

Haute Ecole
Groupe ICHEC – ECAM – ISFSC



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

Comment les nouvelles technologies dans le secteur agricole contribuent-elles à la réalisation de certains Objectifs de Développement Durable ? Le cas de la Belgique.

Mémoire présenté par :
Sacha GULDEMONT

Pour l'obtention du diplôme de :
Master en gestion de l'entreprise - Tridiplôme

Année académique 2019-2020

Promoteur :
Madame Carine VANKEERBERGHEN

Haute Ecole
Groupe ICHEC – ECAM – ISFSC



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

Comment les nouvelles technologies dans le secteur agricole contribuent-elles à la réalisation de certains Objectifs de Développement Durable ? Le cas de la Belgique.

Mémoire présenté par :
Sacha GULDEMONT

Pour l'obtention du diplôme de :
Master en gestion de l'entreprise - Tridiplôme

Année académique 2019-2020

Promoteur :
Madame Carine VANKEERBERGHEN

Remerciements

Au terme de cette aventure au sein de l'ICHEC Brussels Management School, j'aimerais remercier toute personne m'ayant aidée de loin ou de près dans la réalisation de ce mémoire.

Tout d'abord, je souhaite remercier Madame Carine Vankeerberghen, ma promotrice, qui m'a guidée tout au long de ce travail. Merci pour son soutien, ses conseils et sa disponibilité.

Je voudrais également remercier toutes les personnes qui m'ont accordé du temps pour répondre à mes questions et guider mes réflexions, malgré leur emploi du temps chargé en cette période de crise COVID-19.

J'aimerais aussi remercier Noémi Paris Antelo et Nathalie Delaere pour leur relecture attentive.

Finalement, je tiens à remercier ma famille et Alexandre Chaudron, qui ont montré une certaine curiosité envers ce mémoire et qui m'ont constamment remise en question.

Dispositif Anti-Plagiat

Je soussignée, GULDEMONT, Sacha, 2019-2020, déclare par la présente que le Mémoire ci-joint est exempt de tout plagiat et respecte en tous points le règlement des études en matière d'emprunts, de citations et d'exploitation de sources diverses signé lors de mon inscription à l'ICHEC, ainsi que les instructions et consignes concernant le référencement dans le texte respectant la norme APA, la bibliographie respectant la norme APA, etc. mises à ma disposition sur Moodle.

Sur l'honneur, je certifie avoir pris connaissance des documents précités et je confirme que le Mémoire présenté est original et exempt de tout emprunt à un tiers non-cité correctement.

Abstract

Ce mémoire de recherche appliquée a pour objectif de s'intéresser au secteur agricole et de voir comment l'utilisation de technologies nouvelles permettrait de répondre à certains des Objectifs de Développement Durable dans ce secteur en Belgique.

Pour ce faire, nous allons tout d'abord nous intéresser au secteur agricole de manière générale, et mettre en avant les défis principaux à surmonter à l'heure actuelle. Par la suite, nous allons nous intéresser aux nouvelles technologies et voir comment elles peuvent être utilisées de manière efficace au sein des différentes activités agricoles. Finalement, nous allons nous attarder aux Objectifs de Développement Durable tels que mis en avant par les Nations Unies, et essayer de comprendre comment parvenir à créer un monde meilleur pour 2030.

La démarche théorique nous permettra de faire un survey de la littérature scientifique sur le sujet et de mesurer l'ampleur de la situation.

Dans notre analyse pratique, nous tenterons de montrer comment l'intégration de certaines technologies au sein des activités agricoles contribuerait à une réalisation plus rapide et plus efficace des Objectifs de Développement Durable dans ce secteur. Pour cela, nous allons analyser plusieurs entreprises belges actives dans la culture de fruits, légumes et aromates.

Après analyses et comparaisons des différentes exploitations agricoles, utilisant ou non des technologies au sein de leurs activités, nous allons tirer des conclusions et formuler des recommandations pour les agriculteurs de demain, acteurs d'un monde durable face aux défis d'aujourd'hui et de demain, comme la garantie de nourriture pour une population grandissante.

Table des matières

Introduction générale	1
Préface COVID-19.....	4
PARTIE 1 : CONTEXTE THEORIQUE.....	5
Chapitre 1 : L'actualité de l'agriculture	6
1. Introduction	6
2. Les défis liés à l'agriculture	7
2.1. Les changements climatiques	7
2.2. La perte de biodiversité	10
2.3. Les catastrophes naturelles et conflits	11
2.4. Les déprédateurs et maladies transfrontalières.....	13
2.5. La croissance démographique, l'urbanisation et le vieillissement de la population	14
2.6. Les tendances alimentaires	16
2.7. Les pertes et le gaspillage alimentaires	17
2.8. La volatilité du marché	18
3. Conclusion.....	19
Chapitre 2 : Les avancées technologiques.....	21
1. Introduction	21
1.1. La FoodTech.....	22
1.2. Les différents types de FoodTech	22
2. L'agriculture 4.0	24
2.1. Introduction	24
2.2. La définition de l'agriculture 4.0.....	25
2.3. Les conditions	26
2.4. Les avantages.....	27
2.5. Les applications	29
2.6. Les obstacles et contraintes	37
3. Conclusion.....	38
Chapitre 3 : Les Objectifs de Développement Durable.....	39
1. Introduction	39
2. Les 17 Objectifs de Développement Durable.....	40
3. L'état d'avancement actuel	41
4. Les Objectifs de Développement Durable en lien avec le secteur de l'agriculture.....	43
5. Conclusion.....	48
PARTIE 2 : METHODOLOGIE.....	49
Chapitre 1 : Le choix du secteur étudié	50
Chapitre 2 : La formulation de l'hypothèse.....	50
Chapitre 3 : Les outils de récolte de données	51
Chapitre 4 : Le traitement et la restitution des données	52

PARTIE 3 : ANALYSE PRATIQUE.....	53
Chapitre 1 : Les entreprises analysées	54
1. MyFood.....	55
1.1. La présentation de l'entreprise	55
1.2. Le fonctionnement de la serre connectée	56
1.3. Les liens avec les Objectifs de Développement Durable	59
2. Urban Harvest.....	62
2.1. La présentation de l'entreprise	62
2.2. Le fonctionnement de la ferme urbaine.....	63
2.3. Les liens avec les Objectifs de Développement Durable	65
3. La Ferme du Plein Air	67
3.1. La présentation de l'entreprise	67
3.2. Le fonctionnement de la ferme	67
3.3. Les liens avec les Objectifs de Développement Durable	70
4. Les Terres de La Cala.....	72
4.1. La présentation de l'entreprise	72
4.2. Le fonctionnement de la micro-ferme.....	73
4.3. Les liens avec les Objectifs de Développement Durable	74
Chapitre 2 : Analyses et comparaisons	76
Chapitre 3 : Conclusion	79
Chapitre 4 : Recommandations pour les agriculteurs de demain	80
4.1. Intégrer les nouvelles technologies au sein de ses activités agricoles	80
4.2. Promouvoir une agriculture durable, locale et de saison.....	80
4.3. Favoriser la collaboration	81
Conclusion générale.....	82
Bibliographie.....	87
Annexes.....	95

