

# Les agricultures du monde face au dérèglement du climat

Mots clés associés : gouvernance mondiale, mondialisation | éducation et culture | agriculture, alimentation | agriculture | agroécologie | climat | gouvernance internationale | inégalités

## Résumé

Le dérèglement du climat va accentuer les inégalités déjà importantes entre les diverses agricultures du monde. C'est pourquoi il est utile de comprendre comment elles peuvent s'adapter au changement et participer, selon leurs responsabilités, à l'atténuation du phénomène. Nous montrons qu'il est possible de concilier adaptation et atténuation en s'inspirant des principes généraux de l'agroécologie qui doivent être mis en œuvre de façon très différenciée selon les situations. De nouveaux agro-systèmes sont à concevoir localement pour subvenir le mieux possible aux besoins des populations. C'est la meilleure façon d'atténuer au mieux le dérèglement climatique et de s'y adapter sans condamner à la faim une partie de l'humanité. Elle nécessite d'établir des échanges commerciaux entre pays, mais aux antipodes des principes de libre échange qui prévalent actuellement. Lutte contre le dérèglement climatique et libre échange sont antagonistes. Le principe de nouveaux accords d'échanges commerciaux doit maintenant être intégré aux discussions internationales sur le climat.

°0°

### [Note du comité de rédaction de l'encyclopédie :](#)

*Cet article s'intéresse à la double fonction de l'agriculture au regard de l'évolution du climat en illustrant les différences d'approche que pourraient prendre les agricultures au Nord et au Sud pour faire face aux changements climatiques. Elle est émettrice de gaz à effets de serre, fortement émettrice dans le cas des grandes cultures ou de l'élevage et, inversement, son rôle à l'égard de la couverture des sols ou encore en raison de la photosynthèse, participe à l'absorption du carbone atmosphérique. Cet article ne s'attarde pas sur l'appréciation de la non durabilité des pratiques agricoles dominantes au Nord. Ce point important est abordé dans d'autres articles de l'encyclopédie.*

# Auteurs

## Papy François

Directeur de recherche honoraire de l'Inra, François Papy débute sa carrière dans l'enseignement supérieur agricole puis est détaché au Maroc, dans les années 1970, pour créer l'enseignement d'agronomie à l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II de Rabat. De retour en France il intègre l'Inra. Ses travaux de recherche ont porté successivement sur les systèmes de culture en milieux arides et semi-arides, l'organisation du travail dans les exploitations agricoles, l'effet des systèmes de culture et de leur organisation spatiale sur les processus d'érosion, etc.... Il a dirigé des thèses en France, au Liban et en Afrique sub-saharienne.

Actuellement, membre de l'Académie d'Agriculture, il participe à des réflexions sur les relations agricultures / dérèglement climatique.

## Texte

**Ce texte est repris d'un article publié dans le *Courrier de l'environnement de l'INRA*, N°66-avril 2016.**

°°

*« On ne peut résoudre un problème avec les modes de pensée qui l'ont créé ».*

**Albert Einstein**

°°

Les agricultures du monde se caractérisent par de très grandes inégalités de productivité, héritées de l'histoire et de la géographie, accentuées par la concurrence du libre-échange. Des agricultures productives, utilisant mal les nombreux moyens dont elles disposent en côtoient d'autres qui, faute de moyens, ne renouvellent pas bien la fertilité des milieux qu'elles utilisent [1]. Et le dérèglement du climat accentue encore ces inégalités, fragilisant plus les secondes que les premières qui en sont plus responsables. Nous allons développer ceci en nous interrogeant sur la façon dont ces diverses agricultures peuvent faire face au dérèglement climatique et verrons ensuite les conséquences que cela peut avoir sur la prise en compte de l'agriculture dans les négociations internationales sur le climat.

Il est vrai que, jusqu'à présent, l'agriculture a occupé fort peu de place dans ces négociations. En 1990, à la suite du premier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec), créé deux ans plus tôt, et de la convention cadre des Nations-Unies au sommet de Rio en 1992, dans les premières conférences des parties (COP), seule faisait débat l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (EGES). Et les négociations se concentraient alors, à juste titre, sur les émissions de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) en forte augmentation depuis le début de l'ère industrielle. Or, même si certaines formes d'agriculture, utilisant des énergies fossiles, émettent du CO<sub>2</sub>, l'essentiel des EGES agricoles est constitué de méthane (CH<sub>4</sub>) et de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) ; émissions diffuses et difficiles à mesurer. Mais, maintenant que l'on commence à savoir tout au moins évaluer ces dernières, les questions de métrologie ne peuvent justifier la faible place de l'agriculture dans les négociations.

La raison est plus profonde. L'agriculture est au cœur de l'injustice que révèle le dérèglement

climatique, causée non par l'humanité toute entière mais par une partie d'entre elle. Ce n'est qu'à partir des années 2000, que les pays en développement (PED), grâce aux travaux du groupe 2 du Giec sur les impacts du changement climatique, arrivent à faire reconnaître que leur premier problème est l'adaptation à un dérèglement du climat dont ils ne sont pas les premiers responsables. Et puisque c'est l'agriculture qui est l'activité la plus affectée par ce dérèglement, les questions agricoles font alors une timide entrée dans les négociations. Elles sont restées bien timides, même au cours de la Cop 21 qui a pourtant constitué une avancée notable dans le débat politique international.

Pour introduire la question des agricultures dans les négociations climatiques à l'échelle mondiale, il devient nécessaire de tenir compte de l'inégale répartition des populations humaines sur le globe. Et, par conséquent, d'étudier comment peuvent s'ajuster localement production et demande alimentaire. Entrent alors dans les débats, aux différentes échelles, les questions de sécurité alimentaire et d'échanges commerciaux. Or le paradigme du libre-échange impose une chape de plomb sur toute négociation internationale. C'est ainsi que les questions de commerce et de transports internationaux ont été bannies des débats de la Cop 21. Les négociations sur le climat en sont restées à des engagements, par pays, d'atténuation des EGES produites sur leur territoire (et non consommées, ce qui aurait été plus juste) et de constitution d'un fonds destiné aux PED pour les aider à s'adapter au dérèglement climatique et à l'atténuer.

