

Communication de Monsieur Jean-Pierre Jacquot



Séance du 6 mars 2020



Présentation et distorsion de la pensée et des observations scientifiques

Le but de cet exposé est d'illustrer les modes de présentation de l'activité scientifique en biologie et sciences apparentées, et ses éventuelles distorsions volontaires ou non. Cet exposé s'appuiera sur cinq données qui sont connectées à la photosynthèse et à des données récentes ou plus ou moins récentes sur l'environnement :

- la fixation du CO_2 ;
- CO_2 et O_2 , éléments indispensables ou poisons ?
- la couche d'ozone et les pluies acides ;
- glyphosate et OGMs ;
- la disparition des espèces biologiques.

La fixation du CO_2

Le premier exemple traite de la fixation du CO_2 chez les plantes. Elle s'effectue dans des organites spécialisés, les chloroplastes qui, contenant le pigment chlorophyllien, donnent la couleur verte aux organismes photosynthétiques. Le déchiffrement de la photosynthèse en général (fixation de CO_2 , synthèse de glucose et émission d' O_2) a mobilisé de nombreux laboratoires de par le monde (de l'ordre d'une centaine) et a nécessité plusieurs décennies de travail. Les voies métaboliques (succession de réactions chimiques catalysées par des enzymes) permettant la fixation du CO_2 ont été déchiffrées en grande partie à

l'Université de Californie à Berkeley dans le laboratoire du professeur Melvin Calvin. Ces réactions sont connues sous plusieurs noms, le plus rigoureux étant la voie réductrice des pentoses phosphates (en anglais *reductive pentose phosphate pathway*, RPP). Cette voie métabolique fonctionne grosso modo à l'inverse de la voie oxydative des pentoses phosphate présente dans toutes les cellules eucaryotes (possédant un noyau) photosynthétiques ou non (*oxidative pentose phosphate pathway*, OPP). Ces deux voies sont essentielles à plusieurs titres, l'un d'entre eux étant de fournir le ribose nécessaire à la constitution de l'ADN, support du matériel génétique de la cellule.

On peut représenter cette voie métabolique sous différentes formes avec des complexités variables (cette voie métabolique comprend plus de dix réactions successives catalysées par des enzymes indépendantes). La troisième de ces représentations (elles sont toutes exactes mais plus ou moins simplifiées) fait apparaître cette voie métabolique sous la forme d'un cycle. Les deux premières représentations, quoiqu'exactes aussi, ne font pas apparaître cette particularité. Cette voie métabolique a ensuite été appelée cycle de Calvin, sa dénomination actuelle la plus courante, puis ensuite cycle de Calvin-Benson, rendant ainsi hommage à Melvin Calvin qui fut prix Nobel pour cette découverte, mais aussi à Andrew Benson qui effectua l'essentiel du travail expérimental. Les relations entre Calvin et Benson se sont tendues au cours du temps, et Benson a fondé son propre laboratoire à l'Université de Californie à San Diego. Lors d'une interview réalisée par Bob Buchanan, mon ancien patron américain, Benson, vers la fin de sa vie, est revenu sur la découverte de la photosynthèse et de la fixation du CO₂ par les plantes. À mon sens, le moment phare de cet entretien est l'instant où Benson décrit ses difficiles relations avec Calvin et définit ce dernier comme un «cyclomane», c'est-à-dire non pas quelqu'un fou de vélo ou de deux roues, mais un scientifique qui adore les cycles. Benson a donc indiqué à ce moment-là que Calvin a fait tout ce qui était en son pouvoir pour que cette voie métabolique soit reconnue comme un cycle (ce qu'elle est aussi dans un sens) et tant qu'à faire, ça ne l'a pas gêné outre mesure que ce cycle porte son nom...

Je pense que cette anecdote est tout à fait remarquable car elle explicite le pouvoir que peuvent exercer des individus sur la présentation de données scientifiques. Il est largement possible que dans un autre environnement, avec un directeur de laboratoire moins «cyclomane» que Calvin, cette voie métabolique aurait pu être nommée tout à fait différemment, restant RPP par exemple. Ce que je viens d'exposer n'est pas en soi une distorsion (en anglais *distortion*, l'un des exemples de ce qui me fait de plus en plus hésiter sur l'orthographe des mots en français) de la vérité, mais une présentation plus habile de celle-ci.

CO₂ et O₂, éléments indispensables ou poisons ?

