

## Master en fondements et pratiques de la durabilité

*La sécurité alimentaire à l'aune des menaces environnementales : le cas de la  
Seconde Révolution Verte*

Misha Barraud  
Sous la direction d'Olivier Ferrari



*Ce travail n'a pas été rédigé en vue d'une publication, d'une édition ou d'une diffusion. Son format et tout ou partie de son contenu répondent donc à cet état de fait. Les contenus n'engagent pas l'Université de Lausanne. Ce travail n'en est pas moins soumis aux règles sur le droit d'auteur. À ce titre, les citations tirées du présent mémoire ne sont autorisées que dans la mesure où la source et le nom de l'auteur sont clairement cités. La loi fédérale sur le droit d'auteur est en outre applicable.*

*Toutes les traductions de citations contenues dans ce travail ont été effectuées par son auteur et n'engagent que lui.*

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Olivier Ferrari d'avoir accepté de me suivre durant tout ce travail, de sa patience, de sa pédagogie et de ses conseils avisés malgré les nombreux changements opérés au fil des mois.

Un immense merci à ma maman, Martine Barraud et à mon papa Christoph Lehmann, pour leur soutien inconditionnel, leur patience ainsi que leurs relectures et corrections approfondies qui m'ont permis d'arriver au bout de cette longue épreuve. C'est grâce à leur éternelle ténacité et amour, défis après défis, que j'ai pu finalement achever ce parcours tumultueux et les mots ne suffisent malheureusement pas à exprimer à quel point je leur en suis reconnaissant.

Merci à Margaux Roulet, pour sa présence, son réconfort et sa discipline exemplaire dont j'ai beaucoup à apprendre.

Je veux aussi remercier Arthur Guex pour les milliers d'heures de discussions grâce auxquelles j'ai tant appris et qui ont fortement stimulé ma réflexion. C'est grâce à lui que les enjeux, notamment énergétiques, de la durabilité n'ont (presque) plus de secrets pour moi.

Je tiens en outre à remercier Vadim Pilloud qui a toujours su trouver les mots pour me motiver et me pousser à continuer même quand l'envie n'y était plus.

Mes remerciements, enfin, à tout le corps enseignant et administratif du Master en fondements et pratiques de la durabilité pour cette magnifique formation que j'ai beaucoup apprécié.

## Résumé

Durant le 20ème siècle, les procédés de la nouvelle agriculture moderne, en pleine expansion dans les pays du Nord, sont importés dans les pays du Sud dans un processus en accord avec les politiques de développement de l'époque qualifié de « Révolution Verte ». En Amérique latine et en Asie, engrais, pesticides, mécanisation et nouveaux systèmes d'irrigation ont permis de fortement intensifier la production, sous l'égide, notamment, de la Fondation Rockefeller, une des plus grande structure philanthropique américaine. Malgré une nette augmentation du rendement, ce projet fut largement critiqué dans la littérature académique pour ses impacts environnementaux, sociaux et économiques négatifs, spécialement dans les couches les plus paupérisées de la société.

Dès le début des années 2000, la fondation lance, en partenariat avec celle de Bill et Melinda Gates, *Alliance for A Green Revolution in Africa* (AGRA), qui vise le continent africain, largement oublié lors de la première phase. Consciente des critiques adressée au premier volet, il est cette fois promis que les avancées agricoles seront durables, respectueuses de l'environnement et des situations socio-économiques des pays touchés. De ce fait, dans un premier temps, ce travail tentera de déterminer au travers d'une analyse comparative, si la Seconde Révolution Verte constitue réellement une rupture ou au contraire un prolongement de sa prédécesseur. Dans un second temps, à l'aide d'une revue de littérature, la pertinence en termes de durabilité et de résilience de cette nouvelle entreprise sera évaluée à l'aune des principales problématiques environnementales qui menacent la sécurité alimentaire (changement climatique, épuisement des ressources et effondrement de la biodiversité).

# TABLE DES MATIÈRES

<b>Remerciements</b>	<b>3</b>
<b>Résumé</b>	<b>4</b>
<b>Introduction</b>	<b>8</b>
<i>Problématique</i>	<i>11</i>
<i>Méthodologie</i>	<i>13</i>
<b>PREMIÈRE PARTIE</b>	<b>15</b>
<b>La première Révolution Verte et la Fondation Rockefeller (1940-1990)</b>	<b>16</b>
<i>L'expérience mexicaine</i>	<i>17</i>
<i>L'expansion</i>	<i>19</i>
<b>Idéologie et Révolution Verte</b>	<b>20</b>
<i>Science, productivisme et prospérité</i>	<i>21</i>
<i>Les problèmes de population</i>	<i>23</i>
<i>Un programme politique et des intérêts économiques</i>	<i>26</i>
<b>Première Révolution et environnement</b>	<b>28</b>
<i>Première phase : un intérêt précoce et américain (1962-1988)</i>	<i>28</i>
<i>Deuxième phase : Global Environment Program (1989-1998)</i>	<i>30</i>
<i>Troisième phase : production alimentaire et environnement (1999-2005)</i>	<i>32</i>
<b>La création de la Seconde Révolution Verte</b>	<b>34</b>
<b>Quels discours et quelles pratiques pour le 21ème siècle ?</b>	<b>36</b>
<i>Productivisme scientifique agricole</i>	<i>37</i>
<i>La population</i>	<i>39</i>
<i>Économie et politique</i>	<i>40</i>
<i>AGRA et environnement</i>	<i>42</i>
<b>Une nouvelle révolution ?</b>	<b>44</b>
<i>Une première révolution agraire controversée</i>	<i>44</i>
<i>De réels changements ?</i>	<i>49</i>
<i>Pratiques et productivisme scientifique</i>	<i>49</i>
<i>La question démographique</i>	<i>51</i>
<i>Politique et économie</i>	<i>52</i>

<i>Environnement</i>	53
<b>Discussion</b>	<b>54</b>
<b>DEUXIÈME PARTIE</b>	<b>58</b>
<b>Changement climatique</b>	<b>60</b>
<i>Impact sur l'agriculture</i>	61
<i>Impact sur le blé</i>	63
<i>Impact sur le riz</i>	64
<i>Impact sur le maïs</i>	65
<b>Épuisement des ressources</b>	<b>66</b>
<b>Eau</b>	<b>66</b>
<i>Menaces sur la ressource</i>	67
<b>Énergie</b>	<b>73</b>
<i>Puissance du pétrole</i>	73
<i>Alimentation et énergie</i>	76
<i>Production</i>	78
<i>Transport</i>	80
<i>Transformation, conditionnement et stockage</i>	81
<i>Fragilité du fossile</i>	83
<b>Sols</b>	<b>89</b>
<i>Une rude concurrence</i>	89
<i>Une urbanisation problématique</i>	90
<i>Des usages contradictoires</i>	91
<i>Une baisse constante de qualité</i>	94
<b>Effondrement de la biodiversité</b>	<b>97</b>
<i>Une perte massive qui se renforce chaque année...</i>	98
<i>... causée exclusivement par l'activité humaine</i>	100
<i>Conséquences pour la sécurité alimentaire</i>	101
<b>Discussion</b>	<b>102</b>
<i>Pratiques agricoles</i>	103
<i>Positions d'AGRA</i>	107
<b>Conclusion</b>	<b>110</b>



## Introduction

« *L'histoire des hommes n'a jamais été que l'histoire de leur faim.* »

Jean Guéhenno - L'Esprit européen (1947), p.113

En 123 av. J.-C., les difficultés de ravitaillement provoquent de graves crises dans la population romaine qui risque de se révolter. Face à cela, Caius Gracchus promulgue les premières *lex frumentaria*, qui prévoient une distribution de blé à prix réduit chaque mois à tous les citoyens de Rome pour calmer les troubles qui menacent gravement la stabilité de la capitale (Virlouvét, 1985). Près de neuf siècles plus tard, en 794, en pleine période de disette, Charlemagne prend des dispositions similaires et légifère sur un prix maximum des céréales, contre la spéculation et pour des prêts agraires sans intérêts (Riché, 1979). En 1693, des récoltes presque inexistantes poussent Louis XIV à interdire les exportations et les stocks de grains ainsi qu'à mettre en vente tous les surplus de production sur le marché (Berger, 1978). Enfin, pendant la Grande Famine irlandaise de 1845 à 1852, le gouvernement britannique crée de gigantesques chantiers publics pour assurer un revenu à une partie de la population alors qu'en parallèle, un mouvement religieux, les Quakers, démarre les premières soupes populaires (Bensimon et Colantonio, 2014).

Les exemples de ce type sont légion dans l'histoire humaine : les graves crises alimentaires appellent toujours à des réponses drastiques de la part des dirigeants et leur forme varie selon le contexte, mais semble toujours prises dans l'urgence de la situation. La gestion de la faim est donc centrale dans toute société, spécialement lorsqu'elle atteint des extrêmes menaçant la stabilité du pays entier. À la fin de la Seconde Guerre mondiale, la question quitte officiellement pour la première fois la sphère nationale pour devenir un enjeu global avec la création de l'Organisation des Nations-Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) faisant suite à la conférence du même nom en 1943. Par cet acte constitutif, les États s'engagent à « *élever le niveau de nutrition et les conditions de vie des populations placées sous leur juridiction respective* », à « *améliorer le rendement de la production et l'efficacité de la répartition de tous les produits alimentaires et agricoles* » pour ainsi « *contribuer à l'expansion de l'économie mondiale et de libérer l'humanité de la faim* » (Confédération Suisse, 1947). Moins de trente ans plus tard, entre 1972 et 1974, une crise alimentaire mondiale survient, provoquée par un été *El-Nino* qui entraîna notamment une

pénurie de riz, un déficit de céréales de plus de 70 millions de tonnes et une augmentation générale du prix de ces dernières. Face à cette situation, la première Conférence mondiale de l'Alimentation est organisée en 1974 par l'ONU et la centaine de pays en présence adopte la Déclaration universelle pour l'élimination définitive de la faim et de la malnutrition (qui sera par la suite insérée dans la Charte des droits de l'homme en 1976). C'est dans ce contexte qu'émerge pour la première définition moderne du concept de sécurité alimentaire, soit la « *capacité de tout temps d'approvisionner le monde en produit de base, pour soutenir une croissance de la consommation alimentaire, tout en maîtrisant les fluctuations et les prix* » (FAO, 2002). Comme l'explique Lucy Jarosz (2011), cette définition évoluera dans le temps, passant d'une focalisation sur les aspects productifs uniquement, auxquels viendront s'adjoindre les dimensions économiques, pour finalement s'ouvrir sur des questions sociales et environnementales dans la période récente.

Conjointement à cela, un autre concept parcourra un chemin similaire et sera vu comme la principale réponse aux problèmes de faim et de pauvreté durant tout le 20ème siècle : le développement. Ce courant théorique économique dominant prit lui aussi son essor dans les affres de l'après-guerre, émergeant dans les pays du Nord et s'intéressant principalement aux pays « pauvres », les pays du Sud. Il délimite ainsi une nouvelle frontière géographique et conceptuelle en fonction d'un degré de richesse dont les indicateurs varieront entre « Revenu par tête », « Produit Intérieur Brut » ou encore « Indicateur composite du développement humain ». Les pays occidentaux, en plein boom productif à la fois économique, mais aussi agricole seront érigés en modèles de développement par opposition au reste du monde « sous-développé » puis « émergent », « en voie de développement » ou encore « nouvellement industrialisé » avec un gradient allant de faible à élevé (Assidon, 2002). Très unifié à ses débuts (il se divisera par la suite en plusieurs sous-courants), les voies de sortie du « sous-développement » sont principalement l'industrialisation, la modernisation et la croissance tant économique que productive. Les nations sont ainsi privées de leurs particularités respectives pour n'être vu que comme des entités similaires au sein de ce que certains auteurs appellent une monoéconomie (Cypher, 2015), seuls leur stade d'avancement les différenciant les unes des autres (là où auparavant il s'agissait plutôt de leur statut de « colonisateur » ou de « colonisés »). Il convenait ainsi de fournir les outils et d'inciter les retardataires à parcourir la voie qui les amènerait inexorablement vers la paix, la stabilité et la sécurité (notamment alimentaire). Ce discours ne se cantonne pas aux différentes académies, mais est aussi celui des grandes institutions internationales, à commencer par le célèbre discours du président américain Truman en 1949 : « : « (...) *Nous devons nous engager dans un programme*

*audacieux pour rendre les bénéfices de nos avancées scientifiques et industrielles disponibles pour l'amélioration et la croissance des zones sous-développées. Plus de la moitié des habitants de ce monde vivent dans des conditions proches de la misère. Leur nourriture n'est pas adaptée. (...) Leurs économies sont primitives et stagnantes. Leur pauvreté est un handicap et une menace à la fois pour eux, mais aussi pour les zones plus prospères. (...) Les Etats-Unis ont une place prépondérante au sein des nations en termes de développement des techniques scientifiques et industrielles. Les ressources matérielles que nous pouvons nous permettre d'utiliser pour aider les autres peuples sont limitées. Mais nos ressources impondérables de connaissances techniques sont en constante croissance et sont inépuisables. (...) nous devons rendre disponible le bénéfice de ces connaissances aux peuples désirant la paix afin de les aider à réaliser leurs aspirations pour une vie meilleure. (...) Notre but devrait être d'aider les peuples libres de ce monde, grâce à leurs propres efforts, à produire plus de nourriture, (...) et plus de puissance mécanique pour alléger leur fardeau » (Truman, 1949). Dès les années 1970, la théorie du développement prendra un tournant libéral en s'axant sur l'intégration des pays dans le marché économique avec un accent beaucoup plus prononcé sur les exportations. Le rôle de l'état est largement remis en cause, jugé comme un frein au développement et considéré comme générateur de coûts exorbitants, le nouveau développement ne doit pas, selon les auteurs, être un développement « introverti » soit tourné vers l'intérieur, mais s'orienter vers « le nouvel ordre mondial » : le marché (Cypher, *ibid.*).*

Mais deux ans plus tard, le constat des dégradations environnementales causées par l'intensification de l'activité humaine émerge dans le discours public, avec la parution en 1972 du célèbre rapport du Club de Rome « Les limites à la croissance » et la conférence de l'ONU sur l'environnement à Stockholm la même année. Peu à peu, les certitudes des décennies précédentes sur les bienfaits inconditionnels de la croissance et du productivisme sont discutées. Mais il n'est pourtant pas question d'une remise en cause du modèle porté par les théoriciens du développement : ces derniers trouvent une parade en intégrant les enjeux environnementaux dans leur recommandation économique. Il ne faut donc plus se cantonner à une croissance quantitative, mais plutôt se focaliser sur une croissance qualitative, celle qui permettra de « répondre aux besoins des générations présentes sans compromettre les capacités des générations futures à répondre aux leurs » selon le célèbre rapport du Premier ministre norvégien Harlem Brundtland. Le développement durable fait donc son entrée sur la scène internationale. Même si ce concept (qui ne portait alors pas ce nom) apparaît déjà au 19ème siècle, notamment dans le mouvement conservationniste nord-américain qui théorise l'antagonisme entre développement et ressources finies (sans pour autant s'accorder sur les

solutions à mettre en place), il est cette fois officiellement entériné par l'ONU lors du sommet de la Terre à Rio en 1992 (Vivien, 2003) avec la mise en place de l'Agenda 21, véritable *guideline* pour que les états puissent continuer leur accroissement tout en limitant leur impact négatif sur l'environnement et la société. Ce changement de stratégie globale touche aussi la sécurité alimentaire qui, rappelons-le, devait être garantie grâce à la croissance des pays du Sud. Car il devint peu à peu évident que la seule production de nourriture ne suffirait pas à éradiquer les famines : il fallait aussi assurer des aliments et de l'eau sains, une agriculture moins nocive, des conditions de travail plus supportables et une plus grande équité sociale au sein des populations (Swaminathan, 2001). Ainsi, le deuxième Objectif de Développement Durable (ODD-2) stipule maintenant qu'il faut mettre fin à l'insécurité alimentaire tout en améliorant la nutrition et en promouvant une agriculture durable (ONU, 2015).

### *Problématique*

Dans ce contexte du 20ème siècle de lutte contre la faim et de promotion du développement, un acteur privé américain joua un rôle de premier plan dans la concrétisation de ces ambitieux objectifs : la Fondation Rockefeller, une des plus grandes structures philanthropiques au monde. Fondée en 1913 par la dynastie familiale éponyme (dont un des ancêtres, John D. Rockefeller, fit fortune en créant la compagnie pétrolière Standard Oil qui devint plus tard Exxon Mobil, l'une des plus importantes de la planète), la fondation démarra dès les années 1940 un gigantesque programme d'aide agricole pour les pays du Sud qui, par son ampleur, fut considéré comme : « *peut-être la plus grande entreprise philanthropique internationale américaine* » (Dowie, 2001, p.2) et qualifiée par la suite de Révolution Verte. L'objectif était de permettre aux pays les plus pauvres d'assurer une production suffisante de nourriture en faisant la transition vers la nouvelle agriculture moderne née quelques années auparavant aux Etats-Unis notamment. Création de système d'irrigation, mécanisation, importation d'engrais, de semences améliorées et de pesticides : toutes les dernières avancées devaient être rendues accessibles aux petits paysans dont les pratiques traditionnelles, selon les discours de l'époque, ne permettaient pas de récoltes suffisamment importantes et étaient largement vues comme arriérées. Cette vaste opération se prolongea jusqu'en 1990 et toucha de nombreux pays d'Amérique latine et d'Asie dont le Mexique, l'Indonésie ou l'Inde. Ainsi, il fallut près de 10'000 ans pour que la production mondiale de céréales atteigne le milliard de tonnes mais seulement 40 ans, entre 1960 et 2000 pour qu'elle passe à 2 milliards (Khush, 2001).

Malgré un succès important dans l'accroissement du rendement agricole, ce projet fut l'objet d'une multitude d'études critiques dans la littérature scientifique. En effet, l'instauration de ces nouvelles pratiques aurait également eu de nombreux impacts négatifs, constatés tant par des chercheurs des pays concernés qu'occidentaux. Ainsi, le passage à une agriculture productiviste excédentaire aurait provoqué de graves bouleversements, car seul le rendement aurait été pris en compte sans que les retombées de ces nouveaux outils n'aient été considérées. Des bouleversements économiques d'abord, en rendant notamment les petits paysans dépendant aux fournisseurs de produits phytosanitaires, au marché, dans des nations dépourvues de structures adaptées et en les conditionnant à produire pour se payer (Griffin, 1979 ; Feder, 1976 ; Patel, 2013...). Politiques et sociaux ensuite, en détruisant les structures sociales préexistantes et en minant les programmes étatiques (Perkins, 1997 ; Ross, 1998 ; Cullhater, 2010...). Environnementaux enfin, en polluant les sols et l'eau, en réduisant la diversité génétique, en déforestant massivement ou encore en rendant une partie des terrains infertiles (Pimentel, 1996 ; Pingali, 1994 ; Pinstup-Andersen *et al.*, 1985...). Le sujet ayant largement été traité, le présent travail ne s'intéressera pas à la Révolution Verte du 20ème siècle, mais à sa successeur du 21ème : Alliance for a Green Revolution in Africa (AGRA), beaucoup moins analysée par la recherche.

Dès le début des années 2000, la Fondation Rockefeller, en partenariat avec la fondation Bill and Melinda Gates, décide d'inaugurer un nouveau programme d'aide agricole centré cette fois-ci sur l'Afrique, continent resté intouché par la première Révolution Verte. Cette nouvelle entreprise garde les mêmes objectifs que sa prédécesseur : améliorer la production alimentaire et les conditions de vie des pays africains, toujours dans une optique d'aide au développement, tout en s'en distinguant par des méthodes et pratiques annoncées comme nouvelles. En effet, conscients des nombreuses critiques adressées au premier volet (sans pour autant les accepter dans leur ensemble), les responsables de la Fondation Rockefeller affirment, par la voix du président d'honneur de l'AGRA le regretté Kofi Annan, que : « *cette nouvelle révolution doit être ancrée fermement dans les réalités africaines contemporaines, tout en tirant les leçons des expériences positives et négatives du passé* » (AGRA, 2008, p.5). Ainsi, on constate donc une volonté, du moins affichée, d'intégrer les critiques formulées à l'encontre de la première période, notamment sur le plan environnemental et social. Comme expliqué à de nombreuses reprises dans les documents officiels de l'AGRA, cette réforme agraire se veut durable et écologique, respectueuse de l'environnement et de ses limites. Partant de ce postulat, ce travail tentera donc d'analyser plus en profondeur ce nouveau projet en s'articulant autour de deux questions de recherche distinctes, mais complémentaires. Dans une

première partie, nous tenterons donc de déterminer si la Seconde Révolution Verte procède réellement, comme annoncé, en rupture avec la première, et ce, jusqu'à quel point. Puis, dans une seconde partie, nous essayerons de voir si elle est réellement cohérente et durable face aux problématiques environnementales qui menacent fortement la sécurité alimentaire : le changement climatique, l'effondrement de la biodiversité et l'épuisement des ressources, composantes essentielles qui conditionnent et conditionneront pour les siècles à venir la production alimentaire mondiale et avec lesquelles il faudra composer. L'intérêt principal étant que les réformes en cours sur le continent, une fois mises en place, ne pourront être changées *ad eternam*, il est donc primordial qu'elles soient robustes et en phase avec les problématiques actuelles au risque qu'il soit trop tard lorsque nous atteindrons le coeur de la crise. De plus, le sujet est extrêmement sérieux, car la sécurité alimentaire est une composante non négociable de la survie de ces populations, déjà profondément paupérisées et vulnérables, ces mesures ne sont donc pas accessoires, mais essentielles et doivent faire l'objet d'un examen approfondi.

### *Méthodologie*

Deux méthodologies différentes seront employées pour chacune des deux parties. Dans un premier temps, nous analyserons le discours, les arguments mobilisés et les pratiques de la Fondation Rockefeller par le biais de plus de 50 ans de rapports de fondation (tous disponibles sur leur site internet). Ces documents sont particulièrement intéressants, car ils regroupent non seulement les avancées des différents projets et leurs descriptions, mais aussi les déclarations officielles (notamment du président) qui expliquent les lignes directrices et idéologiques de la structure, ce qui permettra d'établir un cheminement de pensée et une évolution dans leur façon d'aborder l'aide agricole fournie. Un deuxième site internet regroupant des archives de la fondation sera aussi utilisé, ce dernier regroupant différentes correspondances et rapports qui permettront d'établir comment les responsables de l'époque (notamment les chercheurs dépêchés sur place) voyaient leurs tâches et considéraient les populations des pays impliqués. Une fois tous ces éléments de discours et de pratiques mis en exergue, ils seront comparés à ceux de l'AGRA, eux aussi regroupés sur leur site internet. Ceci permettra de voir si et comment les positions et les pratiques de la fondation ont évolué dans le temps, tant d'un point de vue subjectif (le leur) que partiellement objectif (au travers des présentations de projets notamment). Cette méthode a pour avantage principal de ne pas nécessiter une expertise complète en termes d'agriculture puisque seuls les

propos mis en avant par les responsables seront mobilisés, ces derniers se situant sur le même plan pour les deux époques, celui de la communication officielle.

Dans un second temps, les pratiques de l'AGRA seront scrutées à l'aune des connaissances scientifiques en matière d'impact des menaces environnementales sur l'agriculture et la production alimentaire. À l'aide d'une revue de la littérature sur le sujet, nous essayerons de déterminer si les différents projets africains sont réellement cohérents et préparés aux nombreux problèmes générés par le changement climatique, l'épuisement des ressources et l'effondrement de la biodiversité. Ainsi, nous pourrions tenter d'évaluer la « durabilité » (tant la résilience aux chocs que la solidité dans le temps) de l'entreprise pour les défis futurs qui attendent les différentes nations, l'Afrique étant un des continents qui sera probablement le plus touché par ces phénomènes globaux (Schlenker et Lobell, 2010). Il est d'ailleurs maintenant clairement établi que ces derniers constitueront les principales menaces à la sécurité alimentaire mondiale, il ne suffira donc pas de se centrer uniquement sur la dimension productive, mais il faudra les prendre en considération dans toutes les étapes du système alimentaire. Cette approche est particulièrement intéressante dans le cas qui nous occupe, car comme nous allons le voir, la Fondation Rockefeller a de tout temps consacré une grande partie de son budget à financer des études et universités tant dans les sciences naturelles que sociales, il paraît donc important de la confronter aux connaissances qu'elle soutient et valorise. Bien évidemment, chacun de ces thèmes sont tellement large, qu'ils pourraient justifier un travail à eux seuls, la revue de ces études ne peut donc prétendre à l'exhaustivité complète, mais tentera néanmoins d'en faire ressortir les traits les plus saillants. Ces derniers seront d'abord présentés les uns après les autres, puis les différentes pratiques de l'AGRA seront discutées en reprenant la même structure et en se fondant sur ces faits préalablement établis.

## **PREMIÈRE PARTIE**

### **CONTINUITÉ ENTRE LA PREMIÈRE ET LA SECONDE RÉVOLUTION VERTE**

Pour bien comprendre et analyser dans quel cadre la nouvelle Révolution Verte du début des années 2000, mise en place par la Fondation Rockefeller, se construit et sur quelles bases idéologiques elle se fonde, il est important de revenir à la source de ses actions d'aide au développement afin de déterminer si elle procède en continuité ou en rupture avec sa version antérieure. De la même façon, il est important de bien situer quel type de transformations agricoles ont été opérées pour par la suite examiner leur impact sur l'environnement, la société et la sécurité alimentaire et ainsi mieux évaluer la cohérence du nouveau programme de la fondation avec les menaces environnementales actuelles. Pour cela, nous allons rapidement revenir sur les différentes étapes de la première Révolution Verte en nous focalisant sur la Fondation Rockefeller. Puis, nous regarderons dans quel cadre de pensée ces actions philanthropiques s'inscrivent et ce qui a motivé leurs emplacements et la forme qu'elles ont prise.

### **La première Révolution Verte et la Fondation Rockefeller (1940-1990)**

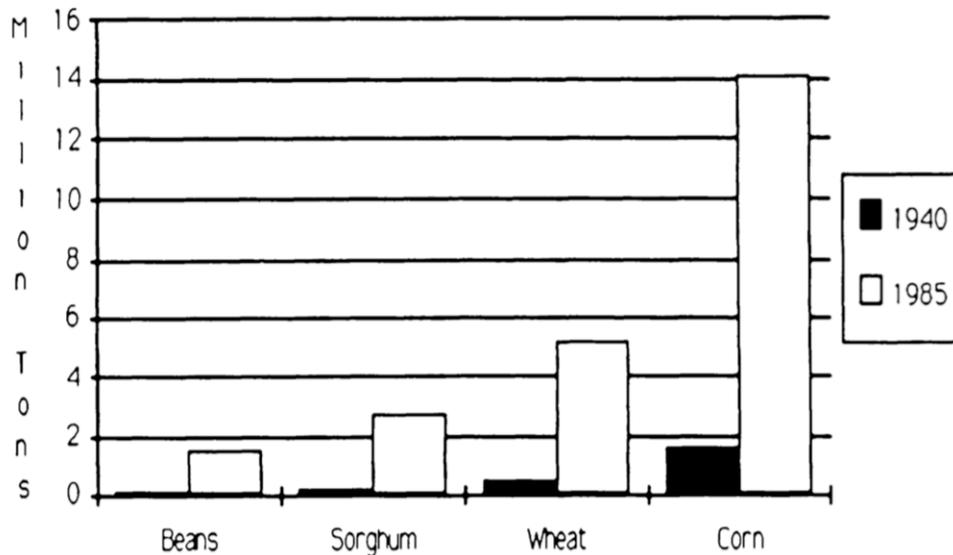
Avant le début des années 1940, la Fondation Rockefeller concentrait principalement ses efforts sur de petits aides ciblées, principalement dans les domaines de l'éducation et de la santé publique, ainsi que la subvention de la recherche. Les projets soutenus allant du traitement de la Tuberculose (Rockefeller Foundation, 1918) à la détection de larve de moustique pour prévenir la fièvre jaune (Rockefeller Foundation, 1924) en passant par la construction de cliniques infantiles en Chine (Rockefeller Foundation, 1933). Le début de leur implication dans l'aide et la recherche agricole débuta en 1943 avec la création de l'*Office of Special Studies* (OSS) en collaboration avec le gouvernement mexicain ce qui marqua, par la même occasion, les bases pour le lancement de la première Révolution Verte qui se prolongera jusque dans les années 1990.

La Fondation s'intéressait déjà au Mexique depuis les années 1930 :

« *En fournissant, temporairement, du personnel supplémentaire et de la supervision (...) au bureau central de la santé du Mexique* » (Rockefeller Foundation, 1933, p.90). En 1941, après une rencontre avec le vice-président américain, Henry Wallace (lui-même spécialiste agricole et fondateur de l'*Hybrid Corn Company*, devenue depuis l'un principal semencier mondial), le conseil de fondation estima que la santé publique, l'éducation et l'agriculture constituaient les principaux besoins du pays. Peu après, ils décidèrent finalement de ne se concentrer que sur le dernier : l'éducation étant jugée trop controversée et la santé publique suffisamment investie (Fitzgerald, 1986).

Ainsi, en 1943, la Fondation crée l'OSS avec le Mexique dont les deux objectifs principaux étaient d'augmenter la production alimentaire nationale et de former les scientifiques agricoles mexicains. La commission d'enquête de la fondation, en 1941, avait déjà identifié quatre problèmes principaux sur lesquels travailler pour atteindre ces buts : l'amélioration de la gestion des sols et du labourage ; la sélection et l'introduction de variétés supérieures de semence et de légumes ; le contrôle des maladies et des ravageurs et l'importation de meilleurs animaux d'élevage (Rockefeller Foundation, 1941). Comme l'explique Merilee Grindle (1986), le partenariat public-privé provoqua ainsi un véritable bouleversement agricole dans le pays entre les années 1940 et 1980 : extension des terres arables et des infrastructures agricoles, constructions d'immenses bassins d'irrigation, introduction de machines agricoles (faisant du Mexique le pays le plus mécanisé de l'Amérique latine) et explosion de l'utilisation d'engrais chimique (passant de 2'800 tonnes en 1940 à plus d'un million en 1978) ainsi que de produits phytosanitaires. L'impact de ces transformations sur les récoltes fut tout aussi impressionnant (comme le montre le schéma ci-dessous) : le rendement des champs de maïs augmenta de 1,6 millions de tonnes en 1940 à 14,1 millions en 1985 ; les haricots de 97'000 tonnes à 1,5 millions et le blé de 464'000 tonnes à 5,2 millions. Ainsi, durant toutes les années 1970, le Mexique produisait non seulement assez pour sa population mais aussi pour l'exportation, dont les premiers bénéficiaires furent les Etats-Unis (Sonnenfeld, 1992).

La fondation mit aussi en place de grands programmes de formation pour les Mexicains afin que les transformations agricoles puissent se perpétuer même après son départ. Comme l'explique le président du conseil en 1949 : « *Le personnel de la fondation (...) a donné l'opportunité à une sélection de jeunes scientifiques mexicains de participer directement dans les laboratoires et sur le*



Production agricole mexicaine en 1940 et 1985 (Grindle, *op. cit.*)

terrain. Il est attendu qu'avec le temps, il y en aura assez pour reprendre le programme et le rendre entièrement mexicain. Ces hommes (...) sont l'assurance d'un futur pour l'agriculture mexicaine, l'assurance pour plus de meilleure nourriture pour tous » (Rockefeller Foundation, 1949, p.20). Le but n'était donc pas uniquement de transformer les pratiques, mais de les rendre durables.

L'étape mexicaine marque un changement profond dans l'approche de la fondation et une modification de ses objectifs. Comme le note son conseil en 1971 : « La Fondation Rockefeller avait un long historique de soutien à la science et à la recherche ; par la suite elle opta pour l'application de ces connaissances préexistantes en faveur du bien-être de l'humanité dans le monde (...) en résumé la Fondation Rockefeller passa des bibliothèques et des laboratoires aux champs et aux rues » (Rockefeller Foundation, 1971, p.5).

Cette période permit aussi à un agronome fraîchement diplômé, Norman Borlaug, de faire ses premières armes sur le terrain. En seulement 4 ans, il mit au point avec son équipe de nouvelles variétés de céréales extrêmement productives et des techniques de fertilisation qui se répandront dans le monde entier, devenant le socle technique des actions de la fondation (et qui lui valurent d'ailleurs d'être considéré comme le père de la Révolution Verte et de recevoir un prix Nobel de la paix en 1970). Il accompagnera la fondation pendant plus de 60 ans en tant que premier conseiller technique et scientifique (Borlaug, 2007).

Après les résultats extrêmement probants des transformations agricoles du Mexique, les techniques appliquées devinrent un modèle de réussite, réemployée par la fondation, mais aussi le

gouvernement américain et la Banque mondiale pour promouvoir la Révolution Verte à travers le monde.

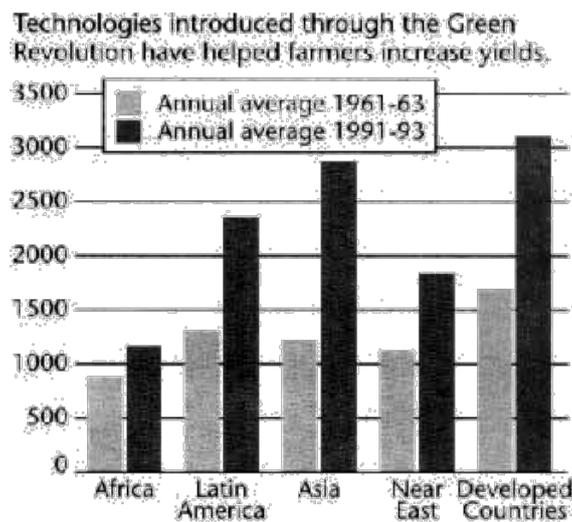
### *L'expansion*

Fort de son succès, le projet agricole s'exporta en Inde, dès 1956, où, selon la fondation, l'explosion démographique risquait alors de causer de terribles problèmes alimentaires. Ce « *nouveau programme sera le premier de son genre en Asie, la première opération agricole de la fondation en dehors de l'Amérique latine (...) L'implication de la fondation en Inde sera de coopérer dans l'établissement de projets de recherches pour l'amélioration des céréales avec une focalisation initiale sur des formes hybrides de maïs, d'orge et de millet* » (Rockefeller Foundation, 1956, p. 181-182). Il s'effectua en collaboration avec l'Agence américaine pour le développement international (USAID) et le gouvernement indien. Depuis son indépendance en 1947, le pays vivait dans un grand état de pauvreté avec près de 90% de la population se trouvant dans plus de 600'000 villages dépendants de l'agriculture (Stakman *et al.*, 2014). Comme pour le Mexique, la transformation d'une agriculture de subsistance traditionnelle à une agriculture ultra-productiviste s'opéra par l'importation des méthodes occidentales : utilisation de variétés hybrides, mécanisation, engrais et pesticides et construction d'infrastructures d'irrigation. Ainsi, en quelques décennies, la Révolution Verte permit à l'Inde de devenir autosuffisante même en ne se généralisant que sur un quart des terres cultivées (Parayil, 1992).

La Fondation Rockefeller continua d'investir dans de nombreux projets en Asie, toujours dans l'optique d'améliorer les rendements agricoles. Une de ses plus importantes contributions concerne certainement la recherche sur le riz, consommé par plus de la moitié de la population mondiale, spécialement dans cette région du globe, avec le financement et la création en 1960 de l'Institut International de recherche sur le Riz (IRRI) aux Philippines, en collaboration avec la Fondation Ford et le gouvernement philippin. Selon la fondation : « *Ce nouvel institut est dédié à la recherche fondamentale et appliquée sur tous les aspects de l'amélioration, la protection, la production et l'utilisation du riz, et à la formation de jeunes scientifiques qui pourront amener leur connaissance des solutions concernant la production de riz dans leurs pays d'origine* » (Rockefeller Foundation, 1960). Les recherches de l'institut furent diffusées à travers toute l'Asie et appliquées dans les champs, notamment une espèce semi-naine de riz très productive (croisement entre des variétés taïwanaises et thaïlandaises), et étaient comme pour les projets précédents, accompagnées du

« paquet agricole complémentaire » : engrais, pesticides, crédits, réforme et extension agricoles et irrigation (Johnson, 1972).

Au total, entre 1940 et 1990, la Révolution Verte modifia les pratiques agricoles de millions de paysans spécialement en Asie et en Amérique latine, avec un investissement de plus de 600 millions de dollars de la Fondation Rockefeller et une production agricole devenue en moyenne deux à trois



Impact des technologies introduites par la Révolution Verte sur les rendements agricoles entre 1961-63 et 1991-93. (FAO, 1994)

fois plus importante dans les pays du Sud.

Maintenant que l'impact du processus et que l'implication de la Fondation Rockefeller dans celui-ci ont été établis, il paraît important d'analyser le cadre idéologique qui le sous-tend afin de pouvoir le comparer, par la suite, à celui de la nouvelle étape de réforme agricole contemporaine.

## **Idéologie et Révolution Verte**

De par son action philanthropique, la Fondation Rockefeller a participé à la transformation du monde agricole d'une grande partie des pays du Sud. Même si les contributions s'effectuaient sous forme de financements, de subventions, d'importations ou de formations, sans qu'aucune contrepartie ne soit demandée, la nature même de ces choix reflète toujours une ou plusieurs idéologies particulières dans lesquelles les actions du conseil de fondation s'inscrivent. De plus, comme l'ont démontré de nombreux chercheurs en sciences sociales et politiques, de Marcel Mauss à Pierre Bourdieu, le don n'est jamais neutre (spécialement dans le domaine qui nous intéresse) et appelle presque toujours à une rétribution symbolique ou matérielle, qu'elle soit politique,

économique, religieuse, affective, etc. (Steiner, 2016). Enfin, l'acte philanthropique repose souvent sur le partage d'expériences et de modèles et fonde sa légitimité dans l'expertise de ses initiatives, soit pour contourner l'État, soit pour collaborer avec ce dernier (Lambelet, 2014). A la lumière de tous ces éléments, et au vu de l'impact monumental que la Fondation Rockefeller a eu dans le monde, nous allons donc tenter de comprendre quelles sont les principales idéologies qui ont structuré sa démarche. Grâce à cela, il serait plus aisé d'observer si la Seconde Révolution Verte se poursuit dans la continuité ou dans la rupture de sa prédécesseuse afin de déterminer si elle est pertinente face à la crise environnementale actuelle.

### *Science, productivisme et prospérité*

Le programme agricole de la Révolution Verte s'appuie essentiellement sur le modèle américain, productiviste, d'où la fondation et les scientifiques sont issus. Dès la fin de la Seconde guerre mondiale, la modernisation et la productivité de l'agriculture américaine s'intensifient. Les machines agricoles se perfectionnent et se répandent dans le pays, réduisant chaque année le besoin en travail humain qui baisse respectivement de 26% entre 1940 et 1950 et de 35 % supplémentaires entre 1950 et 1960 (Cochrane, 1993). Parallèlement, les découvertes en chimie pour les besoins de la Première guerre mondiale en gaz de combat, notamment par les célèbres chimistes allemands Carl Bosch et Fritz Haber, révolutionnent le domaine. La découverte de la fixation de l'azote, connue sous le nom de « procédé Haber-Bosch » pose les bases de l'agriculture moderne intensive en permettant de créer des engrais bons marchés et extrêmement efficaces. Son utilisation doubla entre 1940 et 1950 et tripla entre 1950 et 1960 (Cochrane, *op. cit.*). Enfin, la création des premières variétés hybrides de maïs dans les années 1920 par Henry A. Wallace (le même qui deviendra par la suite vice-président et soutiendra le lancement de la réforme agraire au Mexique par la Fondation Rockefeller) se répand dans le pays permettant de doubler voire de tripler les rendements des champs et lance les recherches dans le domaine (Cullver et Hyde, 2001). C'est dans cette émulsion agraire, résolument dirigée par un paradigme scientifique, technique et productiviste, que baignent les chercheurs de la fondation, eux-même souvent impliqués dans ce type de recherche (comme Norman Borlaug, mentionné précédemment). Il n'est donc pas étonnant que ces mêmes procédés soient repris et exportés dans les programmes de la fondation à l'étranger et qu'ils soient érigés comme modèles de l'agriculture moderne. En plus de cela, la Fondation Rockefeller a, depuis sa création, toujours orienté ses financements vers la recherche. Selon elle, c'est en subventionnant les

chercheurs et les universités (notamment dans le domaine de la santé) qu'ils pourront ensuite produire des résultats bénéficiant au plus grand nombre. Cependant, à la différence de leurs programmes dans les pays du Nord où les dons vont à des études déjà existantes, choisies par les universitaires, dans les pays du Sud, où elle déplore l'absence de structures de recherche, elle se charge elle-même de la formation des futurs chercheurs. Ici, pour un programme agricole en Colombie en se référant à l'expérience mexicaine : « *Le succès ultime et sur le long-terme de n'importe quel programme opérationnel en agriculture dépend entièrement de la possibilité de former un corps suffisamment bon et important d'agronomes locaux. Cette considération a motivé la fondation (...) à permettre à des étudiants prometteurs de profiter d'un programme de formation spécial, sous la tutelle de l'équipe agricole de la Fondation Rockefeller au Mexique* » (Rockefeller Foundation, 1950, p. 168). Ainsi, ce sont les experts de la fondation qui font office de professeurs et qui peuvent, de ce fait, orienter les pratiques enseignées vers ce qu'ils jugent le plus pertinent.

Il faut ajouter à cela que les discours américains de l'époque louent fortement le perfectionnement et la modernisation des moyens de production, seule possibilité, selon eux, d'atteindre la paix et la prospérité : la théorie du développement introduite au début de ce travail. Le fameux discours donné par le président Truman en 1949 est en ce sens extrêmement révélateur.

Cette allocution promeut donc l'exportation des pratiques américaines, seul moyen, selon le gouvernement d'atteindre la paix et la prospérité globale. Ceci valide entièrement la stratégie de la fondation qui partage d'ailleurs les vues du président : « *Depuis la Seconde Guerre mondiale, un nombre considérable de nouvelles nations indépendantes sont devenues membres de la communauté mondiale. Libérées à présent de la supervision d'autres nations et avec les pleines responsabilités de leurs propres affaires, ces nations ont maintenant pour tâche d'ériger (...) leurs propres systèmes économiques et politique viables. (...) ces nouveaux états sont accablés par de faibles niveaux de vie, une population croissante et des ressources trop limitées (...). Il n'ont pas suffisamment de personnels entraînés dans presque tous les domaines (...). Dans de telles situations, il y a de nombreuses et stimulantes opportunités pour la philanthropie privée* » (Rockefeller Foundation, 1953, p.36).

La fondation voit donc elle aussi l'opportunité d'aider les pays du Sud à se construire, politiquement et économiquement et à sortir de la misère inhérente, selon eux, aux nouvelles nations.

Ces solutions, spécialement en matière de production alimentaire, remédient aussi à un autre problème qui semble occuper la fondation : la surpopulation.

## *Les problèmes de population*

Cet aspect de la philosophie de la Fondation Rockefeller est extrêmement important. D'une part il s'inscrit dans un discours et des débats plus larges tenus durant le siècle par de nombreux acteurs notamment pour les problématiques de sécurité alimentaire. D'autre part, il symbolise une des visions de l'organisation durant la première Révolution Verte en matière d'écologie.