## **L'adaptation de l'agriculture, une affaire locale chargée d'incertitude**

Partout dans le monde le dérèglement climatique commence déjà à soumettre l'agriculture à de nouvelles conditions : élévation globale de la température, répartition différente des pluies et des sécheresses, accentuation des phénomènes catastrophiques, avec toutes les conséquences que ces événements vont avoir sur les bioagresseurs. Grâce à des modèles climatiques il est possible d'explorer différents scénarios de l'évolution du climat. Les modèles globaux s'accordent tous sur un réchauffement moyen de la planète et des tendances générales.

Combinés à des modèles de culture, ces modèles climatiques nous renseignent sur l'évolution probable des rendements des cultures et de leur répartition [2]. S'il est vrai que pour certaines espèces, comme la betterave dans le nord des régions tempérées, l'augmentation de teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère laisse prévoir une augmentation de rendement, dans la plupart des cas c'est à des baisses de rendement qu'il faut s'attendre, même si les résultats sont difficiles à prévoir du fait de processus contradictoires. Ainsi, une température élevée, nocturne en particulier, produit une baisse du rendement photosynthétique, particulièrement pour les plantes dites « en C3 » (blé, riz, cotonnier, arachide, soja...) et une augmentation pour les plantes « en C4 » (maïs, sorgho, canne à sucre...). Mais une augmentation de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère favorise les plantes « en C3 ». Cependant les stress hydrique et azoté ont plus d'effet sur le rendement que les fluctuations de température, de rayonnement ou de concentration en CO<sub>2</sub> [3]. Ils font craindre un abaissement global des rendements. Par ailleurs, l'augmentation des températures affectant les comportements physiologiques des animaux diminue aussi leur production. Or, si la température est la donnée la plus facile à prévoir à long terme, le régime pluviométrique, le vent, l'ensoleillement sont beaucoup moins bien connus. A l'échelle locale, les modèles climatiques font état d'une grande incertitude et, par suite, les modèles de prévision des rendements également. Une conséquence importante du changement climatique est que les zones de culture vont se déplacer et qu'il faut vraisemblablement s'attendre à plus de maladies et d'attaques par les insectes, plus de parasites sur les animaux domestiques. Soulignons enfin que les incertitudes sur l'évolution du climat ne sont pas partout identiques ; les plus fortes portent sur les régions tropicales et équatoriales.

A l'échelle mondiale on peut prévoir une quasi-disparition de toute possibilité de culture dans des zones déjà très chaudes et sans ressource en eau (Sahel, Nord-Est du Brésil, une partie de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient) et, peut-être une extension des zones cultivées dans les régions nordiques [4].

Retenons de ce qui précède que l'adaptation de l'agriculture va donc devoir se faire localement en situation incertaine, plus incertaine encore dans les pays du Sud. Dans tous les cas, il s'agit d'une double incertitude, portant à la fois sur l'évolution tendancielle et sur les variations interannuelles autour de la tendance qui, prévoit-on, devraient s'accroître. Dans tous les cas l'effet sur les couverts végétaux des interactions entre climat et sols va s'accroître. Deux grandes voies d'adaptation se présentent. L'une consiste à faire évoluer les capacités génétiques des espèces cultivées, l'autre à cultiver localement une variété suffisante d'espèces pour obtenir des agro-systèmes résilients.

## **Réorienter la sélection des plantes cultivées**

A l'échelle mondiale les modes d'obtention des variétés cultivées sont variés. Entre une organisation où les métiers de sélectionneur et d'agriculteur sont nettement séparés et la sélection centralisée, et celle où l'agriculteur sélectionne lui-même ses semences, existent différents modes de sélection participative selon les étapes de la sélection auxquelles participent les agriculteurs [5]. Dans un pays développé comme la France, à partir des années 1950, à un mode de sélection centralisé est associé un système de contrôle de la production de semences constitué d'un catalogue officiel des variétés, d'un organisme d'inscription au catalogue, d'un autre certifiant les semences et enfin d'un dernier contrôlant production et commercialisation. Sans doute ce système a-t-il fait ses preuves pour améliorer les rendements. Mais n'est-il pas aussi responsable du nombre restreint d'espèces cultivées ayant été améliorées ? Ne faut-il pas faire une plus grande place aux agriculteurs au cours des étapes de la sélection dès lors que les conditions locales d'adaptation vont être plus différenciées et plus aléatoires ? Ne faut-il pas assouplir cette sélection centralisée dès lors qu'il faudrait reprendre la sélection de plantes jusqu'à présent laissées de côté comme les légumineuses à graines ou fourragères, ou entreprendre la sélection de plantes orphelines (seigle, avoine, sarrasin et même sorgho...) ? Des questions sur les différentes modalités de participation des agriculteurs à la sélection doivent être sérieusement envisagées dans les pays développés où elles se heurtent à des verrous juridiques [6]. Quant aux PED ils doivent se garder d'introduire intempestivement des variétés sélectionnées ailleurs. L'organisation la plus adaptée à leur situation est la sélection participative dans laquelle des instituts de recherche apportent les bases scientifiques à une sélection paysanne.

