

LA CONTRIBUTION DU CO₂ A LA PRODUCTION AGRICOLE : UNE EVALUATION

Rémy Prud'homme

Mai 2017

L'augmentation indiscutable de la concentration en CO₂ de l'atmosphère – passée de 319 ppm en 1961 à 398 ppm en 2013, soit une augmentation de 79 ppm – est unanimement présentée comme la mère de tous les maux de l'humanité. La seule façon de sauver la planète est d'arrêter immédiatement cette augmentation. On ne discutera pas ici la vérification de cette hypothèse et les façons de mettre en œuvre cette politique. On se limitera à l'examen d'un bienfait de l'augmentation des concentration de CO₂ : la contribution à l'augmentation de production agricole.

La théorie de ce bienfait est classique : le CO₂ est la nourriture des plantes. Sous l'effet du soleil, et en présence de chlorophylle comme catalyseur, les plantes absorbent le CO₂ de l'atmosphère et le transforme en hydrates de carbone et en oxygène : c'est la photosynthèse. Les hydrates de carbone à leur tour sont le constituant de la croissance des plantes. On a donc de bonne raison de croire que plus il y a de CO₂ dans l'atmosphère, et plus les plantes vont se développer. C'est d'ailleurs ce que pensait Svante Arrhénius, le savant suédois inventeur de la théorie de l'effet de serre. C'était également la conviction de Charles Keeling, le savant américain à qui on doit les séries de mesures de la concentration en CO₂ effectuées à l'observatoire de Mauna Loa, à Hawaï, qui fondent notre connaissance de l'augmentation des concentrations de CO₂ depuis un demi-siècle.

On a des mesures empiriques de ce phénomène grâce aux satellites de la NASA qui mesurent la couverture forestière (plus précisément, la profondeur végétale optique, ou Vegetal Optical Depth) des différentes zones du globe depuis maintenant une trentaine d'années. Contrairement aux imprécations sur la désertification du globe, ces mesures montrent que la couverture forestière est globalement en nette augmentation. Les publications sur ce thème sont nombreuses. On se contentera de citer un article récent de chercheurs danois (Brandt 2017) qui étudie le cas de l'Afrique sur la période 1992-2011. Ce cas est sans doute l'un des moins favorables à une évolution positive, parce que la pression de la population y est particulièrement forte. Des habitants très pauvres, et en augmentation très rapide, coupent beaucoup d'arbres ou d'arbustes pour satisfaire des besoins vitaux en énergie. La recherche citée montre effectivement que la couverture forestière a diminué dans 11% des surfaces, surtout près des zones urbaines ; mais elle montre aussi qu'elle a augmenté significativement dans 36% des surfaces, en particulier dans le Sahel.

L'expérience de la culture sous serre, qui est ancienne et abondante, offre une autre approche, et une autre vérification empirique de cette théorie. Cette approche est plus féconde pour évaluer la contribution du CO₂ à la subsistance des populations et au développement économique. Plus la teneur en CO₂ dans la serre est élevée, plus rapide est la croissance des légumes ou des fleurs qu'on y cultive. Des teneurs en CO₂ de 600 ppm ou de 800 ppm (bien plus élevées que les 400 ppm actuels) y font merveille. Des milliers d'expériences ont été faites - et publiées – sur ce thème. Un site américain (CO2science.org) a

collationné, pour plusieurs centaines de plantes et légumes, les recherches qui mesurent l'augmentation de production engendrée par une augmentation de la concentration de CO₂ de 300 ppm.

Ce site a été vivement critiqué par les lobbies anti-CO₂. Le reproche principal formulé est que CO₂sciences.org a été en partie financé par ExxonMobil, un groupe pétrolier. La portée d'un tel reproche est faible. Tous les chercheurs (y compris ceux des lobbies anti-CO₂) sont nécessairement financés - par des entreprises ou des gouvernements, qui ont tous des agendas et des intérêts à défendre. Cela n'empêche pas ces chercheurs de publier des articles considérés comme des contributions utiles par les comités de lecture des revues scientifiques. Le danger de mensonge et de falsification, dont il faut toujours se méfier, est particulièrement faible en l'espèce, puisque CO₂sciences.org se contente de reproduire les résultats publiés de recherches qu'il n'a en rien contrôlées. Le choix du corpus présenté a-t-il été un choix biaisé, qui aurait délibérément écarté les études faisant apparaître un effet CO₂ nul ou faible ? Cela n'est pas impossible, mais personne ne semble l'avoir démontré. L'analyse du corpus semble même suggérer le contraire. Pour les plantes les plus importantes, CO₂sciences.org a retenu des dizaines, dans certains cas des centaines, d'études, et donne la moyenne des résultats, ainsi que leur écart-type, un indicateur de dispersion¹. Il est assez rassurant de voir que ces nombreuses études tendent à coïncider. Pour le blé, par exemple, CO₂sciences.org a recensé pas moins de 310 études dont il donne la référence précise ; il présente la moyenne des résultats : +36%, et l'écart-type : seulement 2%, ce qui veut dire que peu de résultats s'écartent significativement de cette valeur moyenne de +36%. Le tableau 1 illustre ce point en présentant les données pour la dizaine de productions agricoles ayant donné lieu au plus grand nombre d'études.