Dans un monde un peu plus moderne, on retrouve un grand nombre d'exemples de « petits arrangements » des données que je vais maintenant aborder à la lumière de ce premier exemple. Le deuxième de ceux-ci concerne les éventuels effets pervers du CO₂ et de l'oxygène (O₂). Je rappelle que ces deux molécules sont respectivement réactif et produit de la photosynthèse et donc des molécules tout à fait naturelles. Je commencerai par une anecdote qui concerne un congrès auquel j'ai participé à Copenhague il y a une dizaine d'années. Le thème en était le stress oxydant. J'imagine que la plupart d'entre vous sont familiers avec une molécule dérivée de l'oxygène, l'eau oxygénée (H₂O₂). On l'utilise encore assez communément pour traiter les petites écorchures des enfants, ce produit tuant très efficacement les microbes. Au passage ça chatouille légèrement quand on vous passe de l'eau oxygénée sur une blessure et on a remplacé le plus souvent cela par des produits moins agressifs. Il n'en reste pas moins que l'eau oxygénée et d'autres espèces oxygénées réactives comme les peroxydes et les radicaux, tous des dérivés de l'oxygène, sont très agressifs pour différentes macromolécules biologiques. Donc dans ce congrès, chacun des intervenants expliquait en quoi ces dérivés de l'oxygène étaient dangereux pour les protéines, pour l'ADN, etc., et, petit à petit, un portrait extrêmement négatif de l'oxygène et de ses dérivés s'est dessiné. Jusqu'à ce qu'un collègue indien vienne en fin de congrès faire sa présentation qu'il a commencé de la façon suivante : « En effet, l'oxygène et ses dérivés peuvent être hautement toxiques mais je vous suggère d'essayer de vivre sans oxygène... ». Cette remarque pleine de bon sens a quelque peu fait « retomber le soufflé » en quelque sorte, les participants ayant en cours de route perdu de vue que l'oxygène est l'un des substrats de la respiration et donc essentiel à notre survie. Ce qui n'empêche pas qu'il puisse être toxique, tout ce que j'ai décrit précédemment restant aussi tout à fait vrai... D'ailleurs à ce sujet-là, l'un des paradoxes des bienfaits de l'exercice physique pour la santé est que lors de ces exercices, on génère énormément de molécules oxydantes qui en principe pourraient être délétères pour l'organisme. Pour clore ce chapitre sur l'oxygène, l'anecdote que je vous ai rapportée me fait penser que dans certains cas, on regarde les choses par le petit bout de la lorgnette. Dans ce cas, on s'aveugle par la connaissance sur le stress oxydant et on en oublie que l'oxygène est tout simplement indispensable à la vie. Je reviendrai un peu plus tard sur la notion qu'un même élément peut être tout à la fois bénéfique ou détriminaire (nuisible).

Toujours dans cette deuxième partie, abordons maintenant le problème complexe du CO₂. Les experts de la photosynthèse que vous êtes maintenant savent que le CO₂ est l'un des substrats de la photosynthèse et qu'il est incorporé au niveau du cycle de Benson-Calvin dans des molécules organiques du type

saccharose, essentielles à la survie des espèces animales sur terre. D'un autre côté, il faudrait être un Martien ou un Vénusien pour ne pas avoir entendu parler du danger de l'augmentation de la teneur en CO_2 dans l'atmosphère, et je vais détailler ce point dans un instant. Quelle ne fut ma stupéfaction il y a quelques mois de cela de découvrir dans le journal pour enfants auquel sont abonnées mes plus jeunes filles, cette définition du CO_2 : dioxyde de carbone gaz polluant. À cette vue, mon sang n'a fait qu'un tour et j'ai écrit à l'éditeur du *Petit Quotidien* en lui expliquant qu'avant tout le CO_2 est un gaz essentiel à la vie, et que son éventuel effet sur le réchauffement climatique est secondaire par rapport à cela. Sans CO_2 , il n'y pas de photosynthèse et, sans photosynthèse, pas de vie animale, l'équation est simple. Je lui ai demandé par deux fois de corriger cette définition et je n'ai jamais obtenu de réponse. Par le fait, les experts en photosynthèse savent depuis les années 60 que l'enzyme responsable de la fixation du CO_2 , appelée RubisCO, est d'autant plus active que la concentration en CO_2 est élevée, en d'autres termes : quand on double la teneur en CO_2 , on peut *a priori* doubler la vitesse de la photosynthèse et donc diminuer d'autant la teneur en CO_2 dans l'atmosphère. Vous n'êtes évidemment pas sans connaître les angoisses actuelles concernant l'augmentation de la teneur en CO_2 dans l'atmosphère et ses conséquences sur le dérèglement climatique. À ce sujet, je pense qu'il est très instructif de regarder vers le passé. Dans le passé proche – quand j'étais étudiant à Nancy en 1972 – la teneur en CO_2 de l'atmosphère était de 330 ppm (parties par million (soit 0,03 %)). Elle est actuellement de 420 ppm (0,04 %). Pour comparaison, la teneur en O_2 est de 21 % et celle en N_2 de 75 %. Si on représente cette augmentation par des diagrammes, on obtient une courbe avec une pente plus qu'inquiétante. Cette représentation est réelle. Elle est aussi anxiogène car elle n'est faite que sur un pas de temps extrêmement bref (400 à 1000 ans). Les géologues ont des moyens de mesure de la température et de la teneur en CO_2 qui remontent en revanche à plusieurs centaines de millions d'années.