## **Réorienter la conception des agro-systèmes**

La seconde voie d'adaptation consiste à concevoir des agro-systèmes résilients, composés de systèmes de culture adaptés à la nature des terrains, constitués d'une grande variété d'espèces en cultures successives ou cultivées en association. La taille des parcelles ne doit pas, par excès, accentuer les processus érosifs et détruire la diversité spatiale des habitats nécessaires aux populations d'auxiliaires. Dans ces paysages agricoles des infrastructures semi naturelles contribuent à la résilience de l'ensemble. C'est ainsi qu'il est possible de tamponner de fortes fluctuations interannuelles du climat par les compensations qui peuvent exister entre espèces cultivées, sans pour autant imaginer qu'il soit possible de faire face à des situations catastrophiques dont la fréquence, disent les climatologues, peut augmenter. Mais la mise en œuvre de tels agro-systèmes se heurte à la spécialisation régionale. Prenant la France comme exemple de pays développé, nous constatons que la spécialisation des exploitations agricoles qui a débuté dès les années 1960 par une dissociation de la culture et de l'élevage et une simplification des rotations s'est progressivement généralisée au niveau régional par une organisation en filières. Le libre

échange, généralisé aux produits agricoles en 1994, au moment de la création de l'Organisation mondiale du commerce (OMC), faisant jouer les avantages comparatifs, a stabilisé cette spécialisation régionale. Ainsi, l'ensemble du système agro-industriel régional dominant, qui renforce les avantages compétitifs et donc la spécialisation, constitue un verrou à la mise en œuvre d'agro-systèmes diversifiés [7]. La Bretagne et les Pays de Loire, qui concentrent en France la moitié des élevages hors-sol, le Bassin Parisien, spécialisé dans les céréales, en sont de bons exemples. C'est donc l'ensemble des systèmes agro-industriels régionaux qui doivent être réformés. Dans les PED le même objectif de diversification doit être visé. Il existe plus ou moins dans les systèmes vivriers. Lorsqu'il existe des filières de culture d'exportation, il faut éviter qu'elles ne conduisent à une spécialisation exclusive des exploitations qui les fragiliserait.

Le dérèglement climatique va modifier la répartition des pluies, les rendre plus aléatoires et, le rôle de réservoir des massifs montagneux diminuant du fait de la fonte des glaces, la fourniture d'eau va devenir, à l'échelle des territoires, une donnée essentielle de l'adaptation des agro-systèmes [8]. Pour les faire bénéficier de cette ressource par des reports dans le temps, il faudra stocker de l'eau, si possible à l'abri de l'évaporation directe, c'est à dire en profondeur dans le sol et, lorsque le système géologique le permet, dans les nappes qui sont des réservoirs naturels. Les irrigations représentent l'utilisation dominante des ressources en eau dans de multiples régions déjà soumise à de forts stress hydriques, mais elles sont trop souvent conduites avec une efficacité faible faute d'appui technique et de conseil auprès des agriculteurs : les économies d'eau sur ce secteur sont considérables. L'eau de pluie ou l'eau d'irrigation devront être utilisées de façon efficiente par des techniques favorisant l'évapotranspiration plutôt que l'évaporation directe, allant jusqu'à créer des micro-climats par des couverts multi-strates. Agir pour développer une meilleure gestion de la demande en eau devrait devenir une priorité avant même le développement de nouvelles ressources en eau.

Ainsi, l'adaptation des agricultures au dérèglement climatique, que ce soit par la sélection des végétaux cultivés, leurs modes de culture ou encore une meilleure gestion de la ressource en eau entre les différentes activités humaines, ne concerne pas que les agriculteurs, mais des collectifs d'acteurs à l'échelon régional.

## **L'atténuation par l'agriculture du bilan (émissions de GES - fixation de C), une affaire mondiale de bien commun.**

Pour atténuer l'effet de serre l'agriculture présente des spécificités :

\* **Primo**, si l'on met à part les émissions de CO<sub>2</sub> résultant de l'usage d'énergies fossiles, les autres GES émis par l'agriculture lui sont quasi spécifiques. Il s'agit principalement du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et du méthane (CH<sub>4</sub>). Tous deux ont un fort potentiel de réchauffement global en équivalent de CO<sub>2</sub> (noté CO<sub>2</sub>) ; calculé sur 100 ans il est respectivement de 310 et 21 CO<sub>2</sub> selon les calculs du Giec en 1995.

\* **Secundo**, qu'il soit forestier, herbacé ou cultivé, chacun de ces couverts végétaux, grâce à la photosynthèse, a la capacité de fixer du CO<sub>2</sub> par une bio-conversion de l'énergie solaire en énergie chimique. Les écosystèmes forestiers stockent 40 à 53 % du carbone de la biosphère terrestre [9], avec une nette différence entre forêt tropicale humide et forêt tempérée qui contiennent grosso modo et respectivement 220 et 80 t C/ha de biomasse, mais aussi 160 et 100 t C/ha dans le premier mètre de sol. Les champs cultivés en stockent beaucoup moins (6 t C/ha dans la biomasse d'une parcelle de céréale en Île-de France et 60 dans le sol) et les couverts herbacés ont une position intermédiaire.

Aussi est-ce bien le bilan émissions de GES - fixation de C qu'il s'agit de réduire et non simplement les émissions.

Émissions et fixation sont locales, réparties de façon diffuse sur les territoires agricoles. Mais ces bilans locaux se cumulent dans une atmosphère unique, indivisible qui ne connaît pas de frontière et dont la composition, qui détermine la régulation de l'effet de serre, doit être considérée comme un bien commun.

Or, jamais au cours de l'histoire les différentes formes d'utilisation des couverts végétaux n'ont été aussi diversifiées quant à leur bilan (émissions - fixation). Ici, une agriculture à très faibles rendements dispose encore de place pour se développer au détriment des forêts ; là, c'est une agriculture utilisant beaucoup d'intrants qui s'installe sur des défrichements ; ailleurs, une forte intensification des espaces cultivés au regard des besoins alimentaires permet le reboisement ; ailleurs enfin, l'espace est si restreint pour nourrir tout le monde que tout est cultivé très intensivement, etc. Ces diverses formes d'agriculture résultent d'histoires, de milieux, de densité de populations différentes. Globalement les bilans (émissions - fixation) sont plus élevés dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud.