L'origine de la théorisation de la surpopulation comme principale problématique environnementale remonte à Thomas Malthus (1766-1834) donnant naissance à un courant portant son nom : le Malthusianisme. Selon l'économiste britannique, les populations croissant de façon exponentielle, elles se retrouvent bien vite contraintes par des ressources (spécialement alimentaires) finies. Ainsi, seuls des freins permettent de ramener le nombre d'habitants dans des proportions « soutenables », qu'ils soient d'origine naturelle (épidémies, famines) ou sociale (guerre, avortement, célibat). Pour Malthus, des pratiques comme le célibat ou l'abstinence doivent être entretenues dans les catégories les plus pauvres pour leur éviter la misère et l'épuisement des ressources nationales (Sauvy, 1947). Ce type de raisonnement a continué à parcourir la pensée occidentale en prenant diverses formes et justifications que l'on regroupe sous l'appellation de néo-malthusiennes. Deux versions ont principalement structuré les discussions sur le développement des pays du Sud durant le 20ème siècle : économique et sociale (la multiplication des populations pauvres multiplie leur misère) et écologique (l'accroissement démographique augmente la pression sur les ressources naturelles). La Fondation Rockefeller semblait partager ces deux constats, bien que comme le note Nick Cullather (2014) elle se soit toujours défendu en affirmant que ses positions étaient clairement anti-malthusiennes. Pourtant, dès 1948, le président du conseil expliquait déjà, dans le rapport annuel que : *« toutes les formes de vie se multiplient de façon super-abondante. Les méthodes naturelles pour éliminer cet excès de vie (...) sont le conflit, la maladie et la famine. (...) Les processus naturels sont modifiés, pour l'Homme, par son contrôle intelligent de certaines conditions dans lesquelles il vit [ici la technologie et la médecine moderne]. (...) Les problèmes de population sont mondiaux, toujours présents et de la première importance. (...) Il n'est pas correct d'affirmer que la population mondiale a dépassé sa limite supportable, mais il est tout aussi incorrect de ne pas reconnaître que l'application présente des connaissances est insuffisante pour même maintenir la population que nous avons dans des conditions minimums et acceptables de vie »* (p.12-14). On retrouve donc ici le constat que l'Homme, par ses connaissances, a réussi à déjouer en partie les

freins naturels à la croissance démographique mais que ces mêmes connaissances ne sont pas suffisantes pour maintenir une population mondiale aussi nombreuse. Il poursuit ensuite en expliquant que la question n'est pas seulement quantitative, mais qualitative en demandant de façon rhétorique : « *s'il est mieux d'avoir 12 enfants par famille, tous mal nourris, non éduqués, surexploités et avec une faible espérance de vie, que la moyenne de quatre, bien nourris, possédant les outils d'une éducation ordinaire, non exploités et ayant une espérance de vie raisonnable. En ce moment, la moitié de la population mondiale est proche de la famine et un quart très mal nourri* » (p.14). Il est donc ici question de la misère accentuée par la surpopulation, vient ensuite l'argument d'ordre écologique (domaine jugé important par la fondation et décrit comme « *l'étude des caractéristiques de la population et de leur indépendance mise en lien avec la conservation des sols et des forêts, le contrôle de l'eau (...)* ») (p.16). À ce propos, le président affirme que : « *il est assez facile d'exagérer les conséquences du gaspillage des ressources naturelles, particulièrement le fait qu'elles soient finies, mais il est difficilement possible de sous-estimer l'importance du sujet. La rareté des ressources augmente avec la croissance de la population* » (p.17). Il intègre ainsi la thématique de l'épuisement des ressources dans le discours de la fondation, mais en s'inscrivant dans un courant qui restera dominant jusqu'à maintenant puisqu'il ajoute : « *Mais réduit avec le progrès scientifique* » (p.17).

En effet, la question devient d'autant plus intéressante lorsqu'on examine les façons dont la fondation veut remédier aux problèmes de surpopulation, elle balance entre deux réponses. D'un côté, une partie du personnel de la fondation rejoint le camp de ses détracteurs qui affirment que les améliorations dans le domaine de la santé et de l'agriculture dans les pays du Sud ne font que renforcer le problème démographique que seul un contrôle des natalités pourra résoudre (position notamment défendue dans le célèbre ouvrage de Paul R. Erhlich, *The Population Bomb* en 1968). Cette solution est largement relayée dans les discours publics si bien que des rumeurs courent au Pakistan, en Inde, au Vietnam et aux Philippines que l'espèce de riz naine développée par la fondation rendrait les hommes stériles. En conséquence de cela, des émeutes éclatent et des cliniques de contrôle des naissances sont incendiées au Pakistan, ce à quoi Norman Borlaug répondra : « *Mon Dieu ! Si cela était vrai, nous aurions vraiment mérité le prix Nobel de la paix* » (McDonald, 1970). Il postulera d'ailleurs, tout au long de sa carrière, que l'histoire de la civilisation peut se résumer à une lutte constante entre deux forces opposées : le pouvoir scientifique de la production alimentaire et le pouvoir biologique de la reproduction humaine (Borlaug, 1970). Ce positionnement était déjà partagé par John D. Rockefeller III à la fin des années

1940 qui souhaitait, avec certains proches, réorienter les actions de la fondation dans ce sens. Il fut combattu par Warren Weaver et la division des sciences naturelles de la fondation, le président Chester Barnard, navigant entre les deux camps. Ce dernier demanda à Weaver que si l'on acceptait le postulat que la Terre était en train d'atteindre ses limites, comment justifier alors le programme agricole mexicain ? (Barnard, 1948).

C'est le même Weaver qui apportera un des nouveaux angles que la fondation adoptera (qu'il appellera d'ailleurs « écologie humaine »), celui que le progrès technique et scientifique parviendra à produire de tels rendements agricoles que la taille de la population ne sera plus impactante. Puis, lorsque la production alimentaire sera assez importante, la population se régulera d'elle-même. Et ainsi le programme mexicain débuta réellement. Cette théorie est souvent utilisée pour combattre les arguments malthusiens (tout en reconnaissant le constat de la surpopulation) et a notamment été popularisée par l'économiste danoise Ester Boserup qui arguait que l'intensification agricole (engrais, irrigation et mécanisation) poussait à la sédentarisation des populations qui pouvaient ainsi, grâce à l'innovation, réussir à subvenir à leurs besoins. Il faut ajouter que les préoccupations concernant la raréfaction des ressources naturelles ne viennent pas du fait qu'elles pourraient provoquer des situations de rupture ou des crises, mais plutôt que l'Homme doit y faire attention : « (...) *s'il veut vraiment pouvoir profiter des fruits d'une productivité croissante* » (Rockefeller Foundation, 1954, p.67), c'est à dire pour ne pas qu'elles entravent les rendements agricoles ou économiques.

La fondation gardera cependant un programme tout au long de son activité qui changera plusieurs fois de nom, mais aura toujours la même fonction : « *Mobiliser des ressources pour satisfaire la demande en planification familiale et en services médicaux pour la reproduction* » (Foundation Rockefeller, 1998, p.10). Ceci dans le but de faire baisser la croissance de la population pour amener à de plus faible taux de naissances.

Ainsi, l'agriculture productiviste mise en place dans les pays du Sud pendant plus de 50 ans par la Fondation Rockefeller est notamment motivée par un double but : mettre fin à la misère et apporter la paix et réduire la pression exercée sur les ressources naturelles par la surpopulation en augmentant les rendements. Mais d'autres motivations, d'ailleurs complémentaires, poussent aussi la fondation dans cette direction : le contexte politique et économique.

## *Un programme politique et des intérêts économiques*

Comme nous l'avons vu, le positionnement de la fondation se rapproche beaucoup de celui du gouvernement américain. De ce fait, période d'après-guerre oblige, deux buts sont activement poursuivis : combattre le communisme et, par la même occasion, libéraliser les économies pour leur permettre de rejoindre le marché mondial. Ces deux facteurs sont importants, car si le modèle agricole américain a inspiré la forme des outils exportés, le contexte politique et économique a déterminé dans quels pays agir (ce qui explique, en grande partie, que l'Afrique soit quasiment absente) et la façon dont les paysans nouvellement formés doivent organiser (et écouler) leur production.

Tous les éléments précédemment évoqués se recourent ici : le gouvernement américain voulant stabiliser les pays du Sud pour empêcher la propagation du communisme, il fallait leur permettre de sortir de la famine et de la surpopulation par l'importation de nouvelles pratiques agricoles. La production alimentaire est donc largement vue comme l'arme principale de la conquête américaine dans ces régions. Comme l'écrivent de nombreux riches américains de l'époque à John D. Rockefeller III : « *Nous ne sommes pas foncièrement intéressés par les aspects sociologiques ou humanitaires du contrôle des naissances. Nous sommes intéressés par l'usage que les communistes font des peuples affamés dans leur conquête du monde* » (Bunker et al., 1954). Cette vision est partagée par la fondation, son directeur de la division Science-Naturelle, Warren Weaver, stipulant dans une lettre adressée au président, que les pays d'Asie (de par leur proximité avec la Chine et l'URSS) et d'Amérique latine (de par leur proximité avec les USA) représentaient des nations de choix pour l'établissement de programme de stabilisation puisqu'ils constituaient les principaux refuges du communisme et que : « *dans cette lutte pour l'esprit des Hommes, le camp qui arrivera le mieux à satisfaire les besoins primaires d'alimentation (...) est probablement celui qui gagnera* » (Rockefeller Foundation, 1951) . Comme l'explique Alison Bashford (2014) : « *Tout ceci fait partie de l'histoire bien connue d'après-guerre dans laquelle la population mondiale et la transition démographique devinrent des parties essentielles de la politique étrangère américaine, des institutions et de la logique de « développement » et de « modernisation »* (p.269). Les pays du Sud devinrent les pays « sous-développés » ou « en voie de développement » selon la nomination et par opposition aux pays « développés » occidentaux. Les transformations agraires produisirent de façon presque mécanique, des transformations d'ordre économiques qui participaient aussi au développement. La fondation est très claire sur ces transformations en deux étapes : « *Le*

*développement de systèmes agraires primitifs est un processus complexe dans lequel des facteurs sociaux, économiques et politiques jouent un rôle aussi important que l'amélioration des technologies. (...) Dès que les problèmes techniques d'une production plus abondante sont résolus, les problèmes plus larges du système agricole comme un tout, dans leurs dimensions sociales et économiques, deviennent plus apparents. Le fait de produire plus de maïs, de blé ou de haricots n'est pas vraiment utile si cette croissance ne peut pas atteindre le marché au prix adéquat* » (Rockefeller Foundation, 1961, p.21). Ainsi, au Mexique ou en Inde, par exemple, les paysans passèrent d'une agriculture de subsistance à une agriculture d'exportation. Là où ces derniers produisaient principalement pour se nourrir et nourrir leur communauté, ils le faisaient par la suite pour se payer de quoi manger et les nouveaux intrants devenus nécessaires à leurs cultures (engrais, machines, essence, pesticide et semences). L'augmentation de leurs rendements leur permit d'écouler leurs stocks, devenus plus importants, nationalement et internationalement. En 50 ans, les ressources alimentaires échangées dans le monde passèrent de quelques millions de tonnes à plus d'un milliard et demi au début du 21ème siècle (Krausmann et Langthaler, 2019). L'intensification des pratiques devint ainsi autant un enjeu alimentaire qu'économique. La Banque Mondiale, le Fond Monétaire International et la Fondation Rockefeller devinrent des acteurs importants de cette libéralisation de la production alimentaire pour les pays du Sud et leur intégration dans le marché mondial, par des accords et ajustements structureaux pour les premiers et par des programmes d'aide pour les seconds.

Pour finir, il faut ajouter que les structures comme la Fondation Rockefeller ou Ford, avaient pour avantage, de par leur caractère privé et philanthropique, de pouvoir établir leurs réseaux en passant outre la bureaucratie onusienne tout en bénéficiant de sa légitimité (Fowler, 1994). Cet état de fait leur permit d'agir dans des proportions très importantes et selon leur programme, sans réellement devoir rendre de compte de façon officielle. Selon les mots du président : *« les avantages d'une fondation privée sont : sa flexibilité, sa capacité à faire des engagements sur des périodes de temps considérables, sa liberté de toute complication politique et sa capacité à soutenir la quête de connaissance sans regard sur les résultats pratiques de court-terme »* (Rockefeller Foundation, 1953, p.37).

## Première Révolution et environnement

Les principales dimensions idéologiques du discours de la Fondation Rockefeller pour la première Révolution Verte ayant été établies, il est maintenant important de rapidement revenir sur la relation qu'entretient cette dernière avec la durabilité. Cette contextualisation permettra de mieux comprendre d'où émerge la dimension environnementale de la nouvelle Révolution Verte et du chemin parcouru pour en arriver à cette conceptualisation. Dès lors, nous allons examiner cette composante dans les déclarations de la fondation depuis sa première apparition dans les années 1960, jusqu'à son intégration dans les programmes alimentaires au début des années 2000 ce qui nous permettra, à nouveau, d'analyser si son implantation sur le continent africain procède en rupture ou dans la continuité de son parcours historique.

### *Première phase : un intérêt précoce et américain (1962-1988)*

L'intérêt de la fondation concernant les problématiques environnementales commence assez tôt puisqu'en 1962 déjà, elle intègre cette thématique lors de la refonte de ses programmes à l'approche de son 50ème anniversaire. Comme le président l'explique : « *L'année 1962 a été l'année (...) de l'évaluation et de la réorientation. Peut-être que la décision la plus fondamentale que la fondation ait prise est d'accentuer une approche écologique aux problèmes humains. En tant qu'étude de l'interconnexion entre les espèces et leurs environnements, l'écologie est, de fait, un champ très large. (...) Avec espoirs, cette approche devrait empêcher certaines tensions et problèmes internes induits par un développement rapide dans un certain secteur, comme l'industrie, et lente dans d'autre, comme l'agriculture ou l'éducation* » (Rockefeller Foundation, 1962, p.16). Il fait ici référence à l'écologie humaine, soit l'étude de l'impact de l'Homme sur son environnement. Bien que l'approche ait été développée par Ernest Haeckel à la fin du 19ème siècle, elle venait tout juste de commencer à se populariser dans le champs académique à la fin des années 1960 (Bubolz et Sontag, 2009). La fondation semble prendre au sérieux ces problématiques puisque seulement cinq ans plus tard, elle écrivait : « *La détérioration progressive de notre environnement, en particulier dans et autour des villes est maintenant tellement évidente que la qualité de vie est devenue un problème d'intérêt général. Un petit nombre de scientifiques et de conservationnistes ont depuis longtemps alerté des conséquences désastreuses liées à l'exploitation imprudente de nos ressources naturelles, de l'empoisonnement de l'air et de l'eau, de laisser les villes se détériorer et d'altérer*

*des équilibres écologiques que nous ne comprenons pas complètement* » (Rockefeller Foundation, 1967, p.168). Cette déclaration est relativement en avance sur les discours publics de l'époque, cinq ans avant la première conférence des Nations Unies sur l'environnement à Stockholm. De plus, elle reconnaît l'importance d'adopter une approche multidisciplinaire du problème en finançant un des premiers centre américain d'études environnementales au Williams College dans le Massachusetts afin de permettre un nouveau champ d'analyse en rassemblant des chercheurs de la biologie, de la psychologie, de l'économie, des sciences politiques et de l'histoire « *pour permettre une attaque concertée du problème* » (*ibid.*) et « *pour corriger certaines tendances avant qu'elles ne mènent à des désastres irréversibles* » (Rockefeller Foundation, 1968, p.12). L'angle d'approche est spécialement centré sur les dégradations environnementales ce qui amène la fondation à créer en 1969, un nouveau programme baptisé « Quality of the Environment » pour contribuer à l'amélioration de ce dernier. Lors de l'introduction de ce nouveau domaine de travail, le président de l'époque développe un long diagnostic poussé des causes qui, selon lui, ont amené à cet état de fait. Il y remet en cause les avancées technologiques, l'industrialisation massive, les concentrations urbaines et la croissance démographique, mais aussi, contre toute attente, les pratiques agricoles modernes. Pour ce dernier, celles-ci ont contaminé les rivières, les lacs et les océans ainsi que « *dans certains endroits, le sol lui-même, qui a souffert des effets des pesticides et de la surutilisation d'engrais chimiques* » (Rockefeller Foundation, 1969, p.5). De la même façon, il pousse le constat encore plus loin deux ans plus tard, en citant un ouvrage publié à l'époque par des chercheurs britanniques, *Blueprint for Survival*, dans lequel le consumérisme, l'industrialisation, la croissance économique et démographique sont largement remis en cause et qui, bien que radical, constitue, selon lui : « *un changement d'attitude, une nouvelle conscience de la relation de l'Homme au monde matériel* » (Rockefeller Foundation, 1971, p.84).

Mais paradoxalement, la Révolution Verte, en plein essor et qui repose pourtant sur les innovations techniques et sur l'agriculture intensive, n'est pas mentionnée dans le programme environnemental. La Fondation Rockefeller reconnaît que cette dernière a été attaquée par certains car elle : « *rendrait les riches plus riches et les pauvres plus pauvres (...) et présenterait de nouvelles menaces pour l'environnement* » (Rockefeller Foundation, *op. cit.*, p.32) mais rétorque directement qu'au contraire, les dirigeants des pays « sous-développés » l'ayant expérimenté n'ont obtenu que des bénéfices : de l'augmentation de leur production alimentaire à l'élévation des salaires en passant par l'amélioration de la santé publique. Plus loin dans le même rapport de 1971, il est dit que bien que les pesticides et les engrais soient une cause majeure de la pollution des sols et de l'eau : « *ils sont*

*un effet secondaire nécessaire pour maintenir nos hauts niveaux de production alimentaire et textile » (op. cit., p.92). Ainsi, les composantes du discours concernant les problèmes écologiques sont clairement séparées de celles concernant les réformes agricoles (sous l'appellation « Conquest of Hunger »), ils sont d'ailleurs constitués en deux programmes distincts ne collaborant presque pas. Enfin, toutes les initiatives environnementales sont en fait quasiment exclusivement focalisées sur les États-Unis. On comprend ainsi que la fondation cherche à améliorer la qualité de vie de ses concitoyens en finançant la recherche et les actions luttant notamment contre les pollutions et pour la préservation de l'environnement tout en ne se concentrant que sur la productivité agricole pour les pays du Sud. Cette séparation des domaines d'activités, à la fois thématique et géographique restera constante pendant encore de nombreuses années. La question environnementale semble d'ailleurs perdre de son importance pour l'organisation puisqu'elle estime avoir rempli ses objectifs en la matière et décide de terminer le programme en 1978. Elle ne se positionnera plus sur le sujet jusqu'en 1988. Dès 1982, celui concernant la lutte contre la faim et renommé « Agricultural Sciences » et se recentre principalement sur l'ingénierie génétique toujours en vue d'améliorer les rendements.*

#### *Deuxième phase : Global Environment Program (1989-1998)*

En parfait accord avec son temps, la Fondation Rockefeller lance en 1989 un nouveau programme « Global Environment » (qui sera renommé deux ans plus tard « Science-Based Development »). Établi deux ans après le Rapport Brutland, il reprend les composantes principales du développement durable. Il n'est plus l'heure de corriger les tendances, mais plutôt de « reconnaître que le développement et l'environnement sont des dimensions liées d'un même problème et que la recherche de voies de développement cohérentes avec la viabilité de la biosphère sur le long-terme est maintenant une tâche impérative et globale » (Rockefeller Foundation, 1989, p.4). La structure semble avoir enfin trouvé le moyen de concilier ses impératifs de croissance et de production avec ses programmes environnementaux. Ceci est d'ailleurs parfaitement cohérent avec sa vision du développement comme moyen d'assurer la paix et la prospérité évoqué dans la partie précédente. Elle investira donc 50 millions de dollars sur cinq ans pour modifier les politiques en faveur d'un développement durable, préparer un terrain international favorable pour des investissements durables, développer des cadres d'analyse et de mesures économiques et aider les Américains à se préparer aux changements économiques et de vie induis par les réalités environnementales (*ibid.*).

L'omniprésence de la composante économique est parfaitement en phase avec le concept, qui bien que large, établit souvent que cette dernière est d'importance égale aux problèmes environnementaux et sociaux qu'il faut dès lors articuler entre eux (Zaccai, 2015). On y retrouve aussi sa dimension nord-sud puisqu'il s'agit « *d'aider les pays en développement à utiliser (...) la science et la technologie moderne d'une façon environnementale afin d'augmenter leur accès à la nourriture, aux soins, au planning familial, à l'éducation et aux choses essentielles de la vie* » (Rockefeller Foundation, 1991, p.10).

Dès le début des années 1990, la fondation joint timidement son discours environnemental à son discours sur la production alimentaire. Affirmant que dans les 30 prochaines années il faudra plus de doubler cette production pour nourrir un monde de 10 milliards d'habitants, elle explique que cela devra se faire sur des sols dont la superficie n'augmentera plus. Dès lors « *la logique de la situation implique qu'augmenter le rendement de façon soutenable pour l'environnement doit être la préoccupation principale* » (Rockefeller Foundation, 1992, p.6). Elle ne remet cependant pas en cause le paradigme qui a guidé ses actions depuis le début : « *nous sommes maintenant bien au-delà de la possibilité d'envisager un futur où l'on ne compterait pas sur des modèles complexes (...) de technologie pour la production alimentaire (...) tout comme les systèmes de conservation, de transport et de distribution des vastes entreprises agricoles ne peuvent survivre sans un système de de génération énergétique global (...) Le chemin du développement durable sera basé sur la science* » (Rockefeller Foundation, 1992, p.7) ou ne sera pas, pourrait-on ajouter. De la même façon, elle adopte toujours une approche de formation des scientifiques des pays du Sud selon leurs valeurs, cette fois-ci avec le programme LEAD qui permettra de créer les prochains meneurs de ces régions pour un développement écologique. Enfin, le rendement agricole continue d'être au coeur du discours, ici pour l'Afrique nouvel intérêt de la fondation, sans qu'une composante environnementale ne soit adjointe : « *Afin d'atteindre l'objectif de doubler les rendements des petits agriculteurs d'ici 2015, il est essentiel que les nouvelles technologies soient largement acceptées parmi les fermiers africains. Des variétés très productives sont déjà disponibles, mais les nutriments végétaux et les engrais ne sont pas assez utilisés* » (Rockefeller Foundation, 1996, p.19). La position de la fondation en matière de durabilité à la fin des années 1990 est d'ailleurs bien plus simplifiée que pendant les années 1960. Les deux facteurs problématiques, selon elle, se limitent à l'augmentation de la consommation et, de façon constante depuis 1948, à la croissance démographique. Ces deux éléments poussent à une production grandissante de déchets qui : « *continuent de dégrader l'environnement, de ruiner la santé humaine, d'impacter le*

*changement climatique global, de détruire la biodiversité, de réduire la couche d'ozone et de mettre en danger le monde dont les générations futures hériteront. Notre voie actuelle n'est pas soutenable* » (Rockefeller Foundation, 1998, p.8). Bien que le constat paraisse assez complet, on peut s'interroger sur les causes, focalisées uniquement sur la génération de déchets ce qui pourrait sembler plutôt trivial. Il est aussi extrêmement important de noter qu'il s'agit d'une des premières évocations du changement climatique en tant que problème dans les rapports de la fondation ; jusqu'à présent seules quelques rares mentions y faisaient très succinctement référence. Cet état de fait est assez étrange, en sachant que d'une part, l'exposition détaillée des menaces environnementales est présent à de nombreuses reprises dans le discours de la Fondation Rockefeller et que d'autre part, l'établissement de l'origine anthropique du phénomène (notamment l'utilisation d'énergies fossiles), par Charles David Keeling, remonte déjà à 1957 et son arrivée dans les discours publics au milieu des années 1980 (Bolin, 2007). Une explication possible pourrait être que la famille Rockefeller a bâti sa gigantesque fortune grâce au pétrole en fondant la *Standard Oil* en 1870 qui deviendra plus tard *Exxon Mobil*, une des trois plus grosses entreprises pétrolières au monde. Il pourrait devenir dès lors délicat d'évoquer l'impact de la consommation de ce carburant, premier poste d'émission de CO<sub>2</sub>, sur le climat. En effet, l'unique occasion où la fondation parle du lien entre énergie fossile et changement climatique, se trouve en 1995, pour remettre en cause l'utilisation de charbon pour la production électrique et appeler à de nouvelles sources renouvelables (Rockefeller Foundation, 1995).

Devant l'arrivée de nouvelles structures philanthropiques et afin, selon elle, de ne pas éparpiller ses ressources, la Fondation Rockefeller annonce une refonte complète de ses programmes pour l'année 1999 en se recentrant sur des objectifs plus délimités.

### *Troisième phase : production alimentaire et environnement (1999-2005)*

Cette troisième phase marque l'abandon complet du programme environnemental « Science-Based Development » et la naissance d'un nouveau : « Food Security ». Celui-ci permettra : « *d'aider à atteindre la sécurité alimentaire pour tous grâce à la génération de politiques, d'institutions et d'innovations agricoles pour les régions pauvres et rurales des pays en développement oubliés par la Révolution Verte. (...) Alors que celle-ci en a aidé beaucoup, il subsiste encore un grand nombre de peuples pauvres et ruraux qui n'ont pas suffisamment bénéficié des avancées institutionnelles et techniques* » (Rockefeller Foundation, 1999, p.22). Pour la première fois, les réformes agricoles

intègrent réellement une attention environnementale puisque celles-ci doivent se faire : « *grâce au travail coordonné des biotechnologies, de l'agroécologie et des spécialistes des sciences politiques en partenariat avec les scientifiques et les fermiers locaux* » (*ibid.*, p.23). Le choix d'inclure l'agroécologie dans les prémices de la nouvelle Révolution Verte est extrêmement paradoxal, puisque celle-ci, née dans les années 1980, et visant à appliquer les principes de l'écologie à l'agriculture et à l'alimentation est construite en opposition à la modernisation de l'agriculture, à l'usage de machine et d'entrants chimiques et à son exportation dans les pays du Sud. En résumé, elle fut spécifiquement pensée comme un contre-modèle de la Révolution Verte (Van Dam *et al.*, 2012). Pourtant, bien que la fondation axe principalement son discours sur ces nouvelles pratiques écologiques couplées à la génétique végétale, l'utilisation de fertilisants n'a pas entièrement disparu de son optique agricole. En 2000, elle finançait à hauteur de 77'000 dollars un programme spécial au Kenya visant à : « *promouvoir l'utilisation d'engrais appropriés (...) afin de restaurer la fertilité des sols et d'augmenter la productivité alimentaire dans les petits systèmes agricoles* » (Rockefeller Foundation, 2000, p.78).

A la fin de l'année 2005, une ultime modification des programmes amènera à la création, en collaboration avec la fondation Bill and Melinda Gate, de l'Alliance for a Green Revolution for Africa (AGRA) qui sera discutée par la suite. L'objectif affiché étant d'en faire un programme agricole durable, la fondation explique que : « *depuis les années 1970, les techniques promulguées par la RF ont été critiquées pour leurs impacts environnementaux, pour leur relation avec l'agrobusiness, et pour avoir échoué à complètement éradiquer la faim. Cependant, la notion que la nourriture est un puissant instrument de paix a persisté. Les infrastructures que la fondation a aidé à installer visent maintenant à une « Seconde Révolution Verte ». Les initiatives prennent en compte les leçons du passé : elles mobilisent des technologies au service de la durabilité, mettent l'accent sur les petites infrastructures fermières et font de la culture de semences indigènes une priorité* » (Rockefeller Foundation Archives, 2010).

Comme nous avons pu en faire le constat, l'intérêt de la fondation en matière d'environnement fut assez dynamique : d'un discours engagé dans les années 1960 à son intégration dans les programmes agricoles en passant par l'adoption d'une politique de développement durable, cette relation aux enjeux environnementaux s'est souvent fait en parallèle d'une approche technologique et productiviste reposant principalement sur une agriculture productiviste.

## La création de la Seconde Révolution Verte

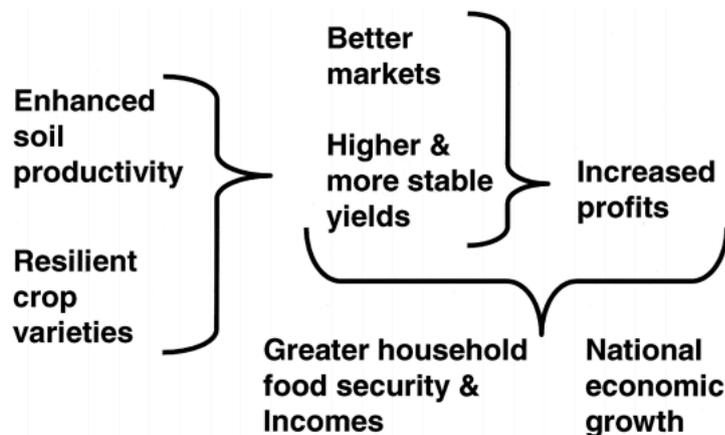
La Fondation Rockefeller s'était principalement concentrée sur les pays d'Amérique latine et d'Asie durant le 20ème siècle, de façon plutôt concordante avec les intérêts des États-Unis, comme expliqué précédemment. Seuls quelques projets philanthropiques, de santé publique notamment, fleurissaient sur le continent africain. Dès les années 1980, la fondation envisage la possibilité : « *de transférer des programmes de recherches agricoles appliquées dans des centres nationaux et internationaux de ces pays* » (Rockefeller Foundation, 1984, p.14). La raison évoquée étant que la distribution des dons n'était géographiquement que peu équilibrée, alors qu'il était attendu que l'Afrique allait connaître une croissance démographique importante d'ici les années 2000 sans pouvoir combler les besoins alimentaires de cette nouvelle population, il était donc temps de : « *trouver un moyen de rétablir un équilibre* » (*op. cit.*, 1985, p.18). En 1996, le constat était à nouveau fait que la demande de nourriture dépassait les capacités des fermiers africains, il était donc urgent de remédier à cette situation, au travers de leur nouveau programme *Agricultural Sciences*, l'objectif spécifique pour l'Afrique étant de : « *concevoir et d'implémenter des pratiques de gestions améliorées qui puissent augmenter les nutriments pour les cultures et maintenir la productivité des sols* » (*op. cit.*, 1996, p.17). Dès 1999, les prémices d'une nouvelle Révolution Verte voient le jour avec une intensification des projets dans de nombreuses régions afin d'aider les pays oubliés par la première Révolution Verte et n'ayant pas pu : « *suffisamment bénéficié des ses avancées techniques et institutionnelles* » (*op. cit.*, 1999, p.22). Lors de la grande refonte des programmes de la fondation à la fin de l'année 2005 la nouvelle révolution voit le jour. Ainsi, en 2006 elle annonce la création de l'Alliance for a Green Revolution in Africa (AGRA) en collaboration avec la Fondation Bill et Melinda Gates (BMGF). Revenant sur le succès de leur entreprise passée, ayant : « *changé et souvent sauvé la vie de plus de 500 millions des personnes les plus pauvres du monde* », le président explique que les racines de cette réussite résidaient dans la combinaison : « *d'une philanthropie aventureuse, de recherches agricoles astucieuses, d'un recrutement et d'une formation agressive de scientifiques et de fermiers dans le monde en développement et de politiques gouvernementales déterminées en matière d'eau et d'agriculture* » (*op. cit.*, 2006, p.15) provoquant des résultats massifs et jamais vus. Il est maintenant enfin temps pour l'Afrique de pouvoir bénéficier de toutes ces avancées : « *et la Fondation Rockefeller, en alliance avec la Fondation Bill et Melinda Gates est en train de montrer la voie* » (*ibid*, p.16).

Ce nouveau projet d'envergure visant en une dizaine d'années à éliminer la pauvreté et la faim pour des millions de personnes recevra un financement de base de 150 millions de dollars (qui s'élargira à 500 millions de dollars quelques années plus tard) et le soutien de nombreuses personnalités africaines dont Kofi Annan qui, quittant le poste de secrétaire général des Nations Unies en 2006, est nommé à la tête de l'AGRA en 2007. Il vise principalement 11 pays africains de l'Est (Uganda, Kenya, Rwanda...) et de l'Ouest (Mali, Nigeria, Ghana...) en se focalisant sur ce que la fondation appelle : « *un renforcement de leurs systèmes agricoles essentiels* » (AGRA, s.d.- a). En outre, de nombreux partenaires privés (Mastercard Foundation, African Union, Farm to Market Alliance...), publics (FAO, UNEP, IFAD...) et étatiques (USAID, BMZ, CRDI Canada...) soutiennent l'initiative ainsi que les gouvernements des pays concernés.

Maintenant qu'un rapide historique du projet a été établi, il est temps d'entrer dans l'analyse du discours et des pratiques promulguées par cette nouvelle institution philanthropique en reprenant les points essentiels de la Première Révolution Verte, notamment le type de pratiques agricoles mises en place, sa relation à la population, à l'économie, à la politique et au développement ainsi que son rapport à la durabilité. Grâce à cela, il sera, par la suite, possible de comparer ces deux entreprises pour déterminer si elle procède en continuité ou en rupture, afin de déterminer si la nouvelle version répond réellement aux critiques. Par la suite, dans la partie suivante, nous tenterons de juger leur pertinence face aux menaces environnementales pour la sécurité alimentaire à l'aune des connaissances scientifiques du sujet.

## Quels discours et quelles pratiques pour le 21ème siècle ?

Comme expliqué précédemment, la nouvelle Révolution Verte est vue par la Fondation Rockefeller comme la deuxième étape d'un processus commencé plus d'un demi siècle plus tôt, mais cette dernière spécifie que : « *bien que le défi soit vieux, nos méthodes et outils sont nouvelles* » (Rockefeller Foundation, 2010, p.8). La stratégie adoptée se découpe en plusieurs étapes résumées dans le schéma ci-dessous.



**FIGURE 2.** Theory of change.

Stratégie de l'AGRA (Toenniessen *et al.*, 2008, p.236).

En somme, il s'agit d'augmenter la productivité des champs et de construire un marché permettant d'écouler les surplus de production afin de consolider et de faire croître l'économie nationale. Si l'on regarde les financements, ils se répartissent entre cinq catégories principales dans les rapports de l'AGRA : semences, sols, marché, finance et politiques publiques. De façon globale, cette approche reprend les grandes lignes de la première Révolution Verte, ce qui est parfaitement consistant avec les objectifs affichés par l'institution. Comme expliqué en introduction, elle précise cependant qu'elle a réussi à apprendre de ses erreurs et de ses réussites et que ce nouveau volet sera foncièrement amélioré.

Nous allons donc maintenant regarder plus particulièrement les différentes composantes susmentionnées pour déterminer dans quelle mesure elles diffèrent de la révolution passée.

### *Productivisme scientifique agricole*

Le premier élément de la stratégie agricole en Afrique, soit l'amélioration de la productivité des sols, transpose les techniques classiques déjà mises en place en Asie et en Amérique du Sud. La formulation est assez vague, puisqu'il existe différents procédés pour obtenir ce résultat. La promesse de l'adoption de nouveaux outils pourrait laisser penser, par exemple, à l'utilisation de méthodes alternatives comme les différentes espèces d'arbres qui renforcent la qualité des sols dans l'agroforesterie (Sanchez, 1987), l'utilisation de biochar (biomasse pyrolysée) (Filiberto et Gaunt, 2013) ou encore l'ajout classique de fertilisants organiques issus des déchets végétaux (Shamshuddin *et al.*, 2011). Mais comme l'explique l'institution, la voie choisie sera similaire à la précédente : *« les engrais minéraux ont été décrits comme étant le carburant qui alimentent les Révolutions Vertes selon le lauréat du prix Nobel de la Paix le Dr. Norman Borlaug. À cet effet et basé sur les engagements de l'Union Africaine, AGRA cherche à établir l'utilisation d'engrais à grande échelle pour transformer l'agriculture des 11 pays africains ciblés »* (AGRA, s.d.- b). L'objectif est donc de répandre et d'intensifier l'utilisation d'intrants chimiques qui, selon l'AGRA, ne dépassait pas les 17kg/ha en 2006 et devrait, pour une productivité optimale, atteindre la cible des 50kg/ha (*ibid.*). Dans un article publié en 2015, le même Norman Borlaug abondait dans ce sens en affirmant que : *« pour réduire la pauvreté et assurer la sécurité alimentaire, l'agriculture africaine doit croître de 4 à 5% par années (...) cette croissance n'est pas atteignable sans une utilisation significativement plus élevée d'engrais minéraux »* (Borlaug *et al.*, 1997). La justification de ce choix est cependant rapidement expliquée : *« malgré le fait que les engrais organiques jouent un rôle important pour élever la fertilité du sol, il est important de noter que la production de fumier provenant de l'élevage est insuffisante pour rattraper le déficit de fertilité des sols en Afrique. (...) Il n'est de ce fait pas possible d'envisager que l'Afrique produise la nourriture dont elle a besoin en ne dépendant que du fumier organique. »* (AGRA, s.d.- b). Bien que très ciblée, on peut constater qu'*a contrario* de la première Révolution, au moins une autre option aurait été étudiée pour se substituer à la méthode originale. De plus, une série de procédés sont mis en place pour limiter les effets potentiellement négatifs des fertilisants minéraux : les tests et la cartographie

des sols pour en déterminer les besoins précis ; l'utilisation de mélanges d'engrais concordant aux analyses préalablement effectuées pour augmenter l'efficacité et prévenir les conséquences négatives pour l'environnement et la formation des paysans pour un usage approprié.

On retrouve ici une composante très présente dans les projets de la fondation durant le 20ème siècle : les modules d'éducation paysans aux méthodes de l'agriculture modernes afin d'installer ces pratiques de façon durable. Cette volonté figure d'ailleurs au premier plan des objectifs stratégiques de l'AGRA : « (...) *augmenter l'accès aux nouvelles technologies, connaissances et ressources nécessaires pour transformer les petites infrastructures agricoles* » (AGRA, 2008, p.21). De la même façon, la production d'engrais est maintenant relocalisée directement dans les pays touchés, ceci, selon la fondation, afin d'y avoir accès de façon durable. Ainsi : « *AGRA a développé un projet pilote en Afrique subsaharienne avec l'objectif de créer plusieurs points de vente dans les zones rurales proches des petites exploitations agricoles. Cette stratégie améliore la disponibilité, l'accès et l'abordabilité des intrants en réduisant les distances parcourues par les fermiers (...)* » (AGRA, s.d.- c). En formant des nouveaux « agrovendeurs », le programme a établi plus de 2500 points de vente ayant fourni, en deux ans, environ 82'000 MT d'engrais non organiques (AGRA, 2011).

L'instauration d'une agriculture mécanisée, qui était un des points clés du projet mexicain comme nous l'avons vu, est étrangement très peu mentionnée. Elle ne figure ni dans les stratégies, ni dans les objectifs, ni dans les pratiques mises en place, mais on peut la retrouver en filigrane notamment dans la présentation de différents projets ou investissements comme en mai 2012, par le biais d'un partenariat public-privé permettant justement de développer des stratégies de mécanisation (*op. cit.*, 2012, p.39).

Ensuite, on retrouve à nouveau un des éléments centraux des programmes mexicains, indiens et asiatiques : l'adoption de semences améliorées. Ces dernières sont vues comme « *la fondation de la vie* » et « *le facteur central de la vie d'un fermier* » (AGRA, s.d.- d). Ceci est parfaitement concordant avec la première révolution qui, rappelons-le, avait développé de nombreuses structures de recherches à cet effet, notamment le célèbre International Rice Research Institute (IRRI) pour l'Asie et l'Inde. De la même façon que pour les engrais, une attention particulière est portée à la création « *d'entrepreneurs locaux* » et « *d'une nouvelle génération de sélectionneurs de culture* » (*ibid.*). Comme pour les fermiers, des chercheurs sont formés aux méthodes occidentales dans les universités et laboratoires africains pour leur permettre de maintenir les pratiques durablement. La fondation ajoute, en outre, qu'avec le soutien de l'USAID, et comme pour ses programmes précédents, elle a longuement milité auprès des gouvernements pour que des politiques

publiques soient établies dans ce sens afin « *d'enlever certains obstacles qui restreignent actuellement la croissance de marchés de semences nationaux et régionaux* » (*ibid.*).

Enfin, comme pour l'installation de machines agricoles, l'usage d'herbicides et de pesticides n'est jamais explicitement mentionné dans les stratégies ou les méthodes de l'AGRA, si ce n'est sous l'appellation générique de « *pratiques de gestion des maladies et des ravageurs* ». Malgré cela, on le retrouve bien dans la description de certains projets spécifiques, comme pour ce programme de juin 2020 visant à enseigner aux jeunes nigériens « *des techniques d'application de pesticides sans dangers* » grâce au port de masques et de combinaisons (AGRA, 2020- e).

Cette nouvelle révolution est toujours dirigée par un paradigme productiviste, comme nous l'avons vu, mais aussi scientifique et technique. Outre la formation d'agronomes, elle intègre de nombreuses nouvelles technologies dans la pratique des fermiers africains. Selon son site internet, le but poursuivi, en collaboration avec le secteur privé et les états, est : « *d'accélérer une expansion durable de solutions digitales qui serviront le marché et la vie des agriculteurs* » (*op. cit.*, - f.). En Ouganda, par exemple, elle fournit pour 350'000 agriculteurs des données satellites qui leur permettent d'obtenir des informations météorologiques, informatives et financières (*op. cit.*, 2019- g.) ou encore en utilisant les « Big Data » (*op. cit.*, 2019- h) pour optimiser leurs rendements. De façon plus générale, elle forme des « *conseillers de village* » qui pourront guider les paysans vers de meilleures pratiques à l'aide de technologies de communications et d'informations comme un réseau de messages mobiles ou des vidéos informatives.

### *La population*

La croissance démographique des pays du Sud était vue comme un des problèmes fondamentaux par la Fondation Rockefeller que ce soit pour l'environnement ou les conditions de vie. Elle promouvait activement un contrôle de la population et une autorégulation de celle-ci par le développement. Pour la nouvelle Révolution Verte, cette composante du discours a complètement disparu des projets de l'AGRA. Même si le point fondateur de cette initiative est bien de pouvoir nourrir les 900 millions d'Africains du continent, qui selon les prévisions de l'ONU, devrait globalement doubler d'ici 2050 (ONU, s.d.), soit un problème d'ordre démographique, la solution n'est plus ici de contrôler ou de réduire cette croissance, mais d'assurer : « *la sécurité alimentaire et de sortir des millions de la pauvreté* » (AGRA, 2008). Selon Nick Cullather (2014), la raison principale de la disparition de la rhétorique malthusienne dans la nouvelle Révolution Verte serait la

chute du communisme, qui ne permettrait plus de motiver de telles vues. On pourrait ajouter que l'intégration de responsables africains dans tous les échelons de l'organisation, ne partageant certainement pas cette vision du développement, principalement occidentale (Scanlan, 2001).