Liste des abréviations

AFCC	Agri-Food Chain Coalition
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CH4	Méthane
CO2	Dioxyde de carbone
COP21	21ème Conférence des Parties à la CCNUCC
ESG	Environnemental, social et gouvernemental
FAO	Food and Agriculture Organization - Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GEIC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GES	Gaz à Effet de Serre
GeSI	Global E-Sustainability Initiative by Accenture Strategy
IA	Intelligence Artificelle
IoT	Internet of Things – Internet des objets
IT	Information Technology – Les technologies de l'information
N2O	Protoxyde d'azote
NTIC	Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economique
ODD	Objectifs de Développement Durable
OGM	Organisme Génétiquement Modifié
OILB	Organisation internationale de la Lutte Biologique
PAC	Politique Agricole Commune
SDG	Sustainable Development Goals – Objectifs de Développement Durable
TIC	Technologie de l'Information et de la Communication
UE	Union Européenne

Liste des figures

Figure 1 - Part des différents secteurs dans les émissions totales en 2017 en Belgique	7
Figure 2 - Impacts potentiels du changement climatique, par région	9
Figure 3 - Impact des catastrophes naturelles dans le secteur de l'agriculture, par région ...	12
Figure 4 - Prospection de la population mondiale d'ici 2100.....	14
Figure 5 - Perspectives démographiques	16
Figure 6 - Pourcentage d'aliments gaspillés et perdus par pays, en fonction de leur place dans la chaîne de valeur	17
Figure 7 - Par région, pourcentage de pays touchés par des prix élevés ou modérément élevés des aliments en 2016-2017	18
Figure 8 - Carte des technologies et de leur niveau de maturité	29
Figure 9 - Statut des résultats dans le monde.....	42
Figure 10 - Alimentation et agriculture au centre des ODD.....	43
Figure 11 - Tableau récapitulatif	54
Figure 12 - Serre « family » (380x593cm)	57
Figure 13 - Aerospring MyFood.....	58
Figure 14 - Cultures de l'entreprise Urban Harvest	64
Figure 15 – Désherbeur solaire à 8 lits dans une parcelle de carottes biologiques	68
Figure 16 - Pivot central d'irrigation	69
Figure 17 - Trois dimensions pour optimiser une ferme durable.....	70
Figure 18 - Pourquoi les Terres de La Cala ?	73
Figure 19 - Les technologies utilisées par les différentes entreprises étudiées.....	76
Figure 20 - Les entreprises étudiées et leurs liens avec les ODD	77

Introduction générale

Aujourd’hui, partout dans le monde, l’humanité a fait des efforts considérables en matière de développement agricole. L’introduction de produits agrochimiques et le développement de nouvelles variétés de cultures ont engendré une augmentation de l’efficacité et de l’intensité des cultures, permettant de nourrir une population mondiale croissante. Ainsi, de 1960 à 2015, la production agricole aurait plus que triplé, notamment grâce aux technologies apportées par la Révolution verte.

Cependant, la plupart de ces progrès ont entraîné de lourdes conséquences pour notre société et notre planète, comme la surexploitation des sols, la dégradation de l’environnement et le réchauffement climatique. Plus précisément, 25 % des terres agricoles sont considérées comme fortement dégradées et 44 % comme modérément dégradées, menaçant l’existence de plus de 3 milliards de personnes, provoquant l’extinction d’espèces animales et intensifiant le réchauffement climatique. En d’autres termes, la biomasse terrestre, qui comprend animaux et végétaux, aurait chuté de plus de 67 % ces dix dernières années. Par ailleurs, l’agriculture fait partie des industries les plus émettrices de GES (25 %), dont les émissions ont presque doublé en 50 ans (FAO, 2018 ; Foucart, 2019).

La nourriture et l’eau sont des produits de première nécessité, et constituent la base de notre vie. En moyenne, l’agriculture produit près de 24 millions de tonnes de nourriture par jour. Cependant, nous jetons plus de 30 % de cette production, alors que quelque 850 millions d’individus souffrent de faim et plus d’un tiers de la population mondiale éprouve des carences nutritionnelles. En plus, dans les pays développés, plus de 150 millions d’adultes ont des problèmes de suralimentation. Dans les années à venir, l’agriculture devra produire près de 70 % d’aliments en plus qu’aujourd’hui afin d’être capable de nourrir la population grandissante qui devrait atteindre les 9,7 milliards de personnes d’ici 2050. Ainsi, répondre à la demande alimentaire du futur est un des plus gros défis que nous allons devoir surmonter (FAO, 2017 ; OMS, 2020).

À côté de cela, nous assistons au développement de nombreuses innovations technologiques dans notre vie de tous les jours et dans tous les secteurs d’activité, dont l’agriculture. De manière générale, elles sont significatives et permettent à la société d’évoluer. Par exemple, le développement de scanners et de radios permet aux médecins de simplifier les diagnostics et donc, indirectement, d’améliorer les conditions de vie des êtres humains. Comment les nouvelles technologies peuvent-elles nous aider à nourrir une population grandissante ? Nous avons énormément de ressources et de savoir-faire, mais comment les exploiter pour résoudre les différents défis auxquels le secteur agricole fait face aujourd’hui ?

C'est ce qui a justifié, entre autres, les 17 Objectifs de Développement Durable déterminés par les Nations Unies, afin d'atteindre un monde meilleur au niveau social, économique et environnemental pour 2030. Le programme montre les différentes voies à suivre afin de surpasser les multiples défis auxquels nous faisons face aujourd'hui. Comment les agriculteurs peuvent-ils contribuer à la réalisation des différents ODD ? Les technologies peuvent-elles faciliter l'atteinte pour 2030 ?

L'ensemble de ces éléments souligne la nécessité de changer notre manière de produire et de consommer, et de nous tourner vers des solutions plus équitables et plus durables. C'est pour ces raisons sociétales et environnementales que nous avons décidé de nous attarder davantage sur le sujet pour la réalisation de ce mémoire. De plus, grâce à l'organisation d'un événement avec une association étudiante sur le thème de la « FoodTech » et au cours de « nouveaux business modèles durables » que nous avons suivi au premier quadrimestre, nous nous sommes davantage rendu compte des enjeux de ces technologies. Nous allons devoir, au fur et à mesure, changer notre façon de vivre, de consommer et de diriger. Et si le changement commençait au niveau du secteur agricole ?