Ce qui est très remarquable dans les courbes auxquelles il est possible d'aboutir, pour peu qu'elles reflètent la réalité, c'est que la concentration en CO_2 dans l'atmosphère est totalement déconnectée de la variation de température (si l'un des phénomènes était la cause de l'autre, les courbes devraient être parallèles ou avec un léger décalage, celle du CO_2 devant être en phase ou légèrement précéder celle de la température. Il n'en est rien, par exemple si on regarde la teneur en CO_2 au niveau de l'Ordovicien et la température correspondante...

Notez aussi que la concentration en CO_2 atmosphérique a été pendant environ 600 millions d'années de l'ordre de 2000 à 4000 ppm, soit des valeurs sept à dix fois plus élevées que maintenant avec des températures du globe ne

dépassant 25° C. A cette échelle, l'augmentation incroyable visualisée dans les deux graphes précédents n'est même pas visible. On peut évidemment discuter de la valeur de ces estimations ; il peut certainement y avoir des erreurs mais il est tout à fait certain que les teneurs en CO₂ ont été beaucoup plus fortes dans le passé avec des températures qui sont évidemment restées permissives pour la vie. Je pense que c'est ce type d'argument qui fait douter de nombreux géologues sur les relations de cause à effet entre le réchauffement et le CO₂ (voir les problèmes avec Claude Allègre et Vincent Courtillot). Je pense qu'il est trop simpliste de balayer ces arguments d'un revers de la main, ils méritent évidemment réflexion et non anathème. Tout ceci n'est pas fait pour nier un changement climatique, il me semble relativement apparent pour tous (voir par exemple le recul des glaciers en n'oubliant pas toutefois l'histoire médiévale) mais pour discuter sereinement de la causalité de ce problème.

Pour ma part sans être convaincu de la relation entre CO₂ et température, je suis un partisan farouche de l'utilisation du vélo et je considère la surconsommation et la gabegie actuelles dans notre société comme particulièrement irresponsables vis-à-vis de nos successeurs. Par le fait, pour nos confrères qui restent convaincus de la responsabilité du CO₂, je leur propose cette question : quelle est la contribution de la respiration humaine à l'accumulation du CO₂ ? La réponse est que nous contribuons collectivement pour 7 % du tonnage annuel généré par la combustion de l'énergie fossile. C'est loin d'être négligeable et je suggère donc que les plus conscients environnementalement fassent un premier effort en ne respirant qu'une fois sur deux, c'est évidemment une boutade ! Incidemment, je vous indique que plus vous faites d'exercice physique, plus vous générez de CO₂. L'idéal serait donc de rester au repos sans penser (le cerveau est un grand consommateur d'oxygène et donc nécessairement producteur de CO₂).

Toujours dans la rubrique augmentation de température et représentation graphique, je vous propose une autre représentation anxiogène des variations de température sur la planète au travers d'un diagramme qui montre l'évolution des températures de 1870 à 2020. Quand c'est rouge, c'est chaud, bouillant, quand c'est bleu, c'est froid. La gradation du bleu au rouge est spectaculaire et effrayante. Regardez maintenant l'échelle : les températures passent de 13°4 à 14°8 C, soit une augmentation de 1,4° C. Ceci m'amène à poser la question : quelle est la barre d'erreur de la mesure ? On peut bien imaginer que mesurer la température globale de la terre est un exercice incroyablement difficile avec de grandes incertitudes. Si cette incertitude est par exemple de 1° C, quelle est la signification de ce graphe ? En principe en biologie quand on fait une expérience, on la répète un nombre de fois suffisant pour indiquer quelle est l'erreur sur une mesure. Cette information serait très utile.

Pour souligner le caractère anxiogène de cette représentation, je vous en fournis une autre qui devrait intéresser les éventuels cyclistes de l'auditoire. Elle montre la pente d'un col de la Forêt Noire qui monte au Kandel que peut-être certains d'entre vous connaissent.

