant aux niveaux préindustriels par exemple, aurait de terribles conséquences sur les cultures, les autres plantes, les animaux et les hommes. Et revenir aux niveaux de l'âge de glace serait catastrophique.

À l'inverse, plus il y a de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, plus il est absorbé par les plantes, ce qui les aide à pousser plus vite et mieux et ce, même dans certaines conditions difficiles comme dans les zones où l'eau manque, où les températures de l'air sont élevées, ou qui sont infestées d'insectes et autres nuisibles.

Par ailleurs, si les arbres, graminées, algues et cultures poussent plus vite, plus sainement et deviennent plus résistants, alors les animaux et les hommes profitent d'une meilleure nutrition sur une planète de plus en plus verte.

En effet, le CO_2 est plus qu'un simple engrais pour les plantes, aussi important que soit ce rôle. Le CO_2 aide également à *lutter contre pollution*. Le gaz de la vie – cette molécule miraculeuse – ne permet pas seulement aux plantes terrestres et aquatiques de pousser et se développer. Il ne rend pas seulement la vie possible sur Terre, et n'*améliore* pas seulement notre santé, notre bien-être et la qualité de notre environnement.

Le dioxyde de carbone *réduit les effets nocifs des polluants* comme l'ozone et les oxydes d'azote dans l'air, ou trop d'engrais azotés dans le sol. Il aide les plantes à survivre dans ces environnements, et même à y prospérer, et grâce à lui, elles sont plus utiles à la faune sauvage et aux hommes. Et surtout, une plus grande quantité de CO_2 dans l'air permet aux plantes de survivre à une exposition prolongée à de fortes températures, aux sécheresses et aux inondations qui, sans cette quantité de CO_2, leur auraient été fatales.

SOURCES DE DIOXYDE DE CARBONE



Le dioxyde de carbone a plusieurs sources dont le bois, l'herbe et le fumier brûlés par les familles pauvres du monde entier (ci-dessus) ; les processus de fermentation du pain et de la bière (ci-dessous et page suivante) ; des sources naturelles telles que les animaux, les volcans et les cheminées océaniques ; et bien d'autres encore.





D'où vient ce gaz miraculeux et fortifiant qu'est le dioxyde de carbone ?

L'une des sources évidentes sont les combustibles fossiles : pétrole, gaz naturel, essence, diesel et charbon. En effet, toute matière organique libère du dioxyde de carbone en brûlant : par exemple les herbes, le bois et le fumier brûlés pour le chauffage et la cuisson des aliments par des millions de familles pauvres à travers le monde ; ou encore les feux de forêts et d'herbes et les incendies d'habitations et de bâtiments. Les biocarburants, comme les mélanges d'éthanol et de carburant E10, libèrent également du CO_2 lorsque nous les utilisons dans nos voitures et nos camions, que ces carburants soient dérivés de maïs, d'algues, de panic érigé ou d'huile de palme.

(Il ne faut pas confondre le dioxyde de carbone avec le monoxyde de carbone ou CO, qui est un autre sous-produit inodore de la combustion, extrêmement toxique pour les hommes et les animaux. C'est à cause du monoxyde de carbone, et non du dioxyde de carbone ou CO_2, que l'on doit correctement aérer l'intérieur des bâtiments afin d'éviter que leurs occupants ne soient tués par les émissions de gaz des cheminées et des chaudières.

Comme nous l'avons tous appris à l'école, les plantes absorbent le dioxyde de carbone lors de la photosynthèse, utilisant la lumière du soleil ou la lumière artificielle comme source d'énergie, pour convertir le CO_2 et l'eau en sucres, cellulose et autres hydrates de carbone, et libèrent de l'oxygène comme « déchet ». (Comme quoi, il existe des déchets fort utiles !) Mais lorsque les plantes meurent et se décomposent, elles *rejettent* du dioxyde de carbone dans l'atmosphère. (Tout comme les animaux morts.)

En effet, les mesures réalisées à l'observatoire de Mauna Loa, à Hawaii, indiquent que les niveaux de CO_2 dans l'atmosphère varient avec les saisons : ils diminuent lorsque les plantes absorbent le gaz pendant la saison de croissance et ils augmentent lorsque leur nouveau feuillage meurt et se décompose en automne et en hiver.

La bière, le champagne et les sodas (ainsi que la pâte à pain, à pizza, à beignets et à gâteau) libèrent du dioxyde de carbone au cours de leur processus de fermentation. Les sources minérales naturelles, comme la source exploitée par Perrier en France, contribuent également aux concentrations de CO_2 dans l'atmosphère. Évidemment, les poissons, les requins et les

baleines, les chiens et chats, les lions, les tigres et les ours, les éléphants, les hommes, les insectes, et tous les autres animaux expirent du dioxyde de carbone lorsqu'ils respirent.

Les volcans et les cheminées océaniques rejettent également d'énormes quantités de dioxyde de carbone. En effet, ce sont eux les sources originelles du CO_2 qui a permis à la vie d'apparaître sur la Terre. Les changements périodiques des courants océaniques au sud du Pacifique, aussi appelés El Niño et La Niña, affectent également les niveaux de dioxyde de carbone. El Niño réchauffe les eaux qui, par conséquent, *libèrent* de très grandes quantités de CO_2 dans l'atmosphère. Les phénomènes de La Niña refroidissent les eaux qui absorbent plus de CO_2, ce qui stimule la croissance des algues océaniques.

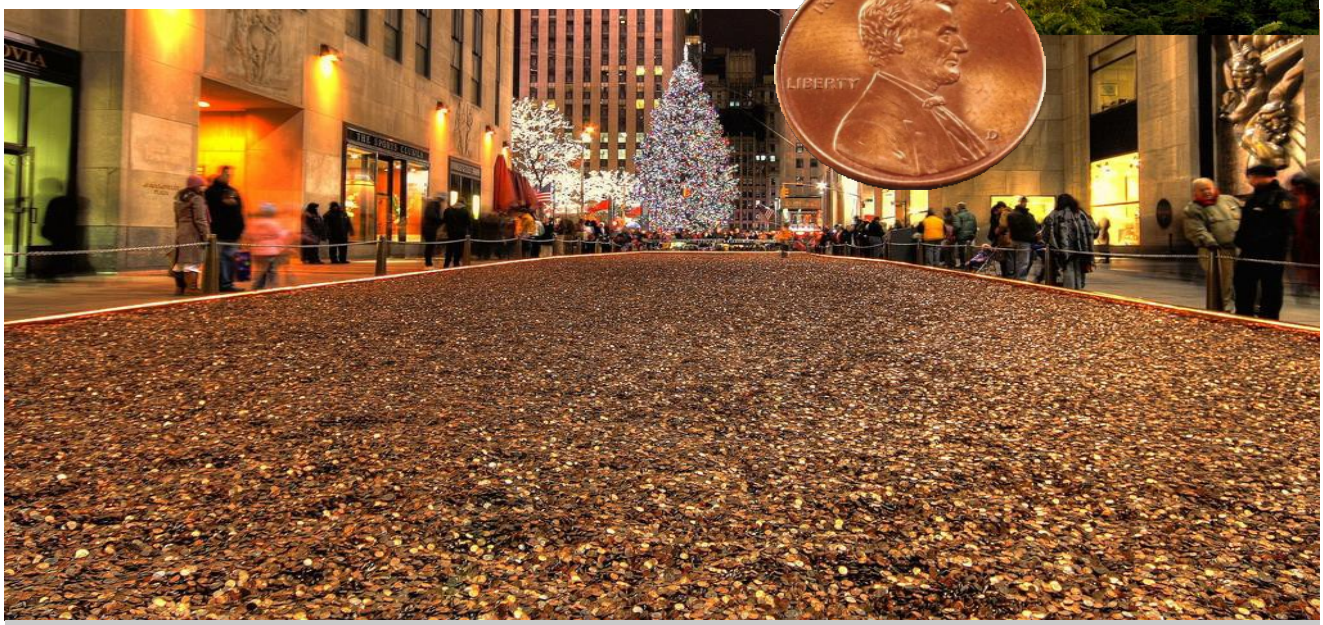


Toutes les activités humaines confondues rejettent environ 70 millions de tonnes de dioxyde de carbone dans l'atmosphère chaque jour. Cela semble beaucoup, mais c'est en réalité insignifiant.



