

Jouer au plus malin avec la nature?

La biologie synthétique et l'agriculture
intelligente face au climat

HEINRICH
BÖLL
STIFTUNG

www.boell.de

etc
GROUP

surveillance du pouvoir
veille des technologies
renforcement de la diversité

www.etcgroup.org



ETC Group

...est une organisation de la société civile internationale. Nous travaillons sur les enjeux socioéconomiques et écologiques mondiaux reliés aux nouvelles technologies, en portant une attention particulière à leurs impacts sur les peuples autochtones, les communautés rurales et la biodiversité. Nos recherches portent sur l'érosion écologique (y compris l'érosion des cultures et des droits humains) et le développement des nouvelles technologies. Nous assurons également une veille sur les enjeux de la gouvernance mondiale, dont la concentration des entreprises et le commerce des technologies. Nous opérons à un niveau politique internationale et travaillons en étroite collaboration avec d'autres organisations de la société civile et des mouvements sociaux, particulièrement en Afrique, en Asie et en Amérique latine.

www.etcgroup.org

Jouer au plus malin avec la nature : la biologie synthétique et l'agriculture intelligente face au climat est le Communiqué #114 d'ETC.

Recherches originales par ETC Group grâce au soutien financier et la collaboration de la Fondation Heinrich Böll.

Mise en page et révision : Holly Dressel

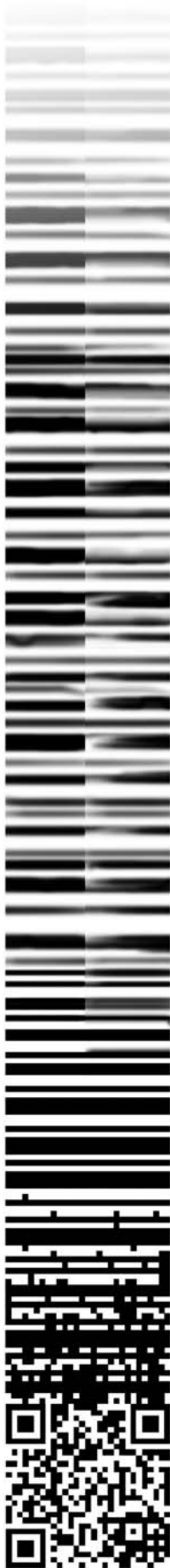
Conception technique et graphique par Stig
Publié initialement en novembre 2015 sous le titre « Outsmarting Nature ? Synthetic Biology and Climate-Smart Agriculture »



Promouvoir la démocratie et le respect des droits humains, prendre des mesures pour empêcher la destruction de l'écosystème mondial, promouvoir l'égalité entre les femmes et les hommes, assurer la paix par la prévention de conflits dans les zones de crise, et défendre la liberté des individus contre les excès des États et du pouvoir économique - ce sont les objectifs qui animent les idées et les actions de la Fondation Heinrich Böll. Nous entretenons des liens étroits avec le Parti Vert allemand (Alliance 90 / Les Verts) et contribuons à un réseau international réunissant plus de 100 projets de partenaires dans environ 60 pays en tant que laboratoire d'idées pour des visions et des projets respectueux de l'environnement. La Fondation Heinrich Böll fonctionne indépendamment et nourrit un esprit d'ouverture intellectuelle. Nous opérons un vaste réseau international comprenant 32 bureaux régionaux. Nous coopérons troitement avec 16 fondations Böll dans chacun des Länder allemands et soutenons particulièrement les étudiants et diplômés socio-politiquement engagés en Allemagne et à l'étranger. Nous suivons avec plaisir l'exhortation de M. Heinrich Böll à s'engager activement dans la politique et espérons inspirer tous les citoyens à faire de même.

www.boell.de/en

CC-BY-NC-ND – Attribution-Non commerciale-Pas de modifications 3.0



Résumé

Problématique

Plusieurs des plus grandes entreprises agro-industrielles du monde ont déjà prêté serment à « l'agriculture intelligente face au climat » (AIC) en tant que membres de l'Alliance mondiale pour une agriculture intelligente face au climat (AMAIC) et c'est en cadence qu'elles se rendent à Paris en décembre pour la 21ème Conférence des parties (COP21) de la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)¹ tout en brandissant leur drapeau d'intelligence climatique. Malgré que ce fait passe encore sous le radar, des militants pour l'AIC, provenant tant du secteur privé que du secteur public, ont adopté des outils de biologie synthétique comme la plus récente des technologies essentielles dans la lutte aux changements climatiques, celle avec le plus grand potentiel de changer les règles du jeu. Si on leur en donne l'occasion lors de la Conférence de Paris, les industries insisteront sur le fait que les organismes vivants entièrement conçus par la biologie synthétique ainsi que les récoltes qu'elle permet de concevoir constituent une stratégie d'adaptation et d'atténuation essentielle face à la crise du climat qui s'amplifie.

Les plus grandes compagnies de produits agrochimiques et de semences, les chercheurs du secteur public ainsi que les nouvelles entreprises en biotechnologies intègrent activement la biologie synthétique à leurs activités de R&D.

Ce rapport examine brièvement les activités de R&D en agriculture impliquant des microorganismes et des cultures issus de la biologie synthétique et développés au nom de l'atténuation et de l'adaptation aux changements climatiques, incluant des approches de haute-technologie visant à accroître la photosynthèse (par exemple la conception de voies métaboliques permettant de réguler la fixation de l'azote et la tolérance aux stress environnementaux).

Nous nous pencherons en particulier sur les travaux d'une équipe de recherche aspirant à activer la tolérance des cultivars à la sécheresse grâce à des formules chimiques brevetées ; nous aborderons aussi la vision des spécialistes de la biologie synthétique sur l'utilisation controversée des gene drives ou du « forçage génétique » afin de développer des mauvaises herbes dans la nature plus sensibles aux pesticides.

Acteurs

L'organisation pour l'agriculture et l'alimentation des Nations Unies (FAO) a introduit le concept d'agriculture « intelligente face au climat » en 2009 dans le but d'amener l'agriculture – et son rôle dans l'atténuation, l'adaptation et la sécurité alimentaire – dans l'arène des négociations climatiques². Deux conférences de la FAO dédiées à l'agriculture intelligente face au climat ont été organisées en collaboration avec la Banque mondiale et un petit groupe de gouvernements en 2010 et en 2012.

1 21ème Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 30 Nov.-11 Déc. 2015

2 Voir le communiqué de presse de la FAO, "Promoting Climate-Smart Agriculture" (09 novembre 2009), sur le lancement de son rapport, *Food Security and Agricultural Mitigation in Developing Countries: Options for Capturing Synergies*, lors de la conférence sur le climat à Barcelone : www.fao.org/news/story/en/item/36894/icode/.

Officiellement instaurée comme l'Alliance mondiale pour l'agriculture intelligente face au climat (AMAIC) en 2014, ladite alliance inclut 22 gouvernements, des groupes de lobbyistes de l'industrie agricole (la majorité représentant l'industrie des fertilisants)³, le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI), plus grand réseau de scientifiques spécialisés dans l'agriculture du monde ainsi que des universités et des organisations non-gouvernementales. L'agriculture intelligente face au climat est également promue par le Conseil mondial des entreprises pour le développement durable (WBCSD) via son initiative de partenariat pour les technologies faibles en carbone (LCTPi), qui aspire à influencer les négociations sur le climat à Paris et au-delà de la Conférence.

Politique

Plus de 350 organisations de la société civile de partout à travers le monde (incluant des mouvements sociaux, des organisations paysannes/agricole et des groupes confessionnels) pressent les négociateurs à Paris de rejeter l'appellation « intelligence climatique » de l'Alliance mondiale. La coalition avertit que l'AIC « n'inclut aucun critère quant à ce qui peut ou ce qui ne peut pas être appelé 'intelligence climatique.' »

*Plus de 350
organismes de la société civile
de partout à travers du monde
(incluant des mouvements sociaux,
des organisations paysannes/agricoles
et des groupes confessionnels) pressent
les négociateurs à Paris de rejeter
l'appellation « intelligence
climatique » de l'Alliance
mondiale.*

Les grandes entreprises agroindustrielles faisant la promotion d'engrais de synthèse, de la production industrielle de viande et de l'agriculture industrielle à grande échelle – toutes des pratiques largement reconnues comme contribuant aux changements climatiques et sabotant les capacités de résilience des systèmes agricoles – peuvent elles-mêmes s'identifier comme « intelligentes face au climat » et, effectivement, elles le font⁴. Le danger immédiat réside dans la possibilité que le lobby mené par l'industrie amène les négociateurs de la COP21 à endosser l'agriculture intelligente face au climat et ainsi à faire dévier les ressources du Fond vert pour le climat de la Convention vers des projets identifiés « intelligents face au climat » et non vers des solutions réelles. (Le Fond vert pour le climat est un mécanisme de financement de la Convention qui appuie les pays en voie de développement afin de favoriser les projets d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques – incluant ceux dans le domaine de l'agriculture⁵.)

Les gouvernements se rencontrant à Paris doivent rejeter l'agriculture « intelligente face au climat » et devraient plutôt faire la promotion de stratégies de résilience climatique basées sur l'agroécologie. Les stratégies menées par les agriculteurs pour la survie et l'adaptation aux changements climatiques doivent être reconnues, renforcées et soutenues, avec un apport direct des communautés agricoles.

3 Selon GRAIN et CIDSE : 60% des membres secteur du privé de l'Alliance représenteraient l'industrie des fertilisants. Voir : GRAIN, "The Exxons of Agriculture," septembre 2015: www.grain.org/article/entries/5270-the-exxons-of-agriculture. Voir aussi : CIDSE, "Climate-smart revolution ... or green washing 2.0?," mai 2015:

4 Afin de consulter la version intégrale des déclarations des OSC, voir : <http://www.cidse.org/newsroom/civil-society-proposals-to-europeanleaders-at-the-eu-celac-summit-1.html>.

5 Le conseil de 24 membres prends des décisions financières grâce aux conseils de la COP : http://unfccc.int/cooperation_and_support/financial_mechanism/green_climate_fund/items/5869.php.

Qu'est-ce que la biologie synthétique?

Le champ de la biologie synthétique est quelque peu nébuleux, et les scientifiques ne s'entendent pas toujours pour déterminer le point où le génie génétique « classique », ou la transgénése, franchit la frontière de la biologie synthétique. Dans son expression la plus simple, le génie génétique implique de découper du matériel génétique d'un organisme pour le greffer à un autre. La biologie synthétique quant à elle, s'inspire des champs de l'ingénierie mécanique et électronique et implique généralement l'assemblage de composantes biologiques standards et réutilisables, offrant ainsi la flexibilité d'aller au-delà de ce qui existe déjà dans la nature. La chute rapide des coûts de synthèse d'ADN et de manipulation génomique, l'abondance d'outils d'assemblage moléculaire et les capacités de modélisation numériques accrues propulsent le champ de la biologie synthétique toujours plus en avant.

La biologie synthétique peut être distinguée du génie génétique classique par la complexité des organismes et des systèmes que les chercheurs créent et/ou manipulent. Plutôt que de se concentrer sur l'expression de gènes uniques ou de composantes génétiques, le travail des spécialistes de la biologie synthétique implique l'interaction de réseaux génétiques entiers, de génomes et d'organismes complets⁶.

6 European Commission, *Ethics of Synthetic Biology*, European Group on Ethics in Science and the New Technologies to the European Commission, Opinion No. 25, Brussels, 17 novembre 2009.