## **Les termes du bilan pour les agricultures du Nord et du Sud**

### **Les émissions de GES**

A l'échelle mondiale, d'après la FAO en 2011, les EGES de l'agriculture représentaient 24 % des émissions calculées en CO<sub>2</sub>. Elles ont presque doublé au cours des 50 dernières années et ne cessent d'augmenter. Le CH<sub>4</sub> est le gaz le plus représenté (49 % dont 39 % sont dus aux fermentations entériques des ruminants et 10 % aux rizières), tandis que le N<sub>2</sub>O issu des fertilisants azotés représente 13 % du total. L'usage des engrais azotés de synthèse, fabriqués par fixation de l'azote atmosphérique, a tellement augmenté depuis 1950 que, dès les années 1970, cette fixation a dépassé les capacités de l'ensemble des écosystèmes à dénitrifier suffisamment pour réémettre dans l'atmosphère la même quantité de N<sub>2</sub> que celle fixée [10]. Qui plus est la fabrication des engrais azotés est une des principales sources de consommation d'énergie fossile de l'agriculture. Il faut deux kilos d'équivalent pétrole pour transformer un kilo d'N<sub>2</sub> atmosphérique en forme active dans les engrais. Ainsi la fertilisation azotée est-elle doublement émettrice de gaz à effet de serre. Comme, elle contribue, de plus, à la pollution des milieux lacustres et marins, la fixation de l'azote atmosphérique a, selon le Stockholm Resilience Centre, déjà dépassé son seuil critique permettant d'assurer la durabilité du système planétaire [11].

L'usage de cette fertilisation est tout à fait déséquilibré entre les pays développés du Nord et ceux de l'hémisphère sud. Si l'on prend la France comme exemple de pays développé, on note, selon le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa), que le rapport entre les deux principaux gaz n'est pas le même qu'à l'échelle mondiale. La moitié est due à N<sub>2</sub> et 40 % à CH<sub>4</sub>, le reste étant dû à la consommation d'énergie fossile par les moteurs, le chauffage des bâtiments et la fabrication des intrants, des engrais azotés notamment. C'est donc dans les pays d'agriculture intensive du Nord qu'il faut faire porter un effort énergétique de réduction d'utilisation des engrais azotés.

### **La fixation de C dans la biomasse et le sol**

Les compartiments de stockage du C dans la biosphère terrestre sont la biomasse et le sol. Entre les deux la répartition du C est notablement différente selon les modes d'occupation du sol et les grands types climatiques. Ainsi, le pourcentage de C stocké dans le sol est très élevé dans les terres cultivées (98 % en moyenne), à l'autre extrême il est de l'ordre de 40 à 50 % dans les forêts tropicales qui, nous l'avons vu, stockent beaucoup de C dans leur biomasse (de l'ordre de 200 t/ha/

an), tandis que dans une forêt tempérée qui stocke de l'ordre de 80 t/ ha/an environ, il est de 50 à 60 % et les prairies ont des valeurs intermédiaires [12] .

De ces données retenons deux points. **Primo**, le changement de mode d'occupation du sol est déterminant dans les échanges de C entre biosphère et atmosphère. Mais alors que la déforestation et le retournement de prairies libèrent brutalement du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, la fixation de C par un nouveau boisement ou une mise en herbe est très lent. **Secundo**, dans les terres cultivées (ainsi que, secondairement, les prairies) qui nous intéressent au plus haut chef ici, c'est le sol qui constitue de beaucoup le principal compartiment de stockage.

Une grande publicité a été faite à l'occasion de la Cop 21 sur la possibilité de stockage du C dans le sol autour de « l'initiative 4 pour mille : les sols pour la sécurité alimentaire et le climat », lancée le 1/12/2015 au Bourget. Elle mérite examen [13] . Fondée sur l'idée que la fixation par le sol pourrait compenser l'ensemble des EGES d'origine fossile, elle est basée sur une règle de trois : les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> dues à la combustion de l'énergie fossile à l'échelle planétaire sont estimées à 9,6 milliards de tonnes de C, ce qui représente 4 pour mille du stock de C organique de l'ensemble des sols. Obnubilés par la recherche de solution d'ingénierie pour compenser les EGES les promoteurs de cette initiative écrivent : « une augmentation relative de 4 pour mille par an des stocks de matière organique des sols suffirait à compenser l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre de la planète ». Cela traduirait-il le souhait que l'on pourrait continuer à émettre des GES au même rythme ? Toujours est-il qu'il faut se demander si la chose est possible. Notons tout d'abord une erreur de calcul. L'application d'un même taux d'augmentation à des sols de contenus en C très différents ne peut aboutir à ce même taux sur l'ensemble du stock du C organique des sols. Par ailleurs, derrière cette règle de trois se cache l'idée que transférer une quantité donnée de C organique correspondant à un pourcentage de la quantité de C contenue dans un sol va augmenter sa teneur de ce même pourcentage. Comme si d'un compartiment à un autre il suffisait d'ouvrir un robinet. Or il n'en est pas ainsi. Tout apport de C organique à un sol est accompagné d'une perte par minéralisation. Si l'apport est élevé le taux de C dans le sol augmente jusqu'à un équilibre qui ne se maintient que si l'apport initial continue. Ce taux d'équilibre dépend du mode d'occupation du sol, du climat, du sol lui-même et de l'apport continu qui lui est fait. L'idée contenue dans cette initiative est donc erronée. Aujourd'hui on ne peut malheureusement que constater, encore, le développement de modèles agricoles entraînant de graves phénomènes d'érosion des sols agricoles. L'intérêt de développer des politiques de protection des sols agricoles est incontestable sans qu'il ne soit nécessaire de rechercher dans une justification erronée d'une amélioration du stockage du carbone dans les sols agricoles la justification de ces politiques.