L'atmosphère totale de la Terre pèse environ 5,7 billiards de tonnes, la contribution humaine quotidienne en émission de CO_2 équivaut donc à environ un cent sur 1 million de dollars.

Toutefois, comme nous le verrons plus tard, toutes ces sources combinées font de véritables miracles pour notre planète.



Le Penny Harvest Field au Rockefeller Center constitué d'un million de dollars en pièces d'un penny. Les 600 000 livres de pennies ont été déversés sur une surface de 50 x 9 m. La contribution humaine quotidienne en émission de CO_2 équivaut environ à une pièce de plus sur cette étendue.

AMÉLIORER NOS DISPONIBILITÉS ALIMENTAIRES

Aujourd'hui, la population mondiale compte plus de sept milliards d'habitants. Les démographes estiment que ce nombre atteindra les neuf milliards voire plus d'ici 2050, dont la majorité vivra dans les pays en voie de développement. Pratiquement deux milliards luttent pour survivre avec moins de deux dollars par personne et par jour.

Plus d'un milliard de personnes sont mal nourries, leurs régimes étant trop faibles en protéines et en énergie, plus encore souffrent de carences en micronutriments et nombreux sont ceux qui vivent au bord de la famine, principalement en Afrique. En raison des inondations, sécheresses et infestations d'insectes à répétition, il est difficile d'augmenter les cultures dans bon nombre de ces pays, tout comme ça l'a toujours dans l'histoire de l'homme.

Et pour ne rien arranger, la demande mondiale en semences pourrait doubler au cours des prochaines décennies. En effet, le revenu réel par habitant étant en augmentation, plus de gens souhaitent manger mieux, et ces régimes améliorés se traduisent par de plus grandes quantités de bétails, volailles et poissons élevées dans des fermes et nourris aux grains.

Il y a presque deux décennies, le scientifique environnemental Paul Waggoner a publié un essai : « Combien de terre dix milliards d'êtres humains peuvent-ils laisser à la nature ? » Son article soulignait la tension déjà croissante entre le besoin d'utiliser la terre pour nourrir les hommes et la nécessité de laisser la terre à son état naturel pour les plantes, les poissons et la faune sauvage. Avec la croissance démographique, les populations ont utilisé presque toutes les meilleures terres cultivables et ont commencé à empiéter de manière significative sur les autres terres cultivables alors qu'elles devraient être préservées comme habitat pour les plantes et animaux sauvages.

C'est la manière dont l'humanité va parvenir à gérer cette production agricole croissante avec les mêmes superficies de terres, voire moins, qui va faire la différence entre une suffisance alimentaire mondiale et une famine endémique (et entre la survie et l'extinction de nombreuses espèces végétales et animales).

Autrefois, on se contentait de cultiver plus de terres, d'élever plus de bétail, de cochons et de poulets sur plus de terres, et d'exploiter plus de ressources halieutiques. Aujourd'hui, cependant, ces options sont de plus en plus limitées car la plupart de ces ressources sont déjà utilisées. Cela signifie que, pour nous nourrir, nous allons devoir produire plus de nourriture avec les mêmes superficies de terres et quantités d'eau, tout en préservant les habitats de la faune sauvage et la biodiversité. En effet, nous avons une obligation morale, en tant qu'intendants responsables de notre planète et de ses ressources, à la fois pour assurer de meilleurs apports nutritifs pour nos semblables et pour éviter de voir d'autres espèces végétales et animales disparaître.

Et pour compliquer encore plus les choses, les pays développés convertissent davantage de terres cultivables en forêts et autres zones naturelles. Ce qui signifie que les pays *en voie de développement* vont devoir compter encore plus sur eux-mêmes pour nourrir leurs propres populations, en cultivant de plus grandes quantités d'aliments nutritifs, tout en préservant ce qu'il reste de forêts tropicales et tempérées, de savanes et de prairies où vivent tant de plantes et d'animaux uniques, y compris les espèces de la faune sauvage africaine et asiatique.

Les méthodes agricoles modernes (matériel mécanisé, semences hybrides, engrais synthétiques, insecticides, méthodes d'irrigation améliorée et autres avancées technologiques) ont considérablement augmenté le rendement entre 1933 et 2000. La biotechnologie végétale (maïs, soja, coton, colza et autres cultures génétiquement modifiés) a permis aux agriculteurs de réduire sensiblement l'utilisation d'insecticides, de produire des variétés résistantes à la sécheresse et

de basculer vers des méthodes sans labour qui préservent les structures et les organismes du sol, tout en limitant l'érosion et l'utilisation d'eau. La biotechnologie permet également aux agriculteurs d'augmenter encore plus leur rendement : par acre, par unité d'engrais appliquée et par litre d'eau utilisé (eau de pluie ou irrigation). Les serres chaudes pour la culture des tomates et autres cultures de spécialité rapportent aussi énormément dans de nombreux pays développés.

Un grand nombre de ces technologies doivent encore arriver jusqu'aux agriculteurs des pays pauvres, mais les tendances globalement positives ont pour conséquence que les familles les plus démunies dans le monde bénéficient de meilleurs revenus, d'un meilleur niveau de vie et d'une meilleure nutrition. Cette modernisation favorise également la faune sauvage et l'environnement, car tout ce qui améliore le rendement des cultures réduit aussi la quantité de terres cultivées, et augmente la superficie qu'il est possible de laisser ou de rétablir comme habitat pour la faune sauvage.

Moins d'eau nécessaire à l'agriculture signifie plus d'eau pour la faune sauvage et pour les besoins urbains grandissants. Tout cela bénéficie grandement à la biodiversité et à l'agriculture durable.

D'autre part, avec l'intérêt croissant pour les biocarburants, des millions d'acres de terres cultivables sont utilisées à d'autres fins que la culture vivrière, des millions d'acres de forêts tropicales et autres habitats de la faune sauvage sont labourés, et des milliards de litres d'eau sont utilisés pour produire de l'huile de maïs, de jatropha, de palme, entre autres, pour la production de biocarburants.

Et cette tendance se poursuit malgré le succès des nouvelles techniques de prospection sismique, de forage, de fracturation hydraulique et autres technologies pour extraire et produire de nouvelles et énormes réserves de pétrole et de gaz naturel. Ces découvertes démontrent que nous ne sommes *pas* en pénurie de combustibles fossiles et que nous pourrions moins mettre l'accent sur les biocarburants, laissant ainsi davantage de terres et d'eau disponibles pour la production de nourriture et la préservation de la faune sauvage.