### *Économie et politique*

En toute logique, la fin de l'URSS a signé l'arrêt des projets anticommunistes américains, et par la même occasion la disparition cette composante du discours de la Fondation Rockefeller. On ne retrouve donc bien évidemment plus de traces de propos comme ceux tenus par son président dans les années 1960. Cependant, la nouvelle entreprise de la fondation continuant à recevoir un soutien important du gouvernement américain (par le biais de son Agence pour le Développement International - USAID), il est possible d'affirmer, sans trop de risque, qu'elle reste concordante avec les intérêts des États-Unis dans la région. En effet, depuis la fin des années 1980, ceux-ci ont renforcé leurs programmes sur le continent dans le but de : « *prévenir le conflit et les violences extrémistes, réduire l'instabilité politique qui pourrait menacer la sécurité nationale des États-Unis. Et par-dessus tout, de soutenir la démocratie, les opportunités, et la libération de la pauvreté et de la maladie ce qui représente les valeurs auxquelles notre pays est le plus attaché* » (USAID, s.d.). On retrouve ainsi en tête des objectifs l'amélioration de la productivité de l'agriculture africaine comme moyen le plus efficace de combattre la pauvreté et la faim ce qui résonne fortement avec les ambitions de l'AGRA. Ce soutien au développement et à la croissance de l'Afrique, dès la fin de la Guerre froide et selon Walter Rodney, permettrait sa stabilisation et donc l'établissement des États-Unis comme partenaire commercial privilégié. Cette stratégie s'inscrirait dans une volonté de ne pas laisser le continent aux mains des Européens, comme l'affirmait le secrétaire au Commerce Ron Brown durant des années 1990 : « *les États-Unis ne concéderont plus le marché africain aux anciennes puissances coloniales* » (Rodney, 2018). Puis, dès le début des années 2000, les deux puissances s'allient cette fois pour combattre un nouvel acteur économique : la Chine, ce qui définit un nouveau discours, cette fois-ci de la bouche de la Chancelière allemande : « *Nous européens, ne devons pas laisser le continent africain aux mains de la République populaire de Chine (...) Nous devons prendre position en Afrique* » (Campbell, 2008). Cette approche pourrait expliquer le soutien de gouvernements européens à l'AGRA. On comprend donc que la politique occidentale du 21ème siècle dans ce domaine pourrait viser à stabiliser les gouvernements pour développer et libéraliser l'économie africaine encore peu présente sur le

marché international. Ces deux éléments se retrouvent de façon prépondérante dans le discours de la fondation. Dans le premier des deux piliers stratégiques : « *Engagement politique et construire la capacité de l'état à distribuer* », l'AGRA dresse un tableau catastrophique des gouvernements et institutions africains en matière d'agriculture qui seraient : « *selon de nombreuses études, faibles, soutenues par des politiques biaisées, des engagements politiques inégaux* » ceux-ci étant affligés : « *d'une compréhension inégale du potentiel de transformation du secteur et/ou incapables de changer de priorités idéologiques ; d'un sous et mauvais investissement attribué à des capacités des gouvernements inadéquates ; d'équipes aux connaissances inadéquates pour guider l'implémentation de stratégies ; d'une redondance de mandats ministériels amenant à un manque de clarté et de conseils dans l'implémentation et de politiques, lois et pratiques administratives limitées* ». S'ensuit une liste de points sur lesquels elle compte travailler, comme : « *collaborer avec les gouvernements pour s'assurer que le pays a une stratégie sectorielle alignée à sa vision* » ou « *renforcer leur capacité et leur potentiel à augmenter les services de distribution et à exécuter leurs engagements fait sur les plans stratégiques et des investissements pour le secteur national* » (AGRA, s.d.-h). Ces éléments de transformation de l'appareil étatique se retrouvaient déjà dans la première Révolution Verte, par exemple ici pour le Mexique, un rapport de la fondation déplorait que les membres d'une commission pour l'agriculture risquaient de profiter de leur fonction pour leur intérêt personnel, raison pour laquelle : « *lorsque l'on a affaire à des pays d'Amérique latine, il est toujours plus judicieux d'établir des politiques publiques avant que des personnalités ne deviennent impliquées* » (Stakman, 1947). Au-delà de ces réformes institutionnelles et politiques, on retrouve en deuxième partie, la libéralisation du secteur, dans toutes les étapes du second pilier stratégique « *Renforcer les systèmes pour une technologie d'échelle* ». Cette composante économique, rappelons-le, faisait partie intégrante du discours de la Fondation Rockefeller lors de la première Révolution Verte. Ici, elle apparaît en premier lieu comme slogan de l'alliance : « *AGRA existe pour concrétiser la vision que l'Afrique peut à la fois se nourrir, mais aussi nourrir le monde, faisant passer l'agriculture d'une lutte individuelle à un business prospère* » (AGRA, s.d.). Elle s'intègre ensuite dans toutes les étapes stratégiques et prend de multiples formes, allant d'une finance inclusive pour les petits agriculteurs cruciale : « *pour la création d'emplois et la croissance économique* » à la création de marchés pour permettre : « *un commerce national et international* », « *l'acheminement de technologies* » ou encore « *la création de consortiums de traders* » (op. cit.- i). Elle est aussi évidemment profondément liée aux réformes institutionnelles susmentionnées qui visent souvent à accélérer la transformation des économies

nationales : « avec un fort soutien de l'USAID, la Fondation Rockefeller et la BMFG, l'AGRA a réussi avec succès à militer (...) pour libéraliser les politiques publiques en matière d'approvisionnement de semences, entre autres » (op. cit.- d).

Toutes ces stratégies, comme pour la première révolution, s'inscrivent toujours dans un cadre de développement et de croissance, qu'il soit économique, politique ou agricole. Ce modèle : « est le plus adapté pour fournir des solutions nouvelles et holistiques aux contraintes auxquelles les petits agriculteurs font face et (...) pour des solutions sur le long-terme et durables » (op. cit.- f). Car pour cette nouvelle révolution agricole africaine, la Fondation Rockefeller et ses partenaires ont cette fois-ci décidé d'intégrer une dimension de durabilité à leur projet, ce qui est censé en représenter une des principales évolutions.

### *AGRA et environnement*

Comme nous l'avons vu, le discours de la fondation concernant l'environnement et la durabilité est passé par plusieurs phases selon les époques. À la fin du 20ème siècle, elle avait adopté la vision dominante d'un développement durable et avait prévu, pour sa nouvelle révolution en Afrique, d'apprendre des leçons du passé en adjoignant la protection de l'environnement à la production agricole.

La première manifestation de cette volonté prend la forme d'un système de gestion social et environnemental (ESMS), un outil développé par l'International Finance Corporation (IFC - une sous-organisation de la Banque Mondiale) pour permettre aux entreprises d'évaluer et de gérer les impacts sociaux et environnementaux de leurs activités. Dans le cas de l'AGRA, celui-ci doit leur permettre : « d'assurer que les impacts sociaux et environnementaux sont minimisés tandis que les effets positifs sont renforcés » (AGRA, 2020, p.11). L'ESMS viendrait donc s'intégrer entre les stratégies et les projets afin d'évaluer ces derniers dans les deux dimensions susmentionnées. Il se base sur de nombreux standards internationaux comme les lignes directrices en matière de développement durable de l'IFC ou de la Banque de Développement (DB), de l'Organisation International du Travail (ILO) ou encore des pratiques appropriées en matière de pesticides de l'USAID. Les principaux risques environnementaux et sociaux des pratiques agricoles soutenues par l'AGRA sont listés et doivent être consultés lors de l'évaluation d'un financement. On y retrouve par exemple la gestion et la conservation des sols dont le risque proviendrait de mauvaises pratiques (labourage trop important, usage de mauvaises machines...) pouvant causer : « une

*dégradation physique et chimique* » de ces derniers (*ibid.*, p.13), l'impact des engrais sur les eaux souterraines ou encore la perte de diversité génétique par l'adoption de cultures améliorées.

La question du changement climatique, très discrète dans les rapports annuels de la Fondation Rockefeller jusque dans les années 2000 a maintenant pris une place importante dans l'entreprise de l'AGRA. Un pan entier du programme y est consacré sous l'appellation « *Résilience et adaptation au climat* ». La raison invoquée étant que : « *les risques du changement climatique et des événements météorologiques extrêmes sont importants pour l'agriculture en Afrique, ceci étant dû au système agricole pluvial. Ces risques ont de grandes chances de causer des perturbations dans les chaînes de valeur et de production.(...) Mais, alors que le changement climatique représente de nombreux défis pour l'agriculture, il représente aussi une opportunité de transformer les systèmes agricoles pour générer de multiples bénéfices à la fois pour les fermiers, mais aussi pour la planète* » (*op. cit.- j*). Partant de ce constat, l'accent est principalement mis sur des actions d'adaptation sans lesquelles ils ne pourront pas achever leur sécurité alimentaire ni garantir leur croissance économique (Rockefeller Foundation, 2008). Dans les faits, celles-ci prennent plusieurs formes : la première et la plus importante, est centrée sur des variétés résistantes aux aléas climatiques ce qui reste concordant avec leur stratégie de semences améliorées. La seconde consiste en des microassurances indexées sur le climat qui compensent les fermiers dans les cas de pluies insuffisantes (*op. cit.*, 2011). La troisième permet aux paysans d'avoir accès à des données météorologiques précises pour mieux anticiper et organiser leurs récoltes.

La réduction des émissions de gaz à effet de serre est elle aussi très rapidement mentionnée. Selon la fondation, les marchés carbone : « *sont considérés comme un élément indispensable de toute stratégie de réduction réussie* » (Rockefeller Foundation, 2008, p.17). Ainsi, des pratiques de séquestrations de carbone comme l'agroforesterie ou du labourage de conservation ne seront pas mises en place directement par l'AGRA mais récompensées par le marché lui-même et notamment par les gros émetteurs qui financeront de telles incitations. Dans les faits, la réduction n'est pas abordée dans les projets mentionnés sur le site de la structure, mais fait plutôt partie de politiques que cette dernière défendra auprès des Nations Unies.

Enfin, reconnaissant que la globalisation (notamment promulguée pendant la première Révolution Verte), à la façon de l'industrialisation, peut être tout à la fois bénéfique et problématique, la Fondation Rockefeller appelle à une globalisation « intelligente » qui pourra répondre aux défis économiques et aux menaces environnementales, en : « *connectant les individus, les institutions et*

*les communautés avec des outils et des techniques, des idées et des innovations* » (op. cit., 2007, p. 11).

## **Une nouvelle révolution ?**

Les deux volets de la Révolution Verte ayant maintenant été analysés, le discours et les pratiques défendues mises en lumière, il est temps de tenter de répondre au premier questionnement de ce travail en déterminant si cette alliance philanthropique pour l'Afrique procède en rupture ou en continuité de la vaste réforme agricole des pays du Sud entreprise pendant le 20ème siècle. L'intérêt de cette comparaison provient du fait que la première Révolution Verte fut extrêmement controversée et donc abondamment critiquée dans la littérature ; différents auteurs jugeant qu'elle a considérablement aggravé les conditions économiques et environnementales des pays touchés allant souvent jusqu'à placer les différentes populations dans des situations d'insécurité alimentaire égales voire pires qu'avant les réformes mises en place. Ainsi, nous reviendrons rapidement sur les différents points attaqués par les chercheurs, puis nous regarderons si le travail conjoint de la Fondation Rockefeller et de la Fondation Bill et Melinda Gates tire réellement : « *des leçons des expériences positives et négatives du passé* » (AGRA, 2008, p.5). Une multitude d'études existe sur le sujet des impacts de l'agriculture moderne productiviste, tant environnementales que politiques ou économiques : ici, par soucis de simplification et de respect du contexte historique, seules celles étant focalisées sur la première Révolution Verte ont été retenues, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité.

### *Une première révolution agraire controversée*

Dans son ouvrage « *The Violence of The Green Revolution* » (1989), la philosophe et écologiste indienne Vandana Shiva revient en détail sur les différents paramètres ayant impacté l'Inde lors de la « modernisation » de son agriculture. La structure de son livre, extrêmement claire et détaillée, sera en partie reprise pour catégoriser les différentes critiques à l'encontre de la Révolution Verte.

L'implantation de nouvelles espèces génétiquement améliorées constitue le premier et le plus important problème mis en lumière par son travail (car il en induit d'autres comme nous le verrons). À noter que cette pratique n'est pas exactement similaire à celle des OGM qui sont eux

extrêmement controversés (Hilbeck *et al.*, 2011). Selon elle, alors que son pays, comme beaucoup d'autres pays du Sud, regorgeait d'une exceptionnelle diversité génétique végétale dont les petits paysans étaient les gardiens, conservant et stockant les différentes semences dans des lieux particuliers : « *le passage de variétés indigènes de graines aux variétés de la Révolution Verte impliqua un décalage d'un système fermier contrôlé par les paysans à un système contrôlé par les entreprises agrochimiques et semencières et les centres de recherches agricoles internationaux* » (p. 64). En remplaçant les semences indigènes par des variétés exogènes, les scientifiques auraient brisé les relations symbiotiques qu'entretenaient ces espèces avec leurs milieux créant de lourds déséquilibres. Ceux-ci impliquèrent notamment une plus grande vulnérabilité aux maladies et aux ravageurs et de nombreux risques de rupture. William C. Padock abonde dans ce sens en expliquant, pour l'Asie : « *qu'en prenant la grande diversité génétique de blé et de riz et en les remplaçant par une espèce unique on observe une perte de variabilité de laquelle on pourrait sélectionner des résistances à de nouvelles maladies encore inconnues* » (1970, p.899). La proximité des différentes cultures (adoptant les mêmes semences) rendrait en outre la diffusion de ces nouvelles affections d'autant plus rapide (Wharton, 1969). De ce fait les paysans durent avoir recours à d'importantes doses de pesticides qui, non contentes d'avoir des effets négatifs sur la biodiversité ou les humains et de créer des résistances à ces produits, ajoutaient une charge financière (Conway et Barbier, 1988 ; Kang, 1982 ; Chaboussou, 1986). Paradoxalement, ces traitements chimiques auraient amené à de larges pertes de production (de 5% à 50% suivant les régions et usages) de par les dégâts occasionnés aux plantes (Pimentel, 1996). Enfin, là où les espèces étaient gratuites et souvent échangées au travers de vastes systèmes de troc, elles devinrent un nouvel intrant supplémentaire devant être acheté (Shiva, *op. cit.*).

Le second problème analysé par la philosophe est l'utilisation d'engrais chimiques. Ces derniers étaient une composante essentielle du programme, d'autant plus que les nouvelles semences améliorées nécessitaient de larges doses pour être pleinement efficaces. Selon Vandana Shiva, en prenant l'exemple du riz, bien que ces nouveaux intrants augmentent le nombre de grains à disposition, ils réduisent par la même occasion considérablement la quantité de matière sèche utilisable pour le fourrage et le recyclage de nutriment (*ibid.*). La combinaison de fertilisants et de nouvelles espèces voraces auraient provoqué des croissances extrêmement rapides qui auraient drainé trop rapidement les micronutriments des sols, comme le zinc, le fer ou le magnésium, ces derniers n'étant pas contenus dans les engrais chimiques. Cette perte de fertilité des sols amènerait

*in fine* à une baisse du rendement final pouvant aller jusqu'à plusieurs tonnes par hectares comme constaté par plusieurs chercheurs dans la région du Punjab (*ibid.* ; Gill, 1992 ; Alexander, 1985). En outre, les engrais chimiques induiraient une plus grande toxicité des sols à la fois pour les animaux et pour les humains puisqu'ils percolent dans les nappes phréatiques après les pluies (Byerlee et Siddiq, 1994). Enfin, comme pour les semences et les pesticides, l'introduction d'intrants payants (là où, à nouveau, les engrais organiques originaux, gratuits, provenaient directement des exploitations) induit une nouvelle dépendance à l'industrie chimique et de nouveaux coûts pour les fermiers (Evenson et Gollin, 2003 ; Dhanagare, 1987).

Le troisième problème est lui aussi lié aux nouvelles espèces, car ces dernières nécessitent de grandes quantités d'eau pour fonctionner efficacement, et ce, à deux niveaux : pour certaines (comme le riz ou le blé) l'irrigation doit maintenant se faire toute l'année, contrairement au millet par exemple, et le remplacement d'anciennes variétés de ces mêmes céréales par de nouvelles augmente aussi la quantité d'eau nécessaire pouvant aller jusqu'à 200-300% (Shiva, *op. cit.*). De plus, les surfaces irriguées (de par l'extension des terres agricoles) augmentent elles aussi : elles auraient plus de doublé en une décennie dans la région (Singh, 2000). Partant de là, deux nouvelles difficultés sont évoquées (et constatées) : si la région ne dispose pas d'infrastructures d'irrigation, on observe une grande perte de la productivité ; si la région arrive à augmenter l'utilisation d'eau, de nombreux impacts négatifs pour l'environnement peuvent se produire comme l'érosion, l'augmentation de la salinité des sols ou leur saturation en eau, le déplacement de polluant dans les eaux souterraines, etc. (Singh, 1997 ; Kumar et Pasricha, 1999 ; Giriappa, 1983). On peut ajouter que les agricultures traditionnelles dépendant fortement de l'eau de pluie, le passage à une agriculture d'irrigation demande d'importants investissements en infrastructures ce qui induit de nouveaux coûts de construction et d'entretien inexistant auparavant (Pinstrup-Andersen et Hazell, 1985).

Comme on peut le voir, les pratiques promulguées par la Révolution Verte auraient provoqué des problèmes environnementaux et économiques à la fois puisqu'ils amèneraient de nouveaux besoins que les paysans n'avaient pas au préalable. Mais de façon générale, le passage d'une agriculture de subsistance à une agriculture excédentaire (dont le surplus peut être vendu notamment grâce à la libéralisation des économies nationales) est aussi vu comme problématique par certains auteurs. Pour le Pakistan, par exemple, Walter P. Falcon (1970) note que le manque d'infrastructure

ferroviaire pour écouler la production devenue excédentaire laissa de grandes quantités de riz à ciel ouvert sur les quais de gare, qui, une fois gâchés, firent chuter considérablement le prix de cette denrée et provoquèrent d'importantes émeutes. L'auteur explique avoir constaté une situation similaire dans au moins cinq pays d'Asie. Il ajoute que la transformation des pays, d'importateurs à exportateurs, par de complexes mécanismes économiques, bouscule considérablement les systèmes de prix qui répondaient alors à une configuration interne particulière et qui se voient concurrencés par les prix internationaux. Ces situations peuvent mettre les petits paysans en grande difficulté, car ils dépendent maintenant de leurs revenus pour acheter les intrants nécessaires à leurs infrastructures : une chute des prix pourrait donc rapidement les amener à la faillite (Cleaver, 1972). De plus, ce système aurait renforcé les inégalités entre les différents groupes sociaux : David A. Sonnenfeld (*op. cit.*) a constaté, au Mexique, que les personnes ayant réellement profité du développement agricole furent les grands industriels urbains qui auraient bénéficié de négociations commerciales inégales entre l'industrie et l'agriculture et les grands propriétaires terriens qui possédaient déjà les capitaux nécessaires, au détriment des petits paysans et fermiers. Selon lui, la Révolution Verte aurait largement renforcé la concentration des richesses et de la propriété dans le pays. Il est d'ailleurs rejoint par Lakshman S. Yapa (1977) qui explique, pour l'Inde, que les modèles de diffusion du développement, comme la Révolution Verte, dans des pays possédant « *des biais profonds de classes quant l'accès aux intrants matériels* » (p.351), créent *de facto* un processus jumeau de sous-développement. En somme, les inégalités de richesses et de revenus postérieures à la réforme sont exacerbées par l'innovation technologique amenant à ce qu'il nomme : « *un transfert circulaire et cumulatif d'une portion disproportionnée du surplus économique d'une classe à une autre* » (p.352). Ainsi, pour certains auteurs, les révolutions agricoles des pays du Sud : « *n'ont pas réellement pour but d'aider les paysans à produire plus de nourriture, mais plutôt de créer un système alimentaire global dans lequel l'agriculture paysanne, largement considérée comme arriérée et improductive dans le contexte d'une économie de marché moderne fut subordonnée à un mode de production plus commercial et à forte intensité de capitaux* » (Ross, 2003, p.440).

Enfin, les transformations agricoles auraient un profond impact social et politique sur les pays touchés. Nous l'avons vu, la Révolution Verte était accompagnée de différentes modifications institutionnelles, afin de faciliter la transition, en collaboration ou non avec les gouvernements. Pour Vandana Shiva (*op. cit.*), l'imposition d'un modèle uniforme aux intrants externes (puisque

provenant d'entreprises privées souvent étrangères) dans des communautés profondément diversifiées avec leurs circuits internes aurait créé d'importants conflits et disruptions sociales. D'une part elle aurait coupé la multiplicité de relations d'échange et de partage entre les différents agriculteurs et villages pour les transformer en un rapport unique fermier-marché/état et d'autre part, les ressources nécessaires aux nouveaux procédés n'étant pas disponibles en quantité suffisante, généré de nombreux conflits quant à leur obtention. Pour résumer : « *La Révolution Verte est accompagnée par une disruption accélérée des sociétés traditionnelles (...) cette disruption est accélérée trop rapidement pour un processus de rééquilibrage autonome* » (Frankel, 1972, p.38). Ces considérations se rapprochent beaucoup des reproches faites à l'encontre de la colonisation qui imposa un modèle unique occidental à des sociétés extrêmement complexes et hétérogènes entraînant, de fait, d'importants conflits et déstabilisations politiques.

Toutes ces analyses, bien que focalisées sur la Révolution Verte, s'inscrivent bien évidemment dans un cadre théorique plus large de remise en cause des pratiques agricoles modernes (face à leurs impacts environnementaux) ainsi que de la globalisation et de la libéralisation « forcée » des pays du Sud. Pour éviter de rentrer dans un débat de long-cour dans le champ académique entre pro et antilibéraux (au sens économique du terme), seuls les arguments procédant d'observations concrètes ont été retenus. Ainsi, la dépendance des paysans aux entreprises privées, les risques liés à la fluctuation des prix des intrants et des denrées (qui, rappelons-le, ont été la cause principale de la grave crise alimentaire de 2008 [Brunel, 2008 ; Janin, 2008 ; Timmer, 2009...]), l'accroissement de la fortune des grands propriétaires ou encore le manque d'infrastructures pour soutenir l'excédent de production sont autant de faits difficilement réfutables, seules les solutions pour y remédier sont ardemment débattues : un perfectionnement ou un changement de système. Il en va de même pour les pratiques agricoles dont les dégâts environnementaux ont été effectivement mesurés, mais pour lesquels différentes réponses, selon les auteurs, sont proposées : une amélioration ou un changement complet de pratiques.

Maintenant que le panorama des critiques à l'encontre de la première réforme agraire a été établi, il est temps d'entrer dans la comparaison des deux révolutions pour comprendre si l'alliance Gates-Rockefeller a intégré ces critiques en modifiant les pratiques et le discours affiché.

## *De réels changements ?*

Tout l'intérêt du questionnement concernant la continuité de la Révolution Verte provient du fait que, premièrement et comme expliqué précédemment, elle a été fortement critiquée et que deuxièmement, pour le volet africain, les responsables arguent volontiers qu'elle est une version améliorée de la précédente. Ainsi, elle serait constituée de : « *solutions uniquement africaines, conçues pour répondre à leurs besoins environnementaux et agricoles spécifiques* » (AGRA, s.d.-k), et : « *bien que notre mission n'a pas changé, le monde autour de nous l'a fait, notre travail doit changer avec lui* » (Rockefeller Foundation, 2006, p.5). Cette nouvelle révolution : « *doit être ancrée fermement dans la réalité actuelle africaine tout en tirant des leçons des expériences positives et négatives du passé* » (AGRA, 2008, p.5), ainsi : « *nous allons distiller les leçons apprises en Asie, en Amérique latine et dans d'autres régions pour s'assurer que la Révolution Verte africaine ne cause pas des dommages écologiques auxquels on a assisté durant les révolutions précédentes* » (AGRA, s.d.-l).

La structure utilisée dans les analyses sera reprise : les pratiques promulguées et le cadre idéologique dans lequel elles s'inscrivent, la question démographique puis les dimensions économiques, politiques et de durabilité de la réforme.

### *Pratiques et productivisme scientifique*

Concernant les pratiques agricoles de la nouvelle révolution, on peut affirmer qu'elles restent constantes : engrais, pesticides, mécanisation et semences améliorées. Tout ceci étant parfaitement cohérent avec l'objectif resté inchangé d'augmenter la productivité des cultures du continent, ces techniques étant les plus efficaces dans ce sens. On constate cependant que bien que similaires, elles auraient toutes été modifiées pour limiter leurs impacts sur l'environnement, comme annoncé précédemment. Ainsi, les engrais chimiques seraient maintenant combinés aux fertilisants organiques, selon des procédés adaptés aux différents sols, pour affaiblir considérablement leurs effets négatifs potentiels. Dans les zones où ce mélange n'est pas possible, la pratique proposée consiste en l'usage de microdoses afin d'en utiliser les plus faibles quantités possible. Pour ces deux situations, une cartographie et une analyse des sols seraient préalablement effectuées en collaboration avec les Institutions de Recherches Agricoles Nationales (NARS) pour un choix adapté aux différentes zones de cultures. De plus, contrairement à la révolution précédente,

l'enseignement promulgué aux fermiers ne concernerait plus seulement l'apprentissage des techniques, mais aussi des risques associés à ces dernières avec le soutien du secteur privé et de scientifiques spécialisés. Enfin, des points de vente régionaux devraient être constitués pour faciliter l'accès et diminuer les coûts de ces intrants. Il est cependant important de noter que, comme par le passé, les entreprises fournissant les produits restent principalement de grandes multinationales comme Yara International, basé en Norvège (AGRA, 2020- m) et que l'AGRA ne semble pas financer le développement de structures africaines de production. Malgré une plus grande disponibilité des engrais (là où en Inde, des problèmes d'offre créèrent de fortes tensions comme nous l'avons vu), les paysans restent donc dépendants de l'industrie agro-chimique pour produire. Les semences améliorées, qui étaient le point central de la révolution et des problèmes passés selon Vandana Shiva, auraient, elles aussi, reçu différentes modifications. Le modèle resterait extrêmement proche de celui des engrais, avec la constitution de réseaux de vendeurs pour faciliter l'accès aux graines, ce qui n'était pas le cas lors de la première révolution. De plus, la Fondation Rockefeller développerait cette fois-ci des centres de création de nouvelles espèces locales en collaboration avec les paysans (plus de 670 en 2018 [AGRA, 2020- n]), processus plus inclusif que par le passé, où tout le développement était centralisé dans de grands instituts de recherche délocalisés comme l'IRRI. Mais comme pour les fertilisants, la mainmise resterait à la faveur de grands groupes privés internationaux puisqu'une fois les nouvelles variétés développées, elles sont vendues à ces derniers (qui en détiennent de fait les droits d'exploitations) qui sont chargés de les multiplier et de les fournir aux paysans. Ce lien toujours présent, comme auparavant, au-delà de la contrainte pour les paysans d'être forcément liés aux multinationales, pourrait paraître d'autant plus problématique que les fondations entretiennent depuis toujours des rapports particuliers avec celles-ci. Ainsi, elles militent pour : « *retirer les restrictions qui favoriseraient des monopoles* » (AGRA, s.d.- d) pour permettre aux compagnies privées (qu'elles ont choisies) de s'implanter alors que dans le même temps, elles possèdent des intérêts dans ces dernières. Par exemple, la Fondation Bill et Melinda Gates a acheté en 2010 plus de 500'000 parts (pour un total de 23 millions de dollars) de la très controversée entreprise Monsanto, leader du marché et partenaire historique de la Révolution Verte (Vidal, 2010). Ceci n'est pas sans rappeler les liens étroits entre la Fondation Rockefeller et le vice-président américain Henry Wallace (fondateur d'une des plus grosses entreprises semencière de l'époque et principal fournisseur) lors du projet mexicain. Le fait que le choix des partenaires (qui seront les fournisseurs officiels de la révolution) soit laissé aux fondations pourrait paraître paradoxal dans un contexte volontairement affiché comme libéral, au sein duquel le marché seul est

censé guider les échanges. Concernant les caractéristiques des boutures améliorées, elles auraient été perfectionnées avec le temps et l'évolution des techniques, étant maintenant résistantes aux aléas climatiques comme les sécheresses et nécessiteraient une irrigation et une fertilisation moins intensive. De plus, le nombre de variétés aurait considérablement augmenté pour limiter quelque peu les risques associés à la monoculture comme ceux constatés en Inde ou ailleurs.

Pour les pesticides, comme expliqué, ils ne sont pas clairement inscrits dans la stratégie, mais bien utilisés, là où ils avaient une place plus importante durant le 20<sup>ème</sup> siècle. Les critiques formulées sur leur impact pourraient avoir eu un effet sur la façon dont le discours de la fondation les intègre. Il faut ajouter que les nouvelles espèces génétiquement modifiées seraient maintenant résistantes aux ravageurs et aux maladies ce qui pourrait limiter l'usage de ces produits. Il en va de même pour la mécanisation de l'agriculture qui, bien que très présente dans la première et la deuxième Révolution Verte, n'a jamais fait explicitement partie des objectifs de développement affichés. Un élément nouveau provient de la gestion des sols et de l'eau qui serait intégrée dans les formations dispensées aux agriculteurs, mais sans que les techniques employées ne soient décrites en détail.

On peut donc affirmer que le paradigme productiviste et scientifique reste inchangé, les pratiques promulguées étant entièrement dirigées vers le premier (qui reste le but fondamental des deux réformes agraires) et le second guidant le mode de production (collaboration constante avec les instituts de recherches et les scientifiques et omniprésence des « *dernières avancées technologiques* » [AGRA, s.d.- f] dans toutes les étapes du processus). La notion de développement a quant à elle disparu des déclarations de l'AGRA, du moins dans le sens où elle était employée précédemment, soit pour distinguer les pays du Sud des pays du Nord. La nouvelle organisation étant composée en grande partie d'Africains, on comprendrait aisément qu'ils ne souhaitent pas voir leurs pays respectifs considérés comme « sous-développés » ou « en voie de développement ».

### *La question démographique*

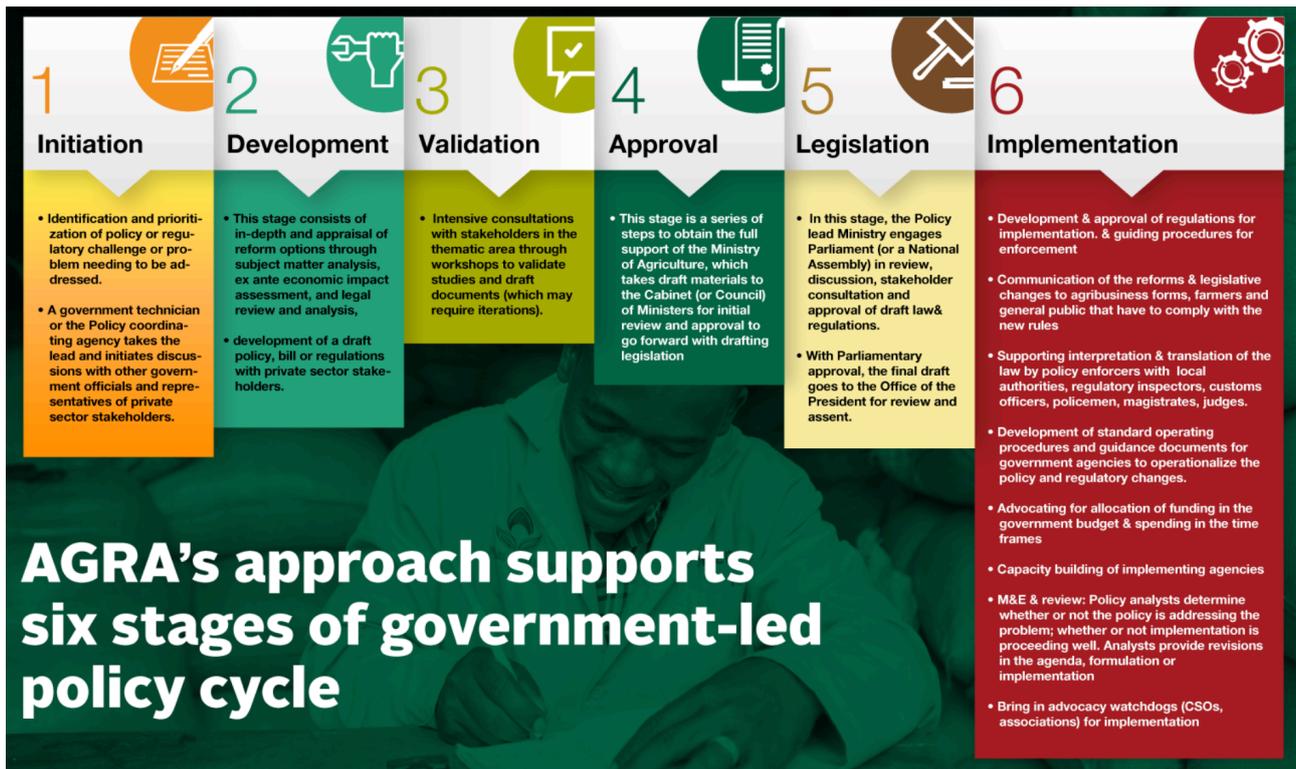
Comme nous l'avons vu, la composante du discours néo-malthusien s'est, comme pour celle du développement, volatilisée des propos officiels (peut-être pour les mêmes raisons). Il n'est ainsi plus question de réduire la population par le progrès ou le contrôle de natalité, mais uniquement de faire correspondre l'offre alimentaire à la demande croissante. Ce changement est important car la démographie était au cœur des différents projets de la fondation, principalement pour des raisons

politiques, mais aussi quelques fois écologiques (notamment pour réduire la pression exercée sur les ressources nationales).

### *Politique et économie*

*A contrario*, l'aspect économique s'est lui renforcé : là où il allait de soi comme partie intégrante du processus de développement, il est maintenant inscrit dans toutes les étapes de l'accroissement de la production agricole. D'une part, il découle toujours de la même logique selon laquelle la libéralisation des économies et la construction et l'accès au marché seraient les moyens le plus efficaces d'augmenter le niveau de vie des populations africaines en leur permettant d'écouler leurs stocks, de se procurer des intrants et de bénéficier de financements et d'assurances pour faire croître leur activité devenue business. D'autre part, comme l'explique Behrooz Morvaridi (2012), il correspond à un mouvement qu'il qualifie de philanthropie capitaliste moderne, dont une des particularités est de gérer ce type de programmes d'aide de la même façon que l'on gère une entreprise, soit en minimisant les risques et les investissements tout en maximisant les profits. Il reprend à ce sujet les propos d'un responsable de la Fondation Gates à propos de l'AGRA : « *nous sommes en train de donner aux pauvres fermiers une aide pour leur business grâce à de nouveaux outils, technologies et accès au marché et aux capitaux. Cette approche n'a plus rien à voir avec le vieux modèle d'aide de donneur-receveur. Il est ici question d'affaires et d'investissements* » (p. 1200). Ainsi, la création de réseaux de revendeurs, par exemple, dans une logique parfaitement entrepreneuriale, permet principalement de limiter les coûts et les temps de déplacement pour optimiser le rendement, sans considérer les autres aspects qui pourraient en découler, notamment dans les relations sociales intra et extracommunautaire : la personne possédant le monopole de la vente d'intrants pour une région donnée détenant un pouvoir symbolique et matériel extrêmement puissant. Ceci rejoint les critiques concernant les bouleversements sociaux formulées par Vandana Shiva à l'encontre de la première Révolution Verte, soit le manque de considération des configurations spécifiques et des potentiels effets des transformations induites.

La dimension politique de la réforme est assez similaire entre les deux volets. L'AGRA militant, comme la Fondation Rockefeller quelques décennies plus tôt, pour des réformes institutionnelles auprès des états afin (selon elles) de moderniser et d'améliorer les politiques agricoles. Le discours reste empreint de critiques à l'encontre des gouvernements, considérés comme peu capables d'introduire eux-mêmes de telles réformes, les fondations se voyant comme des conseillers pour ces



Les six étapes à mener pour la constitution de politiques publiques. (AGRA, s.d.- o)

derniers. Ainsi, par exemple, elles établissent un guide (représenté ci-dessus) des étapes à mener pour établir des politiques publiques efficaces. Pour l’Afrique, dans la logique d’un projet où la composante économique libérale a été renforcée, les modifications en faveur d’une plus grande ouverture au marché sont plus présentes comme en augmentant l’attrait pour les investisseurs étrangers en : « *cultivant et soutenant un environnement nécessaire pour les attirer et les faire rester* » (AGRA, s.d.- h) ou en empêchant les situations de monopoles. Concernant l’alignement avec la politique étrangère américaine, la stratégie reste extrêmement similaire, les objectifs de l’USAID étant toujours alignés sur ceux de la fondation, passant d’une lutte contre le communisme par l’aide au développement à un programme intensif de soutien à l’expansion agricole pour combattre l’insécurité alimentaire africaine.

### *Environnement*

Le discours de l’AGRA concernant la durabilité est un net prolongement des dernières positions de la Fondation Rockefeller dans le domaine : soit l’adoption d’un développement durable tel que défendu par les grandes agences internationales. Alors qu’il n’était par le passé pas clairement

évoqué de la sorte, il est maintenant établi que l'alliance vise à répondre aux objectifs de développement durable de l'Agenda 2030 (AGRA, s.d.- p). Ces derniers sont intégrés directement dans les projets agricoles, dans leurs dimensions environnementale (plantes résistantes au changement climatique, évaluation d'impact...), économique (faut-il encore le préciser) et sociale (notamment par une plus grande inclusion des femmes dans différentes étapes et des mécanismes de soutien économique pour les plus pauvres). Cette nouvelle révolution est donc cette fois clairement présentée comme écologique et durable. Le discours précédent reconnaissait de nombreuses causes aux détériorations environnementales (comme l'industrialisation ou l'urbanisation), mais n'incluait que rarement l'agriculture à celles-ci (sauf comme conséquences nécessaires), comme si elle était un élément exogène au système. Le discours actuel, lui, reconnaît plus clairement que l'agriculture est un poste important d'émission de gaz à effet de serre et qu'elle : « *abîme l'environnement au travers de son expansion dans des écosystèmes délicats, du mauvais usage d'intrants comme les engrais qui polluent les systèmes hydriques voisins et contribuent à la dégradation générale des sols et de la terre* » (AGRA, s.d.- l). Le programme d'évaluation des projets mis en place allant dans le sens du deuxième constat. Contrairement à la Fondation Rockefeller qui mentionnait plusieurs composantes des problèmes environnementaux, l'AGRA se concentre presque exclusivement sur le changement climatique, ce qui est concordant avec le discours dominant contemporain qui en fait l'un des indicateurs prioritaires, excluant ou diminuant les autres enjeux écologiques pourtant liés et d'importance égale (comme nous le verrons dans la partie suivante). De plus elle s'arrête aux moyens d'adaptations sans réellement inclure de mesures de réduction, si ce n'est la timide proposition d'instaurer un marché carbone à l'échelle mondiale qui pourrait théoriquement financer des actions allant dans cette direction.

## **Discussion**

Nous sommes arrivés à la fin de cette analyse comparative qui constitue la première partie de ce travail et pouvons donc tenter de répondre aux premières interrogations qu'il soulève : la nouvelle Révolution Verte procède-t-elle en continuité ou en rupture de la précédente ? Et a-t-elle réellement intégré les critiques à l'encontre de la réforme agricole de la Fondation Rockefeller durant le 20ème siècle ?

Bien évidemment, la réponse à ces questionnements est plus nuancée. En effet, comme nous avons pu le voir, de réels changements ont eu lieu et les études la disqualifiant ont été prises en compte, mais peut-on pour autant parler de changement radical dans les procédés et les discours ?

Pour tenter de résoudre cette problématique, on pourrait se référer à nouveau à l'analogie de Behrooz Morvaridi (*op. cit.*) qui associait ces modèles fondations philanthropiques à des entreprises comme les autres (l'adoption du système ESMS, créé spécialement pour les compagnies, témoigne d'ailleurs de cette similarité). En effet, les transformations opérées relèvent plus de la modernisation (et du verdissement, *greening* ou *greenwashing* dans sa version anglo-saxonne plus critique) que de l'entrée dans un nouveau paradigme. Modernisation et verdissement du discours d'abord, en éliminant les propos devenus plus polémiques comme les reproches à l'égard de la démographie des pays du Sud, les considérations sur le manque de développement de ces derniers ou encore sur l'usage de pesticide, mais aussi en ajoutant une composante de Développement Durable, d'inclusion des femmes ou encore en intégrant de responsables africains dans l'organisation. Modernisation des pratiques, ensuite, en utilisant les dernières technologies à la pointe (cartographie satellite, système de communication informatique...), de nouvelles espèces encore plus améliorées que par le passé, d'un usage plus proportionné des engrais ou des techniques de gestion du sol. Ces méthodes se rapprochent beaucoup des stratégies élaborées par les grandes multinationales qui, face aux critiques (environnementales ou sociales) : exhibent une conformité symbolique (Bromley et Powell, 2012), développent leurs propres standards de gouvernance pour éviter de s'ajuster à d'autres, plus rigoureux (Okhmatovskiy et David, 2012) ou encore : « *cherchent à gagner ou maintenir leur légitimité en révélant de façon disproportionnée des indicateurs de performance relativement bénins pour masquer leurs performances globales moins impressionnantes* » (Marquis *et al.*, 2016, p.2). Au final, les pratiques suivent leurs développements techniques, les discours leurs évolutions pour plus de conformité aux tendances contemporaines, mais les idéologies (productivistes, techniques, économiques ou politiques) qui les sous-tendent restent tendanciellement les mêmes. On pourrait, par exemple, faire une comparaison avec le géant Apple qui depuis quelques années travaille à une hausse des salaires et une amélioration des conditions professionnelles de la sous-traitance effectuée en Asie (Seydtaghia, 2014), tout en maintenant ses opérations sur le continent ou qui a récemment annoncé s'engager à la neutralité carbone à l'horizon 2030 (Apple, 2020) mais garde un modèle de production qui engrange, de fait, d'énormes flux de matière et d'énergie (dont nous allons cruellement manquer d'ici quelques années). Cette similarité dans la stratégie s'explique certainement par le fait que la Fondation Rockefeller comme

la Fondation Bill et Melinda Gates sont justement dirigées par des personnes provenant du milieu (respectivement ExxonMobil et Microsoft), il n'est donc pas incohérent que ces derniers adoptent les mêmes lignes de conduite que pour leurs business respectifs. Enfin, dans une dimension internationale globale, les analyses en termes de régime alimentaire (*food regime*) soit des paradigmes dominants gouvernant le lien entre production alimentaire, politique et économie, caractérisent précisément la période actuelle comme celles des entreprises et de la libéralisation économique (soutenues par les grandes institutions financières, à la façon de l'AGRA) devenues responsables de la gestion, de la production, de l'acheminement et de la vente des denrées alimentaires et réduisant considérablement la marge de manoeuvre des gouvernements dans le processus (Mckee, 2015), en ce sens la révolution africaine s'inscrit parfaitement dans son temps. Cette accentuation de la composante libérale (et de tentatives pour écarter les Etats des marchés agricoles) a justement été mise en lumière par Raj Patel (2013) dans son article *The Long Green Revolution*, comme un des paramètres les plus importants de ce nouveau programme face à l'original, sans pour autant constituer un changement fondamental dans la conception de l'aide alimentaire.

Ainsi, on ne peut définitivement pas parler de réelle rupture entre la Première et la Seconde Révolution Verte, celles-ci adoptant des objectifs, pratiques, partenaires et visions similaires, mais on peut considérer que les responsables ont intégrés les critiques formulées à leur encontre, en y répondant à leur façon, soit en adaptant leur projet et leur discours, en les modernisant, tout en limitant au maximum les écarts à leur ligne originelle (comme on pourrait limiter les coûts pour maximiser les retombées). L'affirmation selon laquelle : « *l'AGRA ne cherche pas à répliquer les stratégies de production alimentaire d'Asie et d'Amérique latine* » (AGRA, s.d.- 1) n'est donc pas tout à fait correcte. Il faut quand même reconnaître qu'un vrai travail a été effectué (spécialement concernant les impacts sur les écosystèmes), là où les critiques auraient pu être simplement esquivées et le modèle purement reproduit à l'identique. Cependant, au vu des défis environnementaux actuels, la modification intégrale de l'agriculture africaine, qui assurera la subsistance de ses populations pour les décennies à venir, doit être faite avec la plus grande attention à ces derniers, car un retour en arrière sera difficilement envisageable. C'est pourquoi nous allons maintenant regarder, dans la seconde partie de ce travail, si cette Révolution Verte du 21ème siècle est cohérente avec les différents enjeux globaux menaçant la sécurité alimentaire, ces derniers allant au-delà d'un problème de production et demandant une réponse s'inscrivant plutôt dans un modèle de résilience afin de garantir celle-ci sur le long-terme.