A partir de là, plusieurs questions peuvent être soulevées : les systèmes agricoles, tels que nous les connaissons aujourd'hui, sont-ils en mesure de satisfaire les besoins d'une population mondiale qui devrait atteindre plus de 9 milliards d'individus d'ici 2050 ? Comment résoudre les différents Objectifs de Développement Durable pour 2030 ? Quel est le rôle de l'agriculture ? Et comment les nouvelles technologies peuvent-elles aider à créer un monde durable pour les générations à venir ?

Dans ce mémoire, nous allons tenter de voir si l'utilisation des nouvelles technologies au sein du secteur agricole permettrait de résoudre certains des problèmes auxquels nous faisons face aujourd'hui et ainsi contribuer à la réalisation de plusieurs objectifs et sous-objectifs de Développement Durable.

Nous présenterons dans la première partie de ce mémoire les différents concepts théoriques, à savoir : les défis que l'agriculture doit surmonter à l'heure actuelle, les multiples technologies pouvant intervenir dans le secteur et, finalement, les différents Objectifs de Développement Durable, liés directement ou indirectement au secteur agricole. Cela nous permettra d'avoir une vue globale sur la situation actuelle et de mettre en avant l'importance d'un changement dans nos modes de consommation et de production.

La seconde partie de ce mémoire présentera la méthodologie utilisée tout au long de ce travail, avec notamment l'explication de notre collecte de données et le traitement d'informations. Nous allons par exemple montrer comment nous avons procédé pour notre recherche théorique, ensuite validée ou non par des entretiens avec différents experts dans le domaine. Cela nous permettra de disposer d'informations suffisantes pour répondre à notre question de recherche lors de notre analyse pratique dans la troisième partie, à savoir :

Comment les nouvelles technologies dans le secteur agricole contribuent-elles à la réalisation de certains Objectifs de Développement Durable ? Le cas de la Belgique.

La troisième et dernière partie de ce travail de recherche s'appuiera sur l'étude de cas concrets en Belgique, avec l'analyse de plusieurs entreprises actives dans la culture de plantes, fruits et légumes. Nous allons tenter de montrer comment les technologies peuvent permettre d'atteindre plus efficacement et plus rapidement les objectifs et sous-objectifs de Développement Durable, et ainsi répondre à notre question de recherche pour confirmer ou infirmer notre hypothèse.

Cette double démarche –théorique et pratique- nous permettra de construire les conclusions et de formuler des recommandations pour les agriculteurs de demain, dans le cadre d'une transition écologique et sociale vers un monde durable.

Suite à cette introduction générale, nous vous invitons à poursuivre votre lecture pour en apprendre davantage sur le sujet et voir comment les nouvelles technologies pourraient contribuer à la création d'un monde durable.

Préface COVID-19

Suite à l'expansion du COVID-19 au sein de notre pays, nous avons été confrontée à quelques changements de dernière minute lors de la rédaction de notre mémoire de fin d'année. Ces changements concernent essentiellement la troisième partie de notre travail, à savoir la partie pratique où nous analysons plusieurs entreprises actives dans le secteur de l'agriculture en Belgique.

Etant donné la situation, nous avons effectué l'ensemble de nos entretiens via Skype ou téléphone. Certaines personnes que nous avions prévues d'interroger n'avaient plus de temps à nous accorder mais nous avons tout de même été en mesure de rencontrer virtuellement quatre experts dans le domaine.

Nous avions également décidé d'opter pour une observation directe, afin de comprendre le fonctionnement des différentes exploitations en étant submergée dans le décor. Alors qu'aucune visite sur le terrain n'a pu être mise en place, nous nous sommes appuyée sur des photos et vidéos existantes, et avons demandé énormément de détails aux différents agriculteurs.

Cela nous a permis d'avoir assez d'informations pour effectuer une analyse pertinente et cohérente et tirer des conclusions. Nous espérons être en mesure de rencontrer les experts et de visiter leurs exploitations lorsque la situation normale aura repris, afin de réellement voir l'envers du décor et de les remercier.



PARTIE

1

CONTEXTE
THEORIQUE



PARTIE

2

METHODOLOGIE



PARTIE

3

ANALYSE
PRATIQUE

Chapitre 1 : L'actualité de l'agriculture

1. Introduction

L'étymologie du mot agriculture, « ager » et « cultura », signifie la culture des champs. Cependant, le secteur agricole est extrêmement large et reprend à la fois le maraîchage, soit la culture de végétaux, ainsi que la culture de céréales et l'élevage d'animaux. En quelques mots, il s'agit de l'ensemble des activités par lesquelles l'homme obtient des produits végétaux et animaux, essentiellement utilisés pour son alimentation. Parmi ces activités, on peut par exemple citer la production alimentaire et animale, la foresterie, la pêche et l'aquaculture.

Contrairement à la plupart des processus de productions industrielles qui peuvent être fortement contrôlés voire automatisés, l'agriculture est caractérisée par des conditions de production complexes et dynamiques. En effet, étant directement liés à des organismes de plantes et aux animaux vivants, il est impossible de prévoir, limiter et contrôler l'ensemble de ces éléments perturbateurs. Comme développé par l'ex-directeur général de la FAO, M. José Graziano da Silva, « *le secteur agricole est confronté à de nombreux risques, tels que le changement climatique, la volatilité du marché, les ravageurs et les maladies, les événements météorologiques extrêmes et un nombre croissant de longues crises et conflits* » (2018, para.6).

Le secteur de l'agriculture a énormément évolué au cours des dernières années, notamment grâce aux avancées technologiques et innovations au niveau du système de production. Ces évolutions ont par exemple permis de satisfaire la demande alimentaire qui montre une croissance importante ces dernières années. Cependant, l'ensemble de ces progrès, bien qu'ayant de nombreux points positifs pour la planète en général, ont également généré des problèmes dans les domaines sociaux et environnementaux. La dégradation de l'environnement, l'insuffisance d'eau, la perte de biodiversité, l'émission de gaz à effet de serre et plusieurs autres actions ont entraîné une surexploitation des ressources naturelles dans de nombreuses zones du globe, mettant en péril la prospérité de la planète et compromettant l'atteinte d'un monde « *libéré de la peur et du besoin* » comme il avait été imaginé par les fondateurs des Nations Unies (UN, 2019).