7 Craig Holdredge, "When engineers take hold of life," *In Context*, The Nature Institute: www.natureinstitute.org/pub/ic/ic32/.

Biologie synthétique

Surnommée « génie génétique dopé aux stéroïdes », la biologie synthétique implique généralement l'utilisation du génie biologique assisté par ordinateur pour concevoir et fabriquer des formes de vie, parties vivantes, dispositifs ou systèmes synthétiques qui jusqu'alors, n'existaient pas dans la nature. Ce terme implique également le réaménagement intentionnel d'organismes biologiques existants par l'entremise des mêmes techniques. La biologie synthétique tente d'apporter une approche d'ingénierie prédictive aux transformations génétiques d'organismes vivants en utilisant des « parties » génétiques qui sont jugées bien différenciées et qui possèdent un comportement rationnellement prévisible au sein de leur hôte. Elle procède également en « écrivant » les codes génétiques comme s'il s'agissait d'instructions codées imprimées, comme celles employées par exemple en génie mécanique. Bien que ce domaine vise à rendre prévisible le génie biologique, il reste encore beaucoup de chemin à parcourir pour atteindre cet idéal. En fait, de nombreux généticiens et microbiologistes (et même des spécialistes de la biologie synthétique lorsqu'ils sont en privé) soutiennent que cela ne sera probablement jamais possible. Les fonctions, l'état de santé et le comportement des organismes vivants dépendent fortement des influences environnementales et du contexte dans lequel ceux-ci évoluent. Ils sont fondamentalement différents de machines, qui demeurent beaucoup plus isolées de leur environnement, et plusieurs études ont démontré qu'il était très difficile d'intervenir de manière fiable sur un organisme comme s'il s'agissait d'un simple mécanisme⁷.

La manipulation génétique de n'importe quel organisme peut résulter en des effets imprévisibles et inattendus, généralement pas dans l'immédiat ; et la complexité accrue inhérente à la biologie synthétique accroîtra ces risques. Relâcher dans la nature des organismes conçus grâce à la biologie synthétique (intentionnellement ou pas) pouvant se reproduire d'eux même et se répandre partout dans la biosphère augmente les risques pour les plantes, les animaux, les microbes – et les écosystèmes en entier.

Les organismes de régulation se démènent pour s'ajuster à cet ensemble de nouvelles techniques génétiques et pour déterminer la manière d'évaluer et de contrôler ces nombreux produits qui les submergent. L'Union européenne et les Nations unies (par l'entremise de leur Convention sur la diversité biologique) sont en train d'élaborer une définition formelle de la biologie synthétique⁸.

8 Information sur les processus associés à la biologie synthétique de la CBD disponibles ici: <https://bch.cbd.int/synbio.www.cidse.org/publications/just-food/food-andclimate/climate-smart-revolution-or-a-new-era-of-green-washing-2.html>.

L'Agriculture et la biologie synthétique

Selon le contexte, la biologie synthétique est présentée soit comme une technologie coup de pouce en agriculture soit carrément comme une alternative à celle-ci. Les microorganismes génétiquement modifiés élevés dans des cuves individuelles, produisant directement des carburants, des fragrances ou des saveurs par exemple, sont perçus comme une alternative « verte » qui pourrait remettre à disposition les rarissimes terres arables pour la production alimentaire.

De l'autre côté, les partisans de la biologie synthétique suggèrent qu'elle pourrait mener l'agriculture vers une ère de productivité et d'efficacité accrues – une façon de faire plus avec moins⁹. À ce jour, la vaste majorité des systèmes de circuits de la biologie synthétique ont été produits à l'intérieur de microorganismes tels que les bactéries¹⁰. Désormais, malgré la grande complexité ahurissante du génome des plantes et des réseaux de protéines, les spécialistes de la biologie synthétique œuvrent à la conception de « fonctions prévisibles et quantitatives chez les plantes... avec de nouvelles caractéristiques évolutives qui seraient bénéfiques pour l'humanité » – incluant notamment des cultures plus tolérantes aux changements climatiques¹¹. En juillet 2015, un consortium de scientifiques a publié un ensemble de normes communes pour la détermination de profils d'ADN chez les plantes¹². Les normes communes permettront de faciliter le partage de composantes entre les chercheurs et elles établiront « la prémisse de base pour la conception d'un logiciel et du matériel informatique qui soutiendra la conception accélérée et l'assemblage automatisé » – la première étape de l'élaboration d'un « catalogue approfondi de composantes d'ADN standardisées et caractérisées permettant d'accélérer la bioingénierie des plantes¹³ ».

9 Josie Garthwaite, "Beyond GMOs: The Rice of Synthetic Biology," *The Atlantic*, 25 septembre 2014: www.theatlantic.com/technology/archive/2014/09/beyond-gmos-the-rise-of-syntheticbiology/380770/.

10 June Medford et Ashok Prasad, "Plant Synthetic Biology takes root," *Science* 346, p. 162, 2014.

11 *Ibid.*

Qui tire les ficelles de l'AIC?

La FAO a initialement élaboré le concept de l'agriculture intelligente face au climat comme une façon d'intégrer, de manière explicite, les motivations intrinsèques du domaine de l'agriculture, de la sécurité alimentaire et de la lutte aux changements climatiques. Afin de créer un momentum, le consortium dirigé par la FAO, la Banque Mondiale, le GCRAI et des partenaires gouvernementaux (les Pays-Bas, la Norvège, le Viêt-Nam, l'Éthiopie, le Mexique et la Nouvelle-Zélande) a organisé deux conférences internationales soit en 2010 (la Haye) et en 2012 (Hanoi)¹⁴.

Le regroupement officiel, l'Alliance mondiale pour une agriculture intelligente face au climat (AMAIC), a été officiellement lancé en 2014 par le secrétaire d'état et le secrétaire de l'agriculture des États-Unis lors du Sommet sur le climat organisé par le secrétariat général des Nations Unies à New York. L'AMAIC compte plus d'une centaine de membres, dont 22 gouvernements, des groupes de lobby de l'agro-industrie (la plupart représentant l'industrie des fertilisants¹⁵), des institutions internationales liées à l'agriculture (incluant le consortium du GCRAI et la FAO qui héberge l'unité de facilitation de l'AMAIC), des universités et des ONG.

12 Patron, N. J., Orzaez, D., Marillonnet, S., Warzecha, H., Matthewman, *et al.*, "Standards for plant synthetic biology: a common syntax for exchange of DNA parts," *New Phytologist*, 208, 2015, pp. 13–19: doi:10.1111/nph.13532.

13 Voir <http://openplant.org/blog/2015/07/first-common-standard-for-assembly-of-dna-parts-in-plant-synbiopublished/>.

14 Conférence mondiale sur l'agriculture, la sécurité alimentaire et les changements climatiques à La Haye, 2010 : www.fao.org/climate-smart-agriculture/74789/en/; 2e Conférence mondiale sur l'agriculture, la sécurité alimentaire et les changements climatiques, 2012 : <https://ccafs.cgiar.org/2nd-global-conference-agriculture-food-security-and-climatechange#.Vj0Ko-tFviS>.

15 Selon GRAIN et CIDSE : 60% des membres du secteur privé de l'Alliance représenteraient l'industrie des fertilisants. Voir : GRAIN, "The Exxons of Agriculture," septembre 2015: www.grain.org/article/entries/5270-the-exxons-of-agriculture. Voir aussi, CIDSE, "Climate-smart revolution ... or green washing 2.0?," mai 2015: www.cidse.org/publications/just-food/food-andclimate/climate-smart-revolution-or-a-new-era-of-green-washing-2.html.

Les États membres de l'AMAIC

Des 22 gouvernements membres de l'AMAIC (en date du 19 octobre 2015), huit sont membres du G77 et un (la Tanzanie) fait partie des pays moins développés (PMD). Les voici: **Canada, Costa Rica, France, Grenade, Irlande, Italie, Japon, Hollande, Malawi, Mexique, Nigeria, Niger, Norvège, Philippines, République de Chypre, Afrique du Sud, Espagne, Suisse, Tanzanie, Royaume-Uni, États-Unis d'Amérique et Viêt-Nam.**

Le conseil mondial des entreprises pour le développement durable

Le WBCSD s'est engagé dans l'AMAIC, mais il est pleinement influent à lui seul et profondément ancré dans les négociations multilatérales, puisqu'il a été fondé lors du Sommet pour la Terre de Rio en 1992¹⁶ afin de « garantir que la voix des affaires soit entendue. »¹⁷ Le WBCSD a énoncé deux objectifs simples, mais ambitieux, pour la Conférence de Paris sur le climat « et au delà »¹⁸ et il espère les atteindre grâce à son initiative partenariale sur les technologies faibles en carbone, la Low Carbon Technology Partnerships Initiative (LCTPi) :

- 1) Accélérer la diffusion des technologies existantes en retirant les barrières technologiques, commerciales et sociales et en adoptant les politiques requises ainsi que les instruments financiers nécessaires.
- 2) Fonder des partenariats public-privé (PPP) sur la recherche, le développement, la démonstration et le déploiement (RDD&D) de technologies qui ont le potentiel de changer les règles du jeu.

16 www.wbcsd.org/Pages/EDocument/EDocumentDetails.aspx?ID=16495&NoSearchContextKey=true.

17 Lors du Forum mondial sur l'économie de 2015, WBCSD a inauguré son premier comité consultatif sur la politique ; les membres du Conseil incluent l'ancien président mexicain Felipe Calderón, la secrétaire exécutive de la CCNUCC, Christiana Figueres et le directeur général du PNUE, Achim Steiner.

Les technologies – celles qui existent et celles que l'on espère – sont au cœur des propositions du Conseil mondial des entreprises à Paris, à l'instar de la nécessité de retirer les barrières commerciales et l'opposition sociale pour faciliter la diffusion et le développement technologiques. L'initiative partenariale sur les technologies faibles en carbone (LCTPi) du WBCSD a été inaugurée lors de la COP 20 à Lima (en décembre 2014) en présence de l'Agence internationale sur l'énergie (AIE) et du Sustainable Development Solutions Network (SDSN). Selon le WBCSD, 82 compagnies seraient activement impliquées dans la préparation de l'ordre du jour du monde des affaires pour Paris (et au-delà)¹⁹. « L'agriculture intelligente face au climat » est l'un des huit centres d'intérêt de la LCTPi, impliquant d'importantes compagnies agroalimentaires. Le programme est co-présidé par

Monsanto²⁰ et inclut également les entreprises

suivantes: Olam, DuPont, Kellogg's, Dow, Walmart, Tyson Foods, PepsiCo, Diageo, Starbucks, Yara, Jain Irrigation, ITC, Uniphos, Coca-Cola et Unilever.

À l'aube de la COP21 de la CCNUCC, la pression se fait grandissante sur les gouvernements afin qu'ils laissent l'industrie mener la danse de l'élaboration de stratégies climatiques et de contrôle d'émissions des gaz à effet de serre (GES). Un

rapport de PricewaterhouseCoopers de novembre 2015 stipule que si les stratégies identifiées par la LCTPi du Conseil mondial des entreprises se concrétisent, il serait possible d'atteindre 65% de la réduction des émissions de GES nécessaires pour empêcher que la température mondiale ne s'élève de plus de deux degrés²¹. Ces stratégies incluent entre autres de « surmonter les barrières limitant le déploiement de technologies qui pourraient changer les règles du jeu. »

Le programme est co-présidé par Monsanto et inclut également les compagnies suivantes: Olam, DuPont, Kellogg's, Dow, Walmart, Tyson Foods, PepsiCo, Diageo, Starbucks, Yara, Jain Irrigation, ITC, Uniphos, Coca-Cola et Unilever.