## **DEUXIÈME PARTIE**

LA RÉVOLUTION VERTE A L'AUNE DES MENACES  
ENVIRONNEMENTALES POUR LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

La Révolution Verte, passée et présente, comme nous l'avons vu, a pour objectif central d'augmenter la productivité agricole des pays du Sud. De façon générale, la logique veut qu'en faisant croître cette dernière, les populations renforceraient leur sécurité alimentaire, sortiraient de la famine et pourraient profiter de revenus plus élevés pour améliorer leurs conditions de vie générales. Au-delà de considérations défendues par certains auteurs, comme le sociologue Jean Ziegler (2008), arguant que la production n'est pas le problème, mais plutôt sa juste répartition entre les pays et entre les différentes classes sociales, il est important d'observer que les gains en termes de productivité ne sont que des avantages de court-terme si le nouveau système agricole mis en place ne peut se maintenir durablement dans le temps. En effet, trois grandes catégories de problèmes environnementaux menacent la sécurité alimentaire et sa stabilité : le changement climatique, l'épuisement des ressources et l'effondrement de la biodiversité. Ces derniers se caractérisent par leur profonde interconnexion, leur dimension globale et surtout leur impact sur le long-terme. Ils concernent l'alimentation de l'intégralité des pays du globe, pas seulement les plus pauvres, même si ces derniers en sont les plus vulnérables, et, comme l'explique Pablo Servigne dans son livre *Nourrir l'Europe en temps de crise* (2014, p.13) : « ils sont déjà là. La question n'est donc plus seulement de savoir comment les éviter, mais comment s'y adapter ». Ainsi, dans cette partie, nous allons regarder si la stratégie et les pratiques défendues par l'AGRA sont réellement cohérentes dans ce contexte de risques globaux, celles-ci étant affichées comme durables et soutenables dans le temps (les mots *sustainability* et *sustainable*, pouvant prendre les deux sens, apparaissant des dizaines de fois sur leur site internet, sans se référer au développement durable mais bien à la résilience du projet). Car tout l'intérêt de faire diminuer la faim sur le continent africain est de maintenir ce changement sur le long-terme. Ainsi, nous nous sommes précédemment concentrés sur les impacts et les façons choisies pour y remédier, nous allons maintenant tester la robustesse de l'entreprise. Pour cela, une revue de la littérature scientifique sur les différentes menaces sera effectuée, ce qui prend un sens tout particulier pour la Fondation Rockefeller, cette dernière ayant mis un point d'honneur durant toute son histoire à soutenir les chercheurs et les universités, les voyants comme la source principale de toute solution aux problèmes de ce monde. Nous analyserons ensuite, pour chaque catégorie, si la Seconde Révolution Verte est cohérente avec les nombreux enjeux évoqués. Le sujet étant extrêmement large et varié, nous tenterons de nous limiter à certaines problématiques sans pouvoir prétendre à une complète exhaustivité. Nous commencerons avec le changement climatique, puisqu'il constitue le cadre général pouvant accentuer toutes les autres menaces, en parlant de son impact sur les trois céréales les plus

consommées dans le monde : le maïs, le riz et le blé. Nous continuerons avec l'épuisement des ressources en nous focalisant sur l'énergie, l'eau et les sols, trois domaines primordiaux pour la production et la distribution de nourriture. Enfin, nous regarderons en quoi l'effondrement de la biodiversité pourrait lui aussi fortement impacter négativement l'agriculture s'il n'est pas rapidement arrêté.

## **Changement climatique**

Les changements violents passés, présents et futurs de notre système climatique sont largement documentés depuis maintenant plusieurs décennies. Selon les études scientifiques agrégées par le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat), le premier dérèglement climatique provient de l'atmosphère. En effet, depuis 1850 (début de la période industrielle, soit le point de départ de toute mesure de l'impact humain) l'atmosphère s'est réchauffée (avec une moyenne de +0.85 C° entre 1880 et 2012), la période de 1983 à 2012 étant très probablement la plus chaude en 800 ans dans l'hémisphère nord. Les océans ne sont pas en reste puisqu'il est extrêmement probable qu'ils aient stocké plus de 90% de l'énergie accumulée entre 1971 et 2010 avec un réchauffement de 0.11 C° dans les premiers 75m. La captation des larges quantités de CO<sub>2</sub> émis a en outre produit une augmentation de 26% de leur acidité. La cryosphère (portion terrestre constituée de glace) a perdu beaucoup de masse ces dernières décennies, les glaciers se sont réduits partout sur l'étendue du globe et les neiges printanières de l'hémisphère nord ont perdu en intensité. Enfin, le niveau de l'eau s'est élevé en moyenne, entre 1901 et 2010, de 0.19 m à un rythme supérieur aux deux millénaires précédents (IPCC, 2013).

Ces changements violents sont majoritairement causés par une augmentation des gaz dits « à effet de serre » : dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), méthane (CH<sub>4</sub>) et protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) pour les principaux<sup>1</sup>. Ces derniers sont naturellement présents dans l'atmosphère et permettent à la terre de maintenir une température vivable en laissant passer le rayonnement solaire entrant tout en bloquant une partie du rayonnement infrarouge sortant, émis la nuit, empêchant, de fait, la terre de se refroidir complètement. Le problème étant qu'une augmentation de leur concentration (par rapport à

---

<sup>1</sup> Bien que la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) soit le premier gaz à effet de serre, sa quantité dans l'atmosphère est principalement régie par la température de l'air et non pas par son émission à la surface. Ainsi, les climatologues le considèrent comme un « agent de rétroaction » (soit une réponse à une impulsion externe) plutôt que comme un agent de forçage en tant que tel (IPCC, *op. cit.*).

la situation « naturelle » originale) intensifie cet « effet de serre », entraînant un réchauffement global des températures (par un forçage radiatif comme décrit précédemment). À l'instar de tout système complexe, le système climatique repose sur de subtils équilibres, la modification brutale d'un ou plusieurs de ses paramètres peut entraîner des réponses violentes et très difficilement prédictibles (modification du cycle de l'eau et de la circulation atmosphérique, biodiversité...) s'additionnant au réchauffement global, raison pour laquelle il est plus approprié de parler de changement ou dérèglement climatique (Manneville, 2004). De plus, ce phénomène provoque de nombreux mécanismes venant le renforcer, on pense par exemple à la fonte du permafrost des latitudes polaires et subpolaires qui libère de grandes quantités de méthane (deuxième gaz à effet de serre) capturée dans la glace, accentuant encore l'augmentation des températures moyennes (Romanovsky *et al.*, 2002). Enfin, il est important de considérer qu'une partie de ces gaz a, à notre échelle, une très longue durée de vie dans l'atmosphère, 100 ans pour le CO<sub>2</sub> et 120 ans pour le NO<sub>2</sub>, créant une accumulation qui se résorbe à un rythme bien plus faible qu'elle n'augmente (sans compter qu'elle compromet largement les capacités de la Terre à capturer lesdits gaz). Ainsi, même en arrêtant intégralement d'émettre du CO<sub>2</sub>, nous ressentirions encore les effets de leur trop forte concentration pendant de nombreux siècles, voire millénaires. De plus, les changements provoqués par ces perturbations sont et seront pour la plupart irréversibles.

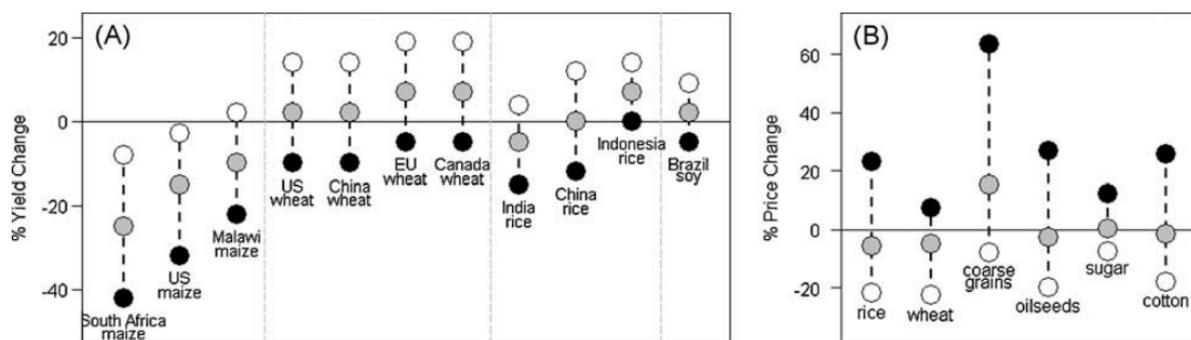
Il a été clairement établi que l'origine principale de ce changement provient des activités humaines depuis le début de la période industrielle. Les quantités de dioxyde de carbone, de méthane et de protoxyde d'azote ont respectivement augmenté de 40%, 150% et 20% depuis 1750 et peuvent être imputées à une origine anthropique. Le surplus de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (responsable de 57% du réchauffement) provient à 67% de l'utilisation de combustibles fossiles (transports, industrie, construction...) et à 33% de l'utilisation des sols (déforestation, culture...) (Herzog, 2005). Cette même utilisation (couplée à d'autres facteurs comme la réduction de la cryosphère) provoque une baisse de l'albédo terrestre (soit la capacité de la terre à réfléchir le rayonnement solaire) augmentant la quantité d'énergie emmagasinée et émise.

### *Impact sur l'agriculture*

Les conditions climatiques (CO<sub>2</sub>, pluies, températures, humidité...), sont les principaux paramètres qui conditionnent les récoltes. Comme nous l'avons vu précédemment, ces paramètres sont en train de se modifier à travers le monde à un rythme de plus en plus élevé, ce qui transformera donc

assurément les conditions agricoles. Cet impact (*abiotic stress*) pourra être visuel, physiologique ou au niveau des différents processus biologiques, selon les plantes et régions, et ce même si un bon niveau d'irrigation est assuré (Cicchino, 2013).

Comme pour le climat, les effets de ce dernier sur l'agriculture sont, en partie, estimés de façon statistique à l'aide de différents modèles prenant en compte les paramètres climatiques et leur évolution selon différents scénarios, une marge d'erreur et d'incertitude étant incluse. À nouveau, ces différentes recherches tentent de dégager des tendances, mais qui demeurent suffisantes à constater les menaces que font peser le changement climatique sur le système alimentaire et plus particulièrement sur les cultures (Frieler *et al.*, 2015; Rosenzweig *et al.*, 2014). Il en résulte que, dans le futur, la quantité, la qualité ainsi que le prix de la production agricole seront fortement impactés (FAO, 2016) comme le montre la figure ci-dessous.



(A) Changement dans le rendement agricole en pour-cent pour le climat de 2030 par rapport à celui de 1990. Les cercles noirs représentent une faible productivité (changement rapide des températures et fortes réponses des plantes), les gris une productivité moyenne (entre les deux) et les blanc une haute productivité (réchauffement lent et faible réponse des plantes) (B) Même représentation mais avec les prix estimés (Hertel *et al.*, 2010).

Le CO<sub>2</sub>, qui est et sera de plus en plus concentré dans l'atmosphère, est, en temps normal, bénéfique pour les plantes, les faisant croître plus rapidement. Mais plusieurs études récentes démontrent que de nombreux facteurs viendront contrebalancer cet effet fertilisant, notamment l'augmentation des températures (Fuhrer, 2003 ; Calzadilla, 2013 ; Prasad *et al.*, 2002). Dans certaines régions chaudes, les températures dépasseront les optimums de croissances, réduisant les récoltes et ce quelque soit les concentrations de CO<sub>2</sub> (Polley, 2002).

En interaction avec le CO<sub>2</sub>, les hautes températures pourraient en outre accélérer la phénologie de la plante (le temps de récurrence des événements biologiques) et ainsi réduire l'accumulation de matière sèche et le rendement de 10 à 40% selon les espèces (Tubiello *et al.*, 2000). La température optimale de photosynthèse pourrait aussi être dépassée, réduisant la durée et l'intensité de celle-ci

(Seguin, 2010). La fertilité de certaines espèces sera aussi compromise, ce que le gaz carbonique ne pourra compenser (Trnka *et al.*, 2014). Enfin, la qualité des récoltes pourrait être amoindrie (Hay et Porter, 2006).

Au niveau des températures, justement, et de façon schématique (chaque région ayant des caractéristiques propres), les zones du Sud (spécialement de basse latitudes) devraient voir une baisse dans leur rendement de par l'augmentation des vagues de chaleur, sécheresses et températures moyennes, alors que celles du Nord devraient profiter d'un climat plus doux. Mais, même pour ces dernières, de nombreux bouleversements sont attendus puisque des modifications rapides (à l'échelle terrestre) des conditions des écosystèmes laissent peu de temps aux plantes et autres organismes pour s'adapter *a contrario* des espèces « invasives » dont l'adaptation est beaucoup plus élastique (Willis *et al.*, 2010). De plus, si les températures devaient dépasser les 2-3C° d'ici la fin du siècle, on assisterait quand même à une baisse de rendement dans l'hémisphère Nord (Seguin, *op. cit.*).

La hausse des précipitations devrait profiter aux régions semi-arides (en augmentant notamment l'humidité du sol) mais être plutôt négative pour les régions déjà humides (créant un surplus hydrique) (Schlenker et Lobell, 2010) alors qu'une baisse des précipitations aura bien évidemment un effet inverse. À noter que des précipitations trop intenses ou trop longues (dont la hausse est attendue comme évoqué dans le point a.3.1) peuvent être néfastes pour les récoltes, comme pour la France durant l'année 2016 (Ben-Ari *et al.*, 2018).

Les événements extrêmes, bien que disparates et épisodiques sont listé comme étant la deuxième menace qui pèse sur la sécurité alimentaire (FAO, 2018). La capacité de l'agriculture étant fortement corrélée à la disponibilité d'eau, les nombreuses sécheresses et canicules seront extrêmement mortifères pour les récoltes. Les tempêtes et inondations provoqueront elles aussi d'énormes dégâts sur les cultures souvent irréversibles jusqu'aux récoltes suivantes (Kundzewicz *et al.*, 2013).

### *Impact sur le blé*

Le principal facteur affectant la production de blé (comme les autres céréales) dans tous les modèles utilisés est la gestion et la disponibilité des sols en eau, spécialement pendant les vagues de chaleur et sécheresses qui sont accompagnées d'une baisse dans le réapprovisionnement en eau des poches souterraines (sur lesquelles nous reviendrons) (Saddique *et al.*, 2020). Les impacts du changement

climatique seront donc beaucoup plus fort sur le blé selon la fréquence et l'intensité des sécheresses et inondations (Sheffield *et al.*, 2012). Pour les températures et de façon générale, on constate au niveau mondial une baisse dans le rendement de cette céréale de 2 à 3% depuis 1981 qui, d'après les modèles, n'aurait pas eu lieu sans un impact direct du changement climatique (Lobell et Field, 2007). Il faut ajouter à cela que la diversité génétique des espèces cultivée joue aussi un rôle dans la résilience du blé face aux changements d'ordre climatique. La trop grande homogénéité génétique des espèces européennes, par exemple, causée par une forte compétitivité économique (sélection d'espèces les plus rapides et rentables, processus privilégié durant la Révolution Verte), pourrait poser de sérieux problèmes dans le futur : elles seront trop fragiles face aux variabilités climatiques (Kahiluoto *et al.*, 2018). Pour la France, par exemple, les progrès génétiques réalisés face à la baisse de rendement depuis la fin des années 80 semblent avoir été en partie, voire complètement contrebalancé par les effets du changement climatique ce qui questionne notre capacité à nous adapter à ces nouvelles conditions par ce type de pratique. Le principal facteur mis en cause étant la fragilité de l'agriculture intensive, proportionnelle à la taille des champs (Oury *et al.*, 2012).

Enfin, l'exposition (même à court terme) de cette céréale à des températures extrêmes à n'importe quel moment avant la phase de fertilisation pourrait compromettre le processus de reproduction, impliquant une baisse dans la fertilité de la plante (Trnka *et al.*, *op. cit.*). Bien que la germination du pollen ne sera que peu touchée, on pourrait constater des problèmes d'orientation des tubes de pollen à l'ovule à cause d'une augmentation des malformations de cette dernière et une baisse dans leur production (Snider *et al.*, 2011). De plus, le changement climatique pourrait fortement affecter les processus de post-fertilisation ce qui pourrait provoquer une stérilité du pollen et des anthères (partie de l'organe mâle de la fleur qui produit et renferme le pollen) au moment de l'anthèse (période de floraison) réduisant le développement de l'embryon (Hedly *et al.*, 2009).

### *Impact sur le riz*

La plus grosse menace pesant sur les cultures de riz, comme pour le blé, sont les événements extrêmes : sécheresses, inondations et typhons (Sheffield *et al. op. cit.*). Le stress causé par les sécheresses, par exemple, crée de larges pertes dans la culture de riz en réduisant la croissance des cellules, leur élongation et leur expansion ainsi qu'en troublant les fonctions antioxydantes de la plante. Il cause en outre de nombreuses modifications physiologiques, biochimiques et morphologiques (Upadhyaya et Panda, 2019).

Plusieurs recherches récentes ont examiné les effets du changement des températures sur les principales zones productrices de riz. Ainsi, dans une étude par modélisation sur le Bangladesh (4ème producteur mondial), en maintenant une faible concentration de CO<sub>2</sub> (de 50 à 200 ppm), les auteurs ont constaté une baisse moyenne dans le rendement de 10,4% pour une augmentation de 2C° et de 22,9% pour 4C° (en combinant minimum et maximum de température ce qui produit l'effet le plus prononcé) (Basak, 2009).

Les qualités nutritionnelles de cette céréale semblent beaucoup plus affectées par le CO<sub>2</sub>. Des expérimentations *ex situ* ont démontré une baisse significative dans la concentration de protéines et de nitrogène dans les grains de riz et ce quelque soit le type de cultivation ou de fertilisant utilisé (Seneweera et Conroy, 1997). De ce fait, sur plus de 14 études sur le sujet on constate une baisse protéique d'environ 10% pour une concentration de CO<sub>2</sub> de 315-400 ppm à 540-958 ppm (Taub *et al.*, 2008).

### *Impact sur le maïs*

À l'instar des deux céréales précédentes, le maïs est lui aussi principalement menacé par les événements violents, spécialement les sécheresses. En cas de sécheresse, le rendement des champs de maïs pourrait décroître de 1,7% par jour et par degrés supérieurs à 30C°; en Afrique ce phénomène touchera probablement 100% des récoltes dans ce cas de figure (Lobell *et al.*, 2011). Les régions les plus concernées dans le monde seront donc les plus vulnérables aux sécheresses (et dont l'accès à l'eau est limité) dont les effets seront extrêmement délétères sur la sécurité alimentaire (Jia *et al.*, 2016).

De façon plus générale, en situation de pluies suffisantes, la baisse de rendement se situera autour de 1% par jour et par degrés supérieur à 30C° et devrait, à nouveau pour l'Afrique, toucher environ 65% des récoltes (spécialement dans les régions dépassant régulièrement les 30C°) (Lobell *et al.*, *op. cit.*). Le phénomène impactant le plus la productivité de la plante sous stress thermique est la viabilité du pollen qui influence le nombre de noyaux (paramètre déterminant la taille des récoltes) (Lizaso *et al.*, 2018) et ce pendant la courte période de 4 à 5 semaines de floraison (Andrade *et al.*, 1999). D'importantes baisses sont aussi constatées durant la période précédant la fertilisation (*silking period*) (Cicchino *et al.*, 2010). En outre, la capacité d'assimilation des réserves de la plante (*source-sink capacity*) est directement touchée par une réduction de la synthèse de glucides causée par une photosynthèse réduite et des taux de respirations augmentés (Rattalino-Edreira et

Otegui, 2012). On constate que c'est surtout la combinaison entre la baisse des précipitations et l'augmentation des températures qui causerait le plus de dégâts, avec des baisses de rendement de 21%, 33% et 50% (pour un réchauffement de 1C°, 2C° et 4C°) dans les régions de l'Est et du Sud de l'Afrique et du Sud de l'Asie contre 11%, 21% et 41% pour la température uniquement (Tesfaye *et al.*, 2018)

## **Épuisement des ressources**

De par son rythme de production et de consommation, l'humanité épuise ou détériore sensiblement les ressources à disposition sur la planète. Celles-ci ayant souvent un temps de reproduction assez long, elles n'arrivent pas à se régénérer suffisamment rapidement. Vitales pour l'ensemble des activités humaines, ces pénuries futures auront un impact certain sur notre capacité à nous nourrir, c'est pourquoi il est vital de passer à un emploi beaucoup plus mesuré de ces dernières. Nous allons reprendre les trois ressources les plus importantes pour la production alimentaire, à savoir l'eau, l'énergie et les sols toutes trois fortement menacés. Évidemment, le constat pourrait être opéré pour de nombreuses autres, mais par souci de clarté nous nous limiterons à ces éléments.

## **Eau**

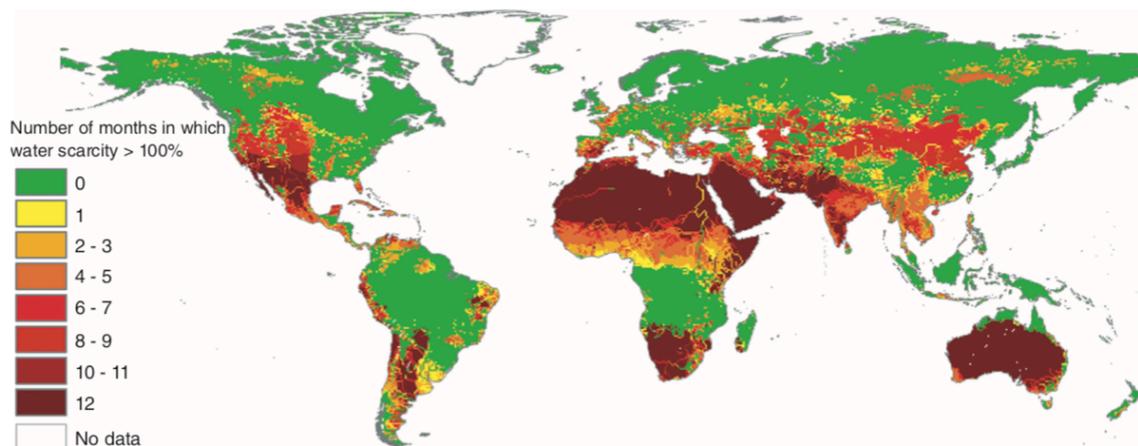
Il n'est pas nécessaire de revenir sur l'utilité de l'eau pour la vie sur Terre, probablement la seule planète du système solaire à en être pourvue, elle en est à la fois l'origine et la condition d'existence. Alors qu'il est possible de survivre plusieurs semaines sans manger, nous ne pouvons espérer dépasser les trois jours sans eau. Elle est d'ailleurs indispensable à la production de tout type de nourriture, végétale comme animal. De ce fait, elle a longtemps été la ressource la plus importante des sociétés dans l'histoire. De tout temps, les différentes civilisations se sont constituées autour des points d'eau : que l'on pense aux Mésopotamiens autour du Tigre et de l'Euphrate, aux Égyptiens le long du Nil ou des Védiques au bord de l'Indus. Elles ont d'ailleurs très vite mis toutes leurs connaissances en oeuvre afin d'établir des systèmes d'irrigation, de transport et d'acheminement, preuve du caractère structurant de cette ressource. Là où elle est abondante, l'eau est souvent vue comme infinie : ne s'arrête-t-elle jamais de couler le long des rivières ? Ne tombe-t-elle pas régulièrement du ciel ? Confiant de cet état de fait, les Hommes l'ont toujours exploitée, souillée, transformée sans ménagement tant qu'elle était disponible. Pourtant,

bien qu'elle ne quitte effectivement jamais le système Terre, elle n'est pas pour autant exempte de risques (pour les humains et de ces derniers sur elle). Comme l'explique Falkenmark et Rockström (2004), elle constitue une arme à double tranchant : elle maintient les êtres vivants et les écosystèmes en vie, mais peut aussi se révéler destructrice lorsqu'elle inonde, érode, salinise ou transporte produits chimiques, polluants et maladies. Sa disponibilité est précieuse et régie par de subtils et fragiles mécanismes que nous mettons chaque jour plus en danger par nos pratiques et gestions modernes. L'élévation des températures la rendra de plus en plus nécessaire pour l'agriculture alors que dans le même temps, les autres effets du changement climatique la fragiliseront d'autant plus. Elle est la clé de voûte de la sécurité alimentaire mondiale et à ce titre constitue une des plus grandes menaces qui pèsent sur celle-ci. Les pénuries d'eau peuvent créer d'énormes bouleversements sociaux comme pour la sécheresse de 1998-2002 au Pakistan dans la province du Baluchistan qui causa l'exode de plus d'un million de personnes (Ahmad et Farooq, 2010).

### *Menaces sur la ressource*

On peut globalement répartir les problèmes liés à l'eau en cinq catégories : augmentation démographique, urbanisation, mauvaise gestion, concurrence des usages et changement climatique. De façon générale, c'est donc la répartition naturelle et l'utilisation humaine des flux d'eau qui influencent l'état de la ressource dans les différentes régions du monde.

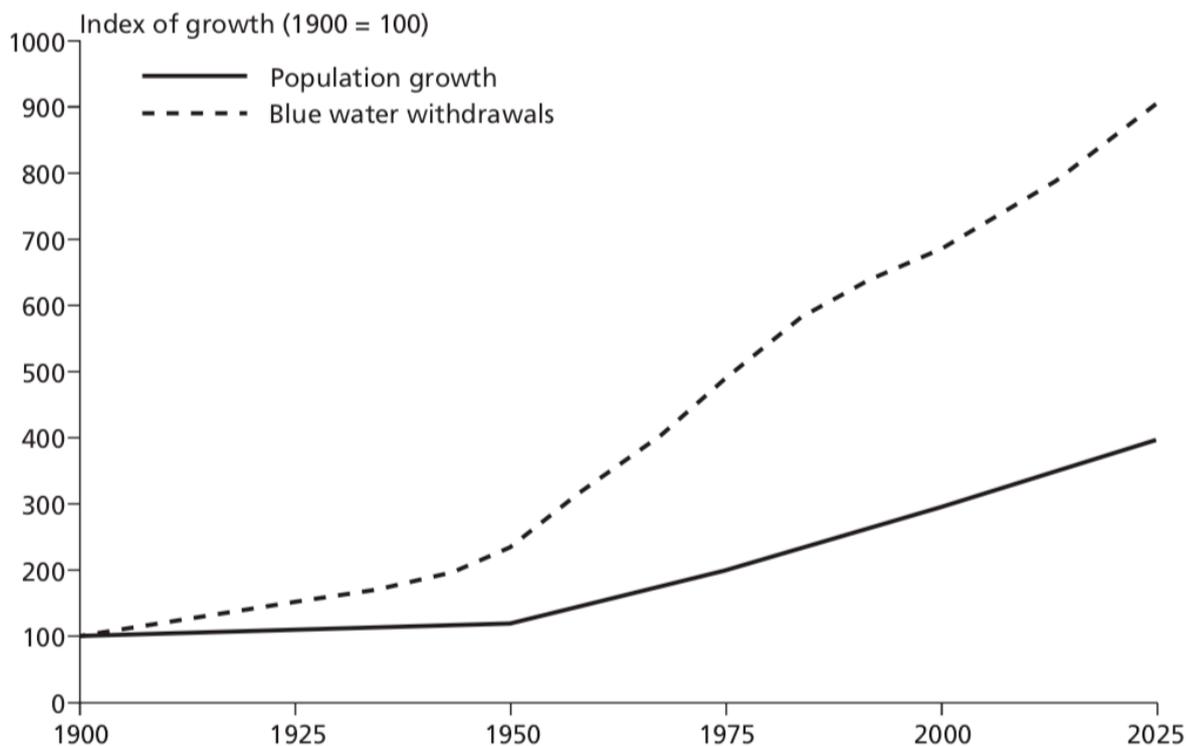
Il convient, en premier lieu, de définir les problèmes de pénuries d'eau avec une terminologie développée par la FAO. Ainsi, lorsque les volumes et la qualité de l'eau dans un lieu donné sont



Nombre de mois en stress hydrique (où la demande surpasse l'offre) par pays pour une année (Mekkonen et Hoekstra, 2016)

insuffisants pour répondre à la demande, on parle de stress hydrique (*Water Stress*). Lorsque l'on parle de la disponibilité de l'eau on utilise le terme de rareté ou pénurie (*Water Scarcity*), que l'on répartit en trois catégories : physique (lorsque les stocks d'eau bleue sont insuffisants par rapport à la demande), infrastructurel (lorsque les stocks bleus sont suffisants, mais les infrastructures inadéquates) et institutionnel (lorsque les institutions ou législations échouent à fournir l'eau de façon adaptée et équitable) (FAO, 2011). Cette distinction est importante puisqu'actuellement plus de 1,2 milliard de personnes subissent des pénuries d'eau chroniques, alors que pour l'Afrique subsaharienne, par exemple, les stocks d'eau bleue sont largement suffisants pour répondre à la demande. On constate donc qu'il s'agit de problèmes institutionnels ou infrastructurels.

L'augmentation de la population mondiale représente un des plus importants enjeux de ce siècle. Dans les pays du Nord (même si elle y est moins importante), elle renforce la pression exercée sur les ressources, le climat et la biodiversité de par le rythme de vie de ses habitants. Dans les pays du Sud, elle multiplie les inégalités, réduit l'accès aux ressources et à un environnement sain pour des populations d'ores et déjà vulnérables. Contrairement à ce que certains auteurs affirment (comme le courant néo-malthusien, défendu par la Fondation Rockefeller durant le 20ème siècle), le problème ne vient pas spécialement du nombre d'humains, mais plutôt de la façon dont ces derniers exploitent, utilisent et répartissent les richesses de la planète. Le graphique ci-dessous l'illustre bien, on constate que depuis les années 50, l'extraction d'eau augmente bien plus vite que la population. Il n'en demeure pas moins que dans un système largement imparfait comme le nôtre, l'ajout de 83 millions de personnes chaque année augmente fortement la demande en eau représentant, de fait, une des premières menaces qui pèsent sur la ressource. Le problème vient spécialement du fait que les croissances les plus fortes surviennent (et surviendront) dans des régions pouvant le plus difficilement fournir des investissements dans l'accès à l'eau. Il faut ajouter à cela que plus de la moitié de l'humanité habite en ville et que ce taux ne va faire qu'augmenter au fil des décennies. Comme nous le verrons, ceci pose de sérieux problèmes, car la vie citadine est très gourmande en eau (activités industrielles pour soutenir le rythme de vie urbain et production d'énergie exacerbée). Une des régions les plus touchées est le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord (en anglais *Middle-East and North Africa - MENA*). Non content d'avoir les plus basses réserves d'eau bleue du monde, la plupart de ces pays souffrent d'un usage et d'une gestion de l'eau inefficace, de sécheresses à répétition, d'eau de surface polluée et d'un cadre politique et légal insuffisant (Al-Saidi *et al.*, 2016). Sur les 22 pays que compte ce groupement, 14 font partie des régions du monde subissant ou



Note: To enable comparison of trends, world population and water withdrawals are set to 100 in year 1900.

Développement relatif de la population et de l'appropriation d'eau bleue durant le siècle (Rockström et Falkenmark, *op. cit.*)

allant subir un stress hydrique important dont 9 (la Palestine, le Qatar, Israël, l'Arabie Saoudite...) un stress critique. Ces régions ont parallèlement une croissance démographique importante (entre 2% et 4% depuis les années 50) qui devrait néanmoins redescendre durant le siècle (ONU, *op. cit.*). L'Afrique Subsaharienne est la région connaissant la plus forte croissance démographique au monde (couplée à une urbanisation croissante) avec des pays comme le Nigéria dont les projections le placent devant les USA en termes de population d'ici 2050. De nombreux paramètres en font des régions subissant des stress hydriques importants : notamment leur forte dépendance à l'eau de pluie (eau verte) pour l'irrigation et le manque d'infrastructure pour collecter cette ressource et l'acheminer où elle est nécessaire. Les nombreux conflits politiques, la mauvaise gestion des stocks d'eau, la corruption et le manque d'implication gouvernementale ne font que renforcer des conditions naturelles et infrastructurelles déjà problématiques (Tatlock, 2006). Contrairement à l'augmentation démographique qui devrait se stabiliser et redescendre d'ici la fin du siècle, l'urbanisation va certainement croître sans interruption avec plus de 60% de la population vivant en zone urbaine d'ici 2030. Nous reviendrons plus en détail sur ce phénomène dans la partie

sur l'épuisement des sols et la destruction de la biodiversité. Nous ne nous concentrerons ici que sur son impact hydrologique en générale.

Pour commencer, la consommation d'eau par personne est souvent plus importante dans les zones urbaines que rurales de par les nombreux services nécessitant cette ressource pour leur fonctionnement (énergie, industries, infrastructures...) et la haute concentration d'habitants (Mcnabb, 2019). Cependant, comme dans beaucoup de domaines, les systèmes urbains sont la plupart du temps mieux optimisés ce qui compense quelque peu cette forte consommation. Ensuite, plusieurs problèmes inhérents à l'urbanisation se retrouvent dans presque toutes les villes du monde (Senn et Spuhler, 2018) : le recouvrement des sols interrompt le cycle hydrologique naturel (devenus imperméables ils empêchent l'infiltration et augmente l'évaporation). Les eaux de surface sont fortement polluées par les activités urbaines et peuvent ensuite se mélanger à l'eau traitée. Les eaux souterraines, principales sources pour de nombreuses localités, sont bien trop intensément vidées ne laissant pas le temps aux stocks de se reconstituer (mécanisme déjà fortement altéré par l'imperméabilité des sols et par la contamination par les polluants). L'eau est souvent gaspillée, car utilisée pour un usage domestique (lessive, vaisselle, douche...) et rarement recyclée, ce processus étant coûteux et complexe. Enfin, les quantités et les méthodes d'acheminement de l'eau touchent tous les écosystèmes aux abords des villes (changement dans les nutriments et sédiments notamment) couplées à la pollution susmentionnée détériorant ces derniers (Sheldon *et al.*, 2019). Au niveau des infrastructures, ces dernières sont extrêmement coûteuses et compliquées à mettre en place, elles sont souvent vieilles posant de nombreux problèmes de fuites dans les canalisations, spécialement dans les pays du Sud. Il est d'ailleurs très compliqué de les maintenir à jour alors que les villes ne s'arrêtent pas de grandir et en nécessitent de plus en plus. Pour recentrer le sujet sur le système alimentaire, toute l'eau drainée en masse pour les zones urbaines l'est au détriment de l'agriculture. Non content de perdre en surface par l'urbanisation et de devoir augmenter leur production, les agriculteurs sont voient rationnés dans l'eau disponible alors que leurs terrains, se situant en région périurbaine, peuvent être contaminés par les eaux polluées des cités.

Il est évident que tous les problèmes explicités précédemment sont exacerbés dans les pays du Sud, ne disposant que de peu de moyens pour gérer leurs infrastructures. L'usage d'eau polluée pour l'agriculture dans ces pays détériore énormément la qualité de la nourriture, sans que les paysans le sachent forcément (Tongesayi et Tongesayi, 2017). Les rapides exodes ruraux se produisant dans ces pays créent en outre des ceintures de bidons-villes pour lesquelles l'eau fraîche n'est que rarement disponible et très faiblement traitée. Le futur est donc considérablement inquiétant pour

ces régions, lorsque l'on sait que 22 des 32 plus grandes villes indiennes et 400 des 669 principales villes chinoises subissent déjà des pénuries d'eau (Fan *et al.*, 2017), que la demande ne va faire qu'augmenter contrairement aux moyens pour la gérer et qu'il faudra faire face aux altérations du changement climatique comme nous allons maintenant le voir.

Les effets potentiels du changement climatique déclenchent et vont déclencher plusieurs problèmes quant à l'approvisionnement en eau en bouleversant le cycle hydrologique. Comme nous l'avons vu dans ce travail, ce phénomène extrêmement complexe produit de nombreux effets de différentes intensités. La principale contrainte provient de l'élévation des températures qui la rendra de plus en plus nécessaire pour l'agriculture alors que simultanément, sa disponibilité et sa qualité sont menacées par les variations climatiques.

Comme énoncé dans la partie sur le changement climatique, l'augmentation des températures amènera une plus grande évaporation, spécialement au-dessus des océans et des terres de moyennes et hautes latitudes en hiver. Cette disparité dans l'humidité de l'air provoquera un changement dans la nature même des précipitations créant des pluies moins fréquentes et plus intenses (ce qui limite sa pénétration dans des sols souvent asséchés) (Trenberth *et al.*, 2003). Ceci pose un certain nombre de problèmes, notamment le fait qu'une agriculture reposant sur l'eau verte serait plus souhaitable pour éviter de vider les stocks d'eau bleue. Sans changement dans la circulation des vents, cette augmentation de l'humidité dans l'air suivra le même schéma qu'actuellement, passant des zones divergentes ou subtropicales vers les zones convergentes ou tropicales, renforçant les tendances : les zones arides deviendront plus arides et les zones humides plus humides (Chou *et al.*, 2009). Le changement de la neige à la pluie pendant le début et la fin des périodes hivernales, de par l'augmentation des températures, provoquera une fonte plus rapide ce qui diminuera fortement l'humidité du sol durant l'été amenant son lot de sécheresse et de vagues de chaleur (Trenberth, 2011).

Un autre phénomène impacté sera l'interaction entre l'eau de surface et les eaux souterraines. Durant les périodes de pluies, la première recharge la seconde par écoulement alors que pendant les périodes de sécheresse les eaux souterraines servent de réservoirs pour alimenter la surface. Ces poches d'eau sont déjà fortement menacées par l'activité anthropique et le changement climatique (dans le bassin du Guadiana en Espagne, par exemple, sous cet effet combinatoire, l'humidité des sols pourrait baisser de 20%, la recharge des bassins souterrains de 50% et l'intensité des échanges entre les deux de 60% [Spriza-Azuri *et al.*, 2015]). À cause de la variabilité des précipitations, on

risque d'observer des variations dans l'échange entre les deux milieux réduisant fortement l'apport des eaux souterraines à la surface durant l'année (Saha *et al.*, 2017).

La qualité de l'eau pourrait aussi être touchée comme l'explique Whitehead *et al.* (2009) : la chaleur et l'instabilité des pluies affectant les cours d'eau et de ce fait la mobilité et la dilution des contaminants. De plus, l'augmentation de la température de l'eau provoque des changements chimiques perturbant l'équilibre biologique des écosystèmes. Couplé à cela, un plus grand débit des rivières dégagera plus de sédiments qui seront transférés dans les lacs altérant la qualité de ceux-ci. Dans les cas contraires, la plus faible vitesse de l'eau fera stagner l'eau plus longtemps ce qui permettra le développement rapide d'algues toxiques et réduira la dissolution de l'oxygène (nécessaire pour être absorbée par les organismes aquatiques). Les cours d'eau en amont pourraient subir une augmentation de leur teneur en carbone organique dissous, nécessitant de gros traitements par centrale d'épuration pour éviter qu'ils ne contaminent les réseaux urbains. Enfin, les fortes précipitations survenant à la fin des périodes de sécheresse arracheront des nutriments (azote et phosphore) des zones urbaines et rurales provoquant des phénomènes d'eutrophisation (l'accumulation de ces éléments chauffés par le soleil déséquilibre les milieux aquatiques jusqu'à provoquer la mort de l'écosystème).

Pour des pays ayant des grandes diversités de zones humides comme l'Australie ou certaines régions africaines, la baisse des précipitations et l'augmentation des températures réduiront fortement leur nombre. Ainsi, dans les emplacements de plus hautes altitudes, contenant des poches permanentes d'eau saline, la baisse des niveaux piézométriques (limite entre nappe phréatique et zone non saturée) pourrait déplacer l'eau salée en contre-bas détruisant les écosystèmes et l'eau potable des populations (Nielsen et Brock, 2009). Pour les zones côtières, l'élévation du niveau de la mer risque d'entraîner une salinisation des eaux souterraines les rendant impropre à l'utilisation et à la consommation (Colombani *et al.*, 2016). Finalement, l'augmentation de l'irrigation pour l'agriculture (à cause de l'élévation des températures) dans les zones semi-arides, sans un drainage approprié, provoquerait, quant à elle, une salinisation secondaire très néfaste pour les cultures (Zhou *et al.*, 2013).

Les besoins en eau ne vont faire qu'augmenter avec la croissance démographique et l'augmentation des températures. Selon certains auteurs, pour nourrir la population de 2050, nous aurons besoin de 12'400 km<sup>3</sup> d'eau face aux 6800 km<sup>3</sup> utilisés aujourd'hui, ce qui laissera un manque d'environ 3300 km<sup>3</sup> même si de meilleures performances d'irrigation, d'utilisation, de gestion et un passage à une agriculture irriguée de façon naturelle sont opérés (Molden, 2007, Molden *et al.*, 2010, Hanjra

et Qureshi, 2010...). Pour ne rien faciliter, le changement climatique, la surexploitation, la compétition entre les usages et les modes de vie moderne accroissent d'autant plus la pression sur cette ressource alors que plus d'un milliard d'individus en subissent déjà la pénurie.

## **Énergie**

Comme le disait Albert Einstein : « *Tout est énergie, et c'est là tout ce qu'il y a à comprendre dans la vie* ». En effet, l'énergie c'est la vie, mais c'est aussi le mouvement, les transformations, les évolutions, les destructions ; en bref, c'est le moteur qui a permis à l'Univers d'exister. Sur Terre, c'est grâce à l'apport énergétique du Soleil que la planète a pu se développer comme elle l'a fait. Toutes les autres sources d'énergie en découlent, que l'on pense au vent, à l'eau, au pétrole, au charbon ou au gaz, résultats de processus chimiques, physiques ou géologiques. Selon le second principe de Thermodynamique, le rythme effréné avec lequel nous captions et utilisons les flux d'énergie depuis deux siècles entraîne non seulement la disparition des ressources sur Terre mais l'approche de façon plus rapide et inexorable vers son état de mort énergétique (ou équilibre thermodynamique) par le mécanisme d'entropie. Comme nous allons le voir, cette énergie est évidemment vitale pour tout type d'alimentation, or en passant d'une source renouvelable (le Soleil) à des sources non renouvelable (énergie fossile), on a rendu le système alimentaire extrêmement fragile et mis ce dernier dans une situation périlleuse. Nous allons principalement nous concentrer sur le pétrole, même si le charbon a suivi un développement très proche avant lui et possède des caractéristiques similaires. À noter que cette partie sera sensiblement plus longue que les autres, car l'imbrication de l'or noir dans toutes les strates de notre société et de notre système alimentaire en fait un sujet extrêmement complexe aux nombreuses implications.

### *Puissance du pétrole*

Historiquement le pétrole devança rapidement le charbon en temps que ressource énergétique (sans pour autant se substituer à ce dernier, mais on s'y ajoutant) dès la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, époque à laquelle les premiers moteurs à combustion furent développés. L'avantage du premier sur le second était considérable : là où le charbon est une énergie domestique (très difficilement exportable), le pétrole se stocke et se marchande facilement dans de grands barils de métal. Les quantités extraites étaient largement supérieures à ce que pouvaient apporter les mines de charbon.

L'approvisionnement des véhicules constitue aussi un atout fondamental : il est très complexe d'amener du charbon sur des bateaux à vapeur et ce processus les laissait vulnérables aux attaques. Enfin, le pouvoir calorifique du pétrole (mégajoules produites par kilo consommé) lui est deux à trois fois supérieur. « L'or noir » était ainsi devenu la ressource la plus essentielle du monde moderne et la source principale de toutes ses croissances dès le début du 20<sup>ème</sup> siècle.