¹ Soit une distribution de n valeurs : $x_1, x_2, \dots, x_1, \dots, x_n$. La moyenne m est $m = \sum x_i$. La variance V est $V = (\sum (x_i - m)^2) / n$. L'écart-type σ est la racine carrée de V : $\sigma =$

Tableau 1 – Surproduction associée à une augmentation de la concentration de CO₂, plantes choisies

	Nombre d'études recensées	Moyenne des surproductions estimées	Ecart-type de distribution des estimations
Coton	41	58	8
Cacahouètes	36	60	16
Orge	72	42	5
Betteraves	33	66	19
Colza	38	44	5
Soja	202	46	3
Alfalfa	89	37	4
Riz	254	36	2
Pommes de terre	41	32	3
Blé	310	37	2
Maïs	54	27	5

Source : CO2sciences.org

Notes : La première ligne se lit ainsi : 41 études ont estimé l'augmentation de la production de coton causée par une augmentation de 300 ppm, produisant 41 estimations ; La moyenne de ces 41 estimations est 58% ; l'écart-type de cette distribution est 2%.

Ce qui nous intéresse ici, ce sont les impacts sur la production agricole mondiale de l'augmentation de la concentration en CO₂ enregistrée au cours des cinquante dernières années. Le phénomène est-il quantitativement mineur (+1%) ou au contraire socialement important (+10%) ? On répond à cette question en combinant les données citées ci-dessus avec les données de la FAO sur l'évolution des productions agricoles mondiales depuis 1961. La période 1961-2013 a été choisie parce qu'elle couvre une période assez longue, pour laquelle les données de Mauna Loa et de la FAO sont disponibles.

Bénéfices pour la production céréalière – Trois céréales, le riz, le blé et le maïs, représentent (en valeur, et en 2013) environ 90% de la production céréalière du monde. Le tableau 2 présente l'évolution de la production de ces trois céréales.

Tableau 2 – Production de céréales, monde, 1961-2013

	Riz	Mais	Blé
Production 1961 (Mt)	204	106	215
Production 2013 (Mt)	746	592	713
Delta production (Mt)	542	486	498
Coefficient d'augmentation	3,7	5,6	3,3
Coef augmentation Production/habitant	1,6	2,4	1,4
Valeur production 2013 (G\$)	340	274	198

Source : FAOSTAT Notes : Mt=millions de tonnes. G\$=milliards de dollars

Au cours du demi siècle passé, la production de ces trois céréales a été (en moyenne pondérée par la valeur 2013) multipliée par un coefficient 4,2. C'est beaucoup plus que l'augmentation de la population pendant la même période, qui a été multipliée par 2,3. La production céréalière par habitant a donc presque doublé.

Le niveau de production en 2013 (Y_{2013}) a deux déterminants. Le premier concerne les facteurs de production classiques: superficie, irrigation, engrais, pesticides, technologie (amélioration des espèces), qui ont augmenté au cours de la période, et porté ce niveau à Y'_{2013} . Le second déterminant, qui nous intéresse ici, est l'augmentation de la teneur de l'air en CO_2 qui augmente ce niveau d'une quantité C:

$$Y = Y' + C$$

La source citée (CO2science.org) nous donne, pour chacune des céréales étudiées, d_{300} , l'augmentation (exprimée en pourcentage) de production entraînée par une augmentation de 300 ppm de la concentration en CO_2 . On peut en supposant le phénomène linéaire transformer d_{300} en d_{79} , augmentation de la production causée par une augmentation de la teneur en CO_2 de 79 ppm :

$$d_{79} = d_{300} * 79 / 300$$

Il vient:

$$C = d_{79} * Y'$$

$$Y = Y' + d_{79} * Y' = Y' (1 + d_{79})$$

$$Y' = Y / (1 + d_{79})$$

Ce qui permet de construire le tableau suivant qui nous donne C, l'augmentation de production, exprimée en millions de tonnes, engendrée par les 79 ppm supplémentaires de CO_2 de la période.