Le fait que les États-Unis et d'autres pays souhaitent encore augmenter le production de biocarburants, alors que tant de gens sont mal nourris et meurent de faim, explique pourquoi il est si important d'augmenter le rendement des cultures.

L'un des moyens permettant de booster la production des cultures sur les terres cultivables du monde entier consiste à réduire les contraintes réglementaires, financières et autres afin d'aider les agricultures les plus pauvres à acquérir des technologies agricoles modernes qui pourraient doubler, tripler voire quadrupler leur rendement, tout comme l'ont fait les États-Unis.

Une autre solution consisterait à laisser les niveaux atmosphériques de dioxyde de carbone augmenter, car, espérons-le, ils vont continuer à augmenter. L'impact sur les cultures et autres plantes sera très probablement stupéfiant. CO_2 est véritablement une arme secrète, une molécule miraculeuse, dans la guerre que nous menons contre la faim et la pauvreté dans le monde (et l'extinction des espèces).

L'enrichissement de l'atmosphère terrestre en dioxyde de carbone augmentera les rendements dans le monde entier et grâce à lui, plus de gens auront accès à de plus grandes quantités de nourriture plus nutritive, tout en améliorant leur qualité de vie et en réduisant l'impact sur la faune sauvage et l'environnement.

Les cultivateurs savent depuis longtemps qu'augmenter les niveaux de CO_2 dans les serres permet d'améliorer considérablement la croissance des plantes, surtout lorsque les températures intérieures sont également élevées. Cette méthode permet d'augmenter la productivité en aliments végétaux les plus basiques (dioxyde de carbone) et d'obtenir des plantes qui utilisent l'eau et les nutriments de manière plus efficace.

Les scientifiques ont en effet démontré qu'une augmentation de 300 ppm de la concentration en CO_2 dans l'air améliore la productivité des plantes herbacées de *30 à 50%*, et des plantes ligneuses de *50 à 80%*.

Des chercheurs indiens ont découvert que les lentilles, pois, haricots et autres légumes cultivés avec un air contenant 700 ppm de CO2 voyaient leur biomasse totale augmenter de 91 %, le rendement de leurs parties comestibles de 150% et le rendement de leur fourrage de 67%, comparé aux cultures similaires cultivées avec un air à 370 ppm de CO2. Cette augmentation provient de la stimulation de la fixation de l'azote dans les légumes, ce qui les aide à créer des relations symbiotiques plus fortes avec les bactéries du sol fixatrices d'azote, favorisant ainsi davantage la photosynthèse.

Des scientifiques chinois ont calculé que le riz cultivé à 600 ppm de CO_2 voyait son rendement en grains augmenter de 28% avec peu d'engrais azoté utilisé, et de 32% avec plus d'engrais azoté.

Les chercheurs du Ministère américain de l'agriculture ont découvert que la canne à sucre cultivée dans des serres à la lumière du soleil, à 720 ppm de CO_2 et à 6°C, soit à un taux plus élevé que l'air ambiant extérieur, produisait un volume de sève 124% supérieur au volume d'une canne à sucre cultivée à température ambiante et à 360 ppm de CO_2. Ils en ont conclu que la canne à sucre cultivée à des températures et des niveaux de dioxyde de carbone plus élevés utilise moins d'eau, l'utilise plus efficacement, gère mieux les conditions de sécheresse et produit plus de saccharose.

Des résultats similaires ont été observés avec pratiquement toutes les cultures testées. Des niveaux de dioxyde de carbone plus élevés favorisent la croissance et le rendement des cultures de manière considérable, surtout à des températures de quelques degrés supérieures à la température extérieure ambiante.

Les cultures non vivrières comme le coton se portent bien mieux avec des niveaux de dioxyde de carbone plus élevés. Une étude a été réalisée au centre Envirotron de l'Université de Géorgie, dans plusieurs serres spécialisées capables d'ajuster la température, les niveaux de dioxyde de carbone et autres paramètres environnementaux. L'objectif était d'analyser la croissance des plantes, les interactions entre les plantes et diverses contraintes environnementales, ainsi que les paramètres économiques agricoles dans différentes conditions écologiques. Les chercheurs ont placé des plants de coton dans des chambres maintenues à six combinaisons de deux régimes de température de l'air pour le jour et la nuit (25°C le jour et 15°C la nuit, et 35°C le jour et 25°C la nuit) et trois concentrations en CO2 dans l'atmosphère (400, 600 et 800 parties par million).

Au moment de la récolte, le poids final des capsules de coton était 1,6 fois plus important à 600 ppm comparé à 400 ppm, et 6,3 fois plus important à 800 ppm comparé à 400 ppm, aux températures les plus basses. Et cette différence était encore plus prononcée à des températures diurnes/nocturnes plus élevées : le poids final des capsules était 23 fois plus important à 600 ppm et 34 fois plus important à 800 ppm, comparé aux niveaux de CO_2 ambiants (400 ppm).

Une autre étude Envirotron consistait à examiner des pins taeda, l'un des arbres les plus répandus au sud-est des États-Unis. Les températures supérieures à la normale n'avaient aucun effet sur les taux d'assimilation des nutriments, probablement parce que les arbres poussent tout aussi bien à 20 qu'à 35°C. L'effet du CO_2 s'est cependant avéré primordial. L'accessibilité aux nutriments à 700 ppm était 79% plus élevée qu'à 400 ppm avec peu d'eau, et 43% plus élevée avec beaucoup d'eau. Cela indique que les pins taeda se porteraient très bien, même en période de sécheresse, si les niveaux de dioxyde de carbone étaient suffisamment élevés.

Mais à l'inverse des sécheresses, il y a les inondations, impliquant généralement la complète immersion des plantes dans l'eau, ce qui leur est bien souvent fatal. Toutefois, des chercheurs ont découvert que certaines espèces d'arbres et de riz qu'ils ont étudiées étaient capables de survivre,

voire de continuer à pousser, dans des conditions d'immersion prolongée, par exemple suite à une inondation, si l'air comportait des niveaux de dioxyde de carbone élevés.

D'autres études ont montré que des cultures et autres espèces végétales utiles résistent mieux que les mauvaises herbes lorsque la concentration en CO_2 est plus élevée. Il semble que, dans ces conditions améliorées, les mauvaises herbes sont moins enclines à envahir les jardins tandis que les principales espèces se développent et deviennent robustes.

Évidemment, toutes les cultures ne peuvent être cultivées en serres, à des niveaux de CO_2 doublés et à des températures augmentées à des valeurs optimales. Par ailleurs, les agriculteurs les plus pauvres des pays en voie de développement n'ont pas les moyens d'acquérir des serres.

Des études en situation réelle confirment les résultats en serres des chercheurs

Cependant, des études sur la croissance de forêts naturelles et de cultures durant les récentes périodes d'augmentation des niveaux atmosphériques de dioxyde de carbone (entre 1950 et 2010) ont démontré des améliorations similaires dans des conditions « réelles ».

- Les jeunes arbres dans le Wisconsin et le Minnesota poussaient plus vite ces dernières années qu'ils ne le faisaient il y a plusieurs décennies. Tandis que les concentrations en dioxyde de carbone dans l'atmosphère sont passées de 316 ppm en 1958 (à l'époque où les scientifiques ont commencé à mesurer les niveaux de CO_2) à 376 ppm en 2003, la croissance des arbres âgés de 11 à 20 ans a augmenté de 60%, et leur diamètre de presque 53%. (Et cela ne concerne qu'une augmentation de 60 ppm en dioxyde de carbone, soit 6 cents sur 1000 $. Imaginez ce que pourrait donner une augmentation de 100 ou 200 ppm !)