18 WBCSD, "The Road to Paris and beyond," www.wbcsd.org/roadtoparis.aspx.

19 *Ibid.*

20 Voir <http://monsantoblog.com/2015/09/21/from-nyc-to-paris-the-road-to-a-cooler-planet/>.

21 PWC, Low Carbon Technology Partnerships initiative: Impact Assessment, novembre 2015: <http://lctpi.wbcsdservers.org>.

GCRAI

Le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale est le plus grand réseau de chercheurs en agriculture du secteur public (hébergé par quinze centres de recherche internationaux) et un membre fondateur de l'Alliance mondiale. Le programme de recherche sur les changements climatiques, l'agriculture et la sécurité alimentaire (CCAFS) du GCRAI est l'ombrelle sous laquelle les chercheurs du GCRAI entreprennent des recherches portant sur les changements climatiques et la sécurité alimentaire, et il est primordial pour la promotion de l'AIC auprès des centres de recherche nationaux sur l'agriculture pour l'ensemble des pays du Sud.

Les frontières conceptuelles définissant – et distinguant – l'agriculture intelligente face au climat telle que (re)cadrée par l'AMAIC, la révolution verte 2.0, et l'économie verte sont diffuses. Alors que ces termes ne sont pas nécessairement interchangeables, ils sont – parfois implicitement et parfois explicitement – reliés. Ces trois termes marquent tous une aspiration à s'inscrire dans une démarche de développement durable. Le recueil de référence de plus de 500 pages de la FAO sur l'agriculture intelligente face au climat explique: « L'AIC, le développement durable et l'économie verte ont des objectifs et des principes de base en commun... L'AIC affiche des liens étroits avec le concept d'intensification durable, qui a été entièrement conçu par la FAO pour la production des cultures²². » Les documents du GCRAI associent généralement la révolution verte 2.0 à l'AIC²³.

Le grand chapiteau de l'AIC

Aucun des partisans de l'AIC n'évoque les techniques spécifiquement englobées par ce concept. La FAO stipule que l'AIC « n'est pas un nouveau système agricole ni un nouveau mode de production²⁴. » Malheureusement, l'absence de délimitation constitue précisément le problème – en permettant au concept d'être récupéré par certains des plus importants industriels contributeurs aux changements climatiques du monde : si toutes les pratiques agricoles et toutes les entreprises agroalimentaires sont suffisamment intelligentes pour l'AMAIC, alors même les industries les plus intensives en matière de production de carbone et de gaspillage des ressources passent le test. Le rejet en bloc de l'AIC par la vaste majorité des organisations de la société civile actives dans l'arène climatique²⁵ résulte directement de « l'inclusivité » de l'AIC.

22 FAO, *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*, 2013, pp. 27-29.

23 Par exemple, Leslie Reyes, "Unleashing the Rice Market," *Rice Today*, January – mars 2015, pp. 36-39.

24 FAO, *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*, 2013, pp. 27.

25 Pour lire le communiqué en entier des organisations de la société civile, voir: www.cidse.org/newsroom/civil-society-proposals-toeuropeanleaders-at-the-eu-celac-summit-1.html.

Les spécialistes de la biologie synthétique: des pirates de la photosynthèse

Les partisans de la biologie synthétique promulguent un discours familier pour justifier leurs recherches : la population mondiale augmente et le rendement des récoltes atteint un plateau²⁶. En considérant la demande croissante de nourriture et de carburant alors que nous sommes confrontés aux changements climatiques, nous devons trouver une façon d'intensifier le rendement des récoltes. Pour les spécialistes de la biologie synthétique, « la seule voie possible pour améliorer le rendement génétique de nos cultures les plus importantes »²⁷ est d'optimiser la photosynthèse – le procédé complexe et biomoléculaire dont les plantes se servent pour convertir les rayons solaires en énergie chimique tout en relâchant de l'oxygène en guise de résidu de production. Selon le point de vue des spécialistes de la biologie synthétique, la photosynthèse « ne s'est que peu améliorée dans les cultures et elle demeure bien en-deçà de ses limites biologiques... »²⁸ En d'autres mots, la photosynthèse est un processus naturel si inefficace que la biologie synthétique propose de lui fournir les outils nécessaires à son amélioration et ce pour le bénéfice de l'humanité²⁹.

Les impératifs technologiques de la biologie synthétique camouflent la réalité selon laquelle les récoltes sous-optimales ne sont pas la véritable raison de la faim dans le monde³⁰. Plutôt que de confronter les réalités de l'inégalité et de la surconsommation (la viande et l'essence par exemple), le principal centre d'intérêt de la recherche et des investissements en biologie synthétique - des projets internationaux de recherche en agriculture de type « relevez le défi » en passant par les consortiums de laboratoires universitaires aux laboratoires corporatifs des grandes entreprises agricoles et aux boutiques de start-ups en biotechnologies - est de « pirater la photosynthèse » afin de concevoir des plantes et microorganismes « turbo chargés »³¹.

26 Christine A. Raines, "Increasing Photosynthetic Carbon Assimilation in C3 Plants to Improve Crop Yield: Current and Future Strategies," *Plant Physiology*, Vol. 155, No. 1, janvier 2011, pp. 36-42.

27 Stephen P. Long *et al.* (abstract), "Meeting the Global Food Demand of the Future by Engineering Crop Photosynthesis and Yield Potential," *Cell*, Vol. 161, Issue 1, 26 mars 2015, pp.

Qu'est-ce que la photosynthèse?

La photosynthèse est le processus qui permet aux plantes, aux algues et aux cyanobactéries (organismes aquatiques souvent appelés « algues bleues-vertes ») de convertir la lumière du soleil en énergie chimique tout en relâchant de l'oxygène comme produit résiduel. L'énergie chimique est stockée sous la forme de carbohydrates (des sucres), constituant de la nourriture pour les animaux, incluant les humains et le bétail. Sans photosynthèse, il n'y aurait ni nourriture, ni oxygène sur terre. Alors qu'il pourrait sembler « difficile de prendre à défaut un processus qui permet la production de nourriture avec du soleil, de l'eau et de l'air »³², certains technologues argumentent malgré tout: « pour certaines plantes, une amélioration est possible »³³.

La capacité de manipuler la photosynthèse implique le contrôle d'à peu près tout ce qui est déterminant dans la survie et la croissance d'une plante: le degré d'efficacité avec lequel elle utilise l'eau et les nutriments pour pousser et produire de la biomasse que nous utilisons ensuite comme nourriture, fibre et carburant ainsi que le degré d'efficacité avec lequel elle fixe le dioxyde de carbone (CO₂) et relâche l'oxygène.

28 56-66. *Ibid.*

29 Christine A. Raines, "Increasing Photosynthetic Carbon Assimilation in C3 Plants to Improve Crop Yield: Current and Future Strategies," *Plant Physiology*, Vol. 155, No. 1, janvier 2011, pp. 36-42.

30 Voir Mark Bittman, "How to Feed the World," *New York Times*, 14 octobre 2013; voir également, ETC Group, *Who Will Feed Us?*, septembre 2013: www.etcgroup.org/content/poster-who-will-feed-us-industrial-food-chain-or-peasant-food-webs.

31 Heidi Ledford, "Hacked photosynthesis could boost crop yields," *Nature News*, 17 septembre 2014: www.nature.com/news/hacked-photosynthesis-could-boost-crop-yields-1.15949.

32 *Ibid.*

33 *Ibid.*

La révolution verte des années 1960, qui, rétroactivement, a été perçue comme une tentative rudimentaire et indirecte d'améliorer la photosynthèse - en augmentant les intrants chimiques (comme les fertilisants et les pesticides) - semble sur le point de céder le pas à la révolution verte 2.0³⁴.

En appliquant des techniques de manipulation génétique et métabolique extrêmes (la biologie synthétique), l'objectif est de « ré-imaginer » les plantes, les algues et les bactéries dans le but de produire de la nourriture, des carburants et d'autres bioproduits en quantités abondantes.

Prenez la C3 vers la C4... Ou alors prenons une toute autre route ensemble?

Un exemple bien connu de recherche « fondamentale³⁶ » se déroule dans les laboratoires les plus importants de la première révolution verte, l'Institut international de recherche sur le riz (IRRI) de Los Baños aux Philippines, l'un des quinze instituts internationaux de recherche en agriculture connus sous l'égide du GCRAI. Relancé en 2008 grâce à une bourse de 11,1 millions de dollars US provenant de la Fondation Bill & Melinda Gates, le Projet riz C4 implique un consortium de scientifiques de l'Europe, de l'Amérique du Nord et de l'Asie. Le riz C4, nommé parmi les technologies révolutionnaires de 2015 par la Technology Review du MIT,³⁷ réfère aux plants de riz génétiquement modifiés démontrant des voies photosynthétiques « plus efficaces » similaires à celles qu'on retrouve chez le maïs ou la canne à sucre.

34 Walter Leal Filho, Franziska Mannke, Romeela Mohee, *et al.* (eds.), *Climate-Smart Technologies: Integrating Renewable Energy and Energy Efficiency in Mitigation and Adaptation Responses*, Berlin and Heidelberg: Springer-Verlag, 2013, p. 252.

35 Fraley cité dans Tim Folger, "The Next Green Revolution," *National Geographic Magazine*, octobre de 2014: <http://www.nationalgeographic.com/foodfeatures/green-revolution/>.

36 Leigh Dayton, "Agribiotechnology: Blue-sky rice," en *Nature* 514, 30 octobre 2014, pp. S52-S54.

Le riz est normalement classifié comme une plante « C3 » en fonction de la façon dont il convertit le CO₂ en carbohydrates. Cependant, s'il est possible de transformer le riz pour qu'il devienne une plante « C4 »,

cela permettrait une fixation du dioxyde de carbone plus rapide, et conséquemment un gain d'efficacité en termes d'utilisation d'eau et d'azote ainsi qu'une adaptation accrue aux climats plus chauds et plus secs. On s'attend à ce que les rendements concomitants croissent de 30% à 50%. Aucune récolte fonctionnelle de riz C4 n'est prévue avant encore une décennie, mais le directeur général de l'IRRI considère qu'elle fera partie intégrante de la « révolution verte 3.0³⁸ ».

« *La prochaine révolution verte suralimentera les outils de l'ancienne.* »

Robert Fraley, Directeur de la technologie, Monsanto³⁵

Le riz, en tant que première espèce cultivée dont le génome ait été séquencé, fournit des montagnes de données « omiques » à être exploitées - c'est-à-dire les ensembles de données biologiques associées à son génome (ADN), protéome (protéines), métabolome (les petites molécules résiduelles du métabolisme) et transcriptome (les molécules messagères de l'ARN exprimées dans ses gènes). Certains chercheurs considèrent le riz comme un « cultivar idéal » pour pratiquer l'ingénierie C4 à l'aide de la biologie des systèmes et la biologie synthétique, forgeant la voie au blé, au coton et aux arbres C4³⁹. Quatre des auteurs ayant contribué à la publication récente des standards de biologie synthétique pour l'échange de composantes d'ADN menant à la modification génétique des plantes sont les principaux investigateurs du Projet Riz C4⁴⁰.

37 Kevin Bullis, "Supercharged Photosynthesis," *Technology Review*, fevriere de 2015: <http://www.technologyreview.com/featuredstory/535011/super-charged-photosynthesis/>.