En d'autres mots, alors que l'agriculture a évolué au cours des dernières années, le secteur fait aujourd'hui face à de nombreux défis en tout genre, « raisons d'espérer et de s'inquiéter ». Ci-dessous, nous allons développer plusieurs challenges qui poussent l'agriculture à revoir ses pratiques, les améliorer et les développer.

2. Les défis liés à l'agriculture

2.1. Les changements climatiques

Selon le rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les émissions de gaz à effet de serre anthropogènes se trouvent à un niveau extrêmement élevé, et engendrent des changements inquiétants au niveau du climat. L'ensemble des ces émissions proviennent essentiellement des activités de l'homme, telles la déforestation et la combustion des énergies fossiles, piégeant le rayonnement solaire et contribuant ainsi au réchauffement de la planète.

Dans leur dernier rapport, le GIEC affirme que « *une bonne partie de la hausse des températures moyennes observées dans le monde depuis le milieu du XX e siècle résulte de l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre anthropogéniques. Le réchauffement de l'atmosphère et des océans, accompagné de la fonte massive des glaces, conforte la conclusion que le phénomène ne se réduit pas aux seules causes naturelles connues* » (2018, p.5). Le changement climatique est aujourd'hui considéré comme l'un des plus grands défis du monde, entraînant une variabilité des précipitations considérable, une forte augmentation des sécheresses et un nombre d'inondations croissant. De manière générale, l'ensemble de ces changements impacte directement le secteur agricole et alimentaire, et plus précisément au niveau de la production, la sécurité, la malnutrition et la faim.

D'après l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et comme nous pouvons le voir sur le graphique suivant, les activités issues des secteurs de l'alimentation et de l'agriculture contribuent fortement aux changements climatiques. Cependant, elles en sont également victimes et font partie intégrante de la solution. C'est pourquoi il est essentiel que l'agriculture réduise ses émissions de gaz à effet de serre et cherche à s'adapter aux conséquences liées aux changement climatique (FAO, 2019).

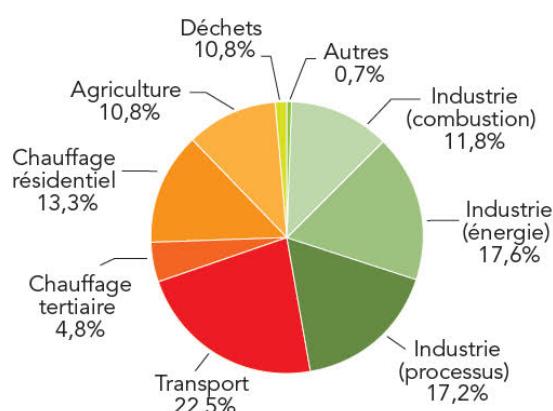


Figure 1 - Part des différents secteurs dans les émissions totales en 2017 en Belgique (en %)

Source : Climat.Be. (2018). *La contribution des principaux secteurs aux émissions totales et leur évolution*. Récupéré en ligne le 22 novembre 2019 de <https://www.climat.be/fr-be/changements-climatiques/en-belgique/emissions-belges/emissions-par-secteur>

L'ensemble des activités agricoles, comme par exemple la gestion des sols et la culture de végétaux, provoque des fuites de nutriments et d'éléments tels que l'azote (N), le phosphore (P) et le carbone (C) dans l'atmosphère. Généralement, ces fuites sont transformées en plusieurs sortes de gaz à effet de serre, dont notamment le protoxyde d'azote, le méthane et le dioxyde de carbone.

Le protoxyde d'azote (N_2O) est le gaz à effet de serre le plus puissant des trois mentionnés ci-dessus, qui persiste plus de 120 dans l'atmosphère. Il provient essentiellement des sols et océans de manière naturelle, mais ses émissions et sa concentration sont généralement renforcées par les activités de l'homme. Parmi ces activités, nous pouvons par exemple mentionner celles liées à l'épandage d'engrais azotés afin de fertiliser les sols. Cependant, grâce à l'utilisation d'engrais plus écologiques, cette forme de gaz à effet de serre est en diminution importante depuis quelques années (Février, 2015).

Le méthane (CH_4) est un autre type de gaz à effet de serre, qui provient essentiellement des activités d'élevage. Il est par exemple causé par les rejets du système digestif des ruminants, tels les vaches et les moutons. Il est également lié aux pertes de stockage des effluents d'élevage, comme les fumiers et lisiers. Finalement, le méthane peut être généré par des décharges, l'exploitation de mines de charbon et l'utilisation du gaz naturel.

Le dioxyde de carbone (CO_2) est le troisième gaz à effet de serre émis par le secteur agricole. Alors qu'il s'agit du GES le plus répandu dans l'atmosphère, l'agriculture en émet très peu. Globalement, le CO_2 provient de « *la combustion des énergies fossiles, de la respiration des plantes et des animaux, et de la décomposition de la matière organique du sol par les micro-organismes* » (Camirand et Gingras, 2011). Il est aussi généré par les rejets des tracteurs et des robots agricoles.

Il est important de mentionner que tous les agriculteurs ne contribuent pas de la même manière au réchauffement climatique. En effet, une agriculture biologique, locale et de saison vendant ses produits en circuit court aura une responsabilité moindre en termes d'émission de gaz à effet de serre, contrairement à une production agricole industrielle distribuant ses produits aux quatre coins du monde.

Heureusement, plusieurs moyens peuvent être mis en œuvre afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre ainsi que leurs impacts sur le long terme. Parmi ces moyens, on peut par exemple citer « *une meilleure gestion des écosystèmes, une diminution du changement d'utilisation des terres et du déboisement apparenté, l'emploi de variétés plus rentables, un meilleur contrôle des incendies de forêt, des aliments plus nutritifs pour le bétail ruminant, une meilleure gestion des déchets animaux, une gestion biologique des sols, une agroforesterie et agriculture de conservation* » (FAO, 2019, p.2). L'ensemble de ces actions permettrait une

atténuation des répercussions, une diminution des changements climatiques ainsi qu'une amélioration de la sécurité alimentaire.

Bien qu'elle contribue au réchauffement, l'agriculture fait également partie des nombreuses victimes. De nombreux secteurs sont impactés, comme celui de l'industrie ou du transport, mais il s'agit de l'un des secteurs les plus exposés puisque l'activité agricole est basée sur le vivant et dépend directement des conditions climatiques. En effet, la croissance des cultures est liée à plusieurs éléments, comme la quantité de soleil, le nombre de précipitations, la fertilité du sol, la qualité de l'air et l'abondance de la faune et la flore. Tout changement climatique impacte donc directement l'équilibre nécessaire au bon développement des cultures.