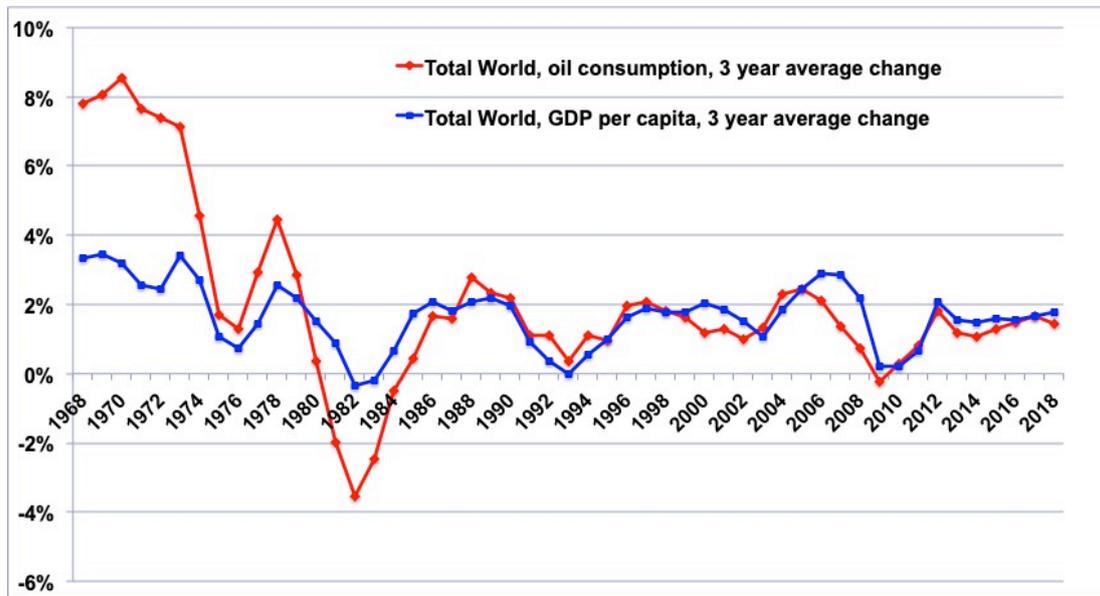
Cette source d'énergie fossile, bon marché et abondante a permis de démultiplier la puissance humaine de façon totalement disproportionnée. À titre d'exemple, et selon Jean-Marc Jancovici (2013), si l'on comptabilise l'énergie mécanique humaine nécessaire (en Watt) pour effectuer les tâches qui nous semblent aujourd'hui banales, on se rend rapidement compte du pouvoir que nous procure cette quantité énorme d'énergie. Ainsi, un simple mixeur de cuisine équivaut l'énergie de quatre cyclistes pédalant à pleine puissance (400 W). Il faudrait environ 600 paires de jambes pour fournir le travail d'un tracteur (60 kW), 4'000 pour celui d'un camion (400 kW), 10'000 paires de bras pour celui d'un tractopelle (100 kW) et plus de 10'000'000 pour un laminoire industriel (100 MW). En termes de coûts, un ouvrier sur un chantier qui déblaie 6 m<sup>3</sup> de terre en quelques heures (ce qui correspond déjà à un travail long et ardu), aura une puissance moyenne de 0.05 kWh, soit environ 10kWh par an. En admettant qu'il soit payé au SMIC français (environ 1500 € par mois), on arrive à un prix de 2000€ pour un kWh, l'équivalent en puissance d'un décilitre d'essence, dont le prix se situe autour d'1,5 € le litre, soit 40 centimes le kWh. Et si l'on compare ceci à la puissance des énergies renouvelables, même perfectionnées avec les techniques d'aujourd'hui, le gouffre est tout aussi gigantesque : une éolienne alimentée par 10 m<sup>3</sup> d'air, poussée à 80km/h (soit d'excellentes conditions) produit la même énergie que... trois millilitres d'essence<sup>2</sup> (que l'on peut transporter, entreposer et injecter selon le besoin *a contrario* du vent). Sans compter que sans la puissance du fossile, il devient extrêmement compliqué de les fabriquer ce qui n'en fait évidemment pas la solution miracle.

Ces différents calculs amènent l'ingénieur à estimer que pour soutenir le rythme de vie d'un français moyen (c'est à dire, l'équivalent en énergie de tout ce qu'il consomme, transport, nourriture, logement, infrastructures, etc.) il faudrait l'équivalent-humain de plus de 400 esclaves (*ibid.*). Ce constat est évidemment plus faible pour les pays africains, mais demeure extrêmement important spécialement si la transition vers un modèle de vie occidentale se poursuit. Ainsi, comme d'autres avant nous dans l'histoire, notre civilisation moderne s'est construite grâce à

---

<sup>2</sup> A noter que la production de pétrole dans le monde atteignait environ 5 mille milliard de litres en 2017 (IEA, 2020)

l'asservissement, non plus des hommes (du moins en partie), mais des machines qui nous ont permis d'atteindre le niveau que nous connaissons. Si l'on observe la courbe du PIB mondial depuis la révolution industrielle, elle colle presque parfaitement (à quelques exceptions explicables) à la consommation d'énergie mondiale et de pétrole en particulier (puisque ce dernier alimente



Consommation mondiale de pétrole et PIB, de 1968 à 2018). (Jancovici, 2011, actualisé en 2019)

notamment 98% des transports dont l'économie dépend entièrement) comme le schéma ci-dessus le montre clairement pour la période 1968-2018.

Au-delà de sa puissance en tant que carburant, il est important de noter que le pétrole possède des caractéristiques chimiques prodigieuses. Il est le socle de nombreux produits fabriqués dans le monde dont les médicaments, les cosmétiques, les engrais (comme nous allons le voir), les solvants et détergents ainsi que du plastique et de tous ses dérivés (nylon, polyester, résine, etc.).

On peut ajouter ici tout le reste de la production d'électricité qu'il soit nucléaire (dès les années 1970), au gaz naturel (dès les années 1960) ou hydraulique (fin du 19ème siècle) et qui ont tous une part importante dans la consommation d'énergie actuelle et se sont additionné au charbon et au pétrole. Bien que le nucléaire (plus de 100 ans de réserve) et l'eau (plus ou moins renouvelable) subissent une pression moins forte, leur exploitation est entièrement liée à l'emploi d'énergies fossiles (et ne sont pas exempts de lourdes conséquences sur l'environnement). Sans ces dernières,

les gigantesques barrages et centrales à fission ne pourraient que difficilement voir le jour (que l'on pense à l'extraction des matériaux ou à la construction et maintenance des infrastructures).

L'impact des énergies fossiles sur nos sociétés a été l'un des points les plus fondamentaux de l'histoire humaine. Lorsque certains auteurs considèrent que nous sommes entrés dans l'ère de l'anthropocène, que l'humanité est devenue la première force géophysique de la planète, c'est exclusivement grâce à l'emploi massif des énergies fossiles. Que ce soit les quantités gigantesques de matières premières extraites, l'industrialisation, la croissance sans précédent des villes, la fabrication mondiale de produits de toutes sortes, la déforestation des pays du Sud, la circulation ininterrompue de biens et de personnes dans le monde, l'avènement des nouvelles technologies, mais aussi les concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et tous les effets qui y sont associés : toutes sont le fait des énergies abondantes dont nous avons pu disposer. Les quantités aujourd'hui extraites et consommées ont de quoi donner le tournis : une économie comme la France utilise 3'600 litres de pétrole chaque seconde, la consommation de charbon a doublé depuis trente ans et l'extraction de pétrole avoisine les 100 millions de barils par jour (Jarrige et Vrignon, 2020). Cette croissance exponentielle s'est surtout faite sur un temps extrêmement court à l'échelle humaine et infinitésimale à l'échelle de la planète (et de la constitution des réserves d'énergie fossile)

Maintenant que la béquille sur laquelle repose notre civilisation moderne a été précisée, il est temps de s'attarder sur son impact sur le système alimentaire pour constater que là aussi, la dépendance au pétrole est indéniable et qu'elle structure la façon dont nous nous nourrissons depuis deux siècles.

### *Alimentation et énergie*

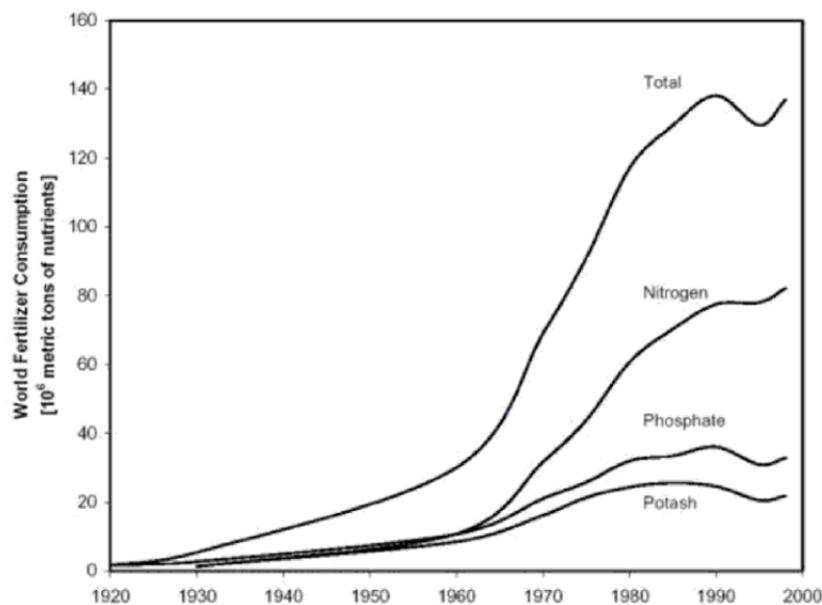
Depuis le 17<sup>ème</sup> siècle, l'exode rural qui commença en Angleterre s'est progressivement répandu dans tous les pays. Notre monde qui était alors principalement paysan et agricole est devenu entièrement urbain : de 220 millions au début du 20<sup>ème</sup> siècle (environ 15% de la population), la population des villes est passée à 3,3 milliards en 2009 (soit près de 50% de la population) (Hervieu et Purseigle, 2009). Ce constat est évidemment plus prononcé dans les pays du Nord : au début des années 2000 les agriculteurs ne représentaient qu'un pour cent de la population américaine (contre 50% en 1870) (USDA, 2020 ). En France ils composaient 67% de la population en 1700 et sont aujourd'hui moins d'un pour cent (Molinier, 1977; Ministère de l'Agriculture et de l'Environnement, 2012). Pourtant, la production agricole n'a cessé de croître pendant ce temps. De ce fait l'équation semble assez simple : ce sont les techniques qui ont progressé et donc l'énergie

qui y est associée impliquant que ce secteur est aussi consommateur que le reste de la société (alors qu'il était en autonomie énergétique quelques siècles plus tôt). Mais cette dépendance ne s'arrête plus seulement à la production de nourriture, mais aussi à sa transformation et à sa distribution, époque moderne oblige. En termes de rendement énergétique, le système alimentaire est extrêmement mauvais. Son TRE (Taux de Retour Energétique, soit l'énergie dépensée pour énergie retirée) aux États-Unis était de 0.14 en 2003 ce qui veut dire qu'il fallait injecter 7.3 calories d'énergie fossile pour obtenir 1 calorie alimentaire (Heller *et al.*, 2003). Au Danemark, en 2013, il était de 0.25, soit 4 calories fossiles pour 1 alimentaire (Markussen et Østergård, 2013). Ceci s'explique principalement par le fait qu'il ne suffit plus maintenant de produire et de vendre au marché, mais qu'il faut aussi fabriquer les engrais, traiter et transformer la nourriture, la transporter et la vendre dans les grandes surfaces. Mais tout ce processus, même si déficitaire sur le plan de l'énergie, n'est possible que par l'abondance et les prix artificiellement bas des ressources fossiles. Lorsque ces dernières seront plus rares (et ce n'est qu'une question de temps comme nous allons le voir), le système alimentaire mondiale sera mis sous une pression encore jamais connue.

## Production

La production de nourriture est aujourd'hui dirigée par deux facteurs : les engrais chimiques pour faire pousser et les machines agricoles pour semer et récolter. Cette première étape ne représente que 20% à 30% de la consommation d'énergie du cycle total, de la terre à l'assiette (Heller *et al.*, *op. cit.*).

La production d'engrais est la plus grosse part de l'impact énergétique de cette étape. Les fertilisants les plus communément utilisés sont d'origine minérale, il s'agit du potassium, du phosphore et de l'azote (et de leurs nombreux mélanges) tous essentiels à la croissance des plantes et contenus dans les sols. Les deux premiers sont extraits dans les mines, alors que le troisième est fabriqué en usine grâce à de grandes quantités de gaz naturel. Comme nous l'avons vu, l'agriculture intensive (et mécanisée) a connu une explosion dans la période d'après-guerre notamment pour soutenir la reconstruction. Ces différents engrais, bien qu'employés depuis l'antiquité sous formes



Consommation d'engrais dans le monde de 1920 à 2000 (Gellings, *op. cit.*)

naturelles (souvent des déjections animales), suivirent le même chemin. Leur impact négatif sur l'environnement (notamment l'eutrophisation des milieux aquatiques et l'infertilité des sols) a depuis été démontré, que ce soit par leur utilisation (Emmanuel *et al.*, 2016) ou leur fabrication (De Vries *et al.*, 2012). Les engrais azotés sont les plus énergivores, notamment lors de la production d'ammoniac qui nécessite de grandes quantités de gaz, mais ont un impact énorme sur le rendement

des champs : aux Etats-Unis, ils sont responsables de 30% de la productivité agricole (Gellings, 2009). Concernant le phosphore, le risque d'épuisement est très inquiétant et constitue une des limites planétaires bientôt dépassées (Rockström *et al.*, 2009), ce qui est spécialement problématique puisqu'il représente un élément indispensable à la vie végétale (Ashley *et al.*, 2011). De façon générale et sur l'ensemble de leur cycle de vie, les fertilisants classiques nécessitent entre 60 et 75 litres d'essence équivalents (converti en essence si d'autres sources d'énergie ont été utilisées) par kilos produits (Hasler *et al.*, 2015). Selon la Banque mondiale, la moyenne mondiale se situe autour des 140 kilos par hectare cultivé (Banque mondiale, 2016) si bien qu'en 2016, la FAO (2017) estimait que l'utilisation mondiale d'engrais dépassait les 186 millions de tonnes annuelles. L'agriculture biologique ne représentant que 24 millions d'hectares en 2005 (François *et al.*, 2005) sur les 1,6 milliard cultivés (FAO, 2015) elle reste encore très marginale (même si elle est de plus en plus pratiquée, notamment en Europe). De plus, les engrais organiques représentent aussi un grand coût énergétique s'ils ne sont pas fabriqués sur le lieu de production : étant moins efficaces que leur version chimique, de plus grandes quantités sont nécessaires et doivent pour cela être fabriquées et transportées jusqu'au champ (Gellings, *op. cit.*).

La partie mécanique de la production est aussi consommatrice d'énergie, même si elle reste très faible en comparaison du reste du système (2.8% de la consommation d'énergie en France en 2012 (Insee, 2013)), elle en est néanmoins toute aussi dépendante (80% provenant des énergies fossiles (*ibid.*)). Il est important de préciser qu'avant la mécanisation de l'agriculture, les fermes étaient énergétiquement autosuffisantes : une partie de la production servant à nourrir les hommes et les bêtes ce qui lui garantissait une durabilité bien plus importante. Les besoins en énergies fossiles sont donc passés de 0% à 100% en quelques décennies. Les machines ont cependant quatre grands avantages sur les animaux de traits : ils sont plus puissants (un tracteur possédant la force d'environ 60 chevaux), plus efficaces (ils possèdent un meilleur rendement énergétique), ne doivent être approvisionnés que lorsqu'ils sont utilisés (*a contrario* des animaux qui doivent être constamment nourris) et peuvent être facilement réparés et changés. Cette partie reste donc négligeable (en termes de ratio entre les bénéfices obtenus et la consommation) tout en restant extrêmement fragile (on peut penser à l'impact dévastateur de la hausse du prix du carburant de 1973 sur les paysans (Adams *et al.*, 1977)).

On peut aussi mentionner les serres chauffées, largement utilisée dans l'agriculture pour faire pousser des fruits et légumes hors climat et hors-saison. Ce type de culture est la plus consommatrice (Taki *et al.*, 2016) ; la majorité de l'énergie utilisée servant à maintenir la structure à

une température donnée (Djevic et Dimitrijevic, 2009) et est d'origine électrique (donc directement ou indirectement fossile).

Enfin, il est intéressant de rappeler que l'eau, essentielle à l'alimentation, entretient elle aussi un rapport très fort avec l'énergie. D'énormes quantités d'eau sont nécessaires pour miner, forer, raffiner et générer de l'électricité (premier secteur d'utilisation d'eau aux Etats-Unis) et dans le même temps, de grandes quantités d'énergie sont nécessaires pour pomper, transporter, traiter et distribuer l'eau (Hussey et Pittock, 2012).

### *Transport*

Le transport d'aliments représente un des postes les plus importants et les plus problématiques (nous reviendrons sur cette affirmation dans la partie suivante) du système alimentaire en termes d'énergie. Depuis les années 1950, la répartition des carburants utilisés pour le transport n'a guère évolué avec l'essence en tête qui représente plus de 90% de l'apport énergétique (Moriarty et Honnery, 2016). La route représente le moyen privilégié (70%), suivi des transports aériens (11%) et des bateaux (9.5%), le rail qui était la part modale la plus importante durant l'ère du charbon est aujourd'hui extrêmement minoritaire (1.5%), preuve s'il en faut de la suprématie du pétrole pour ce type d'usages (*ibid.*), si bien que le transport représentait 23% des émissions de CO2 en 2010 et 51% de la consommation mondiale de pétrole (dont 55% pour le déplacement de marchandises) (Sims *et al.*, 2014).

Le transport d'aliments a subi deux profondes mutations durant le siècle qui ont provoqué une forte intensification des échanges (ces derniers ayant presque triplé depuis les années 1970 (*ibid.*)) et donc de l'énergie consommée : la délocalisation de la production (ainsi que la spécialisation et division des processus) et l'apparition des véhicules réfrigérés. La première est apparue avec la mondialisation ; il est maintenant possible de produire et de transformer dans les zones où le coût est le plus bas ou les conditions les meilleures (ce qui revient souvent au même), ainsi de par le prix et l'abondance du carburant, la nourriture voyage des distances phénoménales avant d'arriver dans l'assiette des consommateurs. Le concept de *food miles* né aux Royaumes-Unis (puisque dans ce pays, par exemple, 50% des légumes et 95% des fruits proviennent de l'importation (Kemp *et al.*, 2010)) est le plus utilisé pour considérer ces distances par les chercheurs. De ce fait, il est souvent établi qu'un aliment parcourt en moyenne entre 2'000 et 2'400 km avant d'arriver dans l'assiette, par avion, bateau et camion (Schnell, 2013).

En plus des longues distances séparant le lieu de production et celui de consommation, il faut ajouter toutes les étapes intermédiaires : l'acheminement des matériaux aux zones de cultures puis la production aux usines de transformation et de conservation pour ensuite se diriger dans d'énormes dépôts desquels ils sont déplacés vers les grandes surfaces (ou les restaurants) et finalement transportés dans les foyers par les consommateurs. Ainsi, dans les années 1990 déjà, on estimait qu'un produit était en moyenne passé par 35 lieux différents avant d'être consommé (Scott Kantor *et al.*, 1997). Pour des raisons économiques, la logique de la délocalisation et de la spécialisation est parfois poussée à l'extrême (voire au ridicule) dans un seul but de rentabilité : un documentaire produit par Arte retraçait le chemin parcouru par des crevettes grises jusqu'à l'assiette. On découvre ainsi que ces dernières, dans un délai de 13 jours, sont pêchées en mer du Nord, acheminées en Allemagne puis transportées dans différents pays où la main d'oeuvre est bon marché pour être décortiquées (notamment le Maroc) pour ensuite repartir vers... les supermarchés allemands, 7000km plus tard (Arte, 2015).

La seconde évolution, soit la possibilité de conserver les aliments pendant le transport apparaît dès la fin du 19ème siècle avec les bateaux et se prolonge aujourd'hui avec les camions et avions réfrigérés. Cette avancée a permis l'exportation d'aliments frais (fruits, légumes, viandes, poissons...) sur de longues distances, là où ils devaient précédemment être consommés localement accentuant d'autant plus la consommation d'énergie. Selon certaines études, il est estimé que ce secteur aura une croissance de 2,5% par année jusqu'en 2030 au moins (Li *et al.*, 2015). Ce type de transport est extrêmement énergivore, tant par le fonctionnement du réfrigérateur que par la puissance supplémentaire nécessaire à son déplacement (les installations réfrigérantes étant très lourdes). En couplant les deux, on estime qu'ils sont responsables de 65% à 86% de la consommation d'énergie de ce type de transport, et qu'ils nécessitent environ trois fois plus d'énergie qu'un camion traditionnel (Wu *et al.*, 2013).

### *Transformation, conditionnement et stockage*

Comme pour les étapes précédentes, l'industrie alimentaire de la transformation et du conditionnement connaît une prodigieuse croissance dès les années 1950, avec l'apparition des grandes surfaces de vente et le développement d'industries et de processus chimiques de plus en plus sophistiqués (Luzi, 2009).

La quasi-totalité des aliments que nous consommons aujourd'hui est transformée d'une façon ou d'une autre : que l'on pense à la viande découpée et affinée, au pain ou aux lasagnes surgelées, tous ont été manipulés une ou plusieurs fois, à l'exception notable des fruits, légumes et poissons qui sont souvent vendus sous leur forme brute (Barbier *et al.*, 2019). Cependant, même ces derniers doivent être conservés, par emballage plastique ou réfrigération (parfois les deux) avant d'arriver sur les étals. On comprend donc l'importance de ces deux étapes du système alimentaire, forcément corrélées à une plus ou moins grande consommation d'énergie. Comme le note Muller *et al.* (2007), ce n'est pas tant la nature des processus, mais la taille de l'agro-industrie qui la rend très énergivore, la plaçant, aux États-Unis, comme le 5ème secteur industriel le plus consommateur (5% de la demande nationale) derrière la chimie, la métallurgie et la papeterie. Au sein de l'industrie, Barbier *et al.* (*op. cit.*, p.13) ont constaté que : « *Les produits qui ont des facteurs de consommation d'énergie et d'émissions les plus élevées à la tonne produite par ordre décroissant sont les pommes de terre transformées (1305 gCO2/t), les boissons alcooliques distillées (655 gCO2/t), les plats préparés (396 gCO2/t), le sucre, la fabrication de cacao, chocolat, produits de la confiserie, thé et café, le beurre et le fromage* ». Selon les aliments, ces deux étapes peuvent donc avoir une plus ou moins grande importance : pour le ketchup, par exemple, la transformation et l'emballage nécessitent respectivement 7.22 et 6.63 Mégajoules par tonne alors que le transport une seule Mégajoule (Andersson et Ohlsson, 1999). Pour la bière, la fabrication de bouteille utilise 85% de l'énergie primaire contre 6.1% pour sa production et 3.9% pour son transport (Koroneos *et al.*, 2005). Enfin, pour le pain, la cuisson est le poste le plus important avec 65% de la demande en énergie, 15% pour la mouture de la farine et 8% pour le transport (Braschkat *et al.*, 2003).

On pourrait ajouter à cela l'énergie consommée par les grandes surfaces, les ménages et la restauration pour conserver et cuisiner les aliments. Dans un supermarché, plus de 60% de l'énergie est destinée aux systèmes de réfrigération, ainsi ils consomment en moyenne deux fois plus d'énergie qu'un commerce classique (Braun *et al.*, 2014). Dans les habitations les diverses installations destinées à la cuisine utilisaient, en 2003 aux États-Unis, autant d'énergie que la production et les transports alimentaires combinés (Heller et Keoleian, *op. cit.*). En Angleterre, la restauration représente 13% de la consommation électrique des bâtiments (hors habitations), dont 68% uniquement destinée à la réfrigération et à la cuisine (Tassou *et al.*, 2014).

Comme nous l'avons vu, l'alimentation d'aujourd'hui est intrinsèquement liée à l'énergie. Que ce soit pour des parties essentielles du processus (production, conservation, préparation) ou aberrantes

(transport d'aliments à travers le monde), chaque étape ne pourrait fonctionner sans un apport énergétique fossile. Cette situation de dépendance accrue rend l'intégralité du système alimentaire extrêmement fragile et constitue un risque énorme pour la sécurité alimentaire. Dès lors, nous allons maintenant nous concentrer sur les menaces et les problématiques liées à ces ressources, devenues vitales pour nos sociétés.

### *Fragilité du fossile*

Nous avons pu constater la puissance de cette nouvelle source d'énergie, la rapidité avec laquelle elle a transformé nos sociétés et notre alimentation et la façon dont elle s'est imbriquée dans tous les processus modernes. Comme pour tout, ces apports ont bien évidemment un coût très élevé que nous n'avons pour l'instant pas payé et qui se révélera extrêmement mortifère pour nous et pour les générations futures.

Lorsque vous possédez un sac de grains duquel vous puisez tous les jours pour fabriquer de la farine, mais que vous ne pouvez jamais remplir, arrive un moment où le sac est vide. Que vous preniez chaque jour un grain ou dix, que votre ponction soit constante ou croissante, le résultat sera inévitablement le même. Cette constatation tombe sous le sens, et est évidemment valable pour le pétrole (qui nécessite plusieurs centaines de millions d'années pour être reconstitué, bien plus que l'humanité a vécu ou selon toute probabilité ne vivra). On peut ici revenir à Jevons, qui à l'époque déjà, était extrêmement inquiet quant à la croissance effrénée de l'Angleterre. Comme l'explique Pierre Charbonnier (2020, p.37) : « *Jevons donne sans doute pour la première fois un équivalent spatial du dépassement de budget énergétique dont l'Angleterre est responsable à travers la nouvelle allure métabolique qu'elle est en train d'adopter. Jevons montre que l'Angleterre se trouve en porte à faux par rapport à la capacité de charge de son espace intérieur et que si le nouveau régime de croissance extensive n'est pas à proprement parler une illusion, c'en serait une de penser qu'il n'existe pas de facture énergétique pour l'abondance fossile. En somme, une fois le charbon épuisé ou rendu commercialement non viable, l'Angleterre ne pourra jamais entretenir cette croissance sur ses ressources propres. Un problème d'échelle se pose à la civilisation industrielle.* »

Dès lors, comment expliquer que cet état de fait (pourtant parfaitement logique, simple et intuitif) ne semble que peu inquiéter notre civilisation qui ponctionne toujours plus d'années en année ?

Lorsqu'on parle de pic pétrolier (soit l'instant où l'on a atteint le maximum des extractions et qu'elles ne peuvent plus que décroître), on est souvent renvoyé aux alertes lancées depuis les années 1970 qui ne se seraient jamais réalisées, le nombre de barils produits continuant chaque année à être plus important. Les différentes dates annoncées étant sans cesse repoussées, alors que le pic pétrolier est pourtant théorisé dès les années 1950 par le géologue Marion King Hubbert (Deffeyes, 2005), on pourrait avoir l'impression que nous en disposerons de quantités suffisantes pour les décennies voire les siècles à venir (ne dit-on pas depuis 40 ans qu'il reste 40 ans de pétrole ?).

Une des premières erreurs, couramment commise, lorsqu'on parle de pétrole, c'est de le considérer sous forme de réserves (soit de quantité techniquement exploitable *a contrario* de la « ressource » qui englobe la quantité totale). On quantifie trop fréquemment cette matière comme des poches, chacune contenant un certain nombre de litres exploitable, qu'il suffit d'additionner pour déterminer les réserves mondiales. Malheureusement, la réalité est bien différente, car pour en extraire, on a besoin de machines et donc d'énergie. Or, plus le puits se vide, plus l'énergie nécessaire à l'extraction devient importante. De ce fait, il faut plutôt recourir à une simple équation mathématique de rendement, déjà évoquée précédemment, le Taux de Retour Énergétique (TRE ou ERROI en anglais). Alors que ce dernier était de 100:1 (il fallait un baril de pétrole pour en extraire 100) aux États-Unis dans les années 1930, il est passé à 30:1 dans les années 1970 et à 11-18:1 dans les années 2000 (20:1 dans le monde), si bien que même avec une consommation linéaire, dans quelques décennies, le ratio tombera inévitablement à 2:1 voire 1:1 (Gagnon *et al.*, 2009). Ainsi, même s'il reste des réserves dans les puits, elles ne seront tout simplement pas accessibles ce qui réduit grandement les fameux stocks de pétroles encore existants. Il faut ajouter qu'avant d'arriver à un tel taux, l'extraction ne sera déjà plus rentable économiquement. Ceci pose un sérieux problème puisque la réelle puissance du pétrole provient notamment de son abondance plus que de son efficacité (rappelons ici qu'un moteur classique n'a un rendement que de 35%, soit que 65% de l'essence est perdu sous forme de chaleur dispersée plutôt que transformée en force mécanique). Un pétrole extrêmement coûteux ne serait ainsi plus du tout aussi utile qu'actuellement ce qui réduit d'autant plus les réserves disponibles. Les différentes avancées techniques ont permis de repousser quelque peu l'inévitable, en rendant les machines moins consommatrices et plus efficaces, mais trouveront elles aussi leurs limites.

Un autre problème majeur provient du fait que ce que l'on sait sur les réserves encore disponibles est fourni par les pays les détenant et les organisations pétrolières. Ainsi, les données publiques proviennent d'études, menées par le Oil and Gas Journal (OGJ), le World Oil magazine (WO) et le

Secretariat de l'Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole (OPEC) et semblent beaucoup trop optimistes face aux études indépendantes (Haider, 2000). Elles se fondent sur ce que leur fournissent les États producteurs sans en questionner la véracité, jugeant ce domaine trop sensible d'un point de vue politique. De ce fait, les données publiées par l'OPEC n'ont à ce jour jamais pu être vérifiées par un organe indépendant, bien que considérées par de nombreux auteurs comme erronées et sont toujours incluses dans publications publiques (Simmons, 2007). On comprend aisément que les pays exportateurs n'ont aucun intérêt à présenter un tableau trop sombre et

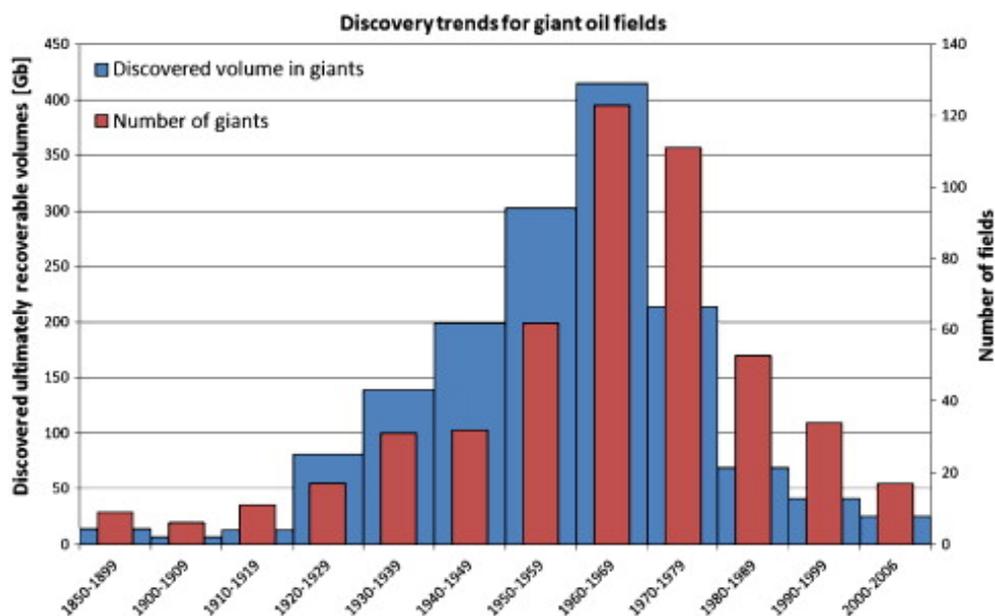
	OGJ Jan 2009	WO Year end 2007	IEA WEO 2008	BPSR June 2009	Independent authors
Billion barrels (Gb)	1342 <sup>b</sup>	1184 <sup>c</sup>	1241	1258 <sup>d</sup>	903

Réserves prouvées de pétrole dans le monde selon différentes sources (Owen *et al.*, 2010)

préfèrent surévaluer ce qu'il leur reste pour préserver les investissements.

La découverte de nouveaux gisements provoque aussi beaucoup d'incertitude, ces derniers s'ajoutant aux réserves existantes et compensant en partie l'extraction effrénée. On entretient ainsi l'idée que de nombreux nouveaux stocks sont encore à découvrir ce qui repousserait pendant longtemps encore la fin du pétrole. Malheureusement, même s'il est vrai que tous les gisements n'ont pas forcément encore été prospectés, les géants (*giant oil fields*), eux sont en nette décroissance depuis la fin des années 1970 (comme on peut le constater sur le graphique ci-dessous). Ces derniers se définissent comme possédant des réserves exploitables supérieures à 0.5 milliard de barils et un taux de production de plus de 100'000 barils par jour. Alors qu'ils ne représentent que 1% des champs de pétrole, ils assurent plus de 65% de la production mondiale (Robelius, 2007).

En outre, ces énormes gisements se vident proportionnellement beaucoup plus lentement (car plus difficilement) que les petits, leur nette décroissance annonce donc une tendance pour l'ensemble de la production (Höök, 2009). Il reste cependant une dernière zone épargnée par les extractions massives : l'océan Arctique, riche en pétrole et en gaz naturel et en partie déjà grignoté par les États-Unis (Houseknecht et Bird, 2006). Selon certains instituts 30% des réserves de gaz naturel et 13% des réserves de pétrole mondiales non découverte seraient emprisonnées en mer et dans le



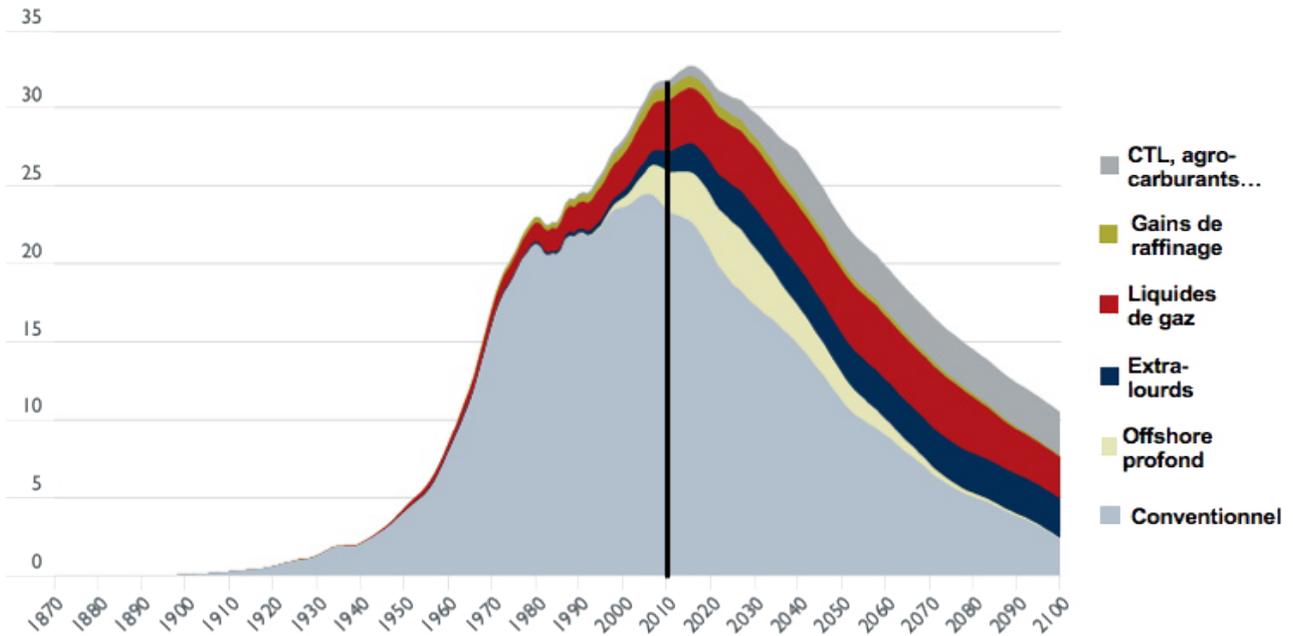
Découverte de nouveau gisements géants de pétrole de 1850-2006 (Höök *et al.*, 2009)

continent (Gautier *et al.*, 2009). Au vu de la catastrophe écologique qui touche déjà cette partie du globe par le réchauffement des températures et des nombreux risques futurs la concernant, on espère que les différentes nations s'abstiendront d'y construire de lourdes installations pétrolières, mais rien n'est moins sûr.

Pour finir, on se fie souvent au prix comme indicateur de la rareté d'un produit, même si dans le cas des ressources naturelles, cette notion est clairement contestée (les besoins et techniques rentrant notamment en ligne de compte) (Rotillion, 2019). Il n'en demeure pas moins que les prix toujours très bas du pétrole (ce qui amène d'autres problèmes comme nous le verrons) pourrait laisser penser que la ressource est loin d'être épuisée. Or, ce dernier fit souvent l'objet de combat acharné entre nations et son prix fluctue selon des spéculations des traders. La récente expérience du printemps 2020, dans un monde confiné par le coronavirus, où le prix du baril est passé en dessous de 0\$ (on était donc payé pour en obtenir) en est un parfait exemple. Cette situation aberrante est en fait le résultat combiné d'une baisse de 30% de la demande (par la réduction de l'activité économique) et d'une guerre commerciale entre la Russie et l'Arabie saoudite qui, pour gagner des parts de marché, ont largement augmenté leur production faisant ainsi chuter les prix (là où ils avaient préalablement un quota de baril par jour). Ce surplus de pétrole ne pouvant être stocké, les producteurs ont donc dû payer pour libérer de l'espace (Wakim, 2020). Les indicateurs économiques ne sont donc pas vraiment adaptés et envoient des signaux faussés sur la réelle disponibilité de l'or noir.

Il est ici important de préciser que la fin du pétrole est entièrement relative au rythme d'extraction. Il est donc difficile d'avancer une date ou une période tant que l'on ne connaît pas la demande et la production future (en effet, selon que l'on retire 1 baril par année ou plusieurs milliards, la courbe a tendance à s'allonger ou se rétrécir). Si nous réduisons fortement notre consommation, les stocks dureront évidemment bien plus longtemps. Cependant, le pic pétrolier peut lui être plus facilement estimé puisque, quelles que soient les prochaines extractions, on sait qu'elles ne dépasseront plus jamais une certaine quantité une fois le haut de la courbe atteint (même si de nombreuses hypothèses concurrentes existent). Les deux annonces historiques majeures de pic pétrolier ont subi une déconvenue, car elles ont malheureusement coïncidé avec la découverte de nouveaux gisements ou de nouveaux types de pétrole. Ainsi, la première, déjà évoquée, par Marion King Hubbert en 1956 pour 1970, bien que mathématiquement correcte, ne s'est pas réalisée, car durant la même période, de nouvelles exploitations *offshore* dans le golfe du Mexique et en Alaska ont contrebalancé cet état de fait (Copinschi, 2015). La deuxième, prévue pour les années 2006-2008 a été annoncée dans les années 1990 notamment par l'ingénieur pétrolier français Jean H. Laherrère (responsable de nombreuses prospections pétrolières dans le monde) dans son très célèbre article *The End of Cheap Oil* (co-écrit avec Colin Campbell) (Campbell et Laherrère, 1998). Mais celle-ci ne s'est elle non plus pas produite car il n'avait pas été envisagé la découverte de zones de pétrole non conventionnel qui a à nouveau contré la tendance (Brandt et Farrell, 2007). Le pétrole non conventionnel, comme son nom l'indique, désigne un type de pétrole dont les zones d'extraction nécessitent des techniques différentes que la normale : c'est le cas des sables bitumineux, de schiste, du pétrole lourd ou en *offshore* profond (cette définition changeant évidemment selon les décennies et les techniques) (Mills, 2008). Ces différents pétroles ont cependant de nombreux désavantages face à leur cousin conventionnel. Moins purs ou plus profonds, ils nécessitent beaucoup d'énergie tant pour l'extraction que pour le raffinage (Gires, 2011). À l'exception du *offshore* profond, ils requièrent aussi de grandes quantités d'eau pour le traitement et l'extraction, notamment le pétrole de schiste que l'on obtient par fracture hydraulique. Ces techniques sont déjà utilisées, mais se distinguent ici par l'ampleur nécessaire : que ce soit pour le schiste ou les sables bitumineux (où chaque exploitation demande plus d'une vingtaine de drains horizontaux de 1 à 2 km de longueur) ou l'extraction en profondeur (qui s'opère maintenant à plus de 3000m sous l'eau) (Pilenko, 2011; Leteurtois, 2011). De graves conséquences écologiques y sont évidemment associées : que ce soit la contamination des nappes phréatiques, de l'air et des sols ou des atteintes aux écosystèmes (certaines des exploitations se faisant à ciel ouvert sur des surfaces

**Production mondiale de liquides  
(10<sup>9</sup> barils / an)**



Production mondiale de pétrole liquide selon différentes sources (Jancovici, 2010)

atteignant parfois 4800 km<sup>2</sup> et nécessitant une destruction complète de la végétation) (Gosselin *et al.*, 2010).

On l'aura compris, ce substitut a un coût énergétique, financier et environnemental énorme et ne saurait changer la tendance pendant très longtemps. Selon Jean-Marc Jancovici (2010), ces découvertes n'ont, au mieux, que décalé le pic de 5 à 10 ans comme représenté sur le graphique ci-dessous.

Nous allons donc très certainement nous diriger vers une baisse graduelle de l'approvisionnement de pétrole dans les prochaines années ce qui aura de graves conséquences dans toutes les strates de nos sociétés, mais surtout sur notre alimentation qui en est totalement dépendante. À nouveau, d'autres sources d'énergie sont impliquées dans le système alimentaire, mais nécessitent elles aussi du pétrole pour leur extraction, leur transport ainsi que la construction et l'entretien de leurs infrastructures ce qui en fait la clé de voûte sans laquelle tout risque de s'effondrer.

## Sols

Les sols font partie, avec l'eau, des deux ingrédients essentiels à toute culture agricole. Ces derniers sont fortement menacés dans leur superficie et leurs usages mais aussi dans leur qualité, ce qui implique *de facto* que la menace se répercute sur la sécurité alimentaire.

### *Une rude concurrence*

Comme pour le reste des ressources de notre planète, les sols ne sont disponibles qu'en quantité limitée, spécialement ceux pouvant être utilisés pour la production de nourriture. On peut aisément constater sur les deux graphiques ci-dessous que les humains se sont progressivement abrogé de plus en plus de terres pour l'élevage et l'agriculture à travers l'histoire jusqu'à recouvrir aujourd'hui une grande partie des sols émergés (ESA, 2020).

Les surfaces agricoles n'ont d'ailleurs plus progressé depuis 1970 et subissent même un recul depuis les années 1990, passant de 0.265 hectare par habitant à 0.205 en 2008 et ce pour 90% des pays du globe : si rien n'est entrepris et selon les prévisions démographiques, ce taux devrait passer à 0.151 d'ici 2050 (Wenwu, 2012). Et pour cause, en plus du nombre d'humains grandissant, les cultures subissent une forte concurrence externe, de par la croissance continue des surfaces urbaines et périurbaines et interne, de par les différents usages qui en sont fait : fourrage pour l'élevage et biocarburant notamment. Seule la déforestation massive permet de ralentir quelque peu le rythme (80% ayant pour but d'accroître les zones de culture) avec un « gain » d'environ 270 millions d'hectares entre 1980 et 2000, mais à quel prix ? (Barbier, 2004). Les espaces agricoles subissent donc une grande pression que nous allons maintenant explorer plus en détail.

## *Une urbanisation problématique*

Comme nous l'avons vu avec l'eau, chaque année depuis la révolution industrielle, de plus en plus d'humains habitent en ville et l'augmentation continue de ces surfaces urbaines entraîne de nombreuses complications environnementales, que ce soit pour l'air, la biodiversité ou les sols.

La période d'après-guerre a provoqué une grande accélération dans les mouvements de populations vers les villes, spécialement dans les pays du Sud. Ainsi, entre 1950 et 2000, plus de deux milliards de personnes sont parties s'installer dans les centres urbains si bien qu'on estime leur nombre à 4.9 milliards d'ici 2030, ce qui représente une augmentation de l'urbanisation de 60% (Marcotullio *et al.*, 2008). Pour donner un ordre de grandeur, chaque jour c'est l'équivalent en bâtiments d'une ville de 200'000 habitants qui sont construits dans le monde (Reuterswård, 2009). Cette dynamique implique que plus de 3% de la surface terrestre est recouverte de béton, d'immeubles ou d'infrastructures, dont 68% sur des sols destinés à l'agriculture (McGranahan *et al.*, 2005). Ceci pouvant s'expliquer par le fait qu'historiquement, les cultures se constituaient en ceinture autour des villes pour permettre un approvisionnement plus simple et plus rapide (les distances étant extrêmement importantes avant l'arrivée du charbon) (Bairoch, 1991), de ce fait les agrandissements ne pouvaient se faire qu'au détriment des champs. Au début des années 2000, on estimait déjà que l'étalement urbain avait causé la perte (potentiellement définitive) de plus de 6.8% des surfaces agricoles mondiales (soit 2.4 millions de km<sup>2</sup>) (McGranahan, *op. cit.*). En Chine, par exemple, entre 1990 et 2000, les 145 plus grandes villes du pays ont vu leur taille augmenter de 40% et 70% de ces nouvelles surfaces urbaines ont été construites sur des zones arables (Tan, 2005). Ainsi de 1996 à 2003, le pays a perdu 5.1% de sa surface agricole soit plus de 6.72 millions d'hectares (Chen, 2007).