38 Robert S. Zeigler, "High science and smart policies will alleviate hunger and poverty," 5 juin 2015: <http://irri.org/blogs/bobs-blog/high-science-and-smart-policies-will-alleviate-hunger-and-poverty>.

39 Xin-Guang Zhu, Lanlan Shan, Yu Wang et William Paul Quick, "C4 Rice - an Ideal Arena for Systems Biology Research," *Journal of Integrative Plant Biology*, Vol. 52, No. 8, 2010, pp. 762-770.

40 Patron, N. J. *et al.*, "Standards for plant synthetic biology: a common syntax for exchange of DNA parts," *New Phytologist*, 208, 2015, pp. 13-19: doi:10.1111/nph.13532.

L'Union Européenne finance à hauteur de 6,8 millions EUR son propre consortium incluant des chercheurs des secteurs public et privé afin de transformer génétiquement des cultures photosynthétiques C3 en cultures photosynthétiques C4 ; plusieurs de ces chercheurs sont des partenaires du Projet Riz C4. Le projet collaboratif, connu sous l'appellation 3to4, sera financé au moins jusqu'à la fin de l'année 2016. Alors que les chercheurs se concentrent d'abord sur le riz et l'Arabidopsis comme récoltes modèles, ils « envisagent un transfert technologique des avancées vers les récoltes courantes d'Europe telles que le blé et le raisin⁴¹ ». Les membres du consortium issus de l'industrie privée incluent Bayer Crop Science et Chemtex Italia (maintenant Biochemtex)⁴².

Améliorer la photosynthèse en convertissant des plantes C3 en plantes C4 est un projet de haute technologie dont le niveau de risque est fort élevé. Les critiques de cette approche, tel que Norman Uphoff de l'Université de Cornell, argumentent contre la prémisse de base même selon laquelle le riz aurait atteint un « plafond de rendement. » Uphoff a instigué une méthode de culture du riz basée sur l'agroécologie et connue sous l'appellation de « système d'intensification du riz » ; il a récemment publié des données démontrant qu'un changement des pratiques de gestion d'une ferme – tel qu'un espacement plus large entre les plants et une aération des sols accrue – peut faire augmenter les rendements de production du riz dramatiquement, au-delà de ce que l'on croyait possible et cela sans augmenter la dépendance aux intrants chimiques⁴³. D'autres experts ont questionné la valeur fondamentale de l'utilisation du riz comme culture étalon⁴⁴ en cette ère de changements climatiques.

41 Voir : http://cordis.europa.eu/project/rcn/101753_en.html.

42 Selon le site web de CORDIS, Bayer Crop Science recevrait 19 200 EUR et Biochemtex, 14 400 EUR.

43 Norman Uphoff, "Rethinking the concept of 'yield ceiling' for rice: implications of the System of Rice Intensification (SRI) for agricultural science and practice," en *Journal of Crop and Weed*, Vol. 9, No. 1, 2013, pp. 1-19.

Un autre critique du Projet Riz C4, Jill E. Gready, chercheur et professeur à l'Université nationale d'Australie argumente : « la poursuite et la promotion publique de certaines solutions fortement versées dans les hautes-technologies pour l'amélioration de la photosynthèse avec un risque d'échec élevé, couplé d'un échéancier lointain pour évaluer les probabilités de succès (25 ans, par exemple) et de coûts de recherche élevés en comparaison avec les niveaux d'investissements généralement accordés pour le développement des cultures.... représentent un niveau de risque très élevé pour la sécurité alimentaire puisqu'elles projettent une fausse impression que l'on s'attaque au problème, et, en détournant les fonds, elles mèneront à la perte d'opportunités de R&D avec un plus grand potentiel de succès et d'impact » (souligné dans l'original)⁴⁵.

Les microbes photosynthétiques: le nouveau Photoshop?

Plutôt que de miser sur les voies C4 d'occurrence naturelle afin de maximiser la photosynthèse, certains spécialistes de la biologie synthétique aspirent à concevoir des voies de fixation du carbone plus rapides et entièrement nouvelles ; alors que celles-ci pourraient théoriquement être modifiées dans les plantes et les algues, le centre d'intérêt actuel porte sur la modification génétique de microorganismes qui ne sont pas naturellement photosynthétiques.

Au lieu de confronter les réalités de l'inégalité et de la surconsommation (de la viande et des combustibles fossiles par exemple), la biologie synthétique se concentre sur le "piratage de la photosynthèse" afin de créer des plantes et des microorganismes "turbochargés".

44 Jill E. Gready, "Best-fit options of crop staples for food security: productivity, nutrition and sustainability," en Raghendra Jha, Raghav Gaiha and Anil B. Deolalikar, (eds.), *Handbook on Food: Demand, Supply, Sustainability and Security*, Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar Publishing, 2015, p. 406.

45 *Ibid.*, p. 417.

Arren Bar-Even et ses collègues du Weizmann Institute d'Israël ont modélisé l'ensemble des 5 000 enzymes métaboliques connus se manifestant naturellement afin d'identifier celles qui sont le plus efficaces en termes de fixation du carbone⁴⁶.

Selon leur analyse assistée par ordinateur, ils ont proposé une « famille » de voies synthétiques qui semblent de deux à trois fois plus actives que les voies naturellement présentes. Toutefois, ils reconnaissent la difficulté de les assimiler à une cellule hôte – décrivant la transformation comme une « transplantation de cœur métabolique » que la cellule hôte pourrait très bien rejeter⁴⁷ ». Néanmoins, la Yeda Research and Development Co. – la branche du Weizmann Institute qui s'occupe du transfert commercial des technologies – a postulé pour l'obtention de brevets sur des « systèmes de fixation du carbone » plus rapides et la modification génétique de la bactérie *E. coli* pour sécréter des enzymes photosynthétiques⁴⁸.

Joule Unlimited est une compagnie privée, une entreprise en démarrage basée aux États-Unis, affirmant réaliser la « reproduction de la photosynthèse à l'échelle industrielle⁵⁰ ». L'objectif n'est pas de produire de la nourriture; Joule aspire plutôt à produire des carburants et des produits chimiques industriels. À l'aide d'une douzaine de brevets et près d'une centaine d'applications en attente, Joule revendique un « domaine » de propriété intellectuelle impliquant les procédés, la quincaillerie et les produits de la photosynthèse effectuée par des microbes.

46 Arren Bar-Even, Elad Noor, Nathan E. Lewis et Ron Milo, "Design and analysis of synthetic carbon fixation pathways," dans *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 107, No. 19, pp. 8889-8894.

47 *Ibid.*

48 Publication WO2011099006A3 de l'OMPI (corresponds à l'application 20120301947 A1 des États-Unis), publié le 29 novembre 2012, "Enzymatic systems for carbon fixation and methods of generating same," assigné à Yeda Research and Development Co. Ltd.

La compagnie élabore des « bactéries spécifiques pour chaque produit » pouvant être injectées, avec de l'eau (non-potable) et des micronutriments⁵¹ dans des fermenteurs modulaires transparents, à l'allure de tubes, assemblés sur un sol plat et « stérile ». Les déchets de CO₂ (provenant d'effluents industriels comme d'une cimenterie ou d'une micro brasserie, par exemple) seront capturés, pompés et acheminés par tuyau dans les modules. Les rayons du soleil activeront ensuite la photosynthèse pour produire directement

des carburants ou des produits chimiques. Selon Joule, une usine commerciale à pleine échelle, ce qu'ils appellent un étalage de convertisseur solaire (Solar Converter array), pourrait s'étaler sur une surface de 10 000 acres (4,047 ha). À prime abord, il peut sembler difficile de trouver des terrains « vacants » d'une superficie équivalente à une douzaine de Central Park de New York, devant à la fois être à proximité d'une source d'eau et d'un site industriel émettant du CO₂. Pourtant,

Joule prétend avoir identifié plus de 1 000 sites appropriés autour du globe⁵². La compagnie privée a amassé un financement de plus de 200 millions de dollars US et espère inaugurer ses activités à l'échelle commerciale en 2017.

« Plutôt que de demander pourquoi les voies métaboliques ont-elles évolué de cette façon, notre but est de tirer avantage du répertoire des enzymes connues afin de concevoir de meilleures voies pour les besoins humains. »

– Arren Bar-Even et collègues,
Institut Weizmann,
Israël⁴⁹

49 Arren Bar-Even, Elad Noor, Nathan E. Lewis et Ron Milo, "Design and analysis of synthetic carbon fixation pathways," dans *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 107, No. 19, pp. 8889-8894.

50 Tom Jensen, Vice-président exécutif du développement corporatif de Joule cité par Laura Hepler, "Joule raises \$40 million to rev up alt-fuel industry," *GreenBiz*, 11 mai 2015: www.greenbiz.com/article/jouleunlimited-40-million-funding-alternative-fuel-industry.

51 Information provenant du site web de Joule : www.jouleunlimited.com/how-it-works.

52 Information provenant du site web de Joule : www.jouleunlimited.com/joule-plants-heading-scale

Le génie des microbes

Les consortiums de recherche internationale et d'entreprise de démarrage ne sont pas les seuls à s'être engagé dans cette quête où l'on essaie de simuler la photosynthèse. En plus de fournir des efforts de recherche dans les haute-technologies de l'ingénierie (voir plus bas), les plus grandes entreprises agroindustrielles du monde investissent dans la conception et la commercialisation de « microbiens » qui peuvent être ajoutés aux semences et aux sols afin d'accroître les rendements de la récolte et la résistance aux parasites. Les microbiens ne sont pas nouveaux: le *Bacillus thuringiensis*, ou Bt, par exemple, est une bactérie qui est utilisée comme pesticide depuis plus d'un demi-siècle.

Désormais, les compagnies tirent avantage des avancées du séquençage génomique et de la bioinformatique pour identifier d'autres microorganismes aux apparences bénéfiques – ainsi que des communautés de microbes travaillant ensemble comme un « consortium fonctionnel⁵³ ». Les technologies de fermentation activées par la biologie synthétique permettent aux compagnies d'ajouter des microorganismes à leur offre de produits comme un « complément » respectueux de l'environnement et durable aux produits agrochimiques⁵⁴.

La toute nouvelle alliance BioAg s'enorgueillit à propos d'essais de terrain d'une échelle sans précédent : des centaines de sources microbiennes ont été testées sur 170 000 parcelles dans 70 municipalités états-uniennes en 2014 – l'alliance BioAg s'attend à doubler le nombre de parcelles expérimentales d'ici la fin de 2015⁵⁶

Monsanto a fait le grand saut au début de l'année 2013 en annonçant avoir conclu une entente de R&D d'une durée de cinq ans avec Synthetic Genomics Inc. – une entreprise en démarrage appartenant à Craig Venter – et avoir acheté quelques « biens technologiques » de Venter's Agradis Inc., incluant notamment sa collection de microorganismes greffés à des plants ainsi que ses procédures de sélection⁵⁵. Plus tard en 2013, Monsanto annonçait une collaboration avec le plus grand producteur d'enzymes du monde, la compagnie Novozymes basée au Danemark, afin de commercialiser des microbiomes pour l'agriculture. La toute nouvelle alliance BioAg s'enorgueillit à propos d'essais de terrain d'une échelle sans précédent: des centaines de sources microbiennes ont été testées sur 170 000 parcelles dans 70 municipalités états-uniennes en 2014 – l'alliance BioAg s'attend à doubler le nombre de parcelles expérimentales d'ici la fin de 2015⁵⁶. Afin de ne pas être laissé pour compte, DuPont a acquis Taxon Biosciences en avril 2015, un producteur microbien industriel basé en Californie⁵⁷; et en octobre 2015, Dow AgroSciences a annoncé une collaboration avec Synthace Ltd., entreprise autoproclamée comme la « première compagnie dédiée à la biologie synthétique avec une plate-forme de technologies pour l'ingénierie et l'optimisation rapide de systèmes de production biologiques novateurs⁵⁸ » du Royaume-Uni. Sa collaboration avec Dow vise à « soutenir la conception d'une production de souches microbiennes supérieures » pour accroître les rendements et protéger les cultures contre les insectes nuisibles⁵⁹.