## L'amélioration du bilan dans les pays du Nord

Dans les pays du Nord, l'urgence est de diminuer les EGES [14] . Comme la fixation de l'azote atmosphérique a dépassé son seuil critique, réduire la fertilisation azotée par les engrais de synthèse devient prioritaire. Cette réduction peut se faire à moindre frais et même parfois augmenter les marges, dès lors qu'elle s'accompagne d'une diminution d'usage des pesticides et, pour les céréales, de raccourcisseurs de tige, mais aussi de choix de variétés plus rustiques et de changement de date de semis. De plus, on a maintenant la certitude que certaines périodes de carences azotées ne sont pas toujours préjudiciables au rendement et peuvent être bénéfiques à l'efficacité de l'azote [15] . Même si, en France, à la fin des années 1980 les quantités d'engrais azotés ont diminué, par mesure de sécurité, les doses appliquées sont encore souvent majorées et pourraient être réduites sans trop risquer de baisser le rendement. Pour les diminuer, il faut renoncer à viser les rendements les plus élevés qu'il n'est possible d'obtenir que les bonnes années, recycler l'azote en valorisant au mieux les produits organiques (effluents d'élevage et autres déchets) et tenir compte de la teneur en azote de ces produits dans le calcul de la dose, sachant que

le pilotage de la nutrition azotée devient alors délicate.

L'introduction de plus de légumineuses à graines dans la rotation et de légumineuses fourragères dans les prairies constitue aussi une bonne façon de réduire les EGES [16]. Pas besoin de recourir aux énergies fossiles pour fixer l'azote de l'air grâce à la fixation symbiotique qui de plus - on vient récemment de le montrer - n'émet pas (ou peu) de N<sub>2</sub>O [17]. En effet, l'N fixé par le processus symbiotique est directement incorporé dans la matière organique de la plante fixatrice et ne se disperse pas dans le milieu au risque d'entraîner des impacts négatifs. Malheureusement, à la suite d'accords passés avec les États-Unis au lendemain de la seconde guerre mondiale, l'Europe a renoncé aux droits de douanes sur les oléoprotéagineux et, du coup, les cultures de légumineuses ont chuté. Erreur historique qui se traduit maintenant, en Europe, par une très faible participation de la fixation symbiotique par les légumineuses cultivées dans les agro-systèmes par rapport à l'apport d'N par les engrais de synthèse : 1 million de tonnes (MT) fixés par symbiose pour 11 MT fixés par synthèse industrielle contre 50 MT pour 105 MT à l'échelle mondiale. C'est dire l'urgence qu'il y a, en Europe, à inverser la tendance et à cultiver beaucoup de légumineuses, l'N fixé par ces dernières pouvant servir aux espèces qui leurs sont associées ou qui les suivent dans les successions culturales.

Les légumineuses fourragères occupent une place importante dans la fixation symbiotique. En France, 80 % de cette fixation est due aux légumineuses des prairies temporaires et naturelles [18]. La culture de légumineuses dans la sole cultivée et dans les prairies améliore l'autonomie alimentaire des troupeaux en même temps qu'elle améliore le bilan (émission - fixation de C) par rapport à l'importation d'aliments protéiques et l'utilisation d'engrais azoté de synthèse.

Les déjections animales sont une source importante d'EGES. Produites de façon continue et stockées souvent longtemps avant épandage elles sont source d'émission de CH<sub>4</sub> (dans le lisier qui évolue en condition anaérobie) et de N<sub>2</sub>O (dans le fumier). Il existe un mode de gestion des déjections animales particulièrement efficace dans la lutte contre le changement climatique : la méthanisation [19]. Il est malheureusement encore fort peu généralisé en France. La méthanisation consiste à envoyer, sitôt qu'elles sont produites, les déjections dans des réacteurs de digestion anaérobie qui favorise la production de CH<sub>4</sub>. En captant ainsi du biogaz, on évite son émission dans l'atmosphère ; l'énergie de ce gaz se substitue à la combustion de C fossile, tandis que le CO<sub>2</sub> dégagé par la combustion, entrant dans un cycle court de C, est réorganisé par la photosynthèse. Le digestat récupéré a une bonne valeur de fertilisation en N. Encore faut-il que les terres de culture ne soient pas trop éloignées des méthaniseurs.

L'amélioration du bilan suppose aussi de compenser les émissions par une fixation du C [20]. Retenons tout d'abord de ce qui a été dit plus haut l'intérêt qu'il y a de préserver le plus possible les couverts végétaux permanents (forêts et prairies) qui stockent du C à la fois dans le sol et dans leur biomasse. Il convient aussi d'appliquer au mieux des techniques d'enrichissement des sols cultivés en matière organique : restitution au sol des résidus de culture, mise en place de plantes de couverture (engrais verts ou cultures dérobées destinées aussi à retenir les nitrates), méthodes de culture sans labour qui présentent l'intérêt d'accroître la durée de ce stockage tout en diminuant la consommation de carburant, mais l'inconvénient de nécessiter souvent l'emploi d'herbicide. Enfin, l'introduction d'espèces pérennes dans les aménagements paysagers : arbres plantés à faible densité dans les parcelles agricoles (agroforesterie) ou en haies de bordure de parcelle, bandes enherbées en bordure de parcelle et le long des cours d'eau ou en inter-rang des plantations fruitières, constituent indéniablement une autre manière de stocker du C.



## **L'amélioration du bilan dans les pays du Sud**

A l'opposé des pays du Nord ceux du Sud émettent beaucoup moins de N<sub>2</sub>O et consomment peu d'énergie fossile. Mais ils pratiquent une déforestation intense et émettent du CH<sub>4</sub> (troupeaux de ruminants et rizières inondées) en quantité difficile à réduire. Plus que dans les pays du Nord des recherches sont nécessaires pour améliorer le bilan (émissions - fixation). Prenons quelques exemples.