- Une analyse de pins sylvestres en Catalogne, en Espagne, a montré que le diamètre et la superficie transversale des arbres ont augmenté de 84% entre 1900 et 2000. Les chercheurs en ont conclu que cela était lié à l'effet de fertilisation due à l'augmentation des niveaux de dioxyde de carbone, combinée à une augmentation de la température de 0,19°C par décennie en moyenne sur toute la région étudiée durant la première moitié du siècle.

- Les scientifiques de l'université du Minnesota ont découvert que la vitesse de croissance des plantes était de moins en moins sensible à la sécheresse à mesure que les concentrations en dioxyde de carbone augmentaient. Ils ont comparé la croissance des arbres et d'autres plantes durant la première moitié du vingtième siècle (ce qui inclut les terribles années du Dust Bowl, une série de tempêtes de poussières qui a touché les États-Unis et le Canada dans les années 1930), où les niveaux de CO_2 n'ont augmenté que de 10 ppm, jusqu'à la période 1950-2000, où les niveaux de CO_2 ont augmenté de 57 ppm. Ils sont arrivés à la conclusion que la baisse de sensibilité à la sécheresse améliorait le taux de survie des plantes de presque 50%.

- En Suisse, des chercheurs ont étudié plusieurs espèces de plantes alpines de haute altitude que l'on pensait particulièrement sensibles à l'augmentation des températures. Ils ont découvert que, en raison des niveaux de CO2 croissants, « les plantes alpines prolifèrent, la biodiversité augmente et l'environnement montagnard semble plus productif et accueillant que jamais. » Un scientifique a déclaré qu'« aucune espèce végétale alpine ne s'est éteinte » et que, dans les années à venir, les régions alpines pourraient « être favorables à une mosaïque jusque-là jamais vue d'espèces végétales florissantes et luxuriantes qui existaient au début de l'Holocène. »

D'autres chercheurs ont exploité des données historiques réelles concernant l'utilisation de la terre, la concentration atmosphérique en CO2, la fixation de l'azote, la fertilisation, les niveaux d'ozone, les précipitations et le climat, combinées à leurs connaissances de la physiologie et de la croissance des plantes, afin de développer un modèle informatique qui simule la réponse des plantes en termes

EN QUOI L'AUGMENTATION DU CO_2 EST-ELLE UN ATOUT POUR LES PLANTES ?

Conséquences de l'augmentation des quantités de CO_2 dans l'atmosphère terrestre et dans l'air des serres :

1. Augmentation de la productivité en aliments végétaux les plus basiques (dioxyde de carbone)
2. Meilleure fixation de l'azote et amélioration de la photosynthèse
3. Augmentation des « composés organiques volatils biogéniques » inactifs, stimulant ainsi la photosynthèse
4. Stimulation de la division cellulaire des plantes, de la synthèse des protéines, de la productivité et de la croissance globale des plantes
5. Réduction de la taille des stomates, donc diminution du nombre de molécules d'eau s'échappant et moins de moins de stress sur les plantes
6. Augmentation des molécules de carbone gagnées dans le tissu végétal par unité d'eau perdue par le phénomène de transpiration
7. Augmentation du nombre, de la superficie et de la biomasse des racines latérales et des radicelles
8. Meilleure absorption de l'eau et des nutriments du sol en plus grande quantité
9. Amélioration de la qualité et de la stabilité globales du sol, en augmentant le nombre d'organismes utiles dans le sol
10. Augmentation de la capacité des plantes à utiliser les nutriments du sol et l'engrais via leurs racines
11. Protection contre la pollution, la chaleur et la sécheresse
12. Meilleure résistance aux maladies, virus, agents pathogènes et insectes
13. Meilleure récupération suite à des stress dus à des conditions de sécheresse prolongée
14. Augmentation de la portée des plantes et de leur couverture du sol, réduisant ainsi l'érosion du sol
15. Meilleure résistance des cultures et autres espèces végétales utiles face à l'invasion des mauvaises herbes
16. Augmentation de la densité du bois dans les arbres, ce qui donne des troncs et des branches plus solides
17. Planète plus verte et plus accueillante pour la faune sauvage
18. Meilleur rendement des cultures, ce qui réduit le besoin de transformer plus d'habitats en terres cultivables
19. Amélioration de la quantité et de la qualité des acides gras (lipides), pour une meilleure nutrition
20. Augmentation de la quantité et de la biodisponibilité de la vitamine C et des antioxydants dans le tissu végétal
21. Amélioration de la sécurité alimentaire pour des millions de personnes

de croissance pour les prairies, forêts, zones humides et régions agricoles du sud des États-Unis entre 1895 et 2007.

Ils ont constaté que la « productivité primaire nette » s'est améliorée de 27% en moyenne au cours de ces 112 années, la croissance la plus importante ayant eu lieu après 1950, lorsque les niveaux de dioxyde de carbone ont atteint leur pic, allant de 310 ppm en 1950 à 395 ppm en 2007 environ. De plus, ces améliorations ne sont produites malgré l'augmentation des niveaux d'ozone (liée aux voitures et autres sources) qui a nui à la croissance des plantes.

Entre 1961 et 2007, les rendements de maïs aux États-Unis ont augmenté de 240%, allant de 1,6 tonne par acre et par an à 3,8 tonnes par acre et par an. Par ailleurs, certains chercheurs ont prédit que les progrès en agronomie, sélection génétique et biotechnologie conduiront à un rendement moyen de plus de 8,1 tonnes de maïs par acre et par an aux États-Unis en 2030. Des augmentations similaires dans le monde entier seraient une aubaine aussi bien pour les populations que pour la faune sauvage.

Encore plus étonnantes, et plus importantes pour notre planète et ses habitants, sont les dernières découvertes du Dr Waggoner et ses collègues, Jesse Ausubel et Iddo Wernick. Ils ont calculé que, grâce à l'augmentation régulière des rendements agricoles à travers le monde entre 1960 et 2012, l'humanité a pu éviter d'avoir à transformer davantage d'habitat de la faune sauvage à hauteur de *deux fois la superficie de l'Amérique du Sud* !

Cette incroyable hausse de rendement moyen des cultures vivrières et autres est due en grande partie au progrès réalisés dans le domaine des technologies agricoles et d'irrigation, en partie aux agriculteurs du monde entier qui ont accès à ces technologies modernes, et en partie à l'augmentation des niveaux de dioxyde de carbone.

Ces recherches ainsi que de nombreuses autres études viennent confirmer que l'augmentation de l'enrichissement de l'atmosphère terrestre en dioxyde de carbone augmentera non seulement les rendements sur toute la planète mais permettra également à davantage de gens d'accéder à de plus grandes quantités de nourriture plus nutritive, tout en réduisant l'impact sur la faune sauvage et sur la qualité de l'environnement.

(Les volumes de 2009 et 2011 du rapport NIPCC [Nongovernmental International Panel on Climate Change], *Climate Change Reconsidered*, et le site web du Dr Craig Idso CO2science.org résument des centaines d'études similaires sur les cultures, forêts, prairies, régions alpines et déserts enrichis en dioxyde de carbone. La base de données Plant Growth Database du site CO_2 Science permet d'avoir accès à des milliers d'études.[1])

Que se passe-t-il dans les plantes lorsque les niveaux de CO2 augmentent ?