53 Voir : www.taxon.com/technology-platform.php#syntheticconsortia.

54 Voir : www.monsanto.com/products/pages/agricultural-biologicals.aspx ; www.syntheticgenomics.com/300113.html.

55 Voir : www.syntheticgenomics.com/300113.html.

56 Voir : www.novozymes.com/en/about-us/brochures/Documents/BioAg-Alliance-factsheet.pdf.

57 Voir : www.dupont.com/corporate-functions/media-center/press-releases/dupont-acquires-taxonbiosciences.html.

58 Voir : <http://newsroom.dowagro.com/press-release/dow-agrosciences-synthace-research-collaborationaccelerate-product-development-using->

59 *Ibid.*

Manipuler le processus de fixation de l'azote pour des cultures auto-fertilisantes

Mise en contexte

Parvenir à créer des plantes « auto-fertilisantes » demeure un objectif inatteignable du domaine de la biotechnologie des plantes agricoles depuis des décennies. Aujourd'hui, plusieurs équipes de spécialistes de la biologie synthétique aux États-Unis et au Royaume-Uni tentent de modifier génétiquement des cultures afin qu'elles puissent fixer elles-mêmes leur azote pour ainsi réduire le recours aux engrais chimiques qui sont dispendieux, polluants et émetteurs de GES. Globalement, il est estimé que les deux-tiers des engrais à base d'azote épandus sur le blé, le riz et le maïs sont gaspillés – soit sous la forme d'oxyde nitreux (un GES destructeur d'ozone ayant un pouvoir de rétention de chaleur 300 fois plus élevé que le dioxyde de carbone), ou sous la forme de nitrates polluants lessivés dans les cours d'eau et les environnements marins⁶¹.

L'agriculture est responsable pour ~80% des émissions anthropiques d'oxyde nitreux à l'échelle de la planète – principalement en raison de l'usage d'engrais chimiques. De plus, lors de la production des engrais chimiques, l'industrie consomme de grandes quantités de combustibles fossiles.

« On assisterait à une révolution agricole si les plantes pouvaient être remaniées afin de fixer leur propre azote; ceci libérerait l'agriculture des fertilisants synthétiques azotés et la détacherait de façon substantielle et durable de l'industrie des combustibles fossiles. »

- OCDE, *Emerging Policy Issues in Synthetic Biology*, 2014⁶⁰

Manipuler le processus de fixation de l'azote chez les plantes est excessivement complexe, impliquant une série de constructions multi-gènes et de voies métaboliques.

Quoique l'azote soit fort abondant dans l'atmosphère, l'azote atmosphérique doit être « fixé », ou converti en des composés rendant l'azote assimilable par les végétaux.

Toutefois, quelques espèces, plus spécifiquement les légumineuses, (les haricots, les pois, les plantes fourragères, etc.), ont la capacité inhérente de fixer l'azote en raison de petits nodules présents sur leurs racines, en relation symbiotique avec des bactéries rhizobiennes vivant dans le sol. Les bactéries « fixent » l'azote atmosphérique dans le sol et le redonnent sous forme de nutriment aux légumineuses ; en échange, les plantes « nourrissent » les bactéries.

Les cultures couvre-sols de légumineuses sont capables de fertiliser les sols de manière naturelle (i.e. « engrais verts ») – sans produits chimiques – lorsqu'elles sont enfouies par les labours pour la prochaine culture.

La biologie synthétique à la rescousse?

Manipuler le processus de fixation de l'azote chez les plantes est excessivement complexe, impliquant une série de constructions multi-gènes et de voies métaboliques. Toutefois, avec la chute des coûts de la synthèse génétique et les avancées en assemblage moléculaire d'ADN, les chercheurs clament que « les tâches d'assemblage nécessaires pour tester un grand nombre de blocs de gènes synthétiques ne sont désormais que pacotilles...⁶² » Les équipes de chercheurs ont recours à diverses stratégies pour modifier le processus de fixation de l'azote dans les plantes. Celles-ci incluent, par exemple:

60 OCDE, "Synthetic biology: A new and promising technology," dans OECD, *Emerging Policy Issues in Synthetic Biology*, OECD Publishing, Paris, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208421-4-en>.

61 Christian Rogers et Giles Oldroyd, "Synthetic biology approaches to engineering the nitrogen symbiosis in cereals," *Journal of Experimental Botany*, 2014: <http://jxb.oxfordjournals.org/content/early/2014/03/28/jxb.eru098.full>.

62 *Ibid.*

La transplantation de la fixation de l'azote

Grâce au financement de la National Science Foundation des États-Unis, une équipe de scientifiques de l'université Washington de St-Louis utilise les outils de la biologie synthétique afin de transplanter le système de fixation de l'azote d'une espèce de bactérie bleu-vert (cyanobactérie) à une autre bactérie qui ne contient pas à la base cette propriété. L'objectif ultime est de transférer la machinerie moléculaire de fixation de l'azote – impliquant approximativement 30 gènes – dans des cellules végétales afin qu'elles puissent acquérir la capacité de fixer l'azote⁶³. La prouesse est incroyablement complexe puisque la photosynthèse et la fixation de l'azote sont normalement incompatibles dans les cellules végétales (parce que l'oxygène produit pendant la photosynthèse est toxique pour la nitrogénase – l'enzyme nécessaire à la fixation de l'azote).

Encastré de toutes pièces

Une autre équipe de spécialistes de la biologie synthétique ont déjà construit de toutes pièces un module biologique synthétique réalisant (du moins partiellement) la fonction de fixation de l'azote dans une bactérie hôte⁶⁴. Les scientifiques de l'université californienne Berkeley et du MIT ont commencé par supprimer les 20 gènes « indigènes » de la grappe de gènes responsables de la fixation de l'azote dans la bactérie *Klebsiella oxytoca*⁶⁵. En utilisant cette bactérie dépouillée comme châssis, ils ont alors remplacé la machinerie de fixation de l'azote avec des composantes génétiques de synthèse construites de toutes pièces⁶⁶. L'objectif ultime est de transférer la cellule hôte et éventuellement de doter les plantes de fonctions de fixation de l'azote entièrement nouvelles.

63 Diana Lutz, "Creating plants that make their own fertilizer," Communiqué de Presse de l'Université Washington de St-Louis, 22 août 2013: <http://news.wustl.edu/news/Pages/25585.aspx>.

64 Karsten Temme, Dehua Zhao et Christopher Voight, "Restoring the nitrogen fixation gene cluster from *Klebsiella oxytoca*," *PNAS*, 2 mai 2012, Vol. 109, No. 18.

65 Andrew Jermy, "We Can Rebuild You," *Nature Review Microbiology*, Vol. 10, Juin de 2012.

66 Karsten Temme, Dehua Zhao et Christopher Voight, "Restoring the nitrogen fixation gene cluster from *Klebsiella oxytoca*," *PNAS*, 2 mai 2012, Vol. 109, No. 18.

La manipulation de la symbiose de l'azote pour l'Afrique

Grâce au soutien financier de la Fondation Bill & Melinda Gates, les chercheurs en biologie synthétique du Centre John Innes (Royaume-Uni) tentent de reproduire les capacités de fixation de l'azote des légumineuses dans des céréales afin « d'accroître les rendements de manière significative dans les systèmes agricoles à faibles intrants d'Afrique subsaharienne⁶⁷. » En guise de première étape, les chercheurs se concentrent sur la manipulation de la symbiose de l'azote dans les racines de plantes céréalières en activant les signaux et la « machinerie » dans les voies de SYM (la signalisation des voies de symbiose dans les plantes permettant la reconnaissance de la bactérie fixatrice de l'azote).

Dans une publication décrivant leurs travaux, les chercheurs expliquent que l'objectif de déplacer la symbiose des légumineuses dans les plantes céréalières est moins approprié dans un système d'agriculture industrielle riche en intrants, tel que ceux que l'on retrouve dans le monde développé puisque les demandes accrues de fixation de l'azote exerceraient des pressions supplémentaires sur la machinerie photosynthétique de la plante et, entrainerait les rendements à la baisse. Toutefois, les chercheurs argumentent que même de faibles taux de fixation de l'azote qui aura été transféré « pourraient être transformateurs pour les rendements des cultures dans le monde en développement » où il y a pénurie de nutriments pour les plantes⁶⁸.

Des interventions de haute-technologie très risquées ne sont pas nécessaires pour diminuer la production et l'utilisation d'engrais chimiques, l'un des principaux contributeurs d'émissions de GES, destructeurs pour le climat. Les émissions de GES per capita associées à l'agriculture sont plus élevées dans les pays développés que dans les pays en voie de développement et cela de façon substantielle.

67 Christian Rogers et Giles Oldroyd, "Synthetic biology approaches to engineering the nitrogen symbiosis in cereals," *Journal of Experimental Botany*, 2014: <http://jxb.oxfordjournals.org/content/early/2014/03/28/jxb.eru098.full>.

68 *Ibid.*

Les critiques de « l'agriculture intelligente face au climat » mettent en garde contre les actions reliées à l'intelligence climatique qui menacent de transférer le focus des mesures d'atténuation du Nord vers le Sud global – là où habitent les populations les plus vulnérables face aux changements climatiques et les moins responsables en termes d'émissions de GES⁶⁹.

Le développement de haute-technologies de transfert des gènes de fixation de l'azote aux céréales africaines représentent une stratégie qui n'a pas encore fait ses preuves avec un niveau de risque élevé ignorant les pratiques de résilience climatique des systèmes agricoles à faibles intrants fondés sur les principes de l'écologie – ainsi que le besoin d'éléments nutritifs équilibrés – au-delà d'une vision étroite basée sur l'azote. Cette approche de haute-technologie ignore également le potentiel de fixation de l'azote, vaste et immédiatement accessible, des légumineuses qui sont largement utilisées et qui sont bien adaptées aux systèmes agricoles africains. Dans les faits, la recherche indique que l'utilisation de cultures couvre-sols de légumineuses, à la fois sous les températures tropicales ainsi que dans leur système agricole, offre un potentiel de fixation de l'azote suffisant pour remplacer les engrais synthétiques d'usage courant⁷⁰.

69 Doreen Stabinsky, "Climate-Smart Agriculture: myths and problems," Heinrich-Böll-Stiftung, septembre de 2014: www.boell.de.

70 Catherine Badgley, Jeremy Moghtader, Eileen Quintero, Emily Zakem, M. Jahi Chappell, Katia Avilés-Vázquez, Andrea Samulon et Ivette Perfecto, "Organic agriculture and the global food supply," *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22, 2007, pp. 86-108. doi:10.1017/S1742170507001640.