L'essentiel des 13 millions d'ha défrichés par an sur l'ensemble de la planète proviennent des pays tropicaux (FAO, 2006, Évaluation des ressources forestières mondiales). Plus précisément l'Afrique sub-saharienne en brûlant, entre 1975 et 2000, 5 millions d'ha par an de forêts et savanes a libéré un milliard de t de CO<sub>2</sub>, soit un quart des émissions de l'Union européenne à 15 pendant cette même période. Or cette région va connaître, au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, la plus forte augmentation de population. Pour subvenir à cet accroissement vaut-il mieux augmenter les rendements des champs cultivés ou défricher des couverts pérennes ? Les bilans territoriaux sur les EGES donnent une réponse sans ambiguïté : augmenter les rendements [21]. Sans doute faut-il pour y arriver utiliser des énergies fossiles et de la fertilisation azotée. L'augmentation des rendements s'accompagne ainsi d'émission de GES, mais la déforestation évitée en économise bien plus. Appliquée à une agriculture peu productive une fertilisation azotée sans excès aurait une meilleure efficacité sur la production que dans les agricultures à haut rendement sans avoir les mêmes impacts environnementaux. Un rééquilibrage de cette fertilisation entre les hémisphères Nord et Sud s'impose [22]. Encore faut-il aider ces agricultures à augmenter leur production, grâce à ce moteur qu'est l'azote, sans tomber dans les excès que connaissent les pays du Nord.

Dans les pays semi-arides à arides, les rendements en grains fluctuent beaucoup. Ceux en matière sèche totale beaucoup moins. Les animaux qui peuvent consommer les pailles ont donc un rôle de tampon face aux aléas climatiques et donnent aux systèmes de production une certaine résilience. Mais, dans ces régions, l'association culture élevage qui s'y pratique rend difficile l'amélioration du bilan (émissions - fixation) [23]. En effet les ressources fourragères, très cellulosiques et donc peu digestibles, entraînent par fermentation entérique, des émissions de CH<sub>4</sub> importantes. Et les matières organiques consommées ne retournent que très partiellement au sol. Ainsi culture et élevage entrent dans une concurrence néfaste au bilan. Des voies, difficiles à mettre en œuvre, sont à explorer dans le parage nocturne des animaux sur litière, la constitution de fosses à fumier, un affouragement plus digestif...

Dans les régions asiatiques, la riziculture inondée, émettrice de CH<sub>4</sub>, va se développer pour répondre à une demande croissante. Là aussi la diminution des EGES s'avère délicate. En effet, s'il existe bien, par assèchement intermittent, des méthodes pour le faire, elles se heurtent à la difficulté de contrôler les adventices.

Ainsi, dans le Sud, le développement d'agricultures viables, et non destructrices de forêts impliquent d'accepter qu'elles augmentent quelque peu leurs EGES. Des investissements dans la recherche et le développement doivent aider à en définir les limites.

## **Concevoir, localement, de nouveaux agro-systèmes et, internationalement, une véritable organisation des échanges commerciaux**

Ayant examiné les principes d'une adaptation des agro-systèmes au dérèglement climatique et ceux de leur participation à son atténuation, examinons s'ils sont conciliables.

Mais, tout d'abord, notons que c'est localement qu'il faut concevoir ces nouveaux agro-systèmes. Pour l'adaptation nous avons montré que c'était évident, mais c'est vrai aussi pour l'atténuation puisque les correctifs à apporter aux agro-systèmes existants ne sont pas partout les mêmes. Nous l'avons montré aux échelles continentales en présentant les différents problèmes d'amélioration du bilan (émissions - fixation) entre agricultures du Nord et du Sud. Mais c'est vrai aussi à des échelles plus fines. Par exemple les plaines céréalières de l'Europe, comme le Bassin Parisien, doivent introduire dans leur rotation des légumineuses ce qui leur permettrait de réduire fortement la fertilisation azotée, associer, au moins à l'échelle de territoire, agriculture et élevage, voire introduire de l'agroforesterie ; les régions où l'élevage « hors-sol » domine, comme la Bretagne, doivent viser une autonomie alimentaire des animaux, notamment protéique par le pâturage de prairies riches en légumineuses et renoncer à l'importation de soja d'Amérique latine provenant de territoires gagnés depuis peu sur les forêts tropicales humides ou équatoriales. Ainsi, c'est donc localement que doivent être mis en œuvre de nouveaux agro-systèmes de façon coordonnée avec une évolution des filières d'amont et d'aval.

Même s'ils doivent être conçus de façon différenciés selon les situations, ces nouveaux agro-systèmes qui visent à concilier adaptation et atténuation répondent-ils à des principes généraux ? Revenons sur quelques points. L'introduction de légumineuses qui atténue les EGES permet de diversifier les systèmes de culture et de les rendre ainsi plus résilients. Le stockage du C dans le sol en améliore la fertilité. L'introduction de bandes enherbées, de haies, de tout élément arboré pour fixer plus de C dans le sol crée des habitats favorables à l'expression de la biodiversité et aux populations d'auxiliaires, réduit, si besoin est, les risques d'érosion et, créant des microclimats, atténue le réchauffement et améliore l'efficacité de l'eau. De même en est-il des couverts végétaux permanents : morts, ils réduisent le ruissellement et l'érosion, favorisent l'infiltration et le stockage de l'eau ; vivants, en plus, par l'évapotranspiration, ils refroidissent l'atmosphère. On le voit, ces principes généraux consistent à valoriser au mieux les processus et fonctions écosystémiques. Ils relèvent de l'agroécologie. S'établissent ainsi des synergies qui assurent une certaine résilience aux agro-systèmes, On parle aussi de co-bénéfices. Mais la façon dont il est possible de mettre en œuvre ces synergies dépend des caractéristiques du milieu (sols, climat, disponibilité de l'eau ...) et des hommes qui l'habitent. Elle varie selon les lieux. Et l'expérience montre qu'elle est plus aisément conçue par les acteurs des territoires locaux que par des institutions d'ordre supérieur qui réduisent la complexité des problèmes en les traitant par secteurs [24].