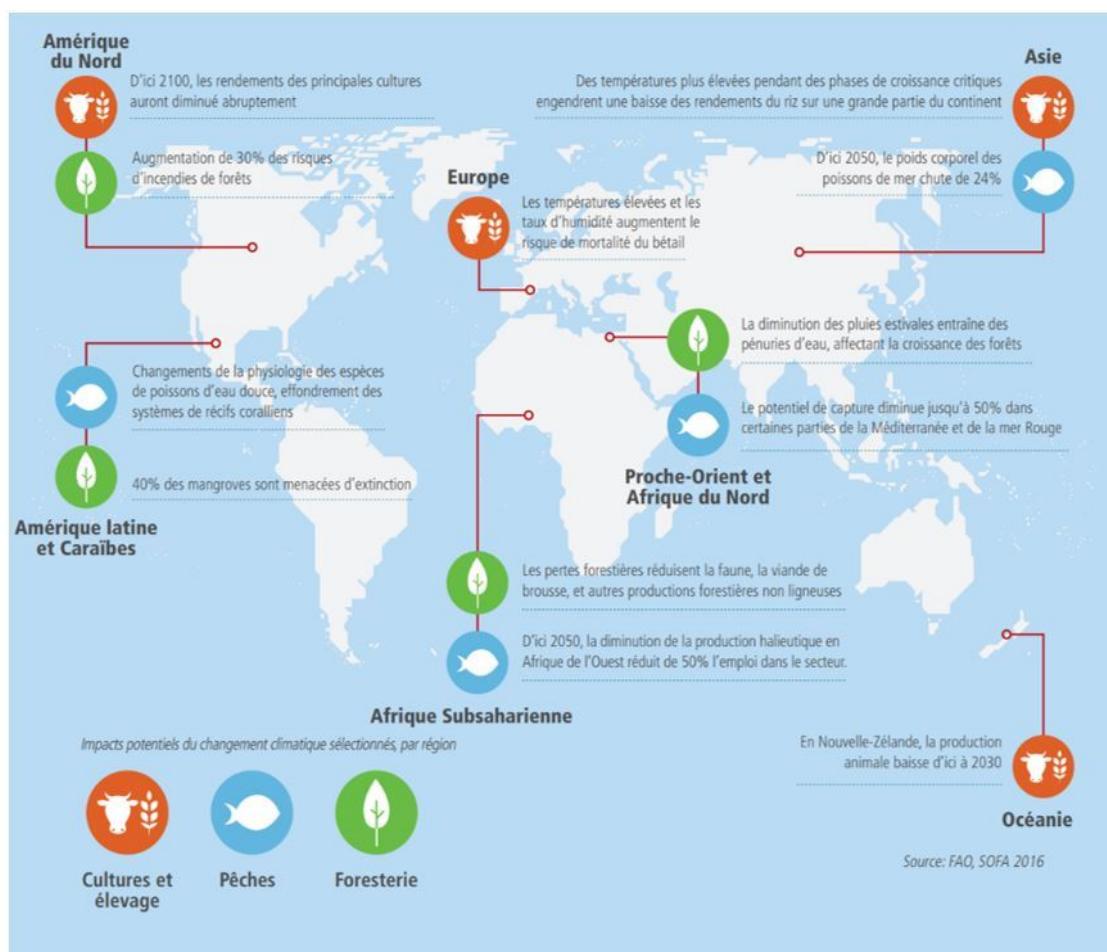


Figure 2 - Impacts potentiels du changement climatique, par région

Source : FAO. (2016). *Food and agriculture : key to achieving the 2030 agenda for sustainable development*. Rome.

Le schéma ci-contre illustre plusieurs conséquences du changement climatique sur la culture, l'élevage, la pêche et la foresterie en fonction des différentes régions du monde. Par exemple, en Europe, « *les températures élevées et les taux d'humidité augmentent le risque de mortalité du bétail* » (FAO, 2016).

Les changements climatiques provoquent également des modifications écosystémiques, géopolitiques et sociopolitiques importantes (Bruno, 2018).

Au niveau des changements écosystémiques, nous pouvons par exemple mentionner la prolifération et la propagation de nouveaux prédateurs, parasites et maladies. Cela met en danger le cycle de vie des humains, des plantes, du bétail et des poissons, provoquant des problèmes au niveau de la sécurité alimentaire et de la santé humaine.

En ce qui concerne les domaines géo et sociopolitiques, les répercussions sont essentiellement dues à un déplacement de la production alimentaire. En effet, à cause des modifications climatiques, certaines régions ne sont plus en mesure de produire leurs cultures habituelles, puisqu'elles ne sont plus adaptées au climat, et se retrouvent dès lors sans revenus. Les changements climatiques provoquent également des mauvais rendements, une instabilité au niveau des prix et des problèmes de sécurité alimentaire. Par ailleurs, ils peuvent aussi engendrer des conflits, des migrations ainsi qu'une rivalité plus importante entre agriculteurs.

De manière générale, les changements climatiques ont un impact direct en termes de disponibilité, accessibilité et fiabilité des aliments.

2.2. *La perte de biodiversité*

Le patrimoine naturel de la planète se dégrade petit à petit, causant la disparition d'une série d'êtres vivants, végétaux et animaux. Selon un rapport sur l'agriculture moderne, 25 % de toutes les terres agricoles sont actuellement considérées comme fortement dégradées et 44 % sont modérément ou légèrement dégradées (De Clercq; Vats et Biel, 2018).

Alors que de nombreux défis environnementaux ont déjà été relevés avec succès, nous continuons à surexploiter nos ressources naturelles dont dépendent la survie de l'humanité et de la planète. En effet, la biodiversité, considérée comme « *le tissu vivant de notre planète* », se dégrade à un rythme croissant et inquiétant depuis plusieurs années. Selon un récent rapport des Nations Unies, la dégradation des sols menacera l'existence de plus de 3 milliards de personnes d'ici 2050, provoquera l'extinction d'espèces animales, intensifiera le réchauffement climatique et entraînera des migrations de population importantes (Aulbur ; Henske ; Uffelmann et Schelfi, 2019).

Une série de facteurs contribue à la dégradation du patrimoine naturel vivant comme « *la pollution, la surexploitation des terres, la gestion non durable de l'eau, la surpêche, le changement climatique ou encore l'urbanisation* » (Cossardeaux, 2019, para.11). Le secteur de l'agriculture est celui causant le plus gros problème, puisqu'il nécessite l'utilisation des terres afin de mener à bien sa production, et exerce ainsi une pression constante sur la nature.