Les plantes vertes utilisent le dioxyde de carbone pour fabriquer de la nourriture pour elles-mêmes (pour se développer, pour survivre et pour se reproduire). Au cours de ce processus, directement ou indirectement, elles fabriquent aussi de la nourriture pour toutes formes de vie, y compris les hommes, soit parce que nous nous nourrissons de ces plantes, soit parce que nous mangeons de la viande, des œufs ou des produits laitiers issus d'animaux qui se sont nourris de ces plantes. Des milliers d'études démontrent que des niveaux atmosphériques de dioxyde de carbone plus élevés améliorent la croissance de toutes les plantes et cultures vivrières, soit directement en les aidant à fabriquer davantage de leurs propres parties comestibles, soit indirectement en les aidant à mieux résister à la sécheresse et à la pollution.

Plus de CO_2 dans l'air signifie de meilleurs taux de photosynthèse et de production de biomasse pour pratiquement tout type de plante et pour chaque partie de la plante : blé et riz, maïs et luzerne, pois et haricots, coton, arbre de toute sorte, canne à sucre, etcétéra ; tiges, branches, racines, semences, fleurs et parties comestibles ; sur chaque continent et dans chaque écosystème, des forêts tempérées aux forêts tropicales, des régions montagneuses aux déserts en passant par les lacs, les rivières et les océans.

Le dioxyde de carbone est l'élément le plus vital et le plus essentiel à la vie des plantes. Plus de CO_2 engendre généralement des fleurs plus nombreuses et plus grandes, une plus grande masse des graines et une germination plus efficace, une meilleure résistance des plantes aux sécheresses, maladies, virus, infections par des pathogènes comme la maladie du mildiou, aux polluants de l'air comme l'ozone et à l'accumulation de sel et d'azote dans les sols. Il améliore la capacité des plantes à utiliser la terre, l'eau, les nutriments du sol et l'engrais.

[1] Voir http://www.co2science.org/data/plant_growth/plantgrowth.php

Un taux élevé de CO2 permet également d'améliorer la quantité et la qualité des chaînes d'acides gras appelées lipides, qui sont vitales pour la santé de presque tous les organismes vivants. Il augmente aussi la quantité et la biodisponibilité de la vitamine C et des antioxydants dans le tissu végétal, améliorant ainsi le caractère nutritif des cultures.

Des niveaux de CO2 plus élevés améliorent la capacité des plantes à utiliser l'eau de manière efficace, en assurant une absorption du carbone par les tissus végétaux plus rapide et plus importante, avec moins de perte d'eau liée à la transpiration. Autrement dit, le carbone gagné dans les tissus végétaux (sous forme de sucres et autres hydrates de carbone, semences, protéines et autres produits) par unité d'eau perdue par la transpiration via les stomates augmente de manière considérable. En effet, l'efficacité d'utilisation de l'eau peut même doubler lorsque le niveau de dioxyde de carbone dans l'air double.

Par conséquent, des niveaux de CO2 plus élevés réduisent la quantité d'eau que les plantes perdent par leurs feuilles, leur permettant ainsi de survivre dans des périodes où l'approvisionnement en eau est limité. Un taux de CO2 supérieur permet de compenser des conditions arides et leur permet de récupérer plus vite après un manque d'eau important dû une sécheresse.

Il protège les racines et le feuillage des plantes contre les agents pathogènes, maladies et insectes qui se nourrissent d'elles, tout en stabilisant les sols et en réduisant l'érosion. Il aide également les plantes à augmenter leur portée et donc la quantité de terre qu'elles couvrent, même dans les déserts.

Des niveaux de CO2 élevés augmentent aussi la densité du bois dans les arbres, améliorant ainsi la solidité et la résistance des branches et des troncs, ce qui leur permet de mieux survivre aux tempêtes et d'optimiser la qualité du bois pour la construction et la fabrication de meubles.

Les avantages de l'augmentation du dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre sont nombreux, de plus en plus évidents et c'est principalement grâce à cette augmentation que notre planète devient de plus en plus verte, mieux capable de nourrir des populations plus affamées, et plus accueillante pour les espèces de la faune sauvage qui, sans ce coup de pouce, seraient chaque jour davantage menacées d'extinction.

Pour résumer, c'est grâce à cette hausse des niveaux de CO2 que nous pouvons augmenter notre production de cultures vivrières, en améliorant la sécurité alimentaire de millions de personnes, sans exploiter plus de terres et d'eau au détriment de la nature et de la faune sauvage.

Comment y parviennent-elles ? La physiologie de l'enrichissement en CO_2

Quelles sont les conséquences et avantages de l'augmentation des niveaux de CO_2 pour les plantes ?

Comme nous l'avons tous appris à l'école, les plantes utilisent l'énergie du soleil pour convertir le CO2 provenant de l'air et de l'eau ainsi que les minéraux du sol en hydrates de carbone et autres molécules qui forment les racines, tiges, feuilles, graines et « fruits ». Cette transformation est possible par l'action catalytique d'une enzyme méconnue et pourtant vitale appelée RuBisCO, la protéine la plus abondante dans les feuilles et probablement sur Terre (à ne pas confondre avec Nabisco).

Cette enzyme joue un rôle clé dans la fixation du carbone, le procédé que les plantes utilisent pour convertir le dioxyde de carbone en glucose et autres hydrates de carbone qui constituent les structures des plantes, depuis les racines et les tiges jusqu'aux feuilles en passant par les fleurs, les graines et les fruits. (RuBisCO est l'acronyme de ribulose-1,5-diphosphate carboxylase/oxygénase.)

Plus de dioxyde de carbone dans l'air permet aux plantes de réduire la taille de leurs stomates, les petits orifices de leurs feuilles permettant d'absorber le dioxyde de carbone. Lorsque le CO2 se fait rare, les ouvertures s'agrandissent afin de trouver et de capturer des quantités suffisantes de ce « gaz vital ». Mais augmenter la taille des stomates a pour conséquence de laisser plus d'eau s'échapper,

et la perte d'eau augmente le stress subi par les plantes, et cela peut même menacer leur croissance, voire leur survie.

Lorsque les niveaux de dioxyde de carbone dans l'air augmentent (jusqu'à 400, 600 ou 800 ppm), les stomates rétrécissent mais absorbent quand même de nombreuses molécules de CO_2. Ils peuvent en effet absorber une quantité de CO_2 telle que les plantes poussent plus vite et mieux, comme nous l'avons vu précédemment. Et les stomates étant plus petits, les plantes perdent moins d'eau par la transpiration et survivent bien mieux à des périodes de sécheresse prolongées.

Les plantes poussant dans une atmosphère riche en dioxyde de carbone continuent de pousser même dans des conditions arides qui, si le taux de CO_2 avait été moins optimal, auraient empêché la photosynthèse et stoppé la croissance des plantes.

Selon l'humidité et la température extérieure, une centaine de molécules d'eau voire plus peuvent *s'échapper* d'une feuille pour chaque molécule de dioxyde de carbone *absorbée*. Et comme toutes les molécules de CO_2 ne sont pas converties en tissu végétal, les plantes doivent absorber plusieurs centaines de grammes d'eau pour produire un gramme de biomasse. C'est la raison pour laquelle l'abondance de dioxyde de carbone dans l'atmosphère est si importante.