71 ETC Group, "Capturing Climate Genes: Gene Giants Stockpile 'Climate Ready' Crops," octobre 2010: www.etcgroup.org/content/gene-giants-stockpile-patents-climate-ready-crops-bid-become-biomassters-0; Voir aussi: ETC Group, "Patenting the 'Climate Genes'... and Capturing the Climate Agenda," juin 2008: www.etcgroup.org/content/patenting-climate-genes-and-capturing-climate-agenda.

Les outils de la biologie synthétique qui aspirent à accroître l'utilisation de produits agrochimiques et à renforcer la dépendance des agriculteurs à de dangereux pesticides

Depuis plus d'une décennie, les plus grandes entreprises de produits agrochimiques et de semences du monde se sont concentrées sur

l'identification et la brevetabilité de gènes « adaptés aux changements climatiques » et de traits phénotypiques associés à la résistance aux stress abiotiques (i.e. des stress environnementaux tels que la sécheresse, la salinité des sols, les carences en azote, la chaleur, le froid, le refroidissement, le gel, les inondations, les taux de nutriments, la forte intensité lumineuse, l'ozone et les stress anaérobiques). Ces traits permettront, théoriquement, aux végétaux de résister aux stress environnementaux associés aux changements climatiques⁷¹. Un rapport de 2010 publié par le Groupe ETC a identifié 262 familles de brevets archivés dans les bureaux de brevets du monde entier.

L'étude a découvert que seulement trois compagnies – DuPont, BASF et Monsanto – étaient associées aux deux-tiers des familles de brevets identifiées, alors que le secteur public n'en représentait que 9%.

Dans certains cas, les demandes de brevets s'étendaient jusqu'aux séquences génétiques responsables de doter des caractéristiques abiotiques similaires à travers de multiples génomes de plantes (ces séquences sont connues sous l'appellation d'ADN homologué). En raison de la similitude des séquences d'ADN entre les individus d'une même espèce ou entre différentes espèces – « les séquences homologuées » - un seul brevet pourrait se prévaloir de droits s'étendant non uniquement à la tolérance au stress dans une seule espèce végétale génétiquement modifiée, mais également à une séquence génétique substantiellement similaire dans de nombreuses espèces de plantes transformées.

Au lieu de confronter les réalités de l'inégalité et de la surconsommation (de la viande et des combustibles fossiles par exemple), la biologie synthétique se concentre sur le "piratage de la photosynthèse" afin de créer des plantes et des microorganismes "turbochargés".

L'industrie des pesticides/semences continue de développer des semences hautement technologiques conçues pour accroître l'utilisation des intrants chimiques et ainsi gonfler les profits - cette fois-ci sous le couvert de "l'agriculture intelligente face au climat."

Une révision indépendante de l'activité de brevetage associée aux biotechnologies végétales au U.S. Patent & Trademark Office a démontré que les demandes de brevets sur les caractéristiques associées aux stress abiotiques chez les plantes était le sujet de demande le plus fréquent, surpassant les demandes pour tous les domaines de la biotechnologie végétale⁷².

La tolérance à la sécheresse, tout spécialement pour le maïs, est un centre d'intérêt constant pour les programmes de R&D dans les secteurs public et privé⁷³. L'obstacle technique est de concevoir des cultures qui puissent résister à des périodes de sécheresse ou utiliser l'eau plus efficacement – et cela sans sacrifier les rendements. Le maïs génétiquement modifié de Monsanto, le maïs DroughtGard (MON87460) s'est vendu commercialement de façon limitée depuis 2012 – avec des réactions mitigées quant à sa capacité à résister à la sécheresse⁷⁴. DuPont Pioneer mène actuellement des essais de terrain sur un maïs tolérant à la sécheresse et Dow s'est associé avec Arcadia Biosciences et Bioceres pour lancer des fèves de soja tolérantes au stress (équipées avec des caractéristiques favorisant la tolérance aux herbicides et la résistance aux insectes). Pendant ce temps, la canne à sucre transgénique et résistante à la sécheresse développée par des chercheurs indonésiens, en collaboration avec la compagnie japonaise Ajinomoto, pousse sur une propriété de 83 000 ha en Indonésie⁷⁵. Tout le monde s'entend pour dire que nous avons besoin de cultures pouvant bien pousser avec moins d'eau, mais certains chercheurs doutent que les ingénieurs génétiques puissent atteindre une tolérance à la sécheresse significative sans encourir de pénalités au niveau des rendements.

72 Anonyme, "Plant biotechnology patent watch review," *Agrow World Crop Protection News*, 608, 2011, pp. xxv-xxvi. Par exemple, il y avait 132 demandes de brevets reliées à la tolérance au stress abiotique comparativement à 15 pour la tolérance aux herbicides, 80 pour la tolérance aux nuisances et aux pathogènes, 35 pour l'altération de la lignine, 51 pour l'altération du phénotype.

73 Emily Waltz, "Beating the Heat," en *Nature Biotechnology*, Vol. 32, No. 7, juillet 2014.

74 Tom Philpott, "USDA Greenlights Monsanto's Utterly Useless New GMO Corn," en *Mother Jones*, 23 Jan. 2012: <http://www.motherjones.com/tom-philpott/2012/01/monsanto-gmo-drought-tolerant-corn>.

75 Emily Waltz, "Beating the Heat," *Nature Biotechnology*, Vol. 32, No. 7, juillet 2014.

Pour reprendre les mots d'un reproducteur de maïs ayant accordé une entrevue au périodique *Nature Biotechnology* : « la tolérance à la sécheresse n'est pas une caractéristique, c'est un mot de fantaisie⁷⁶. »

Présentement, les spécialistes de la biologie synthétique mènent des activités de R&D allant bien au-delà de la première génération du monopole des demandes de brevets sur les gènes et les caractéristiques climatiques.

Mise en contexte

Plutôt que de sélectionner des végétaux résistants aux insectes nuisibles/maladies ainsi qu'aux conditions climatiques, la première génération de cultures génétiquement modifiées de l'industrie agrochimique s'est concentrée en très grande partie sur la manipulation génétique des semences commerciales, conçues pour gonfler les ventes de produits agrochimiques (i.e. tolérance aux herbicides).

Mondialement, il est estimé que 85% de tout le secteur dédié aux cultures génétiquement modifiées incluait au minimum une caractéristique de tolérance aux herbicides⁷⁷. Avec l'introduction généralisée de cultures tolérantes aux herbicides, les désherbants chimiques comme le Roundup (glyphosate) sont devenus le plus grand vendeur de toute l'industrie des pesticides. Aux États-Unis seulement, l'utilisation du glyphosate sur le maïs et le soja s'est multipliée par un facteur de 20 entre 1995 et 2013 (de 10 millions à 205 millions lb/année) ; à l'échelle mondiale, son utilisation s'est vue multipliée par un facteur de plus de 10⁷⁸.

76 Seth Murray cité dans *Ibid.*

77 Réseau Canadien d'Action contre les Biotechnologies (RCAB), *Mais où sont donc les OGM?* mars, 2015. Selon l'analyse du RCAB des statistiques de l'ISAAA : En 2014, 57% des cultures mondiales génétiquement modifiées ont été conçues afin d'être tolérantes aux herbicides, 15% ont été modifiées afin d'être toxiques pour les parasites indésirables, et 28% ont été « chargées » avec une résistance aux herbicides et une résistance aux insectes. Autres caractéristiques – résistance et tolérance à la sécheresse – représentent collectivement moins de 1% des superficies de cultures génétiquement modifiées: <http://enqueteogm.ca/ou/>.

78 Philip Landrigan et Charles Benbrook, "GMOs, Herbicides and Public Health," en *New England Journal of Medicine*, 373: 693-695, 20 août de 2015.

Après deux décennies de lutte chimique ininterrompue, de plus en plus de mauvaises herbes acquièrent une résistance aux herbicides. Aujourd’hui, les « supers mauvaises herbes » prolifèrent et les plants de maïs tolérants aux herbicides défailissent dans les champs. Aux États-Unis, dans 36 états, les agriculteurs font face actuellement à près de 100 millions d’acres (40,4 millions ha) de mauvaises herbes résistantes aux herbicides⁷⁹. À l’échelle mondiale, au moins 24 espèces de mauvaises herbes sont désormais résistantes au glyphosate⁸⁰. Les spécialistes de la biologie synthétique conçoivent des cultures qui devraient mieux résister à la sécheresse après qu’elles aient été arrosées avec des pesticides brevetés⁸¹.

Les spécialistes de la biologie synthétique activent la tolérance à la sécheresse chez les plantes avec des pesticides

Syngenta (la plus grande corporation de produits agrochimiques du monde) et la US National Science Foundation, Sean Cutler de l’Université de Californie - Riverside claironnait au début de 2015 sur les accomplissements de son équipe de recherche: « Nous avons réadapté un produit agrochimique afin qu’il ait une nouvelle utilisation en modifiant génétiquement un récepteur végétal – c’est quelque chose qui n’avait jamais été fait avant,⁸² » exprime Cutler, un professeur des sciences botaniques.

« Nous avons réadapté un produit agrochimique afin qu’il ait une nouvelle utilisation en modifiant génétiquement un récepteur végétal – c’est quelque chose qui n’avait jamais été fait avant, »⁸² exprime Cutler, un professeur des sciences botaniques.

« Nous anticipons que cette stratégie de reprogrammation de réponse des plantes en misant sur la biologie synthétique permettra d’utiliser d’autres produits agrochimiques afin de contrôler d’autres caractéristiques utiles – tels que la résistance aux maladies ou le taux de croissance, par exemple⁸³ ».

Comment ça fonctionne?

Lorsque les plantes souffrent de la sécheresse, elles produisent naturellement de grandes quantités d’une hormone de stress appelée acide abscissique (ABA), ce qui indique à la plante de passer en « mode survie » en inhibant sa croissance et en réduisant sa consommation d’eau. Plus spécifiquement, l’ABA active un récepteur chez la plante qui referme les stomates (de petits pores) sur les feuilles afin de diminuer les pertes en eau.

Grâce à la biologie synthétique, les chercheurs reconfigurent les récepteurs d’ABA de la plante afin qu’ils soient activés par le fongicide de Syngenta plutôt que par l’ABA. Le fongicide commercial de Syngenta, la mandipropamide (nom commercial : Revus®) est largement utilisé pour contrôler le mildou (*Phytophthora infestans*) dans les cultures de fruits, de pommes de terre et de légumes. Les chercheurs ont mené des expériences en laboratoire sur des espèces de la plante *Arabidopsis* ainsi que sur des plants de tomate. Les végétaux ont effectivement survécu aux conditions de sécheresse puisque le fongicide chimique a activé la sécrétion de l’acide abscissique de la plante, ce qui entraîna la fermeture des petits pores (i.e. stomates) sur leurs feuilles afin de prévenir la perte d’eau. Syngenta et l’Université de Californie - Riverside ont rempli une demande de brevet international, publiée le 31 décembre 2014, et intitulée « Composés induisant des réponses d’ABA. »

79 *Ibid.*

80 Union of Concerned Scientists – USA, “The Rise of Superweeds—and What to Do About It,” Décembre 2013: http://www.ucsusa.org/sites/default/files/legacy/assets/documents/food_and_agriculture/rise-of-superweeds.pdf.

81 Sang-Youl Park, Francis C. Peterson, Assaf Mosquna, et. al., “Agrochemical control of plant water use using engineered abscisic acid receptors,” dans *Nature* 520, 23 avril 2015, pp. 545–548: <http://www.nature.com/nature/journal/v520/n7548/full/nature14123.html>.