Tableau 3 – Calcul de l'augmentation de production de céréales causée par l'augmentation de CO_2

	Riz	Mais	Blé	Total
Y : Production effective 2013 (Mt)	746	592	713	
d_{79} : Augmentation prod due à 79 ppm (%)	9,5	6,3	9,2	8,3%
Y' : Production 2013 sans CO_2 (Mt)	681	557	653	
C : Augmentation due au CO_2 (Mt)	65	35	60	
C/Y: Impact relatif du CO_2 (%)	8,7	5,9	8,4	7,7%
C : Augmentation en valeur due au CO_2 (G\$)	29	16	17	62

Source : calculs de l'auteur

La production effective de riz en 2013 ($Y=746$ Mt) a été décomposée en deux éléments : la production causée par les facteurs de production classiques, celle qui aurait été atteinte en l'absence de toute augmentation des teneurs en CO_2 ($Y'=681$ Mt) d'une part ; l'augmentation causée par l'augmentation de 79 ppm des teneurs en CO_2 , que l'on pourrait appeler l'effet CO_2 ($C=65$ Mt), d'autre part. Cet effet CO_2 représente 8,7% de la production effective. On pourrait tout aussi bien dire qu'il représente une augmentation de 9,5% de la production potentielle de riz, hors effet CO_2 . Le gain associé à cet effet CO_2 est de 29 milliards de dollars pour l'année 2013.

L'effet CO_2 est comparable pour les deux autres grandes céréales. La moyenne (pondérée par la valeur de ces récoltes) de l'importance de cet effet est de 7,7% par rapport à

la production effective, et de 8,3% par rapport à la production potentielle (en l'absence de l'effet). Le gain de production engendré par cet effet CO₂ s'élève à 62 milliards de dollars pour la seule année 2013. Comme ces trois céréales représentent environ 90% de la valeur de l'ensemble des céréales, on peut estimer le gain en 2013 de l'effet CO₂ à un peu moins de 70 milliards de dollars. Pour les années antérieures, le gain annuel a été inférieur. Pour les années postérieures, il sera supérieur, à la fois parce que les concentrations en CO₂ vont très probablement augmenter et parce que la production hors effet CO₂ va aussi très probablement augmenter. Dans les dix années à venir, ce gain cumulé est à peu près certainement supérieur à 1000 milliards de dollars.

Autres bénéfiques agricoles - Bien entendu, les céréales ne sont pas les seules productions agricoles à bénéficier de l'effet CO₂. La FAO décompose la production agricole mondiale comme l'indique le tableau 4. Il distingue entre la valeur de la production animale et les récoltes.

Tableau 4 – Valeur de la production agricole mondiale, par secteurs, 2013

	G\$
Agriculture	3180
Bétail	501
Récoltes	2679
Céréales	886
Autres	1793
Non comestible	135
Comestibles	1658

Source : FAOSTAT.

On supposera que la production animale ne bénéficie pas de l'effet CO₂. Il s'agit là d'une hypothèse restrictive, car davantage d'herbe doit bien signifier davantage de viande ou de lait. On écartera également les récoltes non comestibles (comme le coton ou le caoutchouc). Il s'agit encore d'une hypothèse restrictive car les producteurs de ces récoltes bénéficient d'une production accrue. Restent les céréales pour 886 milliards de dollars, et les autres récoltes pour 1658 milliards.

On a vu que l'effet CO₂ a augmenté la production de céréales entre 1961 et 2013 d'un peu moins de 8% (relativement à la production effective), soit environ 70 milliards de dollars. Il n'y a aucune raison de penser que l'effet CO₂ a été moindre pour les récoltes non céréalières. Les données du tableau 1 ci-dessus suggèrent même le contraire. L'ampleur de l'effet CO₂ (que mesure la deuxième colonne du tableau 1) est plus grande pour les récoltes non céréalières que pour les récoltes céréalières. Une simple règle de trois ($70 \times 1658 / 886$) nous permet d'évaluer le gain annuel (en 2013) de l'effet CO₂ pour les cultures non céréalières à 131 milliards de dollars.

Au total, on peut donc estimer l'ampleur de l'effet CO₂ à environ 200 milliards de dollars par an. Il ne s'agit bien entendu que d'un ordre de grandeur. Il repose sur une hypothèse assez forte (que 'auteur, qui n'est pas agronome, est incapable d'évaluer), à savoir que l'effet mesuré à partir d'expériences en serre est généralisable à des cultures à grande échelle. Ce chiffre de 200 milliards est important. On peut le comparer aux 100 milliards annuels du fonds vert. La COP 15, à Copenhague en 2009, a « décidé » le principe d'une

subvention de ce montant des pays riches aux pays pauvres pour compenser les dommages causés aux pays pauvres par l'augmentation du CO₂. Il est resté lettre morte. La COP 21, à Paris en 2015, a échoué à le mettre en œuvre (on ne sait toujours pas du tout comment ce montant sera partagé entre pays donateurs, et entre pays receveurs). Il est réconfortant de voir que l'effet CO₂, qui est bien plus réel que ce virtuel effet transfert, semble être aussi deux fois plus important.

Référence

Brandt, M. *et al.* Human population growth offsets climate-driven increase in woody vegetation in sub-Saharan Africa. *Nat. Ecol. Evol.* **1**, 0081 (2017).