Le CO_2 augmente considérablement la biomasse, le nombre et la superficie totale des racines latérales et des radicelles, permettant ainsi aux plantes d'absorber davantage d'eau et de nutriments dans le sol, et de trouver suffisamment de phosphore lorsque cet élément se fait rare. Plus de CO_2 permet également aux champignons radicicoles communs de produire plus de glomaline, une protéine bénéfique qui réduit l'accumulation des toxines dans le sol, tout en augmentant la stabilité globale des particules et autres composants du sol.

De plus grandes quantités de dioxyde de carbone dans l'atmosphère favorisent également la fixation de l'azote dans les plantes, augmentent la quantité de « composés organiques volatils biogéniques » inactifs (provenant notamment des arbres) qui stimulent la photosynthèse. Elles permettent aussi d'intensifier la production de « monoterpènes » qui aident les plantes à endurer de fortes chaleurs ou à se défendre contre des agents pathogènes ou des insectes qui se nourrissent d'elles.



Tous ces processus stimulent considérablement la division cellulaire des plantes, la synthèse de protéines, ainsi que la croissance et la biomasse des tiges, branches, feuilles, fleurs et autres tissus visibles au-dessus du sol. Ils rendent notre planète plus verte, étendent les habitats de la faune sauvage, augmentent la production de nourriture et améliorent la qualité de vie de tous les organismes vivants.

EXPLICATIONS PLUS « POUSSÉES »

Si vous souhaitez avoir des explications plus « poussées » (le terme étant bien choisi dans ce contexte, mais entendez par là plus spécialisées, en des termes plus scientifiques), alors ces courtes explications s'adressent au botaniste qui sommeille en vous. Dans le règne végétal, il existe trois catégories de base : C3, C4 (ou, plus exactement, C3 et C4) et CAM. Elles correspondent aux trois méthodes de transformation du dioxyde de carbone en hydrates de carbones. (Non, C4 n'est pas un explosif.)

Les plantes en C3 convertissent ou « fixent » le dioxyde de carbone provenant directement de l'air en molécules qui sont ensuite transformées en hydrates de carbone (fixation directe du carbone). Environ 85% des espèces végétales, et 95% de la biomasse végétale totale sur Terre, sont des espèces en C3. Exemples : blé, riz, orge, soja, coton, de nombreuses cultures fourragères, cacahuète, haricot et autres légumes, betterave sucrière, épinard, la plupart des arbres et des gazons. Dans ces plantes, la RuBisCO est le catalyseur qui accélère la fixation d'une molécule de CO2 sur une molécule de sucre à cinq carbones, afin de fabriquer deux molécules à trois carbones (c'est-à-dire C3) qui entrent ensuite dans le cycle de Calvin-Benson de la photosynthèse, afin d'être transformées en glucose et autres hydrates de carbone.

Ces plantes ont évolué aux cours du mésozoïque et du paléozoïque, lorsque l'atmosphère terrestre était beaucoup plus riche en dioxyde de carbone qu'aujourd'hui, ce qui suggère que les espèces en C3 sont en réalité sous-alimentées en CO2 si l'on considère leur concept évolutif d'origine. Elles poussent bien là où les niveaux atmosphériques de dioxyde de carbone sont au moins de 200 ppm, où la température et l'intensité lumineuse sont modérées et où les sols sont riches en eau.

Toutefois, pendant les périodes de sécheresse, les stomates des plantes C3 rétrécissent pour limiter la perte d'eau. Cela empêche le dioxyde de carbone d'être absorbé par les feuilles, ce qui réduit la concentration en CO2 dans les feuilles et les chloroplastes des plantes et fait chuter le ratio CO2:O2 (dioxyde de carbone:oxygène). Par conséquent, la RuBisCO réagit avec l'oxygène au lieu du dioxyde de carbone, ce qui conduit à une photorespiration (une série complexe de réactions substituts de l'enzyme qui permet à la plante de continuer à grandir mais de manière beaucoup moins efficace), à une nette perte de carbone et d'azote et à une croissance limitée, voire un flétrissement et la mort de la plante.

Cela illustre encore pourquoi l'abondance de dioxyde de carbone est essentielle à la santé des plantes, à une nourriture plus nutritive et une planète plus prospère.

Les plantes en C4 trouvent leur dioxyde de carbone dans les malates à quatre carbones (sels et esters de l'acide malique, un acide carboxylique fabriqué par tous les organismes vivants et qui contribue à l'agréable goût aigre des fruits), et non directement dans l'air. Ce processus d'extraction du CO2 a lieu dans les chloroplastes de « cellules de la gaine périfasciculaire » spécialisées qui n'existent pas dans les plantes en C3, via d'autres processus chimiques qui nécessitent plus d'énergie, telle que l'énergie solaire plus intense que l'on trouve dans les climats tropicaux. Ces cellules spécialisées utilisent ensuite le CO2 stocké pour produire des hydrates de carbone via les processus en C3 normaux. On pense que les espèces en C4 ont évolué à des époques plus récentes que les plantes en C3.

Le processus en deux étapes de la photosynthèse que l'on retrouve dans les plantes en C4 a pour avantages des quantités de dioxyde de carbone bien plus importantes pour le cycle de Calvin, une utilisation optimale de la RuBisCO, et l'absence d'oxygène qui cause la photorespiration. L'énergie supplémentaire dont les cellules des plantes en C4 ont besoin pour exécuter ce processus en deux étapes explique pourquoi les plantes en C3 sont beaucoup plus performantes que leurs cousines en C4 lorsque l'eau et le dioxyde de carbone abondent. (Cette énergie supplémentaire existe sous forme d'ATP, adénosine triphosphate, la molécule qui stocke l'énergie dont les plantes et les animaux ont besoin pour pratiquement tout faire.)

Moins de 0,5% des espèces végétales connues sont des espèces en C4. Cependant, elles incluent d'importantes cultures vivrières comme le maïs, le sucre de canne, les tomates, le sorgho et le millet, ainsi que des plantes comme le chiendent, la digitaire et les herbes tropicales.

Les plantes CAM tirent leur nom du processus « Crassulacean acid metabolism » (métabolisme acide crassulacéen) de fixation de carbone qui a évolué dans certaines plantes comme moyen de s'adapter à des conditions arides. Dans ces plantes, les stomates des feuilles restent fermés le jour pour limiter la perte d'eau par évapotranspiration, puis s'ouvrent la nuit pour absorber le dioxyde de carbone qu'ils stockent dans les vacuoles (compartiments spéciaux dans les cellules végétales et animales) sous forme de malate (comme les plantes en C4) et l'utilisent lors de la photosynthèse durant la journée.

Ces plantes sont plus répandues dans les déserts et autres environnements où l'eau est rare. Elles incluent les cactus, l'arbre de jade et autres plantes succulentes, l'ananas, la mousse espagnole, les orchidées, certaines fougères et l'agave utilisé pour faire la téquila. Elles représentent environ 10% des espèces végétales. Il est intéressant de noter que dans les plantes en C4 stockant le CO_2 sous forme de malates ou d'acide malique la nuit, leur tissu est plus aigre pendant ces heures-là et devient de plus en plus sucré au cours de la journée, à mesure que l'acide produit son dioxyde de carbone pour la photosynthèse.

D'autres plantes se situent entre la catégorie C3 et la catégorie C4, avec des caractéristiques de chaque type. (Les champignons ne sont pas des plantes, mais font partie d'un règne d'organismes vivants à part, appelé Fungi.)