82 Iqbal Pittalwala, “Scientists Reprogram Plants for Drought Tolerance,” Communiqué de presse de l’université Riverside de Californie: <http://ucrtoday.ucr.edu/26996>.

83 *Ibid.*

La demande de brevet remplie par Syngenta et l'Université de Californie révèle que les chercheurs entrevoient une utilisation d'intrants chimiques beaucoup plus vaste afin d'induire des réactions de tolérance au stress chez les plantes – incluant des engrais: « Dans certaines incarnations, la formulation agricole compte également au moins un fongicide, un herbicide, un pesticide, un nematicide, un insecticide, un activateur de plante, un synergiste, un régulateur de plante, un répulsif à insectes, un acaricide, un molluscicide, ou un engrais⁸⁴ ».

Pour être clair, l'article publié par l'équipe académique de Cutler démontre l'existence du concept, mais la recherche sur la tolérance au stress induite par des produits agrochimiques dans les cultures demeure expérimentale car elle n'a pas été testée sur le terrain ou commercialisée.

L'utilisation de la biologie synthétique afin d'activer des caractéristiques de tolérance au stress dans les cultures à l'aide d'intrants chimiques commerciaux – des pesticides et des engrais – révèle l'un des dangers de la rhétorique de l'intelligence face au climat: l'industrie agrochimique/des semences continue de concevoir des semences de haute-technologie afin d'accroître l'utilisation de produits chimiques et faire gonfler leurs profits – cette fois sous prétexte de promouvoir une agriculture qui soit « intelligente face au climat ». L'approche, perverse et faisant appel à de nombreux produits chimiques, amplifiera l'utilisation d'intrants agricoles industriels, menant à la fois vers une crise climatique et une crise alimentaire. La tolérance au stress des plantes induites par des produits agrochimiques constituerait une sacrée aubaine pour l'industrie des pesticides/semences, mais un véritable désastre pour la planète.

84 Demande de Brevet WO2014210555 de l'OMPI, publiée le 31 décembre 2014.

85 Kevin Esvelt, Andrea Smidler, Flaminia Catteruccia, George Church, "Concerning RNA-guided for the alteration of wild populations," *eLife*, 3 eo3401, 2014: <http://elifesciences.org/content/3/e03401>.

86 *Ibid.*

87 *Ibid.*

88 *Ibid.*, p. 2.

* Cette expression est utilisée dans le texte en tant que traduction libre de l'expression anglaise « gene drive ». Elle représente l'introduction de gènes dans une population naturelle à l'aide d'une technique en particulier soit le "forçage génétique induit par [de] courtes répétitions palindromiques groupées et régulièrement espacées" (CRISPR).

Le « forçage génétique » de synthèse pour le profit « durable » de l'industrie agrochimique

Une équipe de spécialistes de la biologie synthétique d'Harvard élabore actuellement une technologie particulière de "forçage génétique" conçue pour transmettre des caractéristiques pré-déterminées à travers des populations d'organismes déjà-existants à l'état naturel⁸⁵. Les chercheurs qui conçoivent cette technologie croient qu'elle a le potentiel de fusionner les secteurs de la génomique et de « l'ingénierie écologique⁸⁶ ». Dans un article de juillet 2014, un biologiste de synthèse décrit comment le forçage génétique guidé par l'ARN peut être utilisé pour modifier les génomes d'espèces sexuées dans la nature et « pourrait offrir des avantages substantiels pour l'humanité et l'environnement » comme la prévention de la transmission de maladies propagées par les insectes, la résistance agricole accrue aux pesticides et l'éradication des espèces envahissantes. Toutefois, en considérant le potentiel de cette technologie à altérer les populations sauvages et des écosystèmes entiers, les chercheurs d'Harvard avisent que la technologie doit être développée avec des garanties et des méthodes de contrôle robustes⁸⁷ ».

Qu'est-ce que le « forçage génétique* »?

Le forçage génétique (ou gene drive en anglais) fait référence ici à des éléments génétiques – retrouvés naturellement dans la plupart des organismes – qui font augmenter la probabilité que les gènes qu'ils transportent soient transmis à tous leurs descendants. Les chercheurs élaborent actuellement un type particulier de forçage génétique, construit sur un système de modification génétique basé sur l'ARN, connu sous l'appellation CRISPR qui signifie « courtes répétitions palindromiques groupées et régulièrement espacées ». Ce système de modification génétique se base sur la nucléase Cas9, une enzyme qui peut être dirigée afin de couper des séquences d'ADN ciblées⁸⁸.

Les spécialistes de la biologie synthétique revendiquent que la découverte de l'enzyme Cas9 (dirigée par la molécule-guide d'ARN) a « démocratisé » la capacité d'identifier efficacement, de couper et de modifier des gènes multiples⁸⁹. Les scientifiques décrivent le système CRISPR Cas9 comme une méthode « simple, abordable et remarquablement efficace » afin d'apporter des modifications génomiques spécifiques⁹⁰.

Toutefois, même les partisans des technologies de modification génomique mettent en garde contre les risques sérieux associés à la libération non-intentionnelle de ce type de forçage génétique (voir plus bas). Quoique la modification génomique guidée par l'ARN soit largement théorique et qu'elle ait été limitée à des expérimentations en laboratoire avec des maringouins et des mouches à fruits, la technologie « avance à une vitesse sans précédent⁹¹ ».

Une mise en application potentielle concerne la réduction de la diffusion de maladies transmises par les insectes (comme le paludisme, la fièvre dengue, etc.) en altérant les gènes du moustique qui sont responsables de la transmission de la maladie. En théorie, une fois conçus en laboratoire, les moustiques portant les gènes modifiés et la technologie de forçage génétique seraient relâchés dans la nature pour se reproduire avec des moustiques de type sauvage – démarrant ainsi le processus de dispersion des gènes modifiés à travers la population sauvage.

Renverser la résistance aux pesticides

Les spécialistes de la biologie synthétique envisagent également l'utilisation de la technique du forçage génétique induit par CRISPR dans le but de résoudre le problème de l'évolution des mauvaises herbes en une espèce résistante aux pesticides. (Un problème ayant proliféré à la suite de l'introduction de la première génération de cultures génétiquement modifiées – i.e. les cultures tolérantes aux herbicides).

En d'autres mots, les chercheurs ont émis l'hypothèse selon laquelle cette technologie pourrait être utilisée afin de renverser la résistance aux herbicides et aux pesticides chez les insectes et les mauvaises herbes en les rendant génétiquement sensibles aux produits agrochimiques qui ont originalement été conçus pour les empoisonner.

L'évolution de la résistance aux pesticides et aux herbicides est un problème sérieux pour l'agriculture... Nous pensons que les « gene drives » guidés par l'ARN pourraient remplacer les allèles résistants avec les équivalents de leurs ancêtres afin de restaurer leur sensibilité. Ils pourraient, par exemple, potentiellement renverser les mutations permettant à la chrysome des racines du maïs de résister aux toxines du Bt ou à l'érigéron et à l'amarante de résister à l'herbicide glyphosate, qui est actuellement crucial pour une agriculture plus durable sans labour⁹².

Est-ce que la culture simplifiée est intelligente face au climat ? Les spécialistes de la biologie synthétique croient que de renverser la résistance aux herbicides chez les mauvaises herbes est un but globalement souhaitable puisque l'adoption fort répandue de cultures résistantes aux herbicides fait la promotion de la culture simplifiée.

La technique culturale simplifiée évite le labourage, ce qui permet de conserver les sols et l'eau, en plus de faire diminuer les coûts de main-d'œuvre. Les partisans des cultures génétiquement modifiées affirment fréquemment que la technique culturale simplifiée est favorable à l'équilibre climatique puisqu'elle réduit les émissions de dioxyde de carbone en séquestrant davantage de carbone dans le sol. Même le USDA présente la technique culturale simplifiée comme l'une des dix principales composantes de l'agriculture intelligente face au climat⁹³. En réalité, les études récentes démontrent que le rôle de la technique culturale simplifiée dans l'atténuation climatique a été « largement surestimé⁹⁴ ».

89 *Ibid.*, p. 4.

90 David Baltimore *et al.*, “A Prudent Path Forward for Genomic Engineering and Germline Gene Modification,” *Science*, Vol. 348 No. 6230, 2015, pp. 36-38.

91 Esvelt *et al.*, “Concerning RNA-guided conductores genéticos for the alteration of wild populations,” *eLife*, 3 e03401, 2014: <http://elifesciences.org/content/3/e03401>, p. 2.

92 *Ibid.*, p. 14.

93 USDA's Building Blocks for Climate-Smart Agriculture & Forestry – Fact Sheet. Voir: www.usda.gov/documents/climate-smart-fact-sheet.pdf.

94 David S. Powlson *et al.*, “Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation,” *Nature Climate Change* 4, 2014, pp. 678–683: doi:10.1038/nclimate2292.

Les spécialistes de la biologie synthétique estiment que la libération initiale de « *gene drives* » guidés par l'ARN pourrait restaurer la sensibilité des insectes et des mauvaises herbes dans des endroits où ils n'ont pas encore développé de résistance aux pesticides. Au cours des générations subséquentes, la population de mauvaises herbes avec le génome modifié pourra s'étendre aux champs voisins. L'intérêt des six grandes compagnies de produits agrochimiques sera assurément piqué par la suggestion selon laquelle:

« La libération périodique de nouveaux gènes modifiés permettrait potentiellement l'utilisation indéfinie d'un pesticide ou d'un herbicide⁹⁵ ».

L'article de juillet 2014 précédemment mentionné sur les avancées de la technologie du pilote génétique de synthèse (le forçage génétique CRISPR-Cas9 guidé par l'ARN) a provoqué un débat entre les scientifiques à propos des risques potentiels de modifier les génomes d'une espèce dans la nature. En août 2015, un groupe autoformé de 26 scientifiques – incluant des ingénieurs géniques et des généticiens de mouche à fruit – a publié un article dans le périodique *Science*, qui, de manière préemptive, énonçait des recommandations soulignant l'importance de maintenir les expérimentations sur ce type de technologie à l'intérieur du laboratoire...

Les scientifiques décrivent leurs recommandations comme « un consensus international unanime⁹⁶ » malgré le fait que seulement deux de ses membres soient basés à l'extérieur des États-Unis (en Autriche et en Australie) et qu'aucun gouvernement ni aucun non-scientifique n'ait été inclus dans la discussion.



Les scientifiques recommandent que « de multiples stratégies rigoureuses de confinement soient utilisées chaque fois que c'est possible. » Ils recommandent également que les autorités de biosécurité effectuent une évaluation exhaustive, que soient développés des protocoles de distribution des matériaux, et que se tiennent de vastes discussions, continues et inclusives, portant sur la protection, la transparence, l'usage approprié et l'implication du public afin d'informer les corps d'experts⁹⁷. Un comité, nommé par la National Academy of Sciences des États-Unis, formule présentement des recommandations pour « une recherche sur les pilotes génétiques responsable. »

Il s'agit d'une solution techno classique qui aspire à résoudre un problème causé par une technologie ratée (les cultures tolérantes aux herbicides). Si elle se concrétise, cette solution s'enracinera dans l'agro-industrie et elle renforcera la dépendance des cultivateurs aux produits agrochimiques toxiques.