Par exemple, durant la révolution verte du 20^{ème} siècle, une utilisation massive de pesticides et d'engrais chimiques dans le secteur a entraîné une perte de biodiversité de la planète et une augmentation de la résistance des plantes aux agents pathogènes et parasites.

Même si l'ensemble des espèces animales et végétales ne fait pas partie intégrante de l'alimentation des hommes, elle contribue à leur sécurité alimentaire. En effet, elle permet de limiter la propagation des parasites et maladies et d'assurer le développement du couvert végétal. Ainsi, nous pouvons affirmer que la plupart des récoltes dépendent directement de la pollinisation (Cossardeaux, 2019 ; FAO, 2017).

Les conséquences de ces changements ne sont pas identiques dans toutes les régions du globe. En Afrique, c'est la surexploitation des terres et la pratique de la chasse qui causent des effets déplorables sur la biodiversité. Dans les pays d'Europe et d'Asie, il s'agit plutôt de la déforestation et de la pratique d'une agriculture intensive.

Le développement de méthodes agricoles visant à protéger la biodiversité est essentiel pour notre survie et celle de la planète, puisqu'elle nous fournit des aliments et de l'énergie. Heureusement, plusieurs progrès ont déjà été mis en œuvre, apportant des méthodes d'agriculture biologiques et respectueuses de l'environnement.

2.3. *Les catastrophes naturelles et conflits*

Comme l'a déclaré la FAO en 2018, « *les catastrophes naturelles font payer un lourd tribut aux pays en développement (des millions de dollars chaque année), avec la sécheresse émergeant comme la plus destructrice d'entre eux, à côté des autres inondations, feux de forêts, tempêtes, ravageurs de plantes, épidémies de maladies animales, déversements chimiques et algues toxiques* » (para.1).

Le nombre de catastrophes naturelles augmente dans l'ensemble du monde, notamment à cause des changements climatiques. Les inondations, sécheresses et tempêtes menacent le secteur agricole, directement lié et dépendant du climat. En conséquence, cela met en péril la survie des individus et leur sécurité alimentaire.

Si nous analysons le graphique suivant, nous pouvons voir que les inondations ont eu un impact important en Asie, considérée comme la région du monde la plus touchée au niveau de l'agriculture. Les pays d'Afrique et les Etats du Proche-Orient ont plutôt été touchés par des sécheresses, causant des pertes importantes au niveau de la faune. L'Europe est l'une des régions les moins exposées aux catastrophes provoquées par le réchauffement climatique.

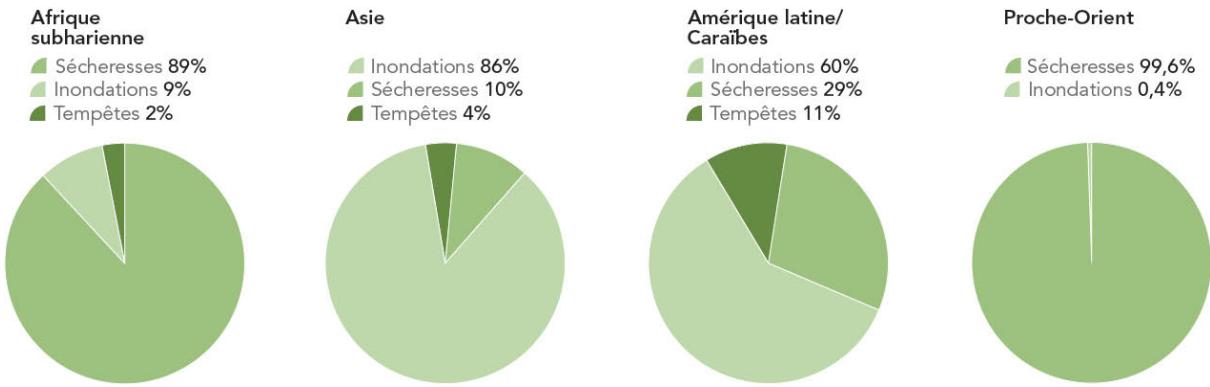


Figure 3 - Impact des catastrophes naturelles dans le secteur de l'agriculture, par région

Source : FAO. (2015). *The impact of natural hazards and disasters on agriculture and food security and nutrition*. Rome.

A côté des catastrophes naturelles, on retrouve également des catastrophes provoquées par l'homme, tels les guerres et conflits. Par exemple, le conflit syrien aurait causé des dégâts et des pertes au niveau du secteur agricole national d'au moins 16 milliards d'euros, entre 2011 et 2016 (FAO, 2018).

Malheureusement, le nombre de conflits augmente de plus en plus ces dernières années et entraîne ainsi des problèmes au niveau de la sécurité alimentaire et de la nutrition des individus. En effet, les conflits et guerres causent des dégâts importants au niveau des cultures, du bétail et des stocks de nourriture. C'est une des raisons pour lesquelles la plupart des appels humanitaires au financement sont actuellement dirigés vers des régions en guerres, où la sous-alimentation est extrêmement élevée, notamment en Syrie et au Soudan.

Selon la FAO, les catastrophes naturelles et les conflits peuvent être liés. Les membres de l'organisation mentionnent le fait que « *l'interaction entre la vulnérabilité face aux changements climatiques et la fragilité institutionnelle et socio-économique en général peut accroître le potentiel de conflit* » (2018, p.25).

Alors que plus de 2,5 milliards d'individus dépendent du secteur, il est essentiel de développer des stratégies visant à réduire les risques de catastrophes, à encourager des démarches humanitaires et à renforcer la résilience des pays. Cela permettra la création d'un monde durable, indispensable pour assurer la paix et combattre le changement climatique (FAO, 2017).

2.4. Les déprédateurs et maladies transfrontalières

Les déprédateurs¹ et les maladies transfrontalières² des plantes perturbent le bon développement des cultures, et causent ainsi des pertes au niveau des rendements agricoles et en matière de sécurité alimentaire. En effet, leur apparition et recrudescence provoque des anéantissements des cultures, pâturages et bétails sur le long terme.

« *L'encéphalopathie spongiforme bovine, la fièvre aphteuse, la très pathogénique grippe aviaire et la grippe porcine sont des exemples de pandémies récentes qui ont touché le monde entier* » (FAO, 2017, p.22). Elles menacent la sécurité alimentaire et nutritionnelle des individus, provoquent des déplacements de population et d'animaux et intensifient les processus agricoles.

Parmi les déprédateurs et maladies transfrontalières des plantes les plus destructeurs, on retrouve notamment « *les criquets, les chenilles processionnaires, les mouches de fruits, les maladies de la banane et du manioc et la rouille du blé* » (FAO, 2016, para.4).

Plusieurs raisons ont contribué à la propagation des ravageurs et des maladies transfrontalières, comme par exemple la mondialisation et les changements climatiques.