De plus, et ce spécialement dans les pays riches où chacun rêve de devenir propriétaire, les zones périurbaines ont souvent une très faible densité de population : les fameuses banlieues pavillonnaires. Ces dernières occupent donc un espace gigantesque (maison, jardin, piscine, terrain de sport...), rapporté au nombre d'habitants, se construisent souvent dans des zones naturelles (Schlossberg *et al.*, 2011) et ont un très mauvais bilan environnemental global (Norman *et al.*, 2006). L'expansion des villes pose ainsi de grosses difficultés de gestion du territoire : comment loger chaque jour plus d'habitants sans miter sur des zones agricoles ou des espaces naturels ? Ce problème est amplifié par le fait que les villes n'ont presque systématiquement pas été pensées dans

une perspective de long terme ou de durabilité ce qui rend leurs transformations chaotiques (Suzuki *et al.*, 2013).

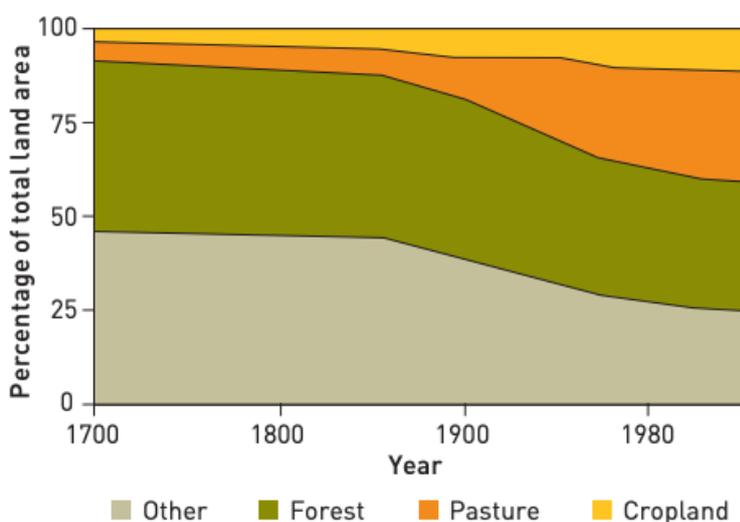
En plus de limiter l'espace disponible, comme dit précédemment, l'urbanisation a de nombreux impacts négatifs sur l'environnement en général et sur les sols en particulier. Les sols urbains sont ainsi extrêmement modifiés par l'action humaine : ils diffèrent tellement des sols « naturels » qu'ils constituent une catégorie en soi dans les classifications. Dans son ouvrage *Urban soils in landscape design*, Craul (1992) identifiait déjà les nombreux problèmes de ces surfaces. De par l'artificialisation, elles sont constituées de couches très nettement séparées ce qui provoque un manque de continuité pour les racines des plantes et la biodiversité. Le passage incessant des véhicules et la masse des bâtiments compriment fortement ces couches ce qui diminue la circulation de l'air et de l'eau vitaux pour ces mêmes organismes. L'imperméabilité causée par le béton empêche l'eau de s'infiltrer ce qui assèche les sols et réduit de beaucoup les échanges entre ces derniers et l'atmosphère, phénomène d'autant plus renforcé par les fortes températures urbaines qui réduisent considérablement l'humidité des couches supérieures (que les plantes, en quantité réduite, ne peuvent absorber). En outre, le sel utilisé en hiver sur les routes et le passage de l'eau sur les matériaux construits (riches en calcaire) augmentent le pH des sols ce qui immobilise les nutriments des sols (notamment le phosphate). Des études menées à Shanghai et à Beijing ont révélé que de grandes quantités de métaux lourds étaient capturées dans les sols, notamment du plomb, du zinc, du cuivre et du cadmium le tout étant dû principalement au trafic et aux activités industrielles (Wang *et al.*, 2018 ; Hu *et al.*, 2004). Comme le note Zhang et Pickett (1999) pour New-York, la concentration en métaux lourds s'amenuise à mesure que l'on s'éloigne de la ville, preuve de l'impact direct de l'urbanisation sur ses sols.

On l'aura compris, une grande partie des sols urbains sont des sols « morts » (ou largement dégradés), l'urbanisation ayant provoqué des changements physiques et biologiques irréversibles résultant en une perte complète de la productivité des surfaces transformées, si l'on songeait à les convertir en surfaces agricoles.

### *Des usages contradictoires*

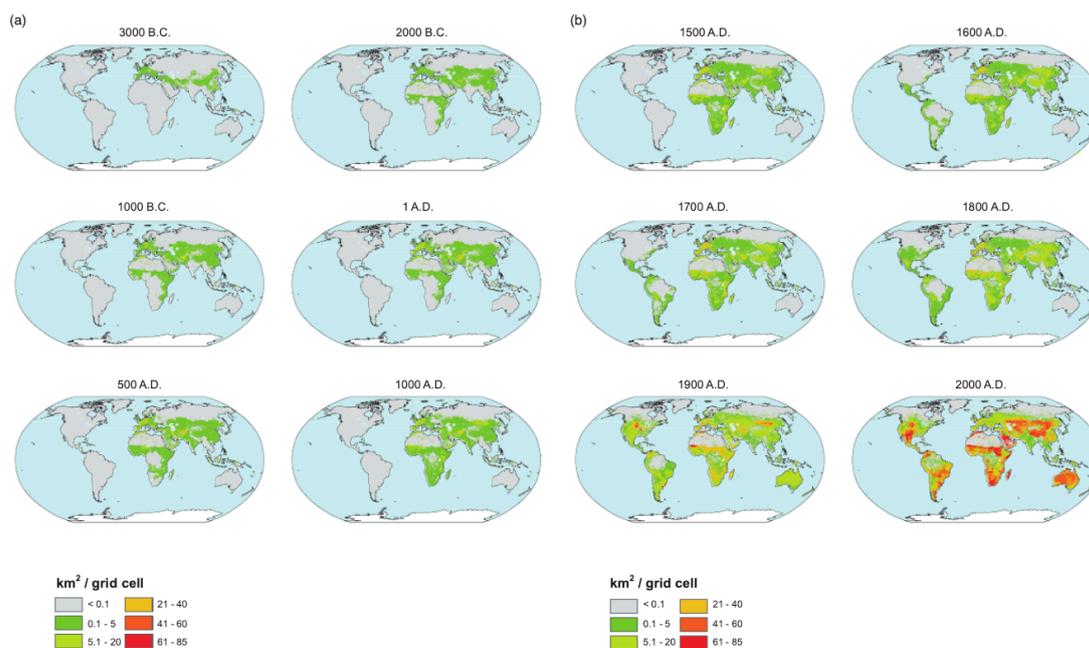
L'urbanisation croissante a donc grandement réduit l'espace disponible pour la production alimentaire tout en condamnant les zones occupées. Il y a donc de moins en moins de place pour cultiver et parallèlement à cela, les usages qui sont faits des terres arables restantes ne profitent pas

forcément à l'alimentation humaine de la bonne façon. En effet, au lieu de servir à la production d'aliments, ces terres sont souvent utilisées pour l'élevage ou la production de biocarburants. Comme nous l'avons vu, l'élevage, de par les proportions qu'il a prises dans l'alimentation humaine, pose de gros problèmes pour la sécurité alimentaire, et ce à tous les niveaux (en grande majorité pour l'élevage de bovins). Il consomme trop d'eau, il émet de grandes quantités de gaz à effet de serre et il conditionne la production alimentaire de nombreux pays du Sud au détriment de leur production nationale. Il faut maintenant ajouter à cela qu'il utilise un espace disproportionné sur terre, eut égard à son potentiel alimentaire, et, nous le verrons par la suite, de par son intensité, il cause aussi de larges dégradations aux sols qu'il occupe.



Changements dans l'usage des terres de 1700 à 2000. (Lambin *et al.*, 2001)

Les pâturages, nécessaires à l'établissement de troupeaux constituent la plus grande surface destinée à la production alimentaire. Selon la FAO (2006), c'est plus de 26% des terres émergées (non glacées) qui sont utilisées, ce qui est largement supérieur aux zones purement agricoles. D'ailleurs, sur les 2 milliards d'hectares exploités, 685 millions pourraient être convertis en cultures (FAOSTAT, 2016). En plus de cela, la production de fourrage dont les animaux ont besoin accapare 33% de la production agricole si bien qu'au total, c'est aujourd'hui plus de 70% des terres agricoles qui sont destinées à l'élevage (*ibid.*). Au vu de la demande croissante de viande, comme expliqué précédemment, les pays rongent de plus en plus sur les cultures destinées aux hommes ou sur les espaces naturels (au Brésil, par exemple, la première cause de déforestation est l'établissement de pâturage pour les bovins et de champs de soja pour les nourrir (Gollnow et Lakes, 2014)).



Historique des surfaces utilisées pour l'élevage de -3000 à 2000. (*ibid.*)

En termes de nourriture, selon Mottet *et al.* (2017), les animaux d'élevage nécessitent en moyenne et par année 80 kg de matière pour produire 1kg de protéine : 133kg pour les ruminants (vaches, moutons, chèvres) et 30kg pour les monogastriques (cochon, volailles), dont 6kg pourraient être directement consommé par les humains pour les premiers et 16kg pour les seconds. L'usage de sols qui y est associé, rapporté à la nourriture produite est lui aussi gigantesque : 1kg de viande de boeuf nécessite ainsi jusqu'à 420m<sup>2</sup> de terre pour l'ensemble de son cycle de vie (33m<sup>2</sup> pour le mouton, 11m<sup>2</sup> pour le porc, 6m<sup>2</sup> pour la volaille) (Nijdam *et al.*, 2012). Bien que la viande et les produits laitiers apportent différents nutriments (notamment des protéines) nécessaires à l'alimentation, leur rendement nutritif (face aux ressources nécessaires), spécialement pour les bovins, est très faible : les substituts végétaux (tofu, seitan, légumineuses...) existant ne nécessitant que 1m<sup>2</sup> à 2m<sup>2</sup> par kg (*ibid.*). Cette large exploitation directe ou indirecte des sols se fait donc au détriment d'autres cultures ou usages et représente surtout un intérêt gustatif plus que nutritionnel, spécialement pour les pays occidentaux (rappelons ici qu'un Américain consomme en moyenne 350gr de produit carné par jour (Daniel *et al.*, 2010)).

À ce gaspillage de terres agricoles, on peut en ajouter un autre : les cultures destinées à la production de biocarburants végétaux. Ces derniers sont créés à partir de matière organique que l'on traite pour obtenir du bioéthanol (maïs, blé, canne à sucre...) ou du biodiesel (huile de palme, de soja, de tournesol...) pour servir de carburant. On ne mentionnera pas ici les autres variantes,

comme le biogaz, puisque minoritaires ou principalement produits à partir de déchets végétaux. Ces carburants ont donc l'avantage principal d'être renouvelables, *a contrario* des carburants fossiles et sont souvent considérés comme une alternative à ces derniers (alors même qu'ils émettraient proportionnellement plus de CO<sub>2</sub> que le diesel ou l'essence... (Bolis, 2016)). Bien qu'ils ne nécessitent pas de nouveaux types de cultures (comme expliqué précédemment, ils sont produits à base de végétaux alimentaires), ils détournent des flux de plus en plus importants de céréales et d'huiles destinés à l'alimentation. Ainsi, entre 2000 et 2007, la production de biocarburants et passée de 18 milliards de litres à 62 milliards de litres (Coyle, 2007) et auraient une empreinte environnementale<sup>3</sup> de plus de 700 millions d'hectares en 2010 (Hammond et Seth, 2013). Ceci représente entre autres 25% de la production nationale de maïs pour les USA, 50% de la production nationale de sucre de canne pour le Brésil et 68% de la production d'huiles végétales pour l'Union européenne (Zhang *et al.*, 2013). En plus de la perte de disponibilité des produits agricoles, ce type d'usage provoque une montée générale des prix de ces derniers puisque les carburants sont passablement plus chers (Mueller *et al.*, 2011).

Les usages des sols et les produits concurrents à l'alimentation limitent donc fortement nos capacités à nous nourrir alors même que la production mondiale devrait augmenter pour satisfaire la future demande globale. Malheureusement, il faut rajouter à cette forte pression une autre problématique menaçant la sécurité alimentaire : non contents de se raréfier, les sols perdent chaque année en qualité.

### *Une baisse constante de qualité*

Les sols (non désertiques ou gelés) sont loin de n'être que des couches de terres : ils sont parcourus de multitudes d'organismes vivants et sont riches en nutriments de toute sorte. Comme pour toute ressource, ils ont besoin de temps pour se régénérer lorsqu'ils sont utilisés et sont très sensibles à tout bousculement de leurs subtils équilibres chimiques. Bien évidemment, à l'instar de tout ce que la Terre nous fournit, et dès la période charnière du 20<sup>ème</sup> siècle, les Hommes se sont empressés de les exploiter le plus rapidement possible et dans les plus grandes proportions réalisables sans réels soucis des impacts qu'ils provoquaient. Ainsi, l'augmentation de la production fut plus obtenue par l'intensification des pratiques que par l'expansion des terres, spécialement durant la deuxième

---

<sup>3</sup> En prenant en compte l'intégralité de son cycle de vie

moitié du 20ème siècle. L'approvisionnement de céréales dans le monde augmenta de ce fait de 46% entre 1980 et 2004 alors que l'espace destiné à ce type de culture se réduisit de 5.2%. Dans les pays du Sud, l'agrandissement des terres cultivées, entre 1961 et 1999 ne participa que de 29% à l'augmentation des récoltes le reste provenant de la sélection d'espèces plus productives et d'une agriculture plus intensive (FAO, *op. cit.*). En outre, la modernité a apporté son lot de retombées négatives notamment en termes de pollution (industrie, villes, routes...) que les sols, véritables éponges, ont absorbés en grande quantité. Nous allons donc observer comment l'activité mécanique a détérioré la qualité des sols. Nous laisserons de côté l'impact des engrais et des pesticides d'ores et déjà évoqué dans la première partie de ce travail.

Depuis l'antiquité et dans de nombreuses civilisations, notamment en Amérique, l'agriculture s'opérait sans travail du sol (on plantait simplement les plantes dans de petits trous). En Europe, cependant, dès 4000 av. J.-C., les premiers outils pour labourer le sol font leur apparition (Kuipers, 1970). En retournant la terre, l'agriculteur peut aérer le sol, faire remonter les nutriments et éliminer les mauvaises herbes ainsi que certaines espèces invasives. D'abord exercé à la force du bras puis par la traction animale, cette pratique était extrêmement pénible (un fermier devant parcourir plus de 30km par hectare) ce qui limitait fortement son utilisation au strict minimum (Derpsch, 2004). L'arrivée des machines agricoles permit d'intensifier le travail dans des proportions encore jamais atteintes, et ce, sans réelles connaissances de ses effets sur le sol si bien que dans les années 1930, le labourage extrême des champs américains fut une des causes principales du fameux *Dust Bowl* (l'érosion des sols notamment, provoqua des détachements de terres séchées par un climat aride qui s'envolèrent dans des vents puissant provoquant des tempêtes de poussières dévastatrices) (Lee et Gill, 2015). Malgré cela, le labour reste extrêmement majoritaire sur terre, ainsi, en 2013, 89% des surfaces opéraient encore ce type d'agriculture (Kassam *et al.*, 2015).

Pourtant, et ce spécialement depuis les années 1970, de nombreuses études ont démontré que cette pratique altère fortement la qualité des sols et ce, à de nombreux niveaux (Karen, 2004). Le premier impact de ce travail mécanique est la perte de stabilité structurelle de la partie supérieure du sol : soit sa capacité à ne pas se dégrader sous la contrainte (exercée par les machines). En se dégradant, le sol se compacte et il n'y a plus assez d'espace entre ses particules ce qui limite la croissance des racines et peut causer une rapide érosion (perte de nutriment et d'eau). Le sol fonctionnant un peu à la manière d'un ressort, il peut en général se détendre après avoir été comprimé : malheureusement le passage incessant des machines altère sa structure, le rendant moins résilient et ne lui laissant

plus le temps (ou les capacités) de retrouver un état normal (Munkholm et Schjøning, 2004). Ainsi, c'est le poids et la puissance des machines qui provoquent cet effondrement et le rythme trop élevé qui empêche le sol de se régénérer.

Un autre problème provient des herse (instrument à dents métalliques) qui servent à désherber les plantes indésirables. En passant dans le sol, elles lui transmettent leur énergie cinétique altérant ainsi sa structure, mais surtout, dispersant les colloïdes du sol (ces derniers sont des microparticules auxquels les nutriments viennent s'accrocher). Sans ceux-ci, l'eau percole à travers le sol faisant complètement chuter sa fertilité (Watts et Dexter, 1997).

Au niveau de la composition de la terre, Andrew *et al.* (2004) ont développé un outil statistique, le *Soil Management Assessment Framework* (SMAF) pour caractériser 13 différents paramètres (chimiques, biologiques et physiques) pouvant être affectés : absorption de sodium, carbone organique du sol, biomasse microbienne, pH du sol... Dans une étude de 2013, Karen *et al.* ont appliqué cette méthode en Iowa dans des sols labourés intensivement depuis longtemps et selon leurs résultats, l'intégralité des paramètres était négativement impacté par la pratique.

En outre, la biodiversité des sols, notamment les vers de terre, essentiels à la fertilité de ces derniers, décroît fortement. Dans une étude longitudinale portant sur 165 publications, dans 40 pays sur les 65 dernières années, Briones et Schmidt (2017) ont démontré que l'abandon ou la baisse drastique du labourage mécanique augmentait la biomasse et l'abondance des vers de terre de respectivement 137% et 196% dans les sols observés.

Enfin, le travail continu de la terre empêche la séquestration de carbone et seul son arrêt sur une durée supérieure à 10 ans permet de retrouver cette fonction (Six *et al.*, 2004). Rappelons ici que ce mécanisme pourrait permettre de réduire la concentration de CO<sub>2</sub> anthropique d'au moins 10% s'il était correctement appliqué (Bernoux *et al.*, 2004).

De la même façon que pour le labourage, l'utilisation d'engrais pour rétablir ou augmenter la fertilité des sols remonte à l'antiquité. Jusqu'au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle, ces derniers étaient principalement composés de boues, d'excréments, de poudre d'os ou de fumier soit tous d'origine organique (Moriceau, 1998). Dès la révolution industrielle, comme le note Fabien Knittel (2017, p. 8) : « (...) *en complément de la fertilisation organique, les engrais chimiques s'imposent pour apporter aux sols des compléments (...). Les engrais dits chimiques correspondent aux engrais minéraux qui sont obtenus par la transformation mécanique et/ou chimique de matières extraites de gisements de roches, éruptives, sédimentaires ou salines. Ces engrais chimiques correspondent aux*

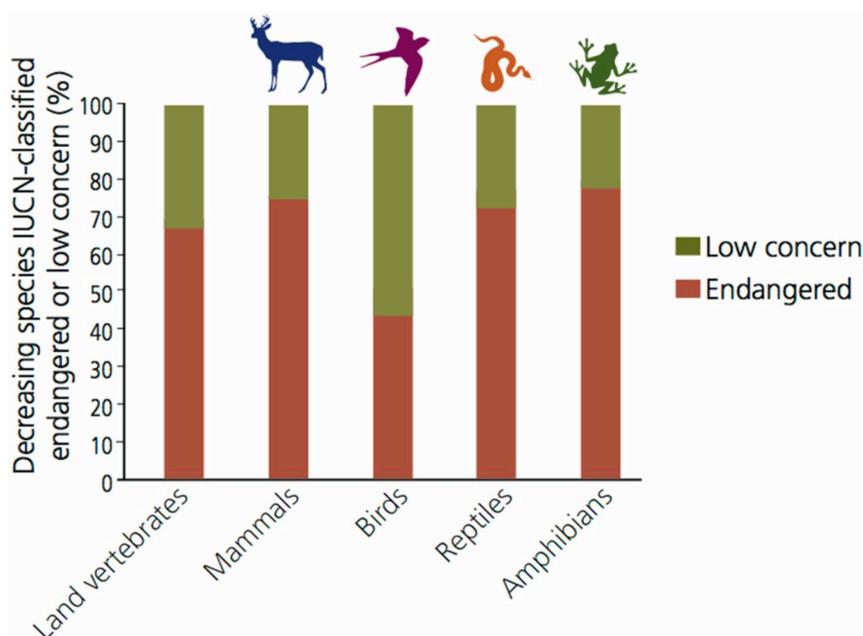
*trois principaux minéraux fertilisants : l'azote, l'acide phosphorique ou phosphate de calcium et la potasse* ». Comme nous l'avons vu dans la partie sur l'énergie, leur consommation a explosé dès 1950-60, période charnière de la reconstruction d'après-guerre. On peut ajouter à cela l'usage de produits phytosanitaires qui ont suivis le même parcours historique avec les herbicides (pour éliminer les végétaux concurrents) et les insecticides (pour lutter contre les dégâts des insectes) dès la fin de la guerre, puis les fongicides dès les années 1970 pour combattre les maladies affectant les récoltes (INRA, 2011). Même si la dégradation des sols, par les pratiques agricoles notamment, n'est pas un phénomène nouveau, son impact sur la sécurité alimentaire est devenu un réel enjeu de par son étendue et son intensification (Duran Zuazo et Pleguezuelo, 2008). La problématique étant que les sols ont à la fois des taux de dégradation très rapides et des taux de formation et de régénération très lents (Diacono et Montemurro, 2011).

Bien que les fertilisants soient effectivement composés d'éléments présents naturellement et qu'augmenter leurs proportions permet de meilleurs rendements, si un contrôle précis n'est pas effectué, leur surutilisation peut amener à un surplus de nutriments dans les sols. Cette situation se produit lorsqu'il reste de l'engrais dans les sols après absorption par les plantes et la récolte. Majoritairement, ce surplus est évacué des sols par l'eau et, comme expliqué dans ce travail, se retrouve dans les milieux aquatiques leur causant de graves problèmes d'eutrophisation extrêmement néfaste pour les écosystèmes (Huang *et al.*, 2017). Dans d'autres cas, il peut provoquer des dommages aux cultures elles-mêmes en limitant la croissance des racines (qui ne vont plus chercher d'autres nutriments plus profonds) ou en causant un excès de nutriments pour les plantes ce qui diminue leur rendement (Nijland et Schouls, 1997).

### **Effondrement de la biodiversité**

L'annonce a été faite à de nombreuses reprises par les chercheurs dans les journaux et revues académiques : de par l'intensité des activités humaines, le vivant sur terre serait entré dans sa 6ème extinction de masse. Par exemple, en ne se basant que sur un échantillon de vertébrés (27'600 espèces), Ceballos *et al.* (2017) on constaté qu'environ un tiers de celui-ci subirait un déclin ou des décroissances majeures de populations. Ces pertes se concentrent surtout dans les régions aux riches biodiversités comme les Andes, l'Amazonie ou certaines parties d'Afrique de l'Est. De façon générale, sur les 5 à 9 millions d'espèces animales, une moyenne de 11'000 à 58'000 pour

disparaître chaque année, ceci sans considérer les déplacements ou les baisses d'abondance intraespèces (Scheffers *et al.*, 2012).



Pourcentage d'espèces en danger selon leur catégorie (Ceballos *et al.*, *op. cit.*).

Comme nous allons le voir, ce déclin touche aussi bien les vertébrés que les insectes ou les plantes. Le problème majeur, au-delà d'une atteinte certaine à la vie en général, est que tous ces éléments qui constituent la biodiversité de notre planète sont fortement liés les uns aux autres : la disparition de certaines espèces dans un écosystème donné provoque *de facto* une profonde déstabilisation voire un anéantissement de celui-ci. D'un point de vue purement utilitariste et en se concentrant sur l'alimentation, les conséquences seront très graves pour les différentes sociétés humaines dépendant forcément de leur milieu pour survivre et produire. Nous allons donc rapidement observer l'étendue et les causes de cette « annihilation biologique » (*ibid.*) puis nous concentrer sur son impact pour la sécurité alimentaire.

*Une perte massive qui se renforce chaque année...*

Toutes les catégories du vivant, à l'exception peut-être des humains, subissent des pertes massives dans leurs populations. Les extinctions sont courantes dans l'histoire de la planète, sur les 4 milliards d'espèces ayant vu le jour durant les 3,5 milliards d'années du règne du vivant, 99% se sont aujourd'hui éteintes (Novacek, 2001) principalement durant les cinq grandes disparitions de

masses, causées par des événements climatiques violents (refroidissements ou réchauffements globaux) (Raup et Sepkoski, 1982). Le retour à l'équilibre, soit le temps pour le vivant de se réadapter à ces nouveaux milieux, est estimé à plusieurs centaines de milliers d'années (Weir et Schluter, 2007), soit des périodes largement plus longues que l'ensemble de l'histoire humaine (l'*Homo Sapiens* étant arrivé sur Terre il n'y a que 48'000 ans). L'extinction actuelle n'est donc pas nouvelle, mais il y a de fortes chances que notre espèce ne voit jamais un retour à la normale si celle-ci n'est pas rapidement freinée, et cela aura de nombreuses conséquences, comme nous le verrons.

Les vertébrés subissent une énorme pression, caractérisée par la rapidité des disparitions d'espèces. Ainsi, alors que le rythme « normal » de celles-ci serait d'environ 200 par tranches de 10'000 ans, ce taux a été atteint en seulement 100 ans dans l'histoire récente (Ceballos *et al.*, 2015). Il risque d'ailleurs de s'intensifier puisque comme le montre en partie le schéma ci-dessus et selon les études, 42% des 3'623 espèces vertébrées terrestres et 25% des 1'306 espèces vertébrées aquatiques sont menacées de suivre le même chemin, ces chiffres étant d'ailleurs certainement sous-évalués, car une partie d'entre elles n'ont pour l'instant pas été découvertes (et ne le seront certainement jamais) (Collen *et al.*, 2012).

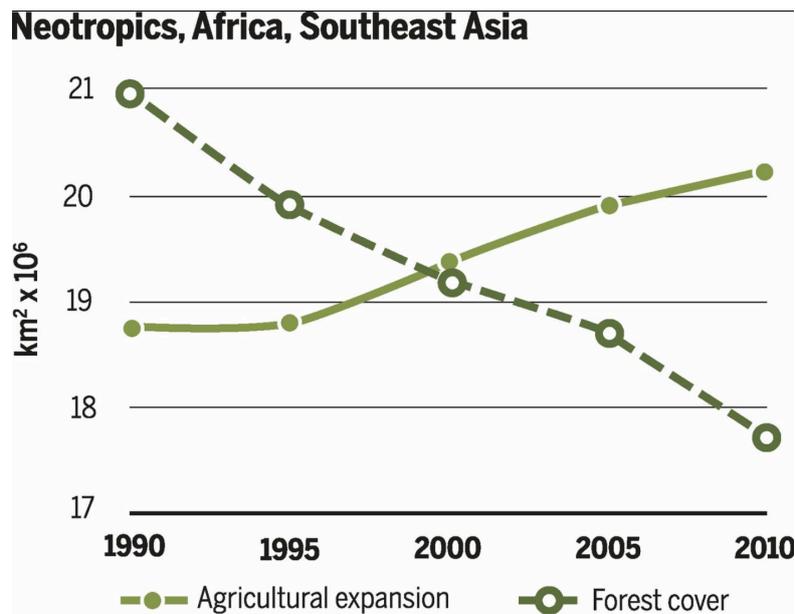
Concernant les insectes le constat est tout aussi alarmant, et a très vite été popularisé dans le célèbre ouvrage *Silent Spring*, de Rachel Carson (1962) voyant la mort d'oiseaux autour de sa propriété causée par la disparition des moustiques, éliminés par les pesticides agricoles. Cette classe d'animaux est la plus importante sur Terre, tant par sa masse (17 fois supérieures aux humains [Carrington, 2018]) que sa diversité (estimée de 3.6 millions à 10 millions d'espèces [Ødegaard, 2006]). Ces deux paramètres sont actuellement menacés : pour le premier, par exemple, une récente étude allemande (ayant eu un retentissement mondial) fait état d'un déclin allant jusqu'à 81,6% de la biomasse d'insectes aériens entre 1989 et 2016 dans le pays (Hallmann *et al.*, 2017). Pour le second, le constat est tout aussi alarmant puisque, pour les arthropodes, pour ne citer qu'eux, on observe un déclin de 34% des espèces (Seibold, 2019). Diverses études présentent des résultats similaires pour différents groupes du genre (Brooks *et al.*, 2012 ; Clausnitzer *et al.*, 2009 ; Fox, 2012...). Enfin, les végétaux ne sont pas en reste : partout où l'Homme est actif, les surfaces végétales (Duveiller *et al.*, 2018) et le nombre d'espèces (Valentier-Banuet *et al.*, 2018) ont tendance à décliner. Cela concerne tout autant les arbres (Romane et Valerino, 1997) que les cultures (Arslan, 2018). Globalement, 40 à 50% des terres, préalablement occupées par de la

végétation ont été dégradées depuis 1945 (Daily, 1995) et 27% à 42% des espèces pourraient être menacées dans le futur, et ce, uniquement pour l'Europe (Thullier *et al.*, 2005).

*... causée exclusivement par l'activité humaine*

Comme le titre le laisse entendre, toutes les menaces susmentionnées ont pour source les différentes activités humaines, que ce soit de façon directe ou indirecte. Elles peuvent prendre différentes formes : destruction des habitats naturels (poussant à l'exode ou la disparition d'espèces) ou des moyens de subsistance, dérèglement de la chaîne alimentaire, apparition de nouveaux prédateurs, etc. Dans une étude approfondie sur le sujet, Maxwell *et al.* (2016) dressent une liste des causes prévalentes du déclin de la biodiversité pour 8'688 espèces animales (dont tous les sous-groupes ont été évalués). Il est important de noter que ces dernières peuvent être mises en danger par plusieurs facteurs à la fois. Ainsi, la première catégorie est la surexploitation, impactant plus de 6'241 d'entre elles avec en tête la coupe d'arbre (80%), la chasse, la pêche puis la récolte de plante. Viennent ensuite les activités agricoles, affectant 5'407 types de spécimens, et dont le plus proéminent est l'agriculture (90%) suivie de l'élevage (50%), de l'arboriculture et de l'aquaculture. La troisième cause est le développement urbain avec 3'014 espèces mises en danger, notamment par la construction (86%), le tourisme et les loisirs et les activités industrielles. Les suivantes sont moins fortes, mais touchent cependant 2'298 espèces pour les nuisibles et maladies, 1'901 pour la pollution (dont 1'523 par les déchets agricoles), 1'865 pour les modifications environnementales (incendie, barrages) et 1'688 pour le changement climatique. La déforestation étant très souvent corrélée à l'expansion agricole, on peut ainsi affirmer que l'agriculture est la cause principale de la perte de biodiversité dans le monde.

On l'aura compris, le facteur commun à toutes ces menaces est l'Homme, et ces dernières sont si profondément entrelacées qu'agir sur une ou deux d'entre elles n'allégerait que peu le résultat. C'est l'intégralité de notre mode de vie qui est à remettre en question (Hens et Boon, 2005) si l'on veut ralentir cette tendance, spécialement en sachant que le changement climatique allant en s'aggravant, il touchera peu à peu l'intégralité du vivant sur Terre (même si les réponses des écosystèmes restent pour l'heure obscures, des changements brutaux apparaîtront dans tous les cas [Harley, 2011]). Il faut ajouter que par l'interconnexion et l'interdépendance des différents milieux et espèces, et selon la théorie des systèmes, une fois certains palliers dépassés, un effondrement extrêmement brutal et rapide par effet domino peut survenir (un phénomène similaire pourrait



Relation entre expansion agricole et couvert forestier dans différentes régions entre 1990 et 2010 (Crist *et al.*, 2017)

d’ailleurs se produire pour les sociétés humaines en générale) (Servigne et Stevens, 2015). Tout ceci a et aura des conséquences extrêmement néfastes pour les humains, et notamment pour la sécurité alimentaire comme nous allons maintenant le voir.

### *Conséquences pour la sécurité alimentaire*

Tout d’abord, il est important de considérer que la destruction de la biodiversité, au-delà de l’aspect humain, est un problème en soi : que ce soit pour des raisons esthétiques (beauté des paysages par exemple) ou éthiques (la vie possédant une valeur intrinsèque difficilement hiérarchisable) (Hess, 2010). Pour les besoins du présent travail, nous nous focaliserons cependant sur une perspective utilitariste, soit sur les façons dont cela nous affectera, directement ou indirectement, dans une dimension purement matérielle au travers de trois grands cas.

Le premier exemple de ces impacts et le plus évident est la disparition des pollinisateurs domestiques ou sauvages, ces derniers étant un élément clé des écosystèmes et de différentes cultures. Ils sont nécessaires, notamment les abeilles, pour 75% des produits de l’agriculture directement consommés par les humains dans le monde (Klein *et al.*, 2007). Même si la majorité des céréales (comme le riz ou le blé) sont pollinisés par le vent, une grande partie d’entre elles ainsi que les fruits et la plupart des légumes sont extrêmement vulnérables à une baisse de population (Ghazoul, 2005). De façon générale, celle-ci pourrait causer un déficit de 12% et 6% pour les fruits

et légumes et une perte annuelle de plus de 153 milliards d'euros (correspondant à 10% de la valeur économique de l'agriculture) (Gallai *et al.*, 2009).

Le deuxième exemple est celui des insectes vivant dans les sols, notamment les vers de terre. Ces derniers sont très nombreux (pouvant aller jusqu'à plusieurs millions par mètre carré) ont un rôle vital pour la fertilité de ceux-ci et sont, comme pour pollinisateurs, menacés par les pratiques agricoles modernes (labourage, engrais et pesticides) (Dewi et Senge, 2015). Dans une étude menée par van Groenigen *et al.* (2015) il a été constaté qu'en présence d'une population moyenne de ver de terre, les gains se situaient autour de 25% de productivité pour le champ et de 23% pour la biomasse de surface, ceci étant dû de façon prédominante au fait qu'ils relâchent le nitrogène bloqué dans le sol.

Le troisième cas concerne la diversité des plantes cultivées. Nous l'avons vu lors des critiques de la première Révolution Verte : plus les cultures sont homogènes moins elles sont résistantes aux maladies et aux espèces invasives. La raison, assez logique, étant qu'elles se répandent extrêmement rapidement au sein et à l'extérieur des champs et menacent l'ensemble de la récolte (Baliddawa, 1985). Ce processus est d'autant plus renforcé pour les nuisibles si la diversité d'insectes présents est faible (par l'usage d'insecticide par notamment), car cela empêche la prédation des nouveaux arrivants (Flint et Roberts, 1988).

Pour terminer et dans une vision plus globale, la baisse de la biodiversité impacte directement la qualité et l'existence des écosystèmes qui ne pourront en retour plus rendre leurs nombreux services : stockage du carbone, traitement de l'eau, atténuation de l'érosion du sol, amélioration de la qualité de l'air, contrôle du climat, régulation des espèces, etc. qui tous, directement ou non, influencent la sécurité alimentaire et la vie humaine.

## **Discussion**

Maintenant que toutes les menaces environnementales pour la sécurité alimentaire ont été clairement établies, il est temps de juger de la pertinence de l'entreprise agraire face à celles-ci et d'ainsi tenter de répondre à notre seconde question de recherche. En effet, si le système mis en place par la Fondation Rockefeller n'inclut pas de mécanismes pour s'en protéger, les gains en termes de production ne se maintiendront pas et la situation pourrait risquer d'être pire qu'originellement. En plus de nous en prémunir, nous allons par la même occasion, regarder si les méthodes adoptées n'accentuent pas ces menaces.

Ces différentes problématiques étant fortement liées entre elles, il n'était pas vraiment envisageable de segmenter l'analyse, elle sera dès lors comprise dans un tout afin d'y inclure toutes les dimensions susmentionnées. Comme pour la première partie de ce travail, nous commencerons pas nous intéresser aux pratiques puis, nous nous attaquerons au discours et aux positions de l'organisation qui les sous-tendent.

### *Pratiques agricoles*

La stratégie centrale des Révolutions Vertes consiste en l'emploi d'espèces améliorées, développées dans des instituts de recherche. Les nouvelles variétés mises en place en Afrique semblent se distinguer de leurs prédécesseurs par le fait qu'elles ne permettent plus seulement de meilleurs rendements, mais qu'elles sont en outre résistantes aux sécheresses, surplus hydriques et aux maladies et ravageurs. La première composante semble très intéressante face aux problèmes d'ordre climatique, les vagues de chaleur et les inondations étant les risques principaux pour toutes les cultures dans le futur. La sélection de ce type de plante est donc une façon résiliente de se prémunir contre ce danger. Concernant leur résistance aux maladies, nous ne jugerons pas de l'efficacité de ce procédé sur le court-terme, mais on peut témoigner qu'il s'agit *a priori* d'une méthode plus douce pour la biodiversité et l'environnement que l'emploi de pesticides. Il faut ajouter que la fondation s'attache à utiliser du matériel génétique (*germplasm*) local pour : « *s'assurer que la diversité génétique locale n'est pas complètement perdue lorsque les fermiers modernisent leurs pratiques* » (AGRA, 2018, p.38) et à étudier les caractéristiques agroécologiques des différentes zones de cultures pour un choix adapté. Ceci permettrait donc de moins bouleverser les dynamiques des écosystèmes que par l'adoption d'espèces exotiques comme ce fut le cas par le passé. Il faut cependant relever deux incertitudes : premièrement, le changement climatique perturbant la faune et la flore, il est attendu que de nouvelles maladies et types de ravageurs (qui comme nous l'avions vu sont plus résistants aux aléas climatiques) apparaissent dans des régions où elles n'existaient pas au préalable (Scherm, 2004). Ainsi, configurer les espèces pour des cas propres aux zones géographiques à un instant donné pourrait se révéler inefficace quelques années plus tard. Il deviendra complexe par la suite d'effectuer un recalibrage constant en laboratoire pour chaque nouveau cas qui devra ensuite se poursuivre par des changements de cultures pour les paysans. Deuxièmement, tout comme pour les pathogènes humains et les médicaments, les insectes et maladies affectant les cultures ont un très fort potentiel d'évolution et d'adaptation, comme

l'explique Fred Gould (1991, p.496) : « *durant l'histoire de l'agriculture, les fermiers et les semenciers ont appliqué une sélection sur les plantes pour les domestiquer. En agissant de la sorte, et en essayant de protéger leurs cultures, ils ont forcé une adaptation simultanée de plantes concurrentes et des champignons, bactéries, virus et insectes qui se nourrissent de ces mêmes cultures. (...) Dans l'environnement de compétition économique de l'agriculture, l'orientation générale va vers le profit de court-terme alors que le concept de gestion des résistances met l'accent sur un bénéfice sur le long-terme* ». Ainsi, il est difficile de prédire les réponses des ravageurs à ces différentes modifications, ce qui pourrait, comme pour le point précédent, impliquer des constantes modifications au fil des ans.

Le deuxième point stratégique est l'usage d'engrais pour améliorer les rendements de champs. Comme nous l'avons vu, ce procédé pose de nombreux problèmes environnementaux notamment pour la qualité des sols, l'eutrophisation des milieux aquatiques ou la libération de N<sub>2</sub>O (un des gaz à effet de serre) (Meng *et al.*, 2005). Le fait d'adopter un microdosage et des mélanges aux engrais organiques semble répondre en grande partie à ces menaces, car le principal défaut provenait de la surutilisation de fertilisant minéraux, dont le surplus fuyait ou détériorait les milieux. On peut ajouter que le fait de combiner les fertilisants réduit la dépendance des paysans au marché, Ometesho *et al.* (2012), notant qu'au Nigéria cette stratégie était utilisée, car le prix des intrants chimiques était trop élevé (13\$ le sac pour un salaire moyen mensuel de 197\$). Les nouvelles techniques de gestion ont donc grandement amélioré ces points face à la révolution précédente. Malheureusement, une autre composante entre en jeu et noircit considérablement le tableau : la raréfaction énergétique. En effet, comme évoqué, la fabrication d'engrais est un important poste de consommation d'énergie (et d'émissions de gaz à effet de serre) car il nécessite tout un arsenal industriel. Sur le court-terme, cela n'aura que peu d'impact, mais si l'on se projette plus loin, le nouveau système agricole perd grandement en résilience. Lorsque le pétrole sera beaucoup moins abondant (et c'est une question de décennies tout au plus), le prix des engrais grimpera et deviendra certainement insoutenable pour les agriculteurs africains (puis des pays du Nord), dès lors le modèle de l'AGRA reposant intégralement dessus risque fortement de s'écrouler. En outre, deux des éléments principaux utilisés pour leur fabrication (le phosphate et l'azote) constituent des ressources à risques : le premier, minéral, devrait avoir atteint son pic d'ici 2030 (et être épuisé d'ici 2100) (Cordell *et al.*, 2009) et le second, gazeux, a été puisé en trop grande quantité dans l'atmosphère et est donc en saturation dans la biosphère posant de graves risques environnementaux (Molina, 2009).

Quel que soit le contexte économique, la production de fertilisants minéraux deviendra *in fine* difficile, voire infaisable, leur utilisation n'est dès lors pas cohérente ou durable. On peut ajouter que le fait que les fournisseurs ne soient pas des entreprises africaines, mais internationales ajoute une couche supplémentaire au problème puisque la décision finale du choix du client leur reviendra et ne sera certainement pas orienté vers les plus pauvres.

Le troisième volet stratégique, même si peu développé dans leur argumentaire, est la mécanisation progressive des fermiers. Comme pour le point précédent, elle induit une nouvelle dépendance aux énergies fossiles, ce qui la rend, de fait, peu robuste face aux crises futures, même si, nous l'avons vu, les machines agricoles ont souvent un excellent bilan consommation-production. Il faut, en outre, rappeler que le labourage induit des dégradations de la qualité des sols et de la biodiversité qu'ils abritent, ce qui peut nuire aux rendements des champs sur le long-terme.

L'usage de pesticides, dont l'impact sur la santé des agriculteurs a été grandement réduit par la formation à des pratiques adaptées, possède les mêmes vulnérabilités à la crise énergétique que les engrais ou les machines. De plus, ils représentent évidemment une grande menace pour la biodiversité en général, leur épandage pouvant déborder en dehors des champs attaquant les écosystèmes proches ou s'y déplacer lors de pluies importantes voire pénétrer dans les eaux souterraines. Même si les procédés modernes sont beaucoup moins agressifs pour la faune et la flore (notamment grâce au biopesticide reproduisant, par biomimétisme, des mécanismes naturels de défenses des plantes [Damalas et Koutroubas, 2018]), il n'en demeure pas moins que, comme pour les espèces améliorées, les nuisibles, espèces invasives et maladies s'adaptent rapidement aux produits (Roush et Tabashnik, 2012) nécessitant des modifications constantes et complexes qui ne résolvent jamais complètement la situation. Cette étape est donc elle aussi peu résiliente sur le long terme pour l'agriculture africaine.