Les codes couleur sont proches de ceux de la représentation précédente, le vert remplaçant le bleu, le rouge foncé représentant les pentes les plus difficiles. L'échelle va de 0 % à 18 %. Ce graphe est également anxiogène mais ici à juste titre... Les échelles entre les deux graphes sont évidemment incroyablement différentes +/- 1,5° C dans un cas, de 0 à 18 % dans l'autre cas.

Pour clore ce chapitre CO₂, O₂, je finis sur une anecdote qui montre à quel point les tensions se sont exacerbées autour de cette problématique. Je n'ai pas été sans remarquer au cours de conversations à bâton rompu avec plusieurs d'entre vous que certains sont exaspérés par l'activiste Greta Thunberg, et il y a là sans doute une fracture de générations. Dans ce registre je soumetts à votre sagacité un entrefilet paru dans un journal allemand relatant une chanson composée pour des enfants et interprétée par un joli chœur dont le refrain est « Grand-mère est une vieille truie de l'environnement qui conduit un 4/4... ». C'est une parodie d'une chanson enfantine allemande un peu bête, et je ne vous cacherai pas qu'elle a suscité un certain émoi chez nos voisins, le mot est faible. Je trouve personnellement incroyablement regrettable qu'on en arrive à de telles extrémités dans les débats entre écologistes et autres.

La couche d'ozone et les pluies acides

Le troisième exemple concerne le traitement de l'information sur les problèmes concernant l'ozone et les pluies acides. Ces deux sujets ont été extrêmement prévalents dans les années 80, monopolisant une bonne partie de l'attention des media. Pour ce qui concerne l'ozone (O₃, un dérivé très oxydant de l'oxygène), on s'est aperçu dans les années 80 qu'un trou s'était formé dans la couche d'ozone, laissant potentiellement passer les rayons UV et X avec des conséquences néfastes possibles pour la santé, ces radiations étant mutagènes. Peut-être sous l'influence de directives environnementales (retrait des chlorofluorocarbures (CFC) présents dans les réfrigérateurs) le trou dans la couche d'ozone a diminué de taille. Parallèlement, on s'est aperçu que ce trou évolue naturellement de façon saisonnière, ce qu'on n'avait pas mis en avant au départ. Du coup, la rhétorique traitant de ce problème a quasi totalement disparu de l'actualité alors que ce trou était présenté à l'époque comme une menace intense.

Une autre lubie des années 80 a été la déforestation liée aux pluies acides. Ce phénomène était alors certainement réel en Allemagne de l'Est et en

Pologne avec l'utilisation de lignite, un charbon contenant de hautes teneurs en soufre. Le soufre libéré dans l'atmosphère peut générer de l'acide sulfurique et donc de l'acidité. Il est arrivé qu'en France à la même époque, on observait un dépérissement des forêts et on a suspecté qu'il était lié aux pluies acides. Des programmes ambitieux (DEFORPA) ont été développés pour étudier ce problème et y remédier. Le résultat de ces études fut relativement clair : les pluies acides n'étaient pas la cause du dépérissement observé qui résultait davantage de problèmes liés à une forte sécheresse dans l'année 1976 et à des problèmes phytosanitaires liés à cet épisode. Depuis, les forêts ont largement repris du « poil de la bête » et leur surface a largement tendance à s'étendre en France au détriment des terres agricoles. Exit donc le problème des pluies acides après cette période de forte inquiétude. Qui en a entendu parler dans les dix dernières années ?

Glyphosate et OGMs

Le quatrième exemple du traitement de l'information scientifique concerne l'agronomie, l'utilisation du glyphosate et des plantes transgéniques. C'est un sujet extrêmement « chaud » et conflictuel à l'heure actuelle. Je ne parlerai que du glyphosate d'un point de vue purement technique, traiter des plantes transgéniques nous amènerait trop loin dans la discussion. On se réservera ce sujet pour une prochaine séance. Le glyphosate tel qu'il est présenté par les médias est actuellement l'horreur absolue, cancérigène, polluant de notre nourriture, etc. Pour autant, l'homme de la rue ne fait que répéter le matraquage incessant fait dans les médias, et qui sait réellement ce qu'est ce produit et comment il fonctionne ? Je vais vous fournir quelques informations à ce sujet pour essayer de « dé-démoniser » ce produit. C'est un analogue phosphoré d'un acide aminé, le plus simple d'entre eux, la glycine. On sait très bien comment fonctionne cet inhibiteur : il se fixe sur une enzyme présente chez les végétaux et les bactéries, mais pas chez les animaux, qui s'appelle la 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase.