CONCLUSION

Le dioxyde de carbone est véritablement le gaz de la vie, une molécule miraculeuse qui rend toute forme de vie possible sur la planète Terre. Comme de nombreuses études le démontrent, les plantes poussent mieux avec des niveaux de CO_2 élevés, que ce soit dans l'atmosphère, en serres ou en serres chaudes. Plus de dioxyde de carbone se traduit par de meilleurs taux de photosynthèse et de production de biomasse pour pratiquement toutes les espèces végétales, et pour chaque partie de chaque plante.

Le dioxyde de carbone est une arme puissante dans la guerre mondiale que nous menons contre la pauvreté, la malnutrition, la faim et l'extinction des espèces. L'une des pires choses qui pourrait arriver à notre planète et à ses habitants (humains, animaux et végétaux) serait une régression des niveaux de dioxyde de carbone aux valeurs que l'on a connues avant la Révolution industrielle : de 400 ppm aujourd'hui à 280 ou 290 ppm en 1870.

La diminution des niveaux de CO_2 serait particulièrement problématique si la Terre refroidissait, en réponse à l'entrée du soleil dans une nouvelle « phase tranquille ». C'est ce qui s'est produit lors du petit âge de glace, et notamment lors du « minimum de Maunder », une période prolongée de faible activité solaire, entre 1645 et 1715, où les civilisations du monde entier ont connu des hivers très froids, des étés courts et des saisons de croissance succinctes provoquant de mauvaises récoltes, la malnutrition et la famine.

Si la Terre refroidissait encore, les saisons de croissance se raccourciraient et les terres cultivables deviendraient moins étendues dans le nord des zones tempérées. Nous aurions alors besoin de chaque molécule de dioxyde de carbone possible, simplement pour maintenir la production agricole suffisante pour éviter une famine de masse, et pour ne pas avoir à transformer les habitats de la faune sauvage en remplacement des terres cultivables perdues plus au nord, comme au Canada, en Europe du Nord et en Russie.

Toutefois, même dans les conditions actuelles, une augmentation des quantités de dioxyde de carbone serait bénéfique aux cultures et autres plantes, aux animaux et aux hommes. Ce « gaz de la vie » est un engrais miraculeux qui aide les plantes terrestres et aquatiques à pousser et à prospérer, en rendant notre planète plus verte, en alimentant les habitats de la faune sauvage et en nourrissant les populations grandissantes qui ont réellement besoin de nourriture plus abondante et plus nutritive.

Le gaz de la vie réduit également les effets nocifs de l'ozone et autres polluants, des périodes de chaleur prolongées, des sécheresses et des inondations, qui, si les conditions étaient moins optimales en termes de niveaux de CO_2, dessécheraient et tueraient les plantes.

Le dioxyde de carbone accomplit autant de miracles pour notre planète que le font les antibiotiques et les vaccins pour l'humanité. Et c'est un véritable exploit pour un gaz incolore, inodore et insipide qui représente seulement 0,04% de notre atmosphère, soit l'équivalent de 40 cents sur 1000 $, ou 4 centimètres sur un terrain de foot !

SOURCES

Jesse Ausubel, Iddo Wernick et Paul Waggoner, "Peak Farmland and the Prospects for Sparing Nature," *Population and Development Review*, vol. 38 (supplément), Population Council et Université Rockefeller (2012), http://phe.rockefeller.edu/docs/PDR.SUPP%20Final%20Paper.pdf.

Robert M. Carter, *Climate: The counter consensus*, Londres : Stacey International (2010), pages 83-85.

Congress of Racial Equality, *Voices from Africa: Biotechnology and the subsistence farmer* (2005) : documentaire vidéo d'une vingtaine de minutes sur la manière dont la biotechnologie a permis d'augmenter le rendement des cultures, d'améliorer la nutrition et les revenus et de réduire considérablement l'utilisation des pesticides pour les familles d'agriculteurs au Kenya et en Afrique du Sud.

Brian Fagan, *The Little Ice Age: How climate made history, 1300-1850*, New York : Basic Books (2000), notamment Chapitre 2, "The Great Famine," et Chapitre 6, "The Specter of Hunger."

Indur Goklany, *Humanity Unbound: How fossil fuels saved humanity from nature and nature from humanity*, Washington, DC : Cato Institute (2012).

Craig D. Idso, *The Many Benefits of Atmospheric CO_2 Enrichment,* Institut de politique scientifique et publique et Centre d'étude du dioxyde de carbone et des changements climatiques (2010), présentant 55 manières dont l'augmentation des niveaux de CO_2 dans l'atmosphère serait favorable à la biosphère de la planète, à ses occupants végétaux, animaux et humains. Résumé : http://www.co2science.org/education/book/2011/55BenefitsofCO2Pamphlet.pdf.

Craig D. Idso, Robert M. Carter, S. Fred Singer, *et al., Climate Change Reconsidered: 2011 interim report of the Non-governmental International Panel on Climate Change*, Chicago : Heartland Institute (2011), pages 197-315, 333-335, 341-342 ; http://www.nipccreport.org/reports/2011/2011report.html.

Craig D. Idso, S. Fred Singer, *et al., Climate Change Reconsidered: The report of the Nongovernmental International Panel on Climate Change* (NIPCC), Chicago, IL : Heartland Institute (2009), pages 361-578 ; http://www.nipccreport.org/reports/2009/2009report.html.

(Les deux volumes du NIPCC résument les résultats de plusieurs centaines d'études réalisées par des centaines de chercheurs à travers le monde sur le dioxyde de carbone, les inondations, les sécheresses et de nombreux autres aspects de la science des changements climatiques mondiaux et régionaux, l'enrichissement en CO_2, l'agriculture dans le monde et autres sujets.)

Roy Innis, *Energy Keeper, Energy Killers: The new civil rights battle*, Bellevue, WA : Merril Press (2008), pages 1-4, 33-55. (Le rôle de l'énergie abordable dans l'avancée et la protection des droits civils.)

Harrison H. Schmitt and William Happer, "In Defense of Carbon Dioxide: The demonized chemical compound is a boon to plant life and has little correlation with global temperature," *Wall Street Journal*, 8 mai 2013.

Roy W. Spencer, *The Great Global Warming Blunder: How mother nature fooled the world's top climate scientists*, New York : Encounter Books (2010), pages 43-47, 124-138.

www.CO2science.org – site Web primé du Centre d'étude sur le dioxyde de carbone et les changements climatiques. Créé pour diffuser les rapports et commentaires sur les nouveaux développements en analyse et quantification des conséquences climatiques et biologiques de l'augmentation des niveaux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre. Le Centre publie un magazine en ligne hebdomadaire, *CO_2 Science*, contenant des éditoriaux sur des sujets actuels, ainsi que des mini-revues d'articles scientifiques, ouvrages et autres documents cautionnés par un comité de lecture et récemment publiés.

CO_2 Science Plant Growth Database : permet d'avoir accès à des milliers d'études http://www.co2science.org/data/plant_growth/plantgrowth.php.

Sources en ligne concernant le dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre et dans le processus de photosynthèse :
http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_dioxide_in_Earth%27s_atmosphere ;
http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/biology/phoc.html ;
https://en.wikipedia.org/wiki/C3_carbon_fixation.