Pour limiter les transports de denrées alimentaires, consommateurs de CO<sub>2</sub>, ces nouveaux agro-systèmes doivent nourrir le plus possible les populations locales. On en est loin dans beaucoup de pays, particulièrement en Afrique subsaharienne où les agricultures sont peu productives et la population en forte croissance. C'est là que des efforts particulièrement importants doivent être faits pour augmenter la production. Affaire des pays concernés, bien sûr, pour nourrir les populations paysannes (paradoxalement les plus exposées à la famine en raison de leur pauvreté), pour nourrir les villes en forte croissance, pour donner du travail à de nombreux jeunes désœuvrés, ..., mais affaire aussi de tout le monde car c'est la meilleure façon d'atténuer au mieux le dérèglement climatique sans condamner à la faim une partie de l'humanité.

Or ces agricultures sont depuis longtemps sacrifiées par une absence d'efforts nationaux et internationaux et par les accords de libre échange que sont les accords de partenariat économiques (APE) ; par exemple ceux qui, à la suite de l'OMC, visent à lever les barrières douanières des produits de l'UE vers l'Afrique. Ils permettent de nourrir à bas prix les populations urbaines africaines, mais, détruisant la capacité agricole des pays, ils compromettent l'avenir. Comment peut-on imaginer que l'on puisse mettre en concurrence des agricultures qui, pour participer à la défense du bien commun qu'est la composition chimique de l'atmosphère, sont conduites à mettre en œuvre des mesures de coûts différents ?

Il est nécessaire d'organiser les échanges commerciaux de produits agricoles entre régions, ne serait-ce que parce que certaines d'entre elles comme, par exemple, les pays du Maghreb et du Moyen-orient vont voir leurs capacités productives affectées par le dérèglement du climat. Mais, à l'opposé des principes de libre échange qui prévalent actuellement dans tous ces accords et qui, au-delà de la baisse des droits de douane, uniformisent les standards de production, il faut une organisation qui respecte les souverainetés alimentaires, permette une diversification régionale des agricultures et prévoit la constitution de réserves. Les questions commerciales doivent désormais faire partie intégrante des discussions sur le climat. C'est la condition pour que la question de l'agriculture et de la sécurité alimentaire puisse entrer plus à fond dans les discussions de la prochaine COP à Marrakech.

## **Conclusion**

Quand va-t-on sortir de cette schizophrénie qui veut à la fois atténuer le dérèglement climatique et libéraliser les échanges commerciaux ? Quand va-t-on comprendre que tout se tient dans notre maison commune [25] ?

## **Notes**

[1] Mazoyer M., Roudart L. 1997. *Histoire des agricultures du monde*, Seuil, Paris

[2] Gallais A., Neveu A., 2016. *Les adaptations nécessaires de la production agricole aux changements climatiques*. La revue de l'Académie d'agriculture 9, 36-40.

[3] Gérarddeaux E. et al., 2015. Les relations entre systèmes de culture annuels tropicaux et changement climatique. In *Changement climatique et agricultures du monde*, Torquebiau E. (éd. scient.), éditions Quae, pp 107-120.

[4] Gallais A., Neveu A., 2016. op. cité

[5] Gallais A., 2015. *Comprendre l'amélioration des plantes*, éditions Quae.

[6] Desclaux D. et al. 2009. *Pluralité des agricultures biologiques : enjeux pour la construction des marchés, le choix des variétés et les schémas d'amélioration des plantes*, Innovations agronomiques, 4, 297-306.

[7] Meynard J.-M., Messean A. (coord.), 2015. *La diversification des cultures ; lever les obstacles agronomiques et économiques.*, Éditions Quae, 103 p.

[8] Perrier A., Brunet Y., 2016. Climat, eau, biodiversité. La revue de l'Académie d'agriculture 9, 54-59.

[9] Guehl J. M., Alexandre S., Peyron J. L., 2016. *La gestion des forêts mondiales et ses interactions*

avec le changement climatique, La revue de l'Académie d'agriculture 9, 43-47.

[10] Galloway J.N., Cowling E.B., 2002. *Reactive Nitrogen and the World : 200 Years of Change*, *Ambio*, 31, 64-71.

[11] Rockström J. et al. 2009. A safe operation space for humanity, *Nature*, 461, 472-475.

[12] On peut trouver des valeurs complètes dans Mazas (2007) cité dans Forêt et changement climatique, Direction générale de l'énergie et du climat.

[13] Mathieu C., 2016. Augmenter de 4/1000 la teneur en carbone dans les sols : un beau projet, mais une réalisation improbable. *Lettre de l'AFES*, 103, 13-24. et Germon J-C, 2016. Les potentialités de stockage de carbone dans les sols. Le projet 4 pour mille : une arme à double tranchant. *Note à l'Académie d'agriculture*.

[14] Pellerin S. et al. , 2015. *Agriculture et gaz à effet de serre*, Éditions Quae.

[15] Jeuffroy M. H. et Bouchard C., 1999. *Intensity and duration of nitrogen deficiency on wheat grain number* *Crop. Sci*, 261, 1385-1393.

[16] Schneider A., Huyghue C., 2015. *Les légumineuses dans les systèmes agricoles et alimentaires durables*, éditions Quae.

[17] Jeuffroy M.-H., Beranger E., Carrouée B., de Chazelles E., Gosme M., Hénault C., Schneider A. and Cellier P., 2012. *Nitrous oxide emissions from crop rotations including wheat, rapeseed and dry pea*, *Biogeosciences Discussions*, 9, 1-26, doi : 10.5194/bgd-9-1-2012.