Il est essentiel de disposer de cultures saines afin de pouvoir produire des quantités suffisantes d'aliments sains et nutritifs, et ainsi contribuer à la qualité de vie de tous. C'est pourquoi il semble important de prévoir un système agricole adapté, favorisant les ennemis naturels et éloignant les maladies et ravageurs. Les engrains chimiques, par exemple, peuvent aider à protéger les cultures, limiter les mauvaises récoltes et assurer un rendement agricole. Seulement, même lorsqu'utilisés en petites quantités, les pesticides peuvent aussi avoir des conséquences lourdes sur l'environnement et l'être humain. Ainsi, leur utilisation a été interdite, réduite ou limitée dans certaines régions. De plus, l'UE encourage la lutte intégrée³ afin de rendre le secteur moins dépendant des pesticides et de nuire le moins possible à l'environnement.

¹ « Un déprédateur est un animal qui commet des dégâts sur une plante ou des denrées, le plus souvent dans le but de se nourrir » (Larousse, 2020, para.1). Synonyme de « ravageur ».

² « Les maladies animales transfrontières sont des maladies épidémiques fortement contagieuses qui peuvent se propager très rapidement et traverser les frontières nationales. Elles sont à l'origine de taux élevés de morts et de maladies chez les animaux et ont de graves répercussions socio-économiques, voire des effets sur la santé publique et constituent une menace constante pour les moyens d'existence des éleveurs » (FAO, 2019, p.22).

³ Il s'agit de la « conception de la protection des cultures dont l'application fait intervenir un ensemble de méthodes satisfaisant les exigences à la fois écologiques, économiques et toxicologiques en réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée des éléments naturels de limitation et en respectant les seuils de tolérance » (FAO et OILB, 2019).

2.5. La croissance démographique, l'urbanisation et le vieillissement de la population

La FAO met en avant dans ses multiples conférences et dans ses nombreux articles le fait que la population est un des acteurs majeurs en ce qui concerne la demande de nourriture et, fatallement, de produits agricoles. Elle décrit la population dans son ensemble, avec toutes ses composantes et caractéristiques. Ce n'est donc pas seulement la population en tant que telle qui impacte le secteur agricole, mais bien la croissance démographique, l'urbanisation et le vieillissement de la population (FAO, 2017).

Selon les statistiques⁴ démographiques des Nations Unies, la population mondiale atteindra 9,7 milliards de personnes d'ici à 2050, soit une augmentation de plus ou moins 2 milliards d'individus à partir d'aujourd'hui. Vers 2100, nous devrions nous retrouver avec plus de 11,2 milliards d'hommes sur cette planète. Parmi les facteurs qui causent la croissance démographique, nous pouvons notamment citer l'évolution du taux de fécondité, l'augmentation de l'espérance de vie et les migrations de population aux 4 coins du monde (UN, 2020).

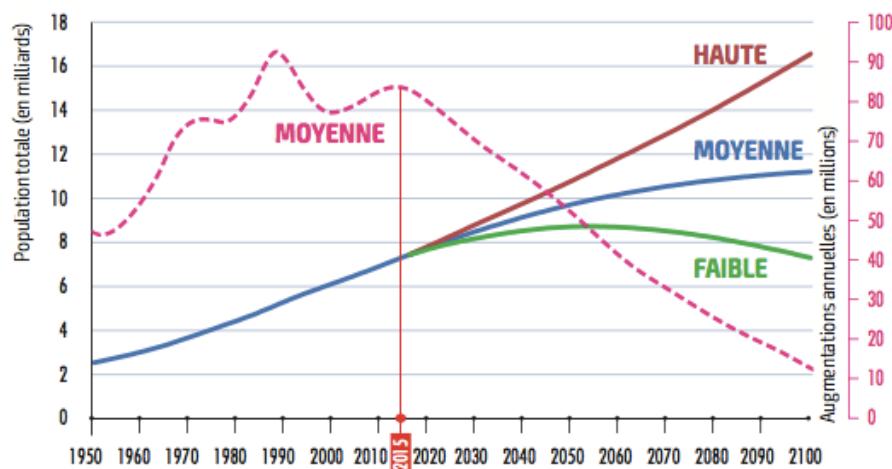


Figure 4 - Prospection de la population mondiale d'ici 2100

Source : NU. (2019). *World population prospects*. Récupéré en ligne le 1 décembre 2019 de <https://population.un.org/wpp/Graphs/Probabilistic/POP/TOT/900>

Cette croissance se fera essentiellement ressentir dans les villes ainsi que des les pays d'Afrique et d'Asie du Sud. En Europe, la croissance de la population devrait diminuer, essentiellement à cause du « taux de fécondité inférieur à celui nécessaire pour parvenir à un seuil de renouvellement de la population à long terme » (UN, 2020, para.12).

⁴ L'Organisme des Nations Unies affirme que « ces projections sont basées sur des variations moyennes, qui tablent sur un recul du taux de fécondité et un allongement de l'espérance de vie dans de nombreux pays » (2020, para.3).

Si ces prévisions sont atteintes, les régions concernées feront face à des problèmes de développement dues à leur rattachement au secteur agricole, notamment en matière d'emplois et de revenus. En effet, à cause du nombre important de population supplémentaire, les terres et les ressources seront probablement surexploitées, ce qui empêchera le développement agricole.

Auparavant, la population mondiale vivait essentiellement dans les campagnes. Cependant, il y a une cinquantaine d'années, la transition vers les zones urbaines s'est fait ressentir considérablement. Aujourd'hui, près de 54 % de la population vivraient en ville et d'ici 2050, cela concernerait plus de 68 %. Plusieurs facteurs ont contribué à cette transition démographique, avec notamment des raisons historiques, politiques et socioculturelles (FAO, 2017).

Ainsi, l'urbanisation entravera davantage la pratique de l'agriculture au sein des villes et espaces à proximité, et provoquera une fragilisation des sols, des pollutions et un pillage des ressources naturelles encore plus important.

La population mondiale est en pleine croissance, comme nous pouvons le voir sur le graphe ci-dessus (Cfr Figure 4 et 5). Une des raisons de cette croissance démographique est liée à l'augmentation du nombre de personnes âgées. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, « *le nombre de personnes âgées de plus de 60 ans doublera entre 2000 et 2050, passant d'environ 605 millions à 2 milliards de personnes* » (OMS, 2020, para.2). Plusieurs éléments influencent notre capacité à bien vieillir, comme par exemple notre alimentation, notre activité physique ainsi que notre consommation de tabac, d'alcool et autres substances toxiques. Le vieillissement de la population aura des conséquences au niveau de la production agricole et de la sécurité alimentaire, essentiellement au sein des pays développés (OMS, 2019).