Les fermiers sont aussi formés à de nouvelles méthodes de gestion de l'eau et des sols. Pour la première, l'objectif est de créer une agriculture d'irrigation, beaucoup plus stable que les modèles traditionnels africains basés sur la pluie (ces dernières étant incertaines). Même si le but poursuivi est d'améliorer la productivité, il assure par la même occasion que les paysans sont mieux prémunis contre l'augmentation des températures induites par le changement climatique (qui, comme nous l'avons vu, demanderont une irrigation renforcée). De plus, AGRA travaille à améliorer les

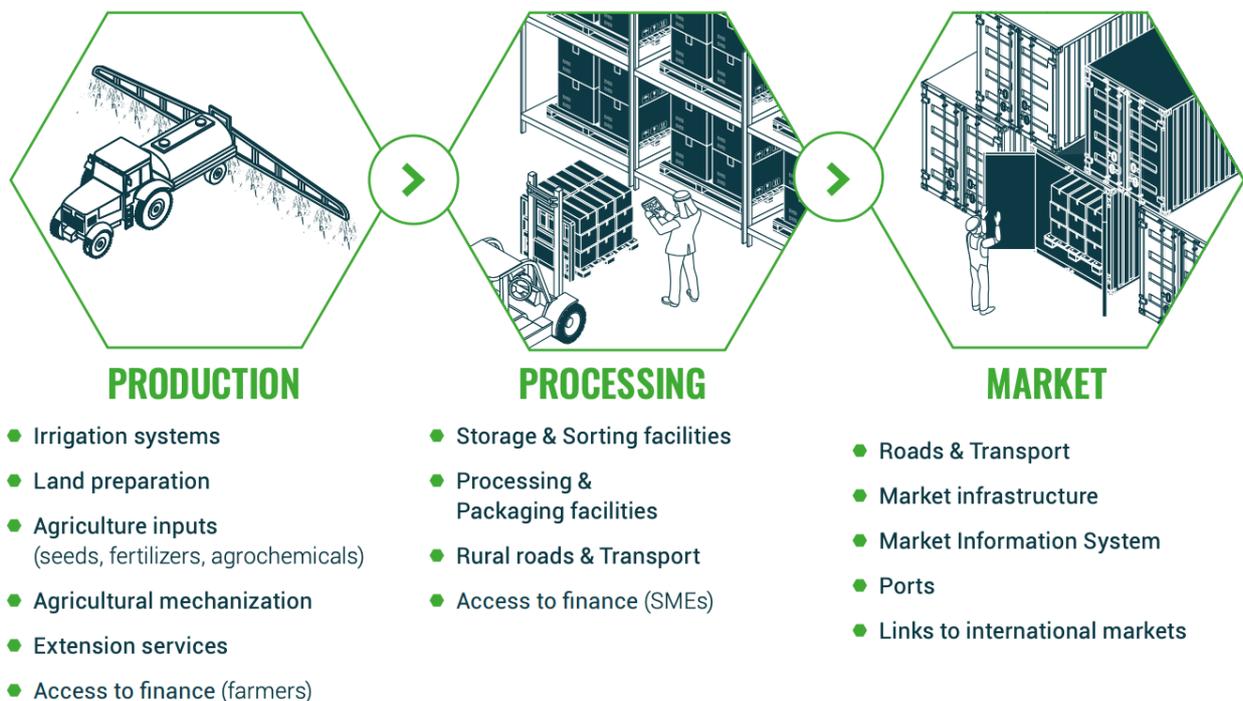
infrastructures hydriques dans les différents pays au travers de son initiative *Smart Irrigation Strategies* en collaboration avec les gouvernements (AGRA, 2019- q) étape primordiale de l'adaptation à cette menace. Au vu de la pression exercée sur cette ressource, il faudra cependant qu'elle n'entre pas en concurrence avec les usages urbains en adaptant les infrastructures citadines et leur utilisation au risque de reproduire des situations de pénuries qui menacent déjà certains pays du continent.

Concernant les sols, la gestion adoptée répond elle aussi en partie aux menaces pesant sur cette ressource. En premier lieu, AGRA promeut dans certains cas des cultures mixtes : « *avec des légumes, qui apportent des nutriments au sol et en adoptant des techniques de plantation qui préviennent l'érosion des sols* » (AGRA, s.d.- l). En second lieu, elle tente de limiter le fait que l'augmentation des surfaces agricoles se fasse au détriment des espaces naturels ou forestiers. Il ne reste que le labourage, qui, comme on l'a constaté, n'est que peu bénéfique à la structure et à la vie des sols.

Enfin, ses projets de données satellites pour informer les paysans des risques de sécheresses ou d'inondation, présentent de bons avantages pour augmenter la résistance de ces derniers au changement climatique, même si l'adoption de technologie pose toujours certains problèmes d'énergie et de ressources (les nouvelles technologiques étant gourmandes en matériaux rares qui ne sont, comme pour le reste, présents qu'en quantité limitée sur Terre) sans que ce facteur soit complètement limitant.

## Positions d'AGRA

Le point le plus important à analyser est la composante économique du projet. En effet, en faisant basculer l'agriculture africaine de subsistance à un commerce florissant, AGRA pousse à l'adoption d'un modèle occidental rentable sous-tendu par la notion de croissance. En faisant de la sorte, elle pousse l'Afrique vers des systèmes de plus en plus dépendants à l'énergie. Comme nous l'avons vu précédemment, la production n'est qu'une partie du problème, la distribution et la transformation en sont un autre. En accroissant les échanges, à des niveaux plus élevés que locaux, elle base tout le circuit d'approvisionnement sur les véhicules routiers, les infrastructures ferroviaires étant quasiment inexistantes sur le continent (55'000km de rails soit à peine 1,5 fois de plus que la France [Jedwab et Storeygard, 2019]). Ceci pose d'abord le problème de l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre, alors que l'Afrique est une des régions du monde la moins émettrice par habitant (0.8 tCO<sub>2</sub>e en moyenne pour l'Afrique subsaharienne en 2014 [Banque Mondiale, 2014]) puis celui de la raréfaction progressive de l'essence et enfin celui des dégâts sur la biodiversité (les systèmes routiers étant passablement nocifs pour les écosystèmes). Ainsi, un tel système (que l'on retrouve dans tous les pays du Nord à plus ou moins forte intensité), en flux tendu, est extrêmement sensible et fragile à tout choc dans les prix ou la quantité disponible de pétrole et peut provoquer de



Stratégie de développement proposée par la Banque de Développement Islamique et reprise par AGRA (ISDB, 2020)

grave crise de rupture. L'exportation de la production à l'étranger comporte les mêmes risques, en plus d'alourdir d'autant plus le bilan carbone des différents pays. Ces différentes transformations ne sont donc pas durables sur le long terme et amènent toute une série de nouveaux problèmes. De plus, alors que la tendance actuelle pousse à adopter des circuits courts d'approvisionnement dans de nombreux pays européens pour limiter les impacts et la consommation (Renting *et al.*, 2003), il semble contre-productif que l'Afrique quitte ce modèle qui est déjà traditionnellement le plus employé (Bricas et Broutin, 2008). Le but n'est évidemment pas ici de dire que le continent ne doit pas pouvoir acheminer sa nourriture, mais plutôt qu'il doit le faire dans des proportions limitant le transport au maximum, ce qui rentre en contradiction avec des objectifs de transformation de l'agriculture en business rentable. Il en va de même pour les procédés de transformation et de conservation qui suivent la même logique. S'il n'existe pour l'heure pas de solutions toutes faites, il n'en demeure pas moins que des pistes alternatives doivent être recherchées plutôt que se baser sur un modèle occidental d'ores et déjà vacillant (Servigne, *op. cit.*).

Concernant la position d'AGRA sur le changement climatique, bien que l'adaptation à des effets qui ne sont déjà plus évitables représente une bonne chose dans la construction d'une agriculture durable, l'absence de stratégie de réduction pose, elle, problème (le marché carbone proposé est une solution plutôt controversée et n'a pour l'heure pas prouvé son efficacité [Wara, 2007 ; Calel et Dechezleprêtre, 2016]). De plus, AGRA ne met rien en oeuvre pour le mettre en place, se contentant de le soutenir activement. Comme nous l'avons vu, l'adoption d'engrais, de pesticides, de machines agricoles et de système de distribution créent de nombreux nouveaux postes d'émission, si on ajoute à cela la faible réaction des autres pays du globe à diminuer les leurs, on se dirige rapidement vers des changements extrêmement brutaux. Ainsi, il est bien de s'adapter au futur, mais il n'est pas souhaitable d'en aggraver les conditions. Car, premièrement, passé certains paliers, les techniques d'adaptation se révéleront *in fine* inefficaces <sup>4</sup> et deuxièmement, il faut prendre en compte l'incertitude qui entoure l'amplitude et les effets précis du changement climatique sur les différentes régions du globe qui n'en font pas des solutions infaillibles.

Pour terminer, on peut donc conclure l'Alliance pour une Révolution Verte africaine, menée notamment par la Fondation Rockefeller, n'est pas réellement résiliente face aux menaces environnementales pour la sécurité alimentaire. Malgré de nombreux efforts allant dans ce sens, le fait que l'objectif de productivité passe avant celui de durabilité reproduit les failles déjà présentes

---

<sup>4</sup> Voir les scénarios RCP 6.0 et RCP 8.5 du GIEC (IPCC, *op. cit.*)

dans les systèmes alimentaires du Nord. En refusant de sacrifier une partie du rendement pour des méthodes plus robustes, l'entreprise échoue à créer une : « *Révolution Verte uniquement africaine qui transformera l'agriculture africaine en un système extrêmement productif, compétitif et durable qui assurera la sécurité alimentaire et sortira des millions de la pauvreté* » (AGRA, 2008, p.21).

## Conclusion

*« Dans l'agriculture moderne, de même que dans l'industrie des villes, l'accroissement de productivité et le rendement supérieur du travail s'achètent au prix de la destruction et du tarissement de la force de travail. En outre, chaque progrès de l'agriculture capitaliste est un progrès non seulement dans l'art d'exploiter le travailleur, mais encore dans l'art de dépouiller le sol ; chaque progrès dans l'art d'accroître sa fertilité pour un temps, un progrès dans la ruine de ses sources durables de fertilité. »*

Karl Marx - Le Capital (1867), Chapitre XV-X.

Dans la première partie de ce travail, nous nous sommes intéressés au lien entre la première Révolution Verte et la seconde, en examinant si elles procédaient en continuité ou en rupture, comme annoncé par les responsables de cette dernière. Nous avons ainsi rapidement parcouru les différentes étapes qui ont constitué la première réforme agricole des pays du Sud pour nous diriger vers les arguments et principes idéologiques qui la sous-tendaient. Il a ainsi été établi son inscription dans la notion de développement de l'appareil productif comme solution à la misère et à la famine, cette notion étant fortement ancrée dans un paradigme technique et scientifique. Son rapport ambigu à la question de la croissance démographique est aussi un élément central de la vision du monde des responsables de la Fondation Rockefeller, ces derniers naviguant entre le fait que le développement limitera ou au contraire amplifiera cette tendance. Nous avons aussi pu voir que cette entreprise s'inscrit dans un contexte historique politique et économique de Guerre froide laissant entendre que le choix des pays impliqués n'était certainement pas dû au hasard, mais répondait à des intérêts occidentaux et notamment américains. Enfin, la présentation du lien et de l'intérêt de la fondation pour la question environnementale au travers de la seconde partie du siècle a permis d'établir que celle-ci ne l'évacue pas de son discours et y porte un intérêt plutôt précoce tout en ne la liant que tardivement aux problématiques alimentaires. À la lumière de ces différents éléments, nous avons pu effectuer une comparaison avec l'AGRA en testant si cette nouvelle révolution se démarquait clairement de sa prédécesseur, en particulier en exposant les diverses critiques académiques sur les impacts sociaux, environnementaux et économiques que la première Révolution Verte aurait occasionnés. La nouvelle démarche philanthropique a donc elle aussi été décrite en reprenant la structure mentionnée au préalable. Les résultats de cette analyse tendent à

montrer qu'on ne peut parler d'une réelle rupture entre les deux, bien qu'elles diffèrent l'une de l'autre, mais plutôt d'une modification de forme, soit du discours, et d'une amélioration des pratiques qui ne se démarquent pourtant pas assez radicalement de son ancêtre du 20<sup>ème</sup> siècle. On pourrait ainsi assimiler ce renouveau à des stratégies modernes de verdissement auquel de nombreuses compagnies (la surreprésentation de la dimension économique et libérale allant dans ce sens) ont recours pour leur permettre de maintenir leurs activités sans remise en cause fondamentale.

Dans la deuxième partie de ce travail, nous avons cette fois évalué la cohérence de la nouvelle alliance philanthropique entre la Fondation Rockefeller et celle de Bill et Melinda Gates face aux problèmes environnementaux menaçant la sécurité alimentaire. La revue de littérature sur le sujet a permis de montrer que le changement climatique affectera fortement la production agricole, spécialement des principales céréales consommées dans le monde, tant sur le plan qualitatif que quantitatif. Celui-ci sera ainsi le nouveau cadre, le nouvel environnement extrêmement incertain, avec lequel les agriculteurs du monde devront composer. Le rapide épuisement des ressources auquel nous faisons face entraînera de nouvelles complications, et ce à tous les niveaux du système alimentaire. Les pénuries d'eau qui sont déjà un problème majeur de nombreux pays dans le monde n'iront qu'en s'aggravant et les récoltes, tributaires de cette ressource, en seront forcément affectées. Le déclin des énergies fossiles, spécialement du pétrole, sera certainement le facteur le plus limitant dans la fabrication, la préparation et le transport de nourriture, tant nos sociétés récentes se sont reposées intégralement dessus pour croître et se développer. Il en va de même pour les sols qui, non contents d'être altérés par les modes de vie moderne, se trouvent en concurrence avec d'autres usages alors même qu'ils sont indispensables à l'agriculture, mais aussi au maintien et à la survie du vivant sur Terre. Enfin, le préoccupant déclin de la biodiversité de la planète, qui garantit pourtant la résilience et la richesse de l'environnement, fragilisera considérablement l'usage que nous en faisons, particulièrement pour nous nourrir. Face à ce constat alarmant, nous avons pu voir que les pratiques agricoles de l'AGRA ne sont pas vraiment armées à ces troubles qui se font d'ores et déjà ressentir. Bien que considérés dans leur programme, le manque de refonte complète dans la façon d'envisager le futur rend la transformation agraire de l'Afrique très certainement peu résiliente aux chocs qu'elle subira tant ces derniers toucheront tous les niveaux du système et appellent, de ce fait, à une remise en cause complète et radicale de la façon d'envisager notre rapport à l'environnement, mais aussi à la production et à la consommation que l'AGRA ne semble pas avoir entrepris.

Pour approfondir cette réflexion, il paraît important de discuter plus en détails deux visions des enjeux environnementaux et de leur façon de les traiter, celles-ci s'opposant sur de nombreux points et l'une d'entre elles, dominante, ayant été adoptée par la Fondation Rockefeller puis l'AGRA mais aussi la majorité des institutions internationales et nationales. En effet, la notion de durabilité peut s'interpréter dans une version qualifiée par certains auteurs de *faible* ou de *forte*. Les partisans de la durabilité forte postulent qu'en entrant dans l'ère de l'Anthropocène (qui a été évoquée plus tôt dans ce travail), soit lorsque l'Homme a commencé à complètement perturber les cycles biogéochimiques planétaires, nous avons modifié les conditions de vie sur la planète, pour l'humain en tout cas (Bourg, 2015). De ce fait, il ne sera pas possible de sortir de cette crise imminente sans complètement changer le paradigme moderne qui guide le fonctionnement de nos sociétés. Selon eux, la poursuite de ce modèle est conceptuellement indéfendable, principalement pour la raison qu'il fait fi des lois physiques en matière de flux d'énergie et de matière en postulant que ces derniers peuvent soit être substitués soit découplés (Daly, 1997). Comme l'explique Daniel Curnier (2017, p.6) : « *Les lois de la thermodynamique rendent en effet illusoire une augmentation illimitée des flux d'énergie-matière nécessaires à un développement fondé sur la croissance de la production et de la consommation* ». On l'aura donc compris, le point central critiqué est les notions de développement et de croissance, pensés comme infinis dans un monde pourtant fini. Ainsi, le concept même de développement *durable* est vu comme un oxymore (puisque le monde est déjà trop développé), là où les tenants d'une durabilité faible le considère comme un pléonasme (puisque'il va de soi comme cheminement inévitable de l'entreprise humaine) (Brunel, 2012). En poursuivant ce modèle de développement, qui est, comme nous l'avons vu en introduction, devenu la principale norme internationale au cours du 20ème et 21ème siècle, la Fondation Rockefeller et l'AGRA par la suite ne pourront jamais entièrement rentrer dans une démarche durable, quand bien même ils intégreraient le changement climatique ou limiteraient leur impact environnemental car c'est la logique même qui les anime qui entre en contradiction avec ces problématiques. On peut ajouter que comme la grande majorité des politiques environnementales, ils entretiennent l'illusion que le progrès technique et scientifique (centraux dans leurs raisonnements) pourra *in fine* venir à bout de toutes les difficultés que nous rencontrerons et que ces dernières ne sont que des paramètres comme les autres avec lesquels composer. Ainsi, les semences de l'époque mexicaine n'étant pas assez productives, il suffisait d'en créer de nouvelles au rendement amélioré, de la même façon, les semences de l'époque africaine devront faire face aux aléas climatiques, il suffit à nouveau de développer de nouveaux prototypes intégrant cette nouvelle donne. Malheureusement, il y a fort à

parier que de petits ajustements de ce type ne seront pas du tout à la hauteur des menaces futures. Ils seront même certainement inutiles, par exemple, s'ils s'inscrivent toujours dans un cadre d'échanges en flux tendus qu'une contraction soudaine de l'offre énergétique viendrait à paralyser, et ce, dans des laps de temps extrêmement courts (Servigne, *op. cit.*). Cette confiance aveugle dans les solutions techniques est associée à un autre aspect critiqué par les penseurs de la durabilité forte, celui de maîtrise, de prévisibilité et de contrôle. Là où par le passé, l'agriculture était quelque chose d'instable et d'imprévisible, elle est presque devenue une science « exacte » avec les apports de chercheurs comme Norman Borlaug qui tentèrent d'en maîtriser jusqu'à la couleur des feuilles. Or, comme nous l'avons vu, les principes même des bouleversements environnementaux sont leur imprédictibilité et le fait qu'ils échappent à tout contrôle. Il n'est donc pas possible de penser pouvoir diriger la façon dont les événements se dérouleront ou la façon dont ils nous affecteront pas plus qu'on ne peut choisir où la foudre tombera ou la météo du lendemain. Il est donc impératif d'agir et de réfléchir avec prudence et précaution (principe d'ailleurs souvent mis de côté par les impératifs de production et de consommation).

Il ne faudrait cependant pas tomber dans la diabolisation ou dans une vision réductrice des choses : les actions mises en place pour endiguer la faim dans le monde, que ce soit par la Révolution Verte, l'ONU ou l'aide humanitaire en général ne sont pas des mesures fantoches ou hypocrites. Les avancées techniques à toutes les étapes du système alimentaire ont bel et bien grandement amélioré les conditions de vie sur Terre, qui sont d'ailleurs, même si la famine persiste, incomparables avec celles connues par nos ancêtres. Les intentions de la Fondation Rockefeller, qui a d'ailleurs consacré une réelle fortune (plus de 800 millions de dollars) pour l'avancement de la recherche et l'aide aux populations en difficultés, sont tout à fait louables et ne devraient pas être remise en question. Il n'y a pas à douter que les différents responsables successifs étaient et sont toujours convaincus d'agir au mieux, ce que personne ne pourra jamais leur enlever. La question est maintenant de savoir s'ils seront capables d'accepter qu'un nouveau modèle est nécessaire pour poursuivre ce but, un modèle respectueux de l'environnement mais aussi de ses limites, un modèle dans lequel on s'inspirerait tant du passé que du futur, un modèle où il n'y a pas de solutions simples et uniques mais une mosaïque d'actions collectives et individuelles adaptées à leur contexte. Les mots d'Olivier De Schutter, Rapporteur Spécial des Nations Unies sur le droit à l'alimentation, dans son rapport de 2008 sont à cet égard parfaitement parlant : « *Au cours des quelques dernières années, un consensus a émergé selon lequel le continent africain doit améliorer*

*sa capacité à nourrir sa population et les efforts pour soutenir le secteur agricole dans ce but doivent être davantage renforcés. Cependant, les questions vitales sont : quels efforts doivent être entrepris, quelles orientations doivent-ils prendre, qui doivent-ils cibler et qui devrait en décider. C'est avec ces questions en tête que j'ai organisé les 15 et 16 décembre 2008 une consultation multipartite sur les défis auxquels était confrontée la Révolution Verte en Afrique (...) L'essentiel de la discussion s'est porté sur les projets de l'Alliance pour une Révolution Verte en Afrique (Alliance for a Green Revolution in Africa - AGRA), qui est actuellement l'initiative privée de la plus grande envergure lancée dans ce domaine sur le continent, tant en termes de ressources mobilisées que d'acteurs impliqués. Cette consultation multipartite comptait de hauts représentants d'AGRA, d'organisations africaines d'agriculteurs, d'agences internationales, de la société civile ainsi que des experts indépendants. La discussion que j'ai organisée a fait ressortir très clairement que la question à laquelle est confrontée l'Afrique n'est pas d'une nature simplement technique. Au contraire, ce qui se cache derrière ces débats est le choix nécessaire entre différents paradigmes de développement agricole, différents modèles (...) Il est de fait vital de s'assurer que les erreurs du passé ne soient pas répétées, considérant l'importance cruciale pour l'Afrique de conceptualiser des systèmes agricoles qui sont résilients face aux changements climatiques, un défi que les générations passées de développeurs agricoles et responsables politiques n'ont pas eu à assumer ».*

Lorsqu'on constate que des spécialistes de l'agriculture qualifiés, comme Marc Dufumier, sont justement capables de faire pousser dans le climat aride de l'Afrique subsaharienne, grâce à l'agroécologie, des hectares de cultures résilientes sans recourir aux pesticides ni aux engrais et avec un usage proportionné d'eau, on peut se prendre à rêver d'un futur dans lequel effectivement, différents modèles (pas uniquement agricoles) seront mis en place.

## Bibliographie

Adams, R. M., King, G. A., & Johnston, W. E. (1977). Effects of Energy Cost Increases and Regional Allocation Policies on Agricultural Production. *American Journal of Agricultural Economics*, 59(3), 444–455. <https://doi.org/10.2307/1239646>

AGRA (2008). Annual report- 2008. Consulté le 18 mai 2020 sur <https://agra.org/reports-and-publications/>

AGRA (2011). Annual report- 2011. Consulté le 18 mai 2020 sur <https://agra.org/reports-and-publications/>

AGRA (2017). *Seeding an African Green Revolution: The PASS Journey*. Nairobi, Kenya: AGRA.

AGRA (2019- g). *Technology Puts Market-led Information Systems in the Hands of Farmers*. Consulté le 8 juillet 2020 sur <https://agra.org/technology-puts-market-led-information-systems-in-the-hands-of-farmers/>

AGRA (2019- h). *Big Data Project Increase Ugandan Smallholder Yields Income by 70%*. Consulté le 20 juillet 2020 sur <https://agra.org/big-data-project-increases-ugandan-smallholder-yields-incomes-by-70/>

AGRA (2019- q). *Irrigation doubles African food production*. Consulté le 3 août 2020 sur <https://agra.org/irrigation-doubles-african-food-production/>

AGRA (2020- e). *Empowering Youths Through Safe Pesticide Application Techniques*. Consulté le 9 juillet 2020 sur <https://agra.org/empowering-youths-through-safe-pesticides-application-techniques/>

AGRA (2020, - m). *Improving distribution through Village Based Advisors*. Consulté le 25 juillet 2020 sur <https://agra.org/improving-distribution-through-village-based-advisors/>

AGRA (2020, - n). *Seeds System Development Approach*. Consulté le 27 juillet 2020 sur <https://kmgraphics.website/agra-new/wp-content/uploads/2020/05/05-AGRA-Seeds-Systems-Development-Approach0406201901.pdf>

AGRA (2020). *Environmental and Social Management System*. Consulté le 21 juillet 2020 sur [https://kmgraphics.website/agra-new/wp-content/uploads/2020/05/Environmental-Social-Management-System\\_v4.pdf](https://kmgraphics.website/agra-new/wp-content/uploads/2020/05/Environmental-Social-Management-System_v4.pdf)

AGRA (s.d.- a). *Funding Partners*. Consulté le 29 juin 2020 sur <https://agra.org/our-partners/#funding-partners>

AGRA (s.d.- b). *Soil Fertility and Fertilizer Systems*. Consulté le 30 juin 2020 sur <https://agra.org/soil-fertility-fertilizer-systems/>

AGRA (s.d.- c). *Inputs Distribution*. Consulté le 4 juillet 2020 sur <https://agra.org/input-distributions/>

AGRA (s.d.- d). *Seed Research and System Development*. Consulté le 5 juillet 2020 sur <https://agra.org/seed-research-systems-development/>

AGRA (s.d.- f). *Strengthening Systems for Scaling Technologies*. Consulté le 8 juillet 2020 sur <https://agra.org/strengthening-systems-for-scaling-technologies/>

AGRA (s.d.- h). *Policy Engagement and Building State Capacity for Delivery*. Consulté le 13 juillet 2020 sur <https://agra.org/policy-engagement-and-building-state-capacity-for-delivery/#>

AGRA (s.d.- i). *Markets Post-harvest Management*. Consulté le 15 juillet 2020 sur <https://agra.org/markets-post-harvest-management/>

AGRA (s.d.- j). *Resilience and Climate Adaptation*. Consulté le 18 juillet 2020 sur <https://agra.org/climate-adaptation-building-resilience/>.

AGRA (s.d.- k). *Our Story*. Consulté le 27 juillet 2020 sur <https://agra.org/our-story/>

AGRA (s.d.- l). *Faqs*. Consulté le 27 juillet 2020 sur <https://agra.org/faqs/#1572456916544-2cc29d5a-efa8>

AGRA (s.d.- o). *Policy and Advocacy*. Consulté le 30 juillet 2020 sur <https://agra.org/policy-and-advocacy/>

AGRA (s.d.- p). *Our Strategy*. Consulté le 30 juillet 2020 sur <https://agra.org/our-strategy/>

AGRA (s.d.). *Page d'accueil*. Consulté le 18 juin 2020 sur <https://www.agra.org>

Ahmad, M., & Farooq, U. (2010). The State of Food Security in Pakistan: Future Challenges and Coping Strategies. *The Pakistan Development Review*, 49(4), 903-923. Retrieved August 4, 2020, from [www.jstor.org/stable/41428696](http://www.jstor.org/stable/41428696)Copy

Al-Saidi, M., Birnbaum, D., Buriti, R., Diek, E., Hasselbring, C., Jimenez, A., & Woinowski, D. (2016). Water Resources Vulnerability Assessment of MENA Countries Considering Energy and Virtual Water Interactions. *Procedia Engineering*, 145, 900–907. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.117>

Alauddin, M., & Tisdell, C. (1991). The ‘Green Revolution’ and economic development: The process and its impact in Bangladesh. Springer.

Alexander, T.M., (1985). *Soils of India and Their Management*. The Fertiliser Association of India, New Delhi.

Andersson, K., & Ohlsson, T. (1999). Including Environmental Aspects in Production Development: A Case Study of Tomato Ketchup. *LWT - Food Science and Technology*, 32(3), 134–141. doi:10.1006/fstl.1998.0513

Andrade, F. H., Vega, C., Uhart, S., Cirilo, A., Cantarero, M., & Valentinuz, O. (1999). Kernel Number Determination in Maize. *Crop Science*, 39(2), 453–459. <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.0011183x0039000200026x>

Andrews, S. S., Karlen, D. L., & Cambardella, C. A. (2004). The Soil Management Assessment Framework. *Soil Science Society of America Journal*, 68(6), 1945–1962. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1945>

Apple (2020). Apple s’engage à être 100% neutre en carbone sur sa chaîne logistique et tous ses produits d’ici 2030. Consulté le 1 Août 2020 sur <https://www.apple.com/chfr/newsroom/2020/07/apple-commits-to-be-100-percent-carbon-neutral-for-its-supply-chain-and-products-by-2030/>

Arslan, Z.F. (2018). Decrease in biodiversity in wheat fields due to changing agricultural practices in five decades. *Biodivers Conserv* 27, 3267–3286. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1608-9>

ARTE. (2015). *La Crevette - Product*. Consulté le 14 mai 2020 sur [https://www.youtube.com/watch?v=\\_t0orGGOfAA&feature=emb\\_title](https://www.youtube.com/watch?v=_t0orGGOfAA&feature=emb_title)

Ashley, K., Cordell, D., & Mavinic, D. (2011). A brief history of phosphorus: From the philosopher’s stone to nutrient recovery and reuse. *Chemosphere*, 84(6), 737–746. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.03.001>

Assidon, E. (2002). Les théories économiques du développement. Paris, La Découverte, Coll. Repères.

B. R. Scheffers, L. N. Joppa, S. L. Pimm, W. F. Laurance, What we know and don't know about Earth's missing biodiversity. *Trends Ecol. Evol.* 27, 501–510 (2012). 10.1016/j.tree.2012.05.008 PMID:22784409 doi:10.1016/j.tree.2012.05.008

Bairoch, P. (1991). *Cities and economic development: from the dawn of history to the present.* University of Chicago Press.

Baliddawa, C. W. (1985). Plant species diversity and crop pest control. An analytical review. *International Journal of Tropical Insect Science*, 6(04), 479–487. <https://doi.org/10.1017/s1742758400004306>

Banque Mondiale. (2014). Emissions de CO2 (tonnes métriques par habitant) - Sub-Saharan Africa. Consulté le 6 mai 2020 sur <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/EN.ATM.CO2E.PC?locations=ZG>

Banque Mondiale. (2016). Consommation d'engrais (kilogrammes par hectare de terres arables). Consulté le 12 juillet 2020 sur <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/AG.CON.FERT.ZS?view=chart>

Barbier C., et al. (2019). L'empreinte énergétique et carbone de l'alimentation en France. Club Ingénierie Prospective Énergie et Environnement, Paris, IDDRI, 24 pp

Barbier, E. B. (2004). Explaining Agricultural Land Expansion and Deforestation in Developing Countries. *American Journal of Agricultural Economics*, 86(5), 1347–1353. <https://doi.org/10.1111/j.0002-9092.2004.00688.x>

Barnard, C., I. (1948) *The Rockefeller Foundation: A Review for 1948.* New York: RF. pp. 14–20.

Bashford, A. (2014). Food and Freedom: A New World of Plenty? In *Global Population: History, Geopolitics, and Life on Earth* (pp. 267-304). New York: Columbia University Press. doi: 10.7312/bash14766.14

Ben-Ari, T., Boé, J., Ciais, P. et al. Causes and implications of the unforeseen 2016 extreme yield loss in the breadbasket of France. *Nat Commun* 9, 1627 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04087-x>

Bensimon, F. & Colantonio, L. (2014). III. Les réponses de l'État, entre politique et économie. Dans : , F. Bensimon & L. Colantonio (Dir), *La Grande Famine en Irlande* (pp. 46-72). Paris cedex 14, France: Presses Universitaires de France.

Berger, P. (1978). French Administration in the Famine of 1693. *European Studies Review*, 8(1), 101–127. doi:10.1177/026569147800800105

Bernoux, Martial & Feller, Christian & Eschenbrenner, Vincent & Cerri, C.C. & Cerri, C.E.P. (2004). Séquestration du carbone dans le sol.

Bolin, B. (2007) A history of the science and politics of climate change: the role of the Intergovernmental Panel on Climate Change. United States.

Bolis, A. (2016). Les biocarburants émettent plus de CO<sub>2</sub> que l'essence et le diesel. Consulté le 20 janvier 2020 sur [https://www.lemonde.fr/energies/article/2016/04/28/les-biocarburants-emettent-plus-de-co2-que-l-essence-et-le-diesel\\_4910371\\_1653054.html](https://www.lemonde.fr/energies/article/2016/04/28/les-biocarburants-emettent-plus-de-co2-que-l-essence-et-le-diesel_4910371_1653054.html)

Borlaug, N. E. (1970). “The Green Revolution, Peace, and Humanity”. 11 December. RFAC, RG 6.7, series 4, subseries 6, box 88.

Borlaug, N. E. (2007). Sixty-two years of fighting hunger: personal recollections. *Euphytica*, 157(3), 287–297. <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9480-9>

Borlaug, N. E., Quiñones, M. A., & Dowsell, C. R. (1997). A Fertilizer-Based Green Revolution for Africa. In *SSSA Special Publications* (p. 81–95). <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub51.c4>

Bourg, D. (2015). Les mots et les maux de l'environnement . *Communications*, 1 : 137-144.

Brandt, A. R., & Farrell, A. E. (2007). Scraping the bottom of the barrel: greenhouse gas emission consequences of a transition to low-quality and synthetic petroleum resources. *Climatic Change*, 84(3–4), 241–263. <https://doi.org/10.1007/s10584-007-9275-y>

Braschkat, J., Patyk, A., Quirin, M., Reinhardt, G.A. (2003). Life cycle assessment of bread production – a comparison of eight different scenarios. In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector*, Bygholm, Denmark.

Braun, M. R., Altan, H., & Beck, S. B. M. (2014). Using regression analysis to predict the future energy consumption of a supermarket in the UK. *Applied Energy*, 130, 305–313. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.05.062>

Bricas N., Broutin C. (2008). Food processing and retail micro-activities and poverty reduction in sub-Saharan Africa. In : Trade as a development tool: partnerships and policies: 1st Conference of the Geneva Trade and Development Forum. GTDF. s.l. : s.n., 17 p. Conference of the Geneva Trade and Development Forum. 1, Crans Montana, Suisse, 17 Septembre 2008/20 Septembre 2008.

Briones, M. J. I., & Schmidt, O. (2017). Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis. *Global Change Biology*, 23(10), 4396–4419. <https://doi.org/10.1111/gcb.13744>

Bromley P, Powell WW (2012) From smoke and mirrors to walking the talk: Decoupling in the contemporary world. *Acad. Management Ann.* 6(1):483–530.

Brooks P.D., Harpold A.A., Biederman J.A., Litvak M.E., Broxton P.D., Gochis D., Molotch N.P., Troch P.A., Ewers B.E. (2012): Insects, Fires, and Climate Change: Implications for Snow Cover, Water Resources and Ecosystem Recovery in Western North America . Abstract B21I-02 presented at 2012 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif., 3-7 Dec (Talk)..

Bruegel, M., & Stanziani, A. (2004). Pour une histoire de la « sécurité alimentaire ». *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, 51–3(3), 7. <https://doi.org/10.3917/rhmc.513.0007>

Brunel, S. (2008). La nouvelle question alimentaire. *Hérodote*, 131(4), 14–30. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/her.131.0014>

Brunel, S. (2012). Qu'est-ce que la durabilité ? . Dans : Sylvie Brunel éd., *Le développement durable* (pp. 55-69). Paris cedex 14, France: Presses Universitaires de France.

Bubolz M.M., Sontag M.S. (2009) Human Ecology Theory. In: Boss P., Doherty W.J., LaRossa R., Schumm W.R., Steinmetz S.K. (eds) *Sourcebook of Family Theories and Methods*. Springer, Boston, MA

Bunker, E., Clayton, W. et Moore H. (1954) to JdR3, november 26. Population interests. Series 1, Subseries 5, box 81, Folder 676, JdR3 Papers, RFam.a,RaC.

Byerlee, D., & Siddiq, A. (1994). Has the green revolution been sustained? The quantitative impact of the seed-fertilizer revolution in Pakistan revisited. *World Development*, 22(9), 1345–1361. [https://doi.org/10.1016/0305-750x\(94\)90008-6](https://doi.org/10.1016/0305-750x(94)90008-6)

Calel, R., & Dechezleprêtre, A. (2016). Environmental Policy and Directed Technological Change: Evidence from the European Carbon Market. *Review of Economics and Statistics*, 98(1), 173–191. [https://doi.org/10.1162/rest\\_a\\_00470](https://doi.org/10.1162/rest_a_00470)

Calzadilla A., Rehdanz K., Betts R., Falloon P., Wiltshire A., Tol R. S.J., (2013). Climate change impacts on global agriculture in *Climatic Change*, n°120.

Campbell, C., & Laherrère, J. (1998). The End of Cheap Oil. *Scientific American*, 278(3), 78-83. Retrieved May 19, 2020, from [www.jstor.org/stable/26057708](http://www.jstor.org/stable/26057708)

Campbell, H. (2008). China in Africa: challenging US global hegemony. *Third World Quarterly*, 29(1), 89–105. <https://doi.org/10.1080/01436590701726517>

Carrington, D. (2018). Humans just 0.01% of all life but have destroyed 83% of wild mammals - study. Consulté le 12 mai 2020 sur <https://www.theguardian.com/environment/2018/may/21/human-race-just-001-of-all-life-but-has-destroyed-over-80-of-wild-mammals-study>

Ceballos G, et al. (2015) Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Sci Adv* 1:e1400253

Ceballos, G., Ehrlich, P. R., & Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(30), E6089–E6096. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>

Chaboussou, F. (1986). How Pesticides Increase Pests. *Ecologist*, vol.16, n°1.

Charbonnier, P. (2020). 4. Le nouveau régime écologique. Révolution des droits et révolutions matérielles au XIXe siècle. In *Abondance et liberté* (p. 127–162). La Découverte

Chen, J. (2007). Rapid urbanization in China: A real challenge to soil protection and food security. *CATENA*, 69(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2006.04.019>

Chou, C., Neelin, J. D., Chen, C.-A., & Tu, J.-Y. (2009). Evaluating the “Rich-Get-Richer” Mechanism in Tropical Precipitation Change under Global Warming. *Journal of Climate*, 22(8), 1982–2005. <https://doi.org/10.1175/2008jcli2471.1>

Cicchino, M. A., Rattalino Edreira, J. I., & Otegui, M. E. (2013). Maize Physiological Responses to Heat Stress and Hormonal Plant Growth Regulators Related to Ethylene Metabolism. *Crop Science*, 53(5), 2135–2146. <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.03.0136>

Cicchino, M., Edreira, J. I. R., Uribe Larrea, M., & Otegui, M. E. (2010). Heat Stress in Field-Grown Maize: Response of Physiological Determinants of Grain Yield. *Crop Science*, 50(4), 1438–1448. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.10.0574>

Clausnitzer, V., Kalkman, V. J., Ram, M., Collen, B., Baillie, J. E. M., Bedjanič, M., Darwall, W. R. T., Dijkstra, K.-D. B., Dow, R., Hawking, J., Karube, H., Malikova, E., Paulson, D., Schütte, K., Suhling, F., Villanueva, R. J., von Ellenrieder, N., & Wilson, K. (2009). Odonata enter the biodiversity crisis debate: The first global assessment of an insect group. *Biological Conservation*, 142(8), 1864–1869. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.03.028>

Cleaver, H. (1972). The Contradictions of the Green Revolution. *The American Economic Review*, 62(1/2), 177-186. Retrieved July 27, 2020, from [www.jstor.org/stable/1821541](http://www.jstor.org/stable/1821541)

Collen, B., Böhm, M., Kemp, R., & Baillie, J. E. (2012, June). Spineless: status and trends of the world's invertebrates. *Zoological Society of London*.

Colombani, N., Osti, A., Volta, G., & Mastrocicco, M. (2016). Impact of Climate Change on Salinization of Coastal Water Resources. *Water Resources Management*, 30(7), 2483–2496. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1292-z>

Confédération Suisse (1947). Acte constitutif de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). Consulté le 2 novembre 2020 sur <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19450135/index.html>.

Conway, G. R., & Barbie, E. B. (1988). After the Green Revolution. *Futures*, 20(6), 651–670. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(88\)90006-7](https://doi.org/10.1016/0016-3287(88)90006-7)

Copinschi, P. (2015). La fin du pétrole : Mythe ou réalité ? In *L'Enjeu mondial* (p. 55–68). Presses de Sciences Po

Cordell, D., Drangert, J.-O., & White, S. (2009). The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, 19(2), 292–305. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009>

Coyle, W. T. (2007). The future of biofuels: a global perspective (No. 1490-2016-127657, pp. 24-29).

Craul, P. J. (1992). *Urban soil in landscape design*. New York: Wiley.

Crist, E., Mora, C., & Engelman, R. (2017). The interaction of human population, food production, and biodiversity protection. *Science*, 356(6335), 260–264. <https://doi.org/10.1126/science.aal2011>

Cullather, N. (2010). *The hungry world : America's Cold War battle against poverty in Asia*, London: Harvard University Press.

Cullather, N. (2014). « Stretching the Surface of the Earth »: The Foundations, Neo-Malthusianism and the Modernising Agenda. *Global Society*, 28(1), 104–112. <https://doi.org/10.1080/13600826.2013.848190>

Culver, J. C., & Hyde, J. (2001). *American dreamer: a life of Henry A. Wallace*. WW Norton & Company.

Curnier, D. (2017). Éducation et durabilité forte : considérations sur les fondements et les finalités de l'institution. *La Pensée écologique*, 1(1) <https://doi.org/>

Cypher, J. (2015). Les théories du développement: Une perspective économique critique. In Tanimoune N. (Author) & Veltmeyer H. (Ed.), *Des outils pour le changement: Une approche critique en études du développement* (pp. 43-47). University of Ottawa Press. Retrieved November 23, 2020, from <http://www.jstor.org/stable/j.ctt16xwbjg.16>

Daily GC (1995) Restoring value to the worlds degraded lands. *Science* 269(5222):350–354

Daly, H., E. (1997). « Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz ». *Ecological Economics*, 22 : 261-266.

Damalas, C. A., Koutroubas, S. D. (2018). Current Status and Recent Developments in Biopesticide Use. *Agriculture*, 8(1), 13. <https://doi.org/10.3390/agriculture8010013>

Daniel, C. R., Cross, A. J., Koebnick, C., & Sinha, R. (2010). Trends in meat consumption in the USA. *Public Health Nutrition*, 14(4), 575–583. <https://doi.org/10.1017/s1368980010002077>

De Vries, J. W., Groenestein, C. M., & De Boer, I. J. M. (2012). Environmental consequences of processing manure to produce mineral fertilizer and bio-energy. *Journal of Environmental Management*, 102, 173–183. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.02.032>

Deffeyes, K. S. (2005). *Beyond Oil : The View from Hubbert's Peak*. Farrar, Straus and Giroux.

Derpsch, R. (2004). History of crop production, with and without tillage. *Leading Edge*, 3(1), 150-154.

Dewi, W. S., & Senge, M. (2015). EARTHWORM DIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES UNDER THREAT. *Reviews in Agricultural Science*, 3(0), 25–35. [https://doi.org/10.7831/ras.3.0\\_25](https://doi.org/10.7831/ras.3.0_25)

Dhanagare, D. (1987). Green Revolution and Social Inequalities in Rural India. *Economic and Political Weekly*, 22(19/21), AN137-AN144. Retrieved July 28, 2020, from [www.jstor.org/stable/4377016](http://www.jstor.org/stable/4377016)

Djevic, M., & Dimitrijevic, A. (2009). Energy consumption for different greenhouse constructions. *Energy*, 34(9), 1325–1331. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.03.008>

Dowie, M. (2001) *American Foundations: An Investigative History*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Duveiller, G., Hooker, J. & Cescatti, A. (2018). The mark of vegetation change on Earth's surface energy balance. *Nat Commun* 9, 679. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02810-8>

Emmanuel, D., Owusu-Sekyere, E., Owusu, V., & Jordaan, H. (2016). Impact of agricultural extension service on adoption of chemical fertilizer: Implications for rice productivity and development in Ghana. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 79, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.10.002>

ESA. (2020). Agriculture Overview. Consulté le 22 mars 2020 sur <https://earth.esa.int/web/guest/earth-topics/agriculture>

Evenson, R. E., & Gollin, D. (2003). Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science*, 300(5620), 758-762.

Falcon, W. P. (1970). The Green Revolution: Generations of Problems. *American Journal of Agricultural Economics*, 52(5), 698–710. <https://doi.org/10.2307/1237681>

Falkenmark, M., & Rockström, J. (2006). The New Blue and Green Water Paradigm: Breaking New Ground for Water Resources Planning and Management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 132(3), 129–132. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9496\(2006\)132:3\(129\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9496(2006)132:3(129))

Fan, L., Gai, L., Tong, Y., & Li, R. (2017). Urban water consumption and its influencing factors in China: Evidence from 286 cities. *Journal of Cleaner Production*, 166, 124–133. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.044>

FAO (2002). Chapter 2. Food security: concepts and measurement. Consulté le 3 novembre 2020 sur <http://www.fao.org/3/y4671e/y4671e06.htm>.

FAO (2011). The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London.

FAO (2016). The state of food and agriculture, Rome, 174 p.

FAO (2018). Climate change and food security : risks and responses, Rome, 187 p.

FAO et ITPS, (2015). Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy

FAO. (1994). Towards a new green revolution. Consulté le 7 août 2020 sur : <http://www.fao.org/3/x0262e/x0262e06.htm>

FAO. (2006). Livestock's long shadow, environmental issues and options. Consulté le 10 juillet 2020 sur <http://www.fao.org/3/a0701e/a0701e.pdf>

FAOSTAT (2016). Statistical database. Publisher: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Rome, Italy.