Cette enzyme est à la base de la synthèse d'acides aminés aromatiques (que les systèmes animaux sont incapables de synthétiser ; il leur faut les prélever à partir de bases végétales alimentaires) et aussi de la synthèse de quinones, des molécules de défense contre les agressions bactériennes ou fongiques des plantes. Il en ressort que ce produit n'est actif que sur les plantes à faible concentration, et qu'il ne saurait provoquer des dégâts sur les systèmes animaux. Entendons-nous, cela ne veut pas dire qu'il faut se baigner dans le glyphosate pour être en bonne santé ; à forte concentration, il peut évidemment avoir des effets indésirables sur d'autres secteurs du métabolisme. Ce type d'observation est valable probablement pour toute molécule : en cas de surdosage, n'importe quel

produit peut devenir dangereux. Et les cas d'intoxication de manipulateurs de ce produit sont certainement tout à fait réels. Ces quelques considérations vous conduiront je l'espère à considérer ce produit sous un angle auquel vous n'êtes pas habitués, étant bombardés sans cesse par les médias d'informations négatives à ce sujet. Évidemment l'explication scientifique du fonctionnement du produit est compliquée et probablement pas à la portée du quidam moyen. Je pense qu'il y a aussi une paresse intellectuelle qui pousse les gens à répéter en boucle ce dont ils sont abreuvés, en perdant tout sens critique.

La disparition des espèces biologiques

Le dernier exemple du traitement de l'information par les médias concerne la disparition présumée des insectes, et plus généralement des espèces animales et autres. Deux types d'information sont actuellement véhiculés par les médias à ce sujet :

1. le nombre total d'insectes diminue dramatiquement au cours de ces dernières années ;
2. le nombre d'espèces est en diminution dramatique.

Concernant le premier point, regardez le traitement de l'information dans *The Guardian*, un journal que par ailleurs je respecte beaucoup et que je lis avec plaisir : Armageddon des insectes, apocalypse. Peut-on écrire une accroche plus angoissante ? Je n'aurai pas le temps aujourd'hui de détailler les techniques de comptage et leur biais éventuels, mais on peut en parler lors de la discussion. Par contre, la conclusion de l'article est loin d'être aussi claire que le titre.

Sur le deuxième point concernant la disparition des espèces, WWF propose des chiffres plus qu'inquiétants à ce sujet, variant entre 1 000 et 10 000 disparitions d'espèces par an dans la seule Europe. Il y a eu récemment un article publié je crois dans *Die Welt* où l'auteur attirait l'attention sur le fait suivant : ces estimations sont incroyablement déconnectées des listes mises à jour régulièrement des espèces disparues et disponibles sur Wikipedia. Sur les derniers 400 ans, 57 espèces ont officiellement disparu en Europe : 13 mammifères, 2 oiseaux, 3 reptiles, 11 poissons, 6 insectes, 22 mollusques. Pour les estimations basses de WWF, ce devrait être 40 000 espèces. Ma question est donc la suivante : qui sont les 39 943 espèces non répertoriées ? Je pense que, dans ce dernier exemple, on n'est plus dans la présentation ou la manipulation de l'information, mais clairement dans de la désinformation totale.

En conclusion, j'espère avoir pu vous montrer comment la présentation de l'information et en particulier de l'information scientifique peut être orientée dans un sens ou dans l'autre. Le matraquage subséquent de cette information sur

les divers medias couplé à l'intolérance rendent une discussion sereine difficile. En particulier sur les effets climatiques, si vous essayez de faire remarquer que non, tous les scientifiques ne sont pas d'accord sur un certain nombre de points, vous pouvez passer rapidement pour un infâme réactionnaire aux idées nouvelles et prévalentes. Je terminerai cette communication en explicitant les raisons de ces dérives :

- l'accélération de l'information ;
- la volonté des media et des individus de faire « le buzz » ;
- la responsabilité des scientifiques eux-mêmes ;
- la course aux papiers ;
- la course à la carrière ;
- l'accélération énorme de la fraude scientifique ;
- la baisse du financement scientifique récurrent ;
- la recherche de contrats ;
- les doutes sur les connexions entre scientifiques et financeurs.

À mon sens, elles sont reliées au fonctionnement des media et de leur besoin constant de sensationnalisme mais, aussi, aux dérives des comportements des scientifiques liées à des modifications du fonctionnement de la recherche. Admettons aussi que l'information nous accroche individuellement par son côté sensationnel et, de ce point de vue-là, je pense que nous sommes en réalité tous coupables.