L'essentiel

Manipuler génétiquement les populations sauvages de mauvaises herbes et d'insectes afin de renverser leur résistance ou de les rendre plus sensibles aux pesticides chimiques est un objectif dangereux, tordu et inacceptable afin de répondre à la problématique des changements climatiques. Il s'agit d'une solution techno classique qui aspire à résoudre un problème causé par une technologie ratée (les cultures tolérantes aux herbicides). Si elle se concrétise, cette solution s'enracinera dans l'industrie agroalimentaire et elle renforcera la dépendance des cultivateurs aux produits agrochimiques toxiques.

95 Esvelt *et al.*, "Concerning RNA-guided gene drives for the alteration of wild populations," *eLife*, 3 eo3401, 2014: <http://elifesciences.org/content/3/e03401>, p. 15.

96 Omar S. Akbari, H. J. Bellen, E. Bier, *et al.*, "Safeguarding gene drive experiments in the laboratory," *Science*, Vol. 349, No. 6251, 28 août 2015.

97 *Ibid.*

La relation entre les six grands, la biologie synthétique et l'agriculture « intelligente face au climat »

Les six grands (BASF, Bayer, Dow, DuPont, Monsanto, Syngenta) constituent le moteur de l'agriculture industrielle. Avec des revenus collectifs de plus de 65 milliards \$ provenant de la commercialisation de produits agrochimiques, de semences et de traits biotechnologiques, ces compagnies contrôlent déjà les trois-quarts du marché mondial des produits agrochimiques et 63% du marché des semences commerciales (selon les données de 2013).

Représentant plus des trois-quarts de la recherche du secteur privé sur les semences/pesticides, les six grands déterminent les priorités actuelles ainsi que la direction qu'empruntera la recherche en agriculture à l'échelle mondiale. Le tableau ici-bas présente des exemples de R&D en biologie synthétique portant sur l'agriculture et l'atténuation des impacts dus aux changements climatiques – il ne s'agit pas, toutefois, d'un relevé exhaustif des activités de R&D en biologie synthétique soutenues par ces compagnies.

Les relations entre la biologie synthétique, l'agriculture « intelligente face au climat » et les six grands

Les six grands	Description / Partenaires	Des connections « intelligentes face au climat »?
Monsanto	Entente de 5 ans de R&D avec Synthetic Genomics; Alliance BioAg avec Novozymes pour commercialiser des microbiens agricoles	Co-président du programme de « l'agriculture intelligente face au climat » De l'Initiative de partenariats pour des technologies faibles en carbone du Conseil mondial des entreprises (WBCSD).
DuPont	Acquisition de Taxon Biosciences Pour la production industrielle de microbiens	Membre du programme « Intelligence face au climat » de l'Initiative de partenariats pour des technologies faibles en carbone. Participe au programme « AIC » (WBCSD).
Syngenta	Tolérance à la sécheresse induite par les produits agrochimiques avec l'Université Riverside de Californie.	Membre du WBCSD. L'initiative de la Fondation Syngenta Au Kenya et au Rwanda: « L'assurance des cultures intelligentes face au climat; » a permis d'assurer que les cultivateurs puissent acheter des semences certifiées et investir dans l'acquisition d'engrais.
Dow AgroSciences	Synthace, Ltd. pour le développement de microbiens; Arcadia Biosciences et Bioceres Fèves de soya résistantes au stress	Membre du programme « intelligence face au climat » - Initiative de partenariats pour des technologies faibles en carbone. Participe au programme « AIC » (WBCSD).
Bayer Crop Science	Entente de R&D avec KeyGene (Wageningen, Hollande) pour la conception de caractéristiques chez le blé en utilisant la mutagénèse.	Partenaire de la « Asian-German Better Rice Initiative » explicitement, l'initiative intelligence face au climat; Via CropLife, faisant partie de la North American Alliance pour l'agriculture intelligente face au climat.
BASF	Partenariats de R&D avec les compagnies de biologie synthétique Evolva, Genomatica et Amyris; Partenariat R&D avec Monsanto pour concevoir des voies génétiques de maïs et d'autres cultures pour la résistance au stress.	Membre de WBCSD. Partenaire de la « Asian-German Better Rice Initiative, » explicitement une initiative d'intelligence face au climat.

Conclusion

La R&D en biologie synthétique se concentre actuellement sur de nombreuses applications décrites comme des stratégies durables d'adaptation des végétaux et des microorganismes afin d'accroître les rendements agricoles et le taux de survie aux changements climatiques. Les exemples mis de l'avant dans ce rapport illustrent la façon dont la biologie synthétique aspire à renforcer le statu quo soit le système agroalimentaire industriel tel qu'on le connaît et générant une proportion importante des émissions de GES⁹⁸. Les « solutions » technologiques de la biologie synthétique visent à enraciner le modèle d'agriculture industrielle à forte consommation de produits chimiques et à renforcer la dépendance des agriculteurs envers les intrants industriels.

Le monde ne peut compter sur les solutions de haute-technologie pour régler les problèmes associés à la pauvreté, la famine ou encore à la crise climatique. Les gouvernements rassemblés à Paris pour la COP21 de la CCNUCC doivent rejeter « l'agriculture intelligente face au climat » et mercantile, et devraient plutôt promouvoir des stratégies de résilience face aux changements climatiques se basant sur l'agroécologie⁹⁹.

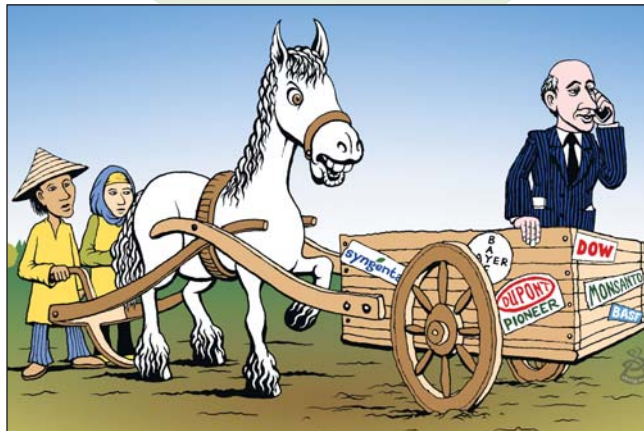
L'agroécologie fait référence à un ensemble de techniques agricoles (la culture intercalaire, le recyclage du fumier et des résidus de culture en engrais, par exemple) qui réduisent la nécessité de recourir à des intrants externes et qui maximisent la productivité d'une manière durable. Les techniques agroécologiques

améliorent la résilience et la durabilité des systèmes alimentaires ; leur principal objectif ne se limitant pas à accroître les rendements, quoique leur mise en œuvre puisse résulter en une productivité accrue. Petit à petit, l'agroécologie devient plus largement acceptée par la communauté scientifique; des exemples en sont d'ailleurs perceptibles dans les recommandations de l'Évaluation internationale des connaissances agricoles, de la

science, et de la technologie pour le développement (EICASTD) du Programme des Nations Unies pour l'environnement, et plus récemment par la FAO¹⁰⁰. La résilience au climat dépend ultimement des systèmes agroalimentaires locaux ainsi que des processus agroécologiques qui sont entre les mains des communautés agricoles. Plutôt que d'être les bénéficiaires de technologies à risques élevés inspirées du modèle corporatif, les

communautés agricoles devraient être directement impliquées dans l'identification des priorités et des stratégies d'adaptation et d'atténuation face aux changements climatiques.

Le monde ne peut compter sur les solutions de haute-technologie pour régler les problèmes associés à la pauvreté, la famine ou encore à la crise climatique. Les gouvernements rassemblés à Paris pour la COP21 de la CCNUCC doivent rejeter « l'agriculture intelligente face au climat » et mercantile, et devraient plutôt promouvoir des stratégies de résilience face aux changements climatiques se basant sur l'agroécologie⁹⁹.

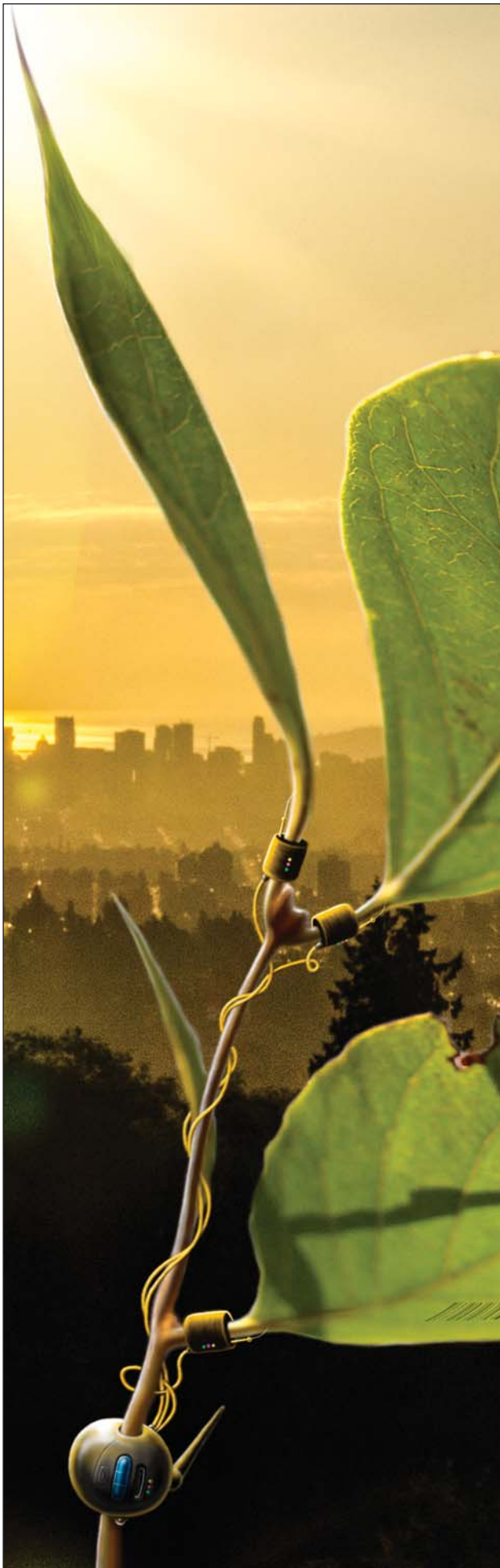


Mettre le cartel devant le cheval - Caricature d'ETC de 2013 – le résumé pertinent d'un problème récurrent : les six grands misent toujours sur les profits et les gadgets de haute-technologie plutôt que sur les pratiques agricoles traditionnelles et efficaces.

98 GRAIN, "Food and Climate Change: The Forgotten Link," 2011: <https://www.grain.org/article/entries/4357-food-and-climate-change-the-forgotten-link>.

99 Miguel A. Altieri, Clara I. Nicholls, Alejandro Henao et Marcos A. Lana, "Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems," *Agronomy For Sustainable Development*, mai 2015.

100 Voir l'Évaluation internationale des connaissances des sciences et des technologies agricoles pour le développement, "Summary for decision-makers of the global report," 2009 avril 2008, Key Finding 7, p. 6; United Nations Environment Programme, *The Environmental Food Crisis*, Nairobi, 2009; www.fao.org/about/meetings/afns/en/.



Plusieurs des plus grandes entreprises agro-industrielles de la planète mettent de l'avant l'idée peu développée de l'«agriculture intelligente face au climat» (AIC) afin de redorer le blason de l'agriculture industrielle et lui donner le qualificatif d'industrie «adaptée au climat».

Ce rapport dévoile la façon dont certains promoteurs de l'AIC adoptent les outils associés à la manipulation génétique extrême appelée biologie synthétique afin de développer un ensemble de fausses solutions à la crise climatique.