Feder, E. (1976). McNamara's little Green Revolution: World Bank scheme for self-liquidation of third world peasantry. *Economic and Political Weekly*, 11(14): 532–41.

Filiberto, D. M., & Gaunt, J. L. (2013). Practicality of biochar additions to enhance soil and crop productivity. *Agriculture*, 3(4), 715-725.

Fitzgerald, D. (1986). Exporting American Agriculture: The Rockefeller Foundation in Mexico, 1943-53. *Social Studies of Science*, 16(3), 457–483. <https://doi.org/10.1177/030631286016003003>

Flint, M., & Roberts, P. (1988). Using crop diversity to manage pest problems: Some California examples. *American Journal of Alternative Agriculture*, 3(4), 163-167. Retrieved August 5, 2020, from [www.jstor.org/stable/44507019](http://www.jstor.org/stable/44507019)

Fowler, C. (1994). UNNATURAL SELECTION: TECHNOLOGY, POLITICS, AND PLANT EVOLUTION. 182-83. Yverdon, Switzerland : Gordon and Breach.

Fox, R. (2012). The decline of moths in Great Britain: a review of possible causes. *Insect Conservation and Diversity*, 6(1), 5–19. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2012.00186.x>

François, M., Moreau, R., & Sylvander, B. (Eds.) 2005. Question 2. État des lieux de l'agriculture biologique (dans le monde, dans le monde tropical, en Europe, en France et en Martinique). In *Agriculture biologique en Martinique : Quelles perspectives de développement ?* IRD Éditions. doi :10.4000/books.irdeditions.2767

Frankel, F. (1972). *The Political Challenge of the Green Revolution*. Centre for International Studies, Princeton University.

Frankel, O. H. (1970). Genetic dangers in the green revolution. *World Agric.*, 19(3), 9-13.

Frieler K., Levermann A., Elliott J., Heinke J., Arneth A., Bierkens M.F.P., Ciais P., et al., (2015) A framework for the cross-sectoral integration of multi-model impacts projections: Land use decisions under climate impacts uncertainties in *Earth System Dynamics*, n°6.

Fuhrer J., (2003). Agroecosystem responses to combinations of elevated CO<sub>2</sub>, ozone, and global climate change in *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n°97.

Gagnon, N., Hall, C., & Brinker, L. (2009). A Preliminary Investigation of Energy Return on Energy Investment for Global Oil and Gas Production. *Energies*, 2(3), 490–503. <https://doi.org/10.3390/en20300490>

Gallai, N., Salles, J. M., Settele, J., & Vaissière, B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological economics*, 68(3), 810-821.

Gautier, D. L., Bird, K. J., Charpentier, R. R., Grantz, A., Houseknecht, D. W., Klett, T. R., Moore, T. E., Pitman, J. K., Schenk, C. J., Schuenemeyer, J. H., Sorensen, K., Tennyson, M. E., Valin, Z. C., & Wandrey, C. J. (2009). Assessment of Undiscovered Oil and Gas in the Arctic. *Science*, 324(5931), 1175–1179. <https://doi.org/10.1126/science.1169467>

Gellings, C. W. (2009). *Efficient Use and Conservation of Energy—Volume II*. Eolss Publishers.

Ghazoul, J. (2005). Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends in ecology & evolution*, 20(7), 367-373.

Gil, J. D. B., Reidsma, P., Giller, K., Todman, L., Whitmore, A., & van Ittersum, M. (2018). Sustainable development goal 2: Improved targets and indicators for agriculture and food security. *Ambio*, 48(7), 685–698.

Gill, J.S., (1992). Land use, conservation, management and development of land resources of Punjab. In: Report of Department of Soil Conservation and Engineering, Chandigarh, Punjab.

Gires, J.-M. (2011). Les pétroles extra-lourds et les bitumes. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 64(4), 33–42

Giriappa, S. (1983). *Water Use Efficiency in Agriculture*. Dehli : Oxford.

Glaeser, B. (Ed.). (2010). *The Green Revolution revisited: critique and alternatives (Vol. 2)*. Taylor & Francis.

Gollnow, F., & Lakes, T. (2014). Policy change, land use, and agriculture: The case of soy production and cattle ranching in Brazil, 2001–2012. *Applied Geography*, 55, 203–211. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.09.003>

Gosselin, P., Hrudey, S.E., Naeth, A., Plourde, A. *et al.* (2010). *Environmental and Health Impacts of Canada's Oil Sands Industry*. The Royal Society of Canada Expert Panel.

Gould, F. (1991). The Evolutionary Potential of Crop Pests. *American Scientist*, 79(6), 496-507. Retrieved August 6, 2020, from [www.jstor.org/stable/29774519](http://www.jstor.org/stable/29774519)

Griffin, K. (1979). *The Political Economy of Agrarian Change : An Essay on the Green Revolution*. Palgrave Macmillan UK. <https://books.google.ch/books?id=jq6uCwAAQBAJ>

Grindle, M. (1986). *State and Countryside: Development Policy and Agrarian Politics in Latin America*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Haider, G.M. (2000). World oil reserves: Problems in definition and estimation. *OPEC Review* Volume 24. Issue 4. Pages 305-327

Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörren, T., Goulson, D., & de Kroon, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE*, 12(10), e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>

Hammond, G. P., & Seth, S. M. (2013). Carbon and environmental footprinting of global biofuel production. *Applied Energy*, 112, 547–559. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.01.009>

Hanjra, M. A., & Qureshi, M. E. (2010). Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy*, 35(5), 365–377. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.05.006>

Harley, C. D. G. (2011). Climate Change, Keystone Predation, and Biodiversity Loss. *Science*, 334(6059), 1124–1127. <https://doi.org/10.1126/science.1210199>

Hasler, K., Bröring, S., Omta, S. W. F., & Olf, H.-W. (2015). Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types. *European Journal of Agronomy*, 69, 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.06.001>

Hay, R. K., & Porter, J. R. (2006). *The physiology of crop yield*. Blackwell Publishing.

Hedley, J., Roelfsema, C., & Phinn, S. R. (2009). Efficient radiative transfer model inversion for remote sensing applications. *Remote Sensing of Environment*, 113(11), 2527–2532. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.07.008>

Heller, M. C., & Keoleian, G. A. (2003). Assessing the sustainability of the US food system: a life cycle perspective. *Agricultural Systems*, 76(3), 1007–1041. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(02\)00027-6](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00027-6)

Hens, L., Boon, E. K. (2005) Causes of biodiversity loss: a human ecological analysis [Текст] / L. Hens, E. K. Boon // Механізм регулювання економіки. № 1. С. 11-25.

Hertel Thomas W., Burke Marshall B., Lobell David B., (2010). The poverty implications of climate-induced crop yield changes by 2030 in *Global Environmental Change*, n°20, 2010.

Hervieu, B., & Purseigle, F. (2009). Exode rural : Les habits neufs d'une vieille question. In *L'enjeu mondial* (p. 45–52). Presses de Sciences Po

Herzog, T. (2005). *World Greenhouse Gas Emissions in 2005*. WRI Working Paper. World Resources Institute.

Hess, G. (2010). Par-delà l'expérience esthétique de la nature. *Crise écologique, crise des valeurs?: défis pour l'anthropologie et la spiritualité*, 265-279.

Hilbeck, A., Meier, M., Römbke, J. et al. (2011) Environmental risk assessment of genetically modified plants - concepts and controversies. *Environ Sci Eur* 23, 13. <https://doi.org/10.1186/2190-4715-23-13>

Höök, M., Hirsch, R., & Aleklett, K. (2009). Giant oil field decline rates and their influence on world oil production. *Energy Policy*, 37(6), 2262–2272. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.02.020>

Houseknecht, D. W., & Bird, K. J. (2006). Oil and gas resources of the Arctic Alaska petroleum province.

Hu, X. F., Wu, H. X., Hu, X., Fang, S. Q. and Wu, C. J. (2004). Impact of urbanization on Shanghai's soil environmental quality. *Pedosphere*. 14(2): 151-158.

Hussey, K., & Pittock, J. (2012). The Energy–Water Nexus: Managing the Links between Energy and Water for a Sustainable Future. *Ecology and Society*, 17(1).

IEA. (2020). World oil production. Consulté le 3 juillet 2020 sur <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=WORLD&energy=Oil&year=2017>

INSEE. (2013). L'agriculture en 2012 en France et en Europe. Consulté le 12 juillet 2020 sur <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1281330>

IPCC, (2013) Climate Change. The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New-York, NY, USA, 1535 p.

ISDB. (2020). Inclusive Growth. Making value chains work for smallholder farmers. Consulté le 22 mai 2020 sur <https://www.isdb.org/sites/default/files/media/documents/2020-06/15%20Agriculture%20GP%20Publication%202020-%20Inclusive%20Growth.pdf>

Jancovici, J. M. (2006). A quoi ressemble notre consommation énergétique actuellement. Consulté le 12 avril 2020 sur <https://jancovici.com/transition-energetique/l-energie-et-nous/a-quoi-ressemble-notre-consommation-energetique-actuellement/>

Jancovici, J.M. (2010). Qu'est-ce que le pétrole non conventionnel ? Consulté le 15 février 2020 sur <https://jancovici.com/transition-energetique/petrole/quest-ce-que-le-petrole-non-conventionnel/>

Jancovici, J.M. (2013). Combien suis-je un esclavagiste. Consulté le 24 mars 2020 sur <https://jancovici.com/transition-energetique/l-energie-et-nous/combien-suis-je-un-esclavagiste/>

Jancovici, J.M. (2019). L'énergie, de quoi s'agit-il exactement ? Consulté le 2 juin 2020 sur <https://jancovici.com/transition-energetique/l-energie-et-nous/lenergie-de-quoi-sagit-il-exactement>

Janin, P. (2008). Crise alimentaire mondiale. Désordres et débats. *Hérodote*, 131(4), 6–13. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/her.131.0006>

Jarosz, L. (2011). Defining World Hunger. *Food, Culture & Society*, 14:1, 117-139

Jarrige, F., & Vrignon, A. (2020). Introduction. Une histoire alternative de l'énergie. In *Face à la puissance* (p. 5–21). La Découverte

Jedwab, R., & Storeygard, A. (2019). Economic and Political Factors in Infrastructure Investment: Evidence from Railroads and Roads in Africa 1960–2015. *Economic History of Developing Regions*, 34(2), 156–208. <https://doi.org/10.1080/20780389.2019.1627190>

Jia, N., Liu, X., & Gao, H. (2016). A DNA2 Homolog Is Required for DNA Damage Repair, Cell Cycle Regulation, and Meristem Maintenance in Plants. *Plant Physiology*, 171(1), 318–333. <https://doi.org/10.1104/pp.16.00312>

Johnson, S. (1972). *The Green Revolution*, London: Hamilton.

Kahiluoto, H., Kaseva, J., Balek, J., Olesen, J. E., Ruiz-Ramos, M., Gobin, A., Kersebaum, K. C., Takáč, J., Ruget, F., Ferrise, R., Bezak, P., Capellades, G., Dibari, C., Mäkinen, H., Nendel, C., Ventrella, D., Rodríguez, A., Bindi, M., & Trnka, M. (2018). Decline in climate resilience of European wheat. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(1), 123–128. <https://doi.org/10.1073/pnas.1804387115>

Kang, D. S. (1982). Environmental problems of the Green Revolution with a focus on Punjab, India.

Karlen, D. L. (2004). Soil quality as an indicator of sustainable tillage practices. *Soil and Tillage Research*, 78(2), 129–130. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.02.001>

Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. et Kienzle, J. (2015). Overview of the Worldwide Spread of Conservation Agriculture. *Field Actions Science Reports* [Online], Vol. 8.

Kemp, K., Inch, A., Holdsworth, D. K., & Knight, J. G. (2010). Food miles: Do UK consumers actually care? *Food Policy*, 35(6), 504–513. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.05.011>

Khush, G. S. (2001). Green revolution: the way forward. *Nature Reviews Genetics*, 2(10), 815–822. <https://doi.org/10.1038/35093585>

Kidd, J. S., & Kidd, R. A. (2006). *Agricultural Versus Environmental Science: A Green Revolution*. Infobase Publishing.

Klein Goldewijk, K., Beusen, A., Van Drecht, G., & De Vos, M. (2010). The HYDE 3.1 spatially explicit database of human-induced global land-use change over the past 12,000 years. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 73–86. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00587.x>

Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313.

Koroneos, C., Roumbas, G., Gabari, Z., Papagiannidou, E., & Moussiopoulos, N. (2005). Life cycle assessment of beer production in Greece. *Journal of Cleaner Production*, 13(4), 433–439. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2003.09.010>

Krausmann, F., & Langthaler, E. (2019). Food regimes and their trade links: A socio-ecological perspective. *Ecological Economics*, 160, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.02.011>

Kuipers, H. (1970). Historical notes on the zero-tillage concept, *Neth. J. Agric. Sci.*, 18: 219-224.

Kumar, R., Pasricha, N.S., (1999). Land use and land cover changes in the Indus plains of Punjab in the post Green Revolution period 1965–1995. In: *Proceedings of the International Seminar on Historical Perspectives of Land-use/Land-cover Change in South Asia for the Study of Global Change*, April 11–13, 1999. NPL, New Delhi.

Kundzewicz, Z. W., Kanae, S., Seneviratne, S. I., Handmer, J., Nicholls, N., Peduzzi, P., Mechler, R., Bouwer, L. M., Arnell, N., Mach, K., Muir-Wood, R., Brakenridge, G. R., Kron, W., Benito, G., Honda, Y., Takahashi, K., & Sherstyukov, B. (2013). Flood risk and climate change: global and regional perspectives. *Hydrological Sciences Journal*, 59(1), 1–28. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.857411>

Lambelet, A. (2014). 3. Imposer son expertise. Dans : , A. Lambelet, *La Philanthropie* (pp. 61-76). Paris: Presses de Sciences Po.

Lee, J. A., & Gill, T. E. (2015). Multiple causes of wind erosion in the Dust Bowl. *Aeolian Research*, 19, 15–36. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2015.09.002>

Leteurtrois, J.-P. (2011). Fallait-il interdire l'exploration des hydrocarbures de schiste en France ? *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 64(4), 70–75.

Li, W., Dai, Y., Ma, L., Hao, H., Lu, H., Albinson, R., & Li, Z. (2015). Oil-saving pathways until 2030 for road freight transportation in China based on a cost-optimization model. *Energy*, 86, 369–384. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.04.033>

Lizaso, J. I., Ruiz-Ramos, M., Rodríguez, L., Gabaldon-Leal, C., Oliveira, J. A., Lorite, I. J., Sánchez, D., García, E., & Rodríguez, A. (2018). Impact of high temperatures in maize: Phenology and yield components. *Field Crops Research*, 216, 129–140. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.11.013>

Lobell, D. B., & Field, C. B. (2007). Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environmental Research Letters*, 2(1), 014002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/2/1/014002>

Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. *Science*, 333(6042), 616–620. <https://doi.org/10.1126/science.1204531>

Luzi, J. (2009). Une histoire de l'industrialisation de l'agroalimentaire. *Commentaires sur Le marché de la faim et Le monde selon Monsanto. Écologie & politique*, 38(1), 43–56.

Manneville P. (2004). *Instabilités, Chaos et Turbulence*, Paris : Les Editions de l'Ecole polytechnique, 360p.

Marcotullio, P. J., Braimoh, A. K., & Onishi, T. (2008). The Impact of Urbanization on Soils. *Land Use and Soil Resources*, 201–250. doi:10.1007/978-1-4020-6778-5\_10

Markussen, M., & Østergård, H. (2013). Energy Analysis of the Danish Food Production System: Food-EROI and Fossil Fuel Dependency. *Energies*, 6(8), 4170–4186. <https://doi.org/10.3390/en6084170>

Marquis, C., Toffel, M. W., & Zhou, Y. (2016). Scrutiny, Norms, and Selective Disclosure: A Global Study of Greenwashing. *Organization Science*, 27(2), 483–504. <https://doi.org/10.1287/orsc.2015.1039>

Maxwell, S. L., Fuller, R. A., Brooks, T. M., & Watson, J. E. M. (2016). Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature*, 536(7615), 143–145. <https://doi.org/10.1038/536143a>

McDonald, I. (1970). "The Man behind the Green Revolution". *London Times*, 13 November. p. 10.

- McGranahan, G., Marcotullio, P. J., et al. (2005) Urban systems. In Current state and trends: Findings of the condition and trends working group. Ecosystems and human well-being, Vol. 1 (ed. Millennium Ecosystem Assessment, pp. 795–825). Washington, DC: Island Press.
- McKeon, N. (2015). Food Security Governance : Empowering Communities, Regulating Corporations. Routledge. <https://books.google.ch/books?id=ZNijpwAACAAJ>
- McNabb, D. E. (2019). Global Pathways to Water Sustainability. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-04085-7>
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2016). Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances*, 2(2), e1500323. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323>
- Meng, L., Ding, W., & Cai, Z. (2005). Long-term application of organic manure and nitrogen fertilizer on N<sub>2</sub>O emissions, soil quality and crop production in a sandy loam soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(11), 2037–2045. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.03.007>
- Mills, R. M. (2008). The Myth of the Oil Crisis : Overcoming the Challenges of Depletion, Geopolitics, and Global Warming. Praeger.
- Ministère de l'agriculture et de l'environnement (2012). Combien y-a-t-il d'agriculteurs en France ?. Consulté le 6 juin 2020 sur <https://agriculture.gouv.fr/combien-y-t-il-dagriculteurs-en-france>
- Molden, D. (2007). Water responses to urbanization. *Paddy and Water Environment*, 5(4), 207–209. <https://doi.org/10.1007/s10333-007-0084-8>
- Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M. A., & Kijne, J. (2010). Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural Water Management*, 97(4), 528–535. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.03.023>
- Molina, M. J. (2009). Planetary boundaries: Identifying abrupt change. *Nature Climate Change*, 1(910), 115–116. <https://doi.org/10.1038/climate.2009.96>
- Molinier, J. (1977). L'évolution de la population agricole du XVIII<sup>e</sup> siècle à nos jours. *Economie et statistique*, 91(1), 79–84. <https://doi.org/10.3406/estat.1977.3127>
- Moriarty, P., & Honnery, D. (2016). Global Transport Energy Consumption. In *Alternative Energy and Shale Gas Encyclopedia* (p. 651–656). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119066354.ch61>

- Morvaridi, B. (2012). Capitalist Philanthropy and Hegemonic Partnerships, *Third World Quarterly*, 33:7, 1191-1210, DOI: 10.1080/01436597.2012.691827
- Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C., & Gerber, P. (2017). Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*, 14, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>
- Mueller, S. A., Anderson, J. E., & Wallington, T. J. (2011). Impact of biofuel production and other supply and demand factors on food price increases in 2008. *Biomass and Bioenergy*, 35(5), 1623–1632. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.01.030>
- Muller, D. C. A., Marechal, F. M. A., Wolewinski, T., & Roux, P. J. (2007). An energy management method for the food industry. *Applied Thermal Engineering*, 27(16), 2677–2686. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2007.06.005>
- Munkholm, L. J., & Schjøning, P. (2004). Structural vulnerability of a sandy loam exposed to intensive tillage and traffic in wet conditions. *Soil and Tillage Research*, 79(1), 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.03.012>
- Nielsen, D. L., & Brock, M. A. (2009). Modified water regime and salinity as a consequence of climate change: prospects for wetlands of Southern Australia. *Climatic Change*, 95(3–4), 523–533. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9564-8>
- Nijdam, D., Rood, T., & Westhoek, H. (2012). The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy*, 37(6), 760–770. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.08.002>
- Norman, J., MacLean, H. L., & Kennedy, C. A. (2006). Comparing High and Low Residential Density: Life-Cycle Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions. *Journal of Urban Planning and Development*, 132(1), 10–21. doi:10.1061/(asce)0733-9488(2006)132:1(10)
- Novacek, M. J. (2001). *The biodiversity crisis: losing what counts*. New Press.
- Ødegaard, F. (2006). Host specificity, alpha- and beta-diversity of phytophagous beetles in two tropical forests in Panama. *Biodiversity and Conservation* 15:83–105.
- Okhmatovskiy I, David RJ (2012) Setting your own standards: Internal corporate governance codes as a response to institutional pressure. *Organ. Sci.* 23(1):155–176.
- Omotesho, A., Fakayode, S., & Tariya, Y. (2012). Curtailing Fertilizer Scarcity and Climate Change; An Appraisal of Factors Affecting Organic Materials Use Option in Nigeria's Agriculture. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, 5(3). <https://doi.org/10.4314/ejesm.v5i3.10>

ONU (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs.

ONU (s.d.). *Population*. Consulté le 9 juillet 2020 sur <https://www.un.org/fr/sections/issues-depth/population/index.html>

Oury, F.-X., Godin, C., Mailliard, A., Chassin, A., Gardet, O., Giraud, A., Heumez, E., Morlais, J.-Y., Rolland, B., Rousset, M., Trottet, M., & Charmet, G. (2012). A study of genetic progress due to selection reveals a negative effect of climate change on bread wheat yield in France. *European Journal of Agronomy*, 40, 28–38. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.02.007>

Owen, N. A., Inderwildi, O. R., & King, D. A. (2010). The status of conventional world oil reserves—Hype or cause for concern? *Energy Policy*, 38(8), 4743–4749. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.02.026>

Paddock, W. (1970). How Green Is the Green Revolution? *BioScience*, 20(16), 897-902. doi: 10.2307/1295581

Parayil, G. (1992). The Green Revolution in India: A Case Study of Technological Change. *Technology and Culture*, 33(4), 737-756. doi:10.2307/3106588

Patel, R. (2013) The Long Green Revolution, *The Journal of Peasant Studies*, 40:1, 1-63, DOI: 10.1080/03066150.2012.719224

Pérez-Escamilla, R. (2017). Food Security and the 2015–2030 Sustainable Development Goals: From Human to Planetary Health. *Current Developments in Nutrition*, 1(7), e000513.

Perkins, J. H. (1997). *Geopolitics and the Green Revolution: Wheat, genes and the Cold War*, Oxford: Oxford University Press.

Pilenko, T. (2011). La production des hydrocarbures en offshore profond. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 64(4), 17–23

Pimentel, D. (1996). Green revolution agriculture and chemical hazards. *Science of The Total Environment*, 188, S86–S98. doi:10.1016/0048-9697(96)05280-1

Pingali, P. L., Rosegrant, M. W., Pingali, P. L., & Rosegrant, M. W. (1994). Confronting the environmental consequences of the Green Revolution in Asia. Unknown. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.42825>

Pinstrup-Andersen, P. (2009). Food security: definition and measurement. *Food Security*, 1(1), 5–7. <https://doi.org/10.1007/s12571-008-0002-y>

Pinstrup-Andersen, P., & Hazell, P. B. R. (1985). The impact of the green revolution and prospects for the future. *Food Reviews International*, 1(1), 1–25. doi : 10.1080/87559128509540765

Prasad, P. V. V., Boote, K. J., Allen, L. H., & Thomas, J. M. G. (2002). Effects of elevated temperature and carbon dioxide on seed-set and yield of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Global Change Biology*, 8(8), 710–721. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00508.x>

Rattalino Edreira, J. I., & Otegui, M. E. (2012). Heat stress in temperate and tropical maize hybrids: Differences in crop growth, biomass partitioning and reserves use. *Field Crops Research*, 130, 87–98. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.02.009>

Raup, D. M., & Sepkoski, J. J. (1982). Mass extinctions in the marine fossil record. *Science*, 215(4539), 1501-1503.

Renting, H., Marsden, T. K., & Banks, J. (2003). Understanding Alternative Food Networks: Exploring the Role of Short Food Supply Chains in Rural Development. *Environment and Planning A*, 35(3), 393–411. doi:10.1068/a3510

Reuterswård, L. (2009). “Putting Africa on the Agenda.” In *Cities: Part of the Solution*. Brussels: European Union Ministry of the Environment.

Riché, P. (1979). Les « Gouvernants » et les problèmes de population dans le Haut Moyen-Age (Ve-IXe siècles). *Annales de démographie historique*, 1979(1), 301–309.

Robelius, F., (2007). Giant oil fields—the highway to oil: giant oil fields and their importance for future oil production. Thèse de doctorat de l'université de Uppsala.

Rockefeller Foundation. (1918). Annual report - 1918. Consulté le 20 avril 2020 sur <https://www.rockefellerfoundation.org/annual-reports/>

Rockefeller Foundation. (1924). Annual report - 1924. Consulté le 12 avril 2020 sur <https://www.rockefellerfoundation.org/annual-reports/>

Rockefeller Foundation. (1933). Annual report - 1933. Consulté le 20 avril 2020 sur <https://www.rockefellerfoundation.org/annual-reports/>

Rockefeller Foundation. (1941). "Recommendations of the commission to survey agriculture in Mexico," 100 Years: The Rockefeller Foundation, accessed June 15, 2020, [https://rockfound.rockarch.org/digital-library-listing/-/asset\\_publisher/yYxpQfeI4W8N/content/recommendations-of-the-commission-to-survey-agriculture-in-mexico](https://rockfound.rockarch.org/digital-library-listing/-/asset_publisher/yYxpQfeI4W8N/content/recommendations-of-the-commission-to-survey-agriculture-in-mexico)

Rockefeller Foundation. (1950). Annual report - 1950. Consulté le 12 avril 2020 sur <https://www.rockefellerfoundation.org/annual-reports/>

Rockefeller Foundation. (1951) "The world food problem, agriculture, and the Rockefeller Foundation," 100 Years: The Rockefeller Foundation, accessed July 5, 2020

Rockefeller Foundation. (1960). Annual report - 1960. Consulté le 20 avril 2020 sur <https://www.rockefellerfoundation.org/annual-reports/>

Rockefeller Foundation. (1962). Annual report - 1962. Consulté le 20 avril 2020 sur <https://www.rockefellerfoundation.org/annual-reports/>

Rockefeller Foundation. (1967). Annual report - 1967. Consulté le 20 avril 2020 sur <https://www.rockefellerfoundation.org/annual-reports/>

Rockefeller Foundation. (1968). Annual report - 1968. Consulté le 12 avril 2020 sur <https://www.rockefellerfoundation.org/annual-reports/>

Rockefeller Foundation. (1971). Annual report - 1971. Consulté le 12 avril 2020 sur <https://www.rockefellerfoundation.org/annual-reports/>

Rockefeller Foundation. (2006). Annual report - 2006. Consulté le 20 avril 2020 sur <https://www.rockefellerfoundation.org/annual-reports/>

Rockefeller Foundation. (2007). Annual report - 2007. Consulté le 20 avril 2020 sur <https://www.rockefellerfoundation.org/annual-reports/>

Rockefeller Foundation. (2008). Annual report - 2008. Consulté le 20 avril 2020 sur <https://www.rockefellerfoundation.org/annual-reports/>

Rockefeller Foundation. (2011). Annual report - 2011. Consulté le 20 avril 2020 sur <https://www.rockefellerfoundation.org/annual-reports/>

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., III, Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., ... Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>

Rodney, W. (2018). *How europe underdeveloped africa*. Verso Trade.

Romane, F., & Valerino, L. (1997). Changements du paysage et biodiversité dans les châtaigneraies cévenoles (sud de la France). *Ecologia mediterranea*, 23(1), 121-129.

Romanovsky V., Burgess M., Smith S., Yoshikawa K., Brown J., (2002) Permafrost temperature records : indicators of climate change in *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, Vol. 83.

Rosenzweig C., Elliott J., Deryng D., Ruane A.C., Müller C., Arneth A., Boote K.J., Folberth C., Glotter M., Khabarov N., Neumann K., Piontek F., Pugh T.A.M., Schmid E., Stehfest E., Yang H., Jones J.W., (2014). Assessing agricultural risks of climate change in the 21th century in a global gridded crop model intercomparison in *Proc. Natl. Acad. Sci.*, n°9.

Ross, B.E. (2003) Malthusianism, capitalist agriculture, and the fate of peasants in the making of the modern world food system, *Review of Radical Political Economics*, 35(4), pp. 437–461

Ross, E. (1998). *The Malthus factor. Poverty, politics and population in capitalist development*, London & New York: Zed Books.

Rotillon, G. (2019). *Économie des ressources naturelles*. La Découverte.

Roush, R., & Tabashnik, B. E. (Eds.). (2012). *Pesticide resistance in arthropods*. Springer Science & Business Media.

Saddique, Q., Liu, D. L., Wang, B., Feng, P., He, J., Ajaz, A., Ji, J., Xu, J., Zhang, C., & Cai, H. (2020). Modelling future climate change impacts on winter wheat yield and water use: A case study in Guanzhong Plain, northwestern China. *European Journal of Agronomy*, 119, 126113. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126113>

Saha, G. C., Li, J., Thring, R. W., Hirshfield, F., & Paul, S. S. (2017). Temporal dynamics of groundwater-surface water interaction under the effects of climate change: A case study in the Kiskatinaw River Watershed, Canada. *Journal of Hydrology*, 551, 440–452. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.06.008>

Saman P. Seneweera & Jann P. Conroy (1997) Growth, grain yield and quality of rice (*Oryza sativa* L.) in response to elevated CO<sub>2</sub> and phosphorus nutrition, *Soil Science and Plant Nutrition*, 43:sup1, 1131-1136, DOI: 10.1080/00380768.1997.11863730

Sanchez, P. A. (1987). Soil productivity and sustainability in agroforestry systems. *Agroforestry: A decade of development*, 205-223.

Sapriza-Azuri, G., Jódar, J., Carrera, J., & Gupta, H. V. (2015). Toward a comprehensive assessment of the combined impacts of climate change and groundwater pumping on catchment dynamics. *Journal of Hydrology*, 529, 1701–1712. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.08.015>

Sauvy, A. (1947). Le malthusianisme anglo-saxon. *Population*, vol. 2(2), 221-242.

Scanlan, S. J. (2001). *Sociological Forum*, 16(2), 231–262. <https://doi.org/10.1023/a:1011000717740>

Scherm, H. (2004). Climate change: can we predict the impacts on plant pathology and pest management? *Canadian Journal of Plant Pathology*, 26(3), 267–273. <https://doi.org/10.1080/07060660409507143>

Schlenker, W., & Lobell, D. B. (2010). Robust negative impacts of climate change on African agriculture. *Environmental Research Letters*, 5(1), 014010.

Schlenker, W., & Lobell, D. B. (2010). Robust negative impacts of climate change on African agriculture. *Environmental Research Letters*, 5(1), 014010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/5/1/014010>

Schlossberg, S., King, D. I., & Chandler, R. B. (2011). Effects of low-density housing development on shrubland birds in western Massachusetts. *Landscape and Urban Planning*, 103(1), 64–73. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.06.001>

Schnell, S. M. (2013). Food miles, local eating, and community supported agriculture: putting local food in its place. *Agriculture and Human Values*, 30(4), 615–628. <https://doi.org/10.1007/s10460-013-9436-8>

Scott Kantor, L., Lipton, K., Manchester, A. and Oliviera, V. (1997). Estimating and addressing America's food losses. *Food Review*, 20(1): 2–12.

Seguin, B. (2010). Le changement climatique : conséquences pour les végétaux. *Quaderni*, 71. 27-40.

Seibold, S., Gossner, M.M., Simons, N.K. et al. (2019) Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature* 574, 671–674. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3>

Senn D., Spuhler, D. (2018). Water, Sanitation and Urbanisation. Consulté le 20 juillet 2020 sur <https://sswm.info/node/7722>

Servigne, P. (2014). Nourrir l'Europe en temps de crise. ACTES SUD

Servigne, P., & Stevens, R. (2015). Comment tout peut s'effondrer. Petit manuel de collapsologie à l'usage des générations présentes: Petit manuel de collapsologie à l'usage des générations présentes. Le Seuil.

Seydtaghia, A. (2014). Suicide interdit par voie de contrat chez Foconn. *Le Temps*, édition du 13 octobre 2014. Consulté le 28 juillet 2020 sur <https://www.letemps.ch/suicide-interdit-voie-contrat-chez-foxconn>

Shamshuddin, J., Fauziah, C. I., Anda, M., Kapok, J., & Shazana, M. A. R. S. (2011). Using ground basalt and/or organic fertilizer to enhance productivity of acid soils in Malaysia for crop production. *Malaysian Journal of Soil Science*, 15(1), 127-146.

Sheffield, J., Wood, E. F., & Roderick, M. L. (2012). Little change in global drought over the past 60 years. *Nature*, 491(7424), 435-438.

Sheldon, F., C. Leigh, W. Neilan, M. Newham, C. Polson, and W. Hadwen. (2019). Chapter 11 - Urbanization: Hydrology, Water Quality, and Influences on Ecosystem Health. Pages 229-248 in A. K. Sharma, T. Gardner, and D. Begbie, editors. *Approaches to Water Sensitive Urban Design*. Woodhead Publishing.

Shiva, V. (1989). *The violence of the green revolution: Third world agriculture, ecology, and politics*. University Press of Kentucky.

Simmons, M., (2007). Is the world supply of oil and gas peaking? *International Petroleum Week 2007*, London.

Sims R., R. Schaeffer, F. Creutzig, X. Cruz-Núñez, *et al.* (2014). Transport. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, *et al.* (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Singh, R. B. (2000). Environmental consequences of agricultural development: a case study from the Green Revolution state of Haryana, India. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 82(1–3), 97–103. [https://doi.org/10.1016/s0167-8809\(00\)00219-x](https://doi.org/10.1016/s0167-8809(00)00219-x)

Singh, R.B., (1997). Impact of agriculture and land use/cover change on soil and water resources and ecosystem sustainability: a case study of Punjab. In: Epps, R. (Ed.), *Sustainability of Rural System in the Context of Global Change*. University of New England, Armidale.

Six, J., Ogle, S. M., Jay breidt, F., Conant, R. T., Mosier, A. R., & Paustian, K. (2004). The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practised in the long term. *Global Change Biology*, 10(2), 155–160. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00730.x>

Snider, J. L., Oosterhuis, D. M., & Kawakami, E. M. (2011). Mechanisms of Reproductive Thermotolerance in *Gossypium hirsutum*: The Effect of Genotype and Exogenous Calcium Application. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197(3), 228–236. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037x.2010.00457.x>

Sonnenfeld, D. A. (1992). Mexico's « Green Revolution, » 1940–1980: Towards an Environmental History. *Environmental History Review*, 16(4), 28–52. <https://doi.org/10.2307/3984948>

Stakman, E. C. , (1947) “Latin-American agricultural institutions - preliminary report of the trip,” 100 Years: The Rockefeller Foundation, accessed July 19, 2020, [https://rockfound.rockarch.org/digital-library-listing/-/asset\\_publisher/yYxpQfeI4W8N/content/latin-american-agricultural-institutions-preliminary-report-of-the-trip](https://rockfound.rockarch.org/digital-library-listing/-/asset_publisher/yYxpQfeI4W8N/content/latin-american-agricultural-institutions-preliminary-report-of-the-trip)

Stakman, E.C., Bradfield, R., Magelsdorf, P. (2014) *Campaigns against hunger*. Harvard Uni. Press.

Steiner, P. (2016). *Donner...: Une histoire de l'altruisme*. Paris cedex 14, France: Presses Universitaires de France. doi:10.3917/puf.stein.2016.03.

Suzuki, H., Cervero, R., & Iuchi, K. (2013). *Transforming Cities with Transit*. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-9745-9>

Swaminathan, M. (2001). Food security and sustainable development. *Current Science*, 81(8), 948-954.

Taki, M., Ajabshirchi, Y., Ranjbar, S. F., Rohani, A., & Matloobi, M. (2016). Modeling and experimental validation of heat transfer and energy consumption in an innovative greenhouse structure. *Information Processing in Agriculture*, 3(3), 157–174. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2016.06.002>

Tan, M. (2005). Urban land expansion and arable land loss of the major cities in China in the 1990s. *Science in China Series D*, 48(9), 1492. <https://doi.org/10.1360/03yd0374>

Tassou, S. A., Kolokotroni, M., Gowreesunker, B., Stojceska, V., Azapagic, A., Fryer, P., & Bakalis, S. (2014). Energy demand and reduction opportunities in the UK food chain. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Energy*, 167(3), 162–170. doi:10.1680/ener.14.00014

Tatlock, C. W. (2006). Water stress in Sub-Saharan Africa. Consulté le 2 Août 2020 sur <https://www.cfr.org/background/water-stress-sub-saharan-africa>

Taub, D. R., Miller, B., & Allen, H. (2008). Effects of elevated CO<sub>2</sub> on the protein concentration of food crops: a meta-analysis. *Global Change Biology*, 14(3), 565–575. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01511.x>

Tesfaye, G., Debebe, Y., & Yakob, and T. (2018). Adoption and Effect of Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides*) on soil Erosion in Somodo Watershed, South-Western Ethiopia. *OALib*, 05(05), 1–8. <https://doi.org/10.4236/oalib.1104431>

Thuiller, W., Lavorel, S., Araujo, M. B., Sykes, M. T., & Prentice, I. C. (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(23), 8245–8250. <https://doi.org/10.1073/pnas.0409902102>

Timmer, C. (2009), Did Speculation Affect World Rice Prices?, No 09-07, Working Papers, Agricultural and Development Economics Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO - ESA)

Toenniessen, G., Adesina, A., & DeVries, J. (2008). Building an alliance for a green revolution in Africa. *Annals of the New York academy of sciences*, 1136(1), 233-242.

Tongesayi, S., & Tongesayi, T. (2017). Water Quality and Public Health. In *Chemistry and Water* (p. 553–596). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809330-6.00017-9>

Trenberth, K. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 47(1), 123–138. <https://doi.org/10.3354/cr00953>

Trenberth, K. E., Dai, A., Rasmussen, R. M., & Parsons, D. B. (2003). The Changing Character of Precipitation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84(9), 1205–1218. <https://doi.org/10.1175/bams-84-9-1205>

Trnka, M., Rötter, R. P., Ruiz-Ramos, M., Kersebaum, K. C., Olesen, J. E., Žalud, Z., & Semenov, M. A. (2014). Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nature Climate Change*, 4(7), 637–643. <https://doi.org/10.1038/nclimate2242>

Truman, H. S. (1949). Inaugural address. January 20.

Tubiello, F. N., Donatelli, M., Rosenzweig, C., & Stockle, C. O. (2000). Effects of climate change and elevated CO<sub>2</sub> on cropping systems: model predictions at two Italian locations. *European Journal of Agronomy*, 13(2–3), 179–189. [https://doi.org/10.1016/s1161-0301\(00\)00073-3](https://doi.org/10.1016/s1161-0301(00)00073-3)

Upadhyaya, H., & Panda, S. K. (2019). Drought Stress Responses and Its Management in Rice. In *Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance* (p. 177–200). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814332-2.00009-5>

USAID (s.d.). *Africa*. Consulté le 6 juillet 2020 sur <https://www.usaid.gov/where-we-work/africa>

USDA. (2020). Farming and Farm Income. Consulté le 22 avril 2020 sur <https://www.ers.usda.gov/data-products/ag-and-food-statistics-charting-the-essentials/farming-and-farm-income/>

Valiente-Banuet, A., Aizen, M. A., Alcántara, J. M., Arroyo, J., Cocucci, A., Galetti, M., García, M. B., García, D., Gómez, J. M., Jordano, P., Medel, R., Navarro, L., Obeso, J. R., Oviedo, R., Ramírez, N., Rey, P. J., Traveset, A., Verdú, M., & Zamora, R. (2014). Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. *Functional Ecology*, 29(3), 299–307. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12356>

Van Dam, D., Streith, M., Nizet, J. & Stassart, P. (2012). Introduction. Dans : Denise Van Dam éd., *Agroécologie: Entre pratiques et sciences sociales* (pp. 15-23). Dijon cedex, France: Educagri éditions.

Van Groenigen, J., Lubbers, I., Vos, H. et al. Earthworms increase plant production: a meta-analysis. *Sci Rep* 4, 6365 (2015). <https://doi.org/10.1038/srep06365>

Vidal, J. (2010). Why is the Gates foundation investing in GM giant Monsanto?. *The Guardian* : London. Consulté le 27 juillet 2020 sur <https://www.theguardian.com/global-development/poverty-matters/2010/sep/29/gates-foundation-gm-monsanto>

Virilouvet, C. (1985). Famines et émeutes à Rome des origines de la République à la mort de Néron. In *Publications de l'École Française de Rome* (Vol. 87).

Wakim, N. (2020). Pourquoi le cours du pétrole américain s'est effondré, jusqu'à passer sous zéro dollar. Consulté le 30 juillet 2020 sur [https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/04/21/aux-etats-unis-les-prix-negatifs-du-petrole-balayent-la-strategie-energetique-de-trump\\_6037258\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/04/21/aux-etats-unis-les-prix-negatifs-du-petrole-balayent-la-strategie-energetique-de-trump_6037258_3234.html)

Wang, M., Liu, R., Chen, W., Peng, C., & Markert, B. (2018). Effects of urbanization on heavy metal accumulation in surface soils, Beijing. *Journal of Environmental Sciences*, 64, 328–334. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2016.11.026>

Wara, M. (2007). Is the global carbon market working? *Nature*, 445(7128), 595–596. <https://doi.org/10.1038/445595a>

Watts, C. W., & Dexter, A. R. (1997). The influence of organic matter in reducing the destabilization of soil by simulated tillage. *Soil and Tillage Research*, 42(4), 253–275. [https://doi.org/10.1016/s0167-1987\(97\)00009-3](https://doi.org/10.1016/s0167-1987(97)00009-3)

Wayne Polley, H., Jonhson, H. B., Derner, J. D. (2002). Soil- and plant-water dynamics in a C3/C4 grassland exposed to a subambient to superambient CO<sub>2</sub> gradient. *Global Change Biology*, 8(11), 1118–1129. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00537.x>

Weir, J. T., & Schluter, D. (2007). The latitudinal gradient in recent speciation and extinction rates of birds and mammals. *Science*, 315(5818), 1574-1576.

Wenwu, Z. (2012). Arable land change dynamics and their driving forces for the major countries of the world. *Acta Ecologica Sinica*, 32(20), 6452-6462.

Wharton, C. R. (1969). The Green Revolution: Cornucopia or Pandora's Box? *Foreign Affairs*, 47(3), 464. <https://doi.org/10.2307/20039390>

Whitehead, P. G., Wilby, R. L., Battarbee, R. W., Kernan, M., & Wade, A. J. (2009). A review of the potential impacts of climate change on surface water quality. *Hydrological Sciences Journal*, 54(1), 101–123. <https://doi.org/10.1623/hysj.54.1.101>

Willis, C. G., Ruhfel, B. R., Primack, R. B., Miller-Rushing, A. J., Losos, J. B., & Davis, C. C. (2010). Favorable Climate Change Response Explains Non-Native Species' Success in Thoreau's Woods. *PLoS ONE*, 5(1), e8878. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008878>

Wu, X., Hu, S., & Mo, S. (2013). Carbon footprint model for evaluating the global warming impact of food transport refrigeration systems. *Journal of Cleaner Production*, 54, 115–124. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.04.045>

Yapa, L. S. (1977). THE GREEN REVOLUTION: A DIFFUSION MODEL\*. *Annals of the Association of American Geographers*, 67(3), 350–359. doi:10.1111/j.1467-8306.1977.tb01147.x

Zaccai, E. (2015). Développement Durable in *Dictionnaire de la pensée écologique*, Bourg, D., Papaux, A. (dir). PUF, pp.275-278

Zhang Jintun, Pickett STA. (1999). Effects of urbanization on forest vegetation, soils and landscape *Acta Ecologica Sinica*. ;19(5):654-658.

Zhang, W., Yu, E. A., Rozelle, S., Yang, J., & Msangi, S. (2013). The impact of biofuel growth on agriculture: Why is the range of estimates so wide? *Food Policy*, 38, 227–239. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.12.002>

Zhou, D., Lin, Z., Liu, L., & Zimmermann, D. (2013). Assessing secondary soil salinization risk based on the PSR sustainability framework. *Journal of Environmental Management*, 128, 642–654. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.06.025>

Ziegler, J. (2008). *Rapport du Rapporteur spécial sur le droit à l'alimentation*. Genève: ONU.