COMITÉ DE LECTURE

Dennis T. Avery a grandi dans une exploitation laitière du Michigan et a renoué avec ses racines sur une petite ferme de la vallée de Shenandoah en Virginie. C'est un fervent partisan de l'engrais azoté, de la culture sans labour avec herbicides et des semences hybrides et génétiquement modifiées, qui permettent de nourrir plus de gens tout en préservant de l'espace pour la nature. En 1969, M. Avery a rédigé un rapport pour la commission américaine de conseils alimentaires et textiles (le « President's National Advisory Commission on Food and Fiber ») et en 1983, il a reçu la « National Intelligence Medal of Achievement » en tant qu'analyste agricole du secrétariat d'État américain. Il est l'auteur de *Saving the Planet With Pesticides and Plastic: The Environmental Triumph of High-Yield Farming.* Son best-seller du New York Times, *Unstoppable Warming Every 1,500 Years* (coécrit par S. Fred Singer) s'est vendu à 200 000 exemplaires. Son prochain livre à paraître, *Climate & Collapse*, détaille les terribles conséquences des nombreuses périodes dites « petits âges glaciaires » de l'histoire sur l'humanité et la production alimentaire.

Craig D. Idso est le fondateur et ancien Président du Centre d'étude sur le dioxyde de carbone et les changements climatiques. Il a publié plusieurs articles scientifiques sur les saisons de croissance, le cycle saisonnier du CO_2 atmosphérique, la production alimentaire dans le monde, les concentrations de CO_2 dans les villes et de nombreux autres sujets. Depuis 1998, il est l'éditeur et l'un des principaux contributeurs du magazine en ligne *CO_2 Science*. Dr Idso est l'auteur de plusieurs livres, le plus récent étant *The Many Benefits of Atmospheric CO_2 Enrichment*, qui présente 55 manières dont l'augmentation moderne des niveaux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère serait favorable à la biosphère de la planète. Il a produit trois documentaires vidéo sur le dioxyde de carbone, les changements climatiques et comment éviter l'extinction d'espèces végétales et animales, et officie en tant que co-éditeur du NIPCC (Nongovernmental International Panel on Climate Change). Il est membre de plusieurs associations comme l'American Association for the Advancement of Science, l'Ecological Society of America ou la Honor Society of Phi Kappa Phi ainsi que d'autres organismes professionnels.

À PROPOS DE L'AUTEUR



Paul Driessen est analyste politique pour le CFACT (Committee For A Constructive Tomorrow), l'institut Heartland et d'autres instituts de politique publique qui promeuvent la préservation de l'environnement, l'amélioration de la santé et du bien-être de l'humanité, et des libertés personnelles et droits civils. Il a été diplômé en géologie, biologie et écologie, puis en droit sur les ressources environnementales et naturelles. M. Driessen écrit et s'exprime souvent sur l'environnement, l'énergie et le développement économique, l'éradication de la malaria, les changements climatiques, les droits des hommes, la responsabilité sociale des entreprises et le développement durable.

Ses articles sont parus dans de grands journaux et magazines comme *Wall Street Journal, Washington Times, Investor's Business Daily, New York Post, Houston Chronicle*, *Risk Management, entre autres, ainsi que sur des sites Web d'actualités et d'opinion américains, canadiens, allemands, italiens, péruviens, vénézuéliens, sud-africains, ougandais, bengalis et autres.*

Son livre *Eco-Imperialism: Green Power - Black Death* traite des conséquences désastreuses qu'ont souvent les actions des politiques environnementales des pays développés sur les populations pauvres, surtout dans les pays en voie de développement, en limitant leur accès aux technologies modernes qui améliorent la qualité de vie. Cet ouvrage a été publié en Argentine (espagnol), en Inde (anglais), en Allemagne (allemand) et en Italie (italien).

Il a été l'éditeur du livre *Energy Keepers - Energy Killers: The new civil rights battle*, écrit par le président du Congress of Racial Equality, Roy Innis ; *Rules for Corporate Warriors: How to fight and survive attack group shakedowns*, écrit par Nick Nichols ; et *Creatures, Corals and Colors in North American Seas*, écrit par Ann Scarborough-Bull. Ses analyses apparaissent également dans *Conserving the Environment* (Doug Dupler, éditeur), *Resurgent Diseases* (Karen Miller, éditeur) et *Should Drilling Be Allowed in the Arctic National Wildlife Refuge?* (Tamara Thompson, éditeur), faisant tous partie des séries de livres « Opposing Viewpoints » et « At Issue » des éditions Gale-Cengage Learning utilisées dans les lycées et universités ; *Redefining Sovereignty: Will liberal democracies continue to determine their own laws and public policies, or yield these rights to transnational entities in search of universal order and justice?* (Orin Judd, éditeur) ; et d'autres publications.

À PROPOS DE CFACT

Promouvoir la vie. Encourager le progrès. Protéger la Terre. Éduquer.

Avec pour mission « d'améliorer les richesses offertes par la Terre et tous ses habitants », le CFACT (Committee For A Constructive Tomorrow) a été fondé en 1985 dans le but de promouvoir une solution alternative et positive aux problèmes liés à l'environnement et au développement. Ses co-fondateurs, David Rothbard et Craig Rucker, étaient convaincus que la puissance du marché combinée à l'application de nouvelles technologies sûres pourraient offrir à l'humanité des solutions à de nombreuses préoccupations essentielles à travers le monde. Bon nombre de grands scientifiques, universitaires et experts en politique se sont rapidement associés à leurs efforts, et le CFACT comptait bientôt avec le soutien de milliers de citoyens dans tout le pays.

Aujourd'hui, cette grande et respectée organisation basée à Washington DC alimente sans cesse le débat national et international avec un point de vue pondéré sur de nombreux problèmes de politique publique différents. Avec un conseil scientifique d'influence, des programmes éducatifs répandus dans tous les campus universitaires des États-Unis, une portée médiatique étendue grâce à sa rubrique quotidienne intitulée « Just the Facts » sur la radio nationale et son service d'informations primé *Climate Depot*, sa participation aux conférences des Nations Unies depuis des dizaines d'années, et d'autres programmes dont CFACT Europe, l'initiative « Adopt-A-Village » et une campagne de sensibilisation sur la Responsabilité Sociale Mondiale, le CFACT reste un acteur majeur lorsqu'il s'agit de relever les défis importants de notre époque et à l'échelle mondiale.

Le CFACT est reconnu comme organisme 501(c)(3) en vertu de l'Internal Revenue Service Act de 1954 (loi relative au Trésor public américain).

Le CFACT est une « véritable mine d'informations toujours aussi solides ».
Jeff Jacoby, chroniqueur, *The Boston Globe*

« J'admire le CFACT en ce qu'il apporte une lumière scientifique et fondée sur le débat environnemental. »
Feu le Dr Frederick Seitz, ancien président de l'Académie nationale des sciences aux États-Unis

« Un mélange éprouvé de leadership, de connaissances, de courage et de créativité. »
Sénateur James Inhofe

Le CFACT est un « organisme qui milite pour l'environnement mais de manière réaliste et pragmatique, et non un organisme qui souhaite renvoyer l'économie mondiale à l'âge de pierre à coups de bombes ».
James Delingpole, chroniqueur, *The Daily Telegraph*

« Une grande et véritable organisation ayant de vraies priorités et de bonnes idées. »
Jonah Goldberg, chroniqueur national

Committee For A Constructive Tomorrow
1875 Eye Street NW, 5th Floor
Washington, DC 20006