[18] Schneider A., Huyghue C., 2015. op.cité

[19] Dessus B., 2008. *Le méthane d'origine agricole, cible à privilégier dans la lutte contre le changement climatique*, *La Revue Durable*, 29.

[20] Pellerin S. et al., 2015 op. cité

[21] Riedacker A., 2008. Reconsidering Approaches for land Use to Mitigate Climate Change and to Promote Sustainable development. In *Global Warming and Climate Change*, 387-424, Science Publisher inc. Enfield, New Hampshire, USA.

[22] Papy F. 2009. *Cultivons notre planète : plus de biomasse, moins de gaz à effet de serre*. *Annales des Mines. Responsabilité & Environnement*, n° 56, L'adaptation au changement climatique, 66-71.

[23] Vigne M., et al., 2015. Contraintes sur l'élevage dans les pays du Sud : les ruminants entre adaptation et atténuation. In *Changement climatique et agricultures du monde*, Torquebiau E. (éd. scient.), éditions Quae, pp 123-135.

[24] Papy F., Mathieu N., 2016. *La crise climatique concerne tous les acteurs des différentes échelles de territoire. Comment les mettre en relation ?*, La revue de l'Académie d'agriculture, 9, 48-53.

[25] Pape François, 2015. *Laudato Si*, sur la sauvegarde de la maison commune.

## Bibliographie

- \* Mazoyer M., Roudart L. : *Histoire des agricultures du monde*, Seuil, Paris, 1997.
- \* Gallais A., Neveu A : *Les adaptations nécessaires de la production agricole aux changements climatiques*, La revue de l'Académie d'agriculture 9, 36-40., 2016.
- \* Gérarddeaux E. et al. : *Changement climatique et agricultures du monde*, Torquebiau E. (éd. scient.), éditions Quae, pp 107-120, 2015.
- \* Gallais A. : *Comprendre l'amélioration des plantes*, éditions Quae, 2015.
- \* Desclaux D. et al. : *Pluralité des agricultures biologiques : enjeux pour la construction des marchés, le choix des variétés et les schémas d'amélioration des plantes*, Innovations agronomiques, 4, 297-306, 2009.
- \* Meynard J-M., Messean A. (coord.) : *La diversification des cultures ; lever les obstacles agronomiques et économiques*, Éditions Quae, 103 p, 2015.
- \* Perrier A., Brunet Y. : *Climat, eau, biodiversité*, La revue de l'Académie d'agriculture 9, 54-59, 2016.
- \* Guehl J. M., Alexandre S., Peyron J. L. : *La gestion des forêts mondiales et ses interactions avec le changement climatique*, La revue de l'Académie d'agriculture 9, 43-47, 2016.
- \* Galloway J.N., Cowling E.B. : *Reactive Nitrogen and the World : 200 Years of Change*. *Ambio*, 31, 64-71, 2002.
- \* Rockström J. : *A safe operation space for humanity*, *Nature*, 461, 472-475, 2009.
- \* Mathieu C. : *Augmenter de 4/1000 la teneur en carbone dans les sols : un beau projet, mais une réalisation improbable*. Lettre de l'AFES, 103, 13-24, 2016. et Germon J-C. : *Les potentialités de stockage de carbone dans les sols. Le projet 4 pour mille : une arme à double tranchant*. Note à l'Académie d'agriculture, 2016.
- \* Pellerin S. et al. : *Agriculture et gaz à effet de serre*. Éditions Quae, 2015.
- \* Jeuffroy M. H. et Bouchard C. : *Intensity and duration of nitrogen deficiency on wheat grain number* *Crop. Sci*, 261, 1385-1393, 1999.
- \* Schneider A., Huyghue C. : *Les légumineuses dans les systèmes agricoles et alimentaires durables*, éditions Quae, 2015.
- \* Jeuffroy M.-H., Beranger E., Carrouée B., de Chazelles E., Gosme M., Hénault C., Schneider A. and Cellier P. : *Nitrous oxide emissions from crop rotations including wheat, rapeseed and dry pea*, *Biogeosciences Discussions*, 9, 1-26, doi : 10.5194/bgd-9-1-2012.
- \* Dessus B. : *Le méthane d'origine agricole, cible à privilégier dans la lutte contre le changement climatique*. *La Revue Durable*, 29., 2008.
- \* Riedacker A., 2008 : *Reconsidering Approaches for land Use to Mitigate Climate Change and to Promote Sustainable development*. In *Global Warming and Climate Change*, 387-424, Science Publisher inc. Enfield, New Hampshire, USA, 2008.
- \* Papy F : *Cultivons notre planète : plus de biomasse, moins de gaz à effet de serre*. *Annales des*

Mines. Responsabilité & Environnement, n° 56, L'adaptation au changement climatique, 66-71,2009

\* Vigne M., et al. : *Changement climatique et agricultures du monde*, Torquebiau E. (éd. scient.), éditions Quae, pp 123-135,2015.

\* Papy F., Mathieu N. : *La crise climatique concerne tous les acteurs des différentes échelles de territoire. Comment les mettre en relation ?*, La revue de l'Académie d'agriculture, 9, 48-53, 2016.

## **Lire également dans l'encyclopédie**

### **dans l'encyclopédie**

\* Aurélie Trouvé, [\*Pour une agriculture et une alimentation dans la perspective du développement durable\*](#), N° 61, mars 2008.

\* Matthieu Calame, [\*L'agriculture Biologique\*](#), N° 83, mars 2009

\* Marc Dufumier, [\*Quelles agricultures "durables" pour nourrir correctement l'humanité ?\*](#), N° 133, décembre 2010

\* André Pochon, [\*Pour une agriculture efficace sur les plans économique, social, environnemental, avec des produits de qualité\*](#), N° 134, Janvier 2011.

\* Marie Chéron et Fanny Déléris, [\*Agriculture et alimentation : comment produire plus et mieux avec moins de ressources biologiques ?\*](#), N° 178, janvier 2013