Alors que la production brute actuelle permet de subvenir aux besoins alimentaires de la population d'aujourd'hui, soit environ 2 800 kilocalories par jour par habitant, l'agriculture va devoir s'adapter aux tendances de la croissance démographique, de l'urbanisation et du vieillissement de la population. « *Pour nourrir la planète, il va falloir combiner les savoirs ancestraux des agriculteurs avec les derniers apports de la technologie* » (Bayer, 2019, para.8).

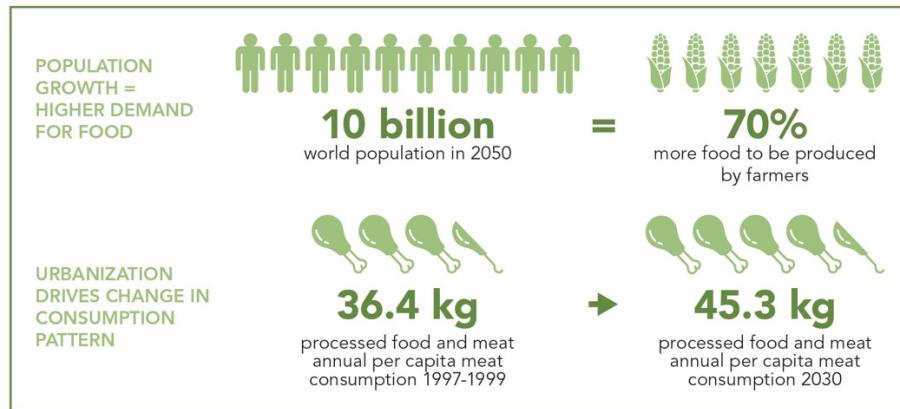


Figure 5- Perspectives démographiques

Source : De Clercq, M. ; Vats, A. et Biel, A. (2018). *Agriculture 4.0 : the future of farming technology*. New York.

2.6. Les tendances alimentaires

Dans les systèmes alimentaires traditionnels, on parle d'une agriculture de subsistance au sein de laquelle les agriculteurs produisent de la nourriture pour leur propre consommation (ainsi que celle de leur famille). Ainsi, ces différents membres consomment essentiellement des aliments locaux et non transformés.

Cependant, dans toutes les régions du monde, des nouvelles tendances alimentaires font leur apparition. Les systèmes d'aujourd'hui sont de plus en plus interconnectés, notamment grâce à l'urbanisation, la mondialisation et la libéralisation du commerce. C'est pourquoi on retrouve des chaînes alimentaires de plus en plus longues et complexes, permettant aux consommateurs d'accéder à des produits nouveaux et variés, provenant des 4 coins du monde.

Selon un rapport du Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition (HLPE), « *les consommateurs sont davantage à la recherche d'aliments transformés qui soient pratiques à manger, d'aliments vendus dans la rue et d'aliments prêts à consommer ; ils sont en général portés à manger plus, alors que leur niveau d'activité physique diminue* » (2018, p.43).

D'après le groupe J.W. Thompson et Food Media, une dizaine de tendances alimentaires sont à garder à l'œil pour les années futures (2019). Parmi celles-ci, on peut par exemple citer une tendance croissante au véganisme, notamment afin d'éviter le mal-être animal et de lutter contre les changements climatiques. Nombreuses seront également les personnes enclines à une alimentation personnalisée et sur-mesure, reprenant uniquement les aliments qui leur conviennent. Moins de gaspillage alimentaire, plus de transparence quant à la provenance des produits, offre de repas « prêt à manger », proximité et consommation locale, qualité et sécurité sanitaires des aliments, ... sont également des tendances futures qui influenceront notre alimentation de demain.

Plusieurs éléments ont contribué à ces changements, tels que le développement de l'économie, la disponibilité des aliments et le coût des matières premières.

Plusieurs adaptations doivent être mises en œuvre au niveau des systèmes alimentaires afin de les rendre plus sains, plus nutritifs, plus durables et plus respectueux de l'environnement.

2.7. Les pertes et le gaspillage alimentaires

« 41,2 tonnes de nourriture sont jetées ou perdues chaque seconde dans le monde » (Boyer et Dumas, 2017, para.1), soit environ un tiers de tous les aliments produits. Que ce soit au niveau de la production agricole, au stade de distribution ou encore lors de la consommation, il y a énormément de gaspillage tout au long de la chaîne alimentaire. Cela met en avant l'inefficacité du système actuel, nécessitant certaines adaptations.

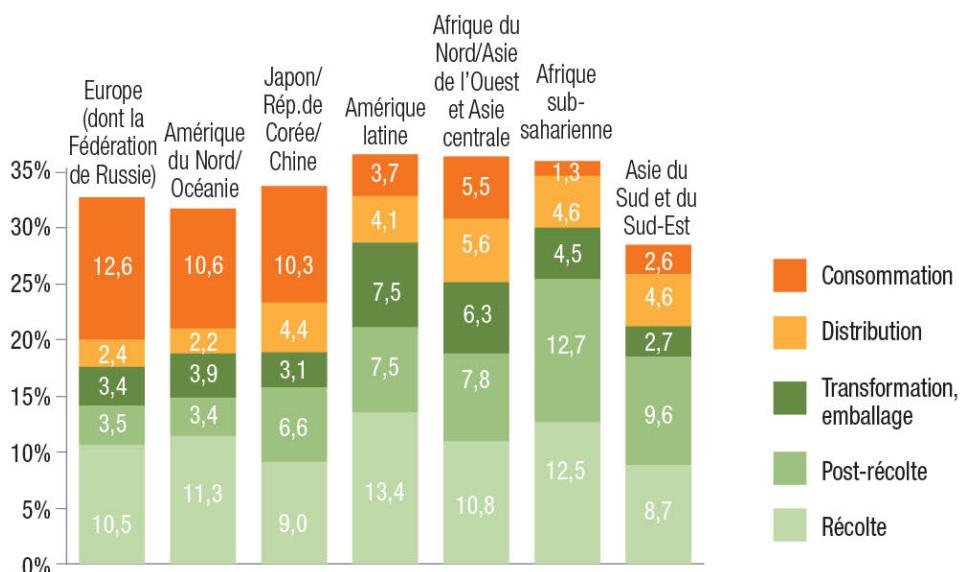


Figure 6 - Pourcentage d'aliments gaspillés et perdus par pays, en fonction de leur place dans la chaîne de valeur

Source : High Level Panel of Experts. (2014). *Food losses and waste in the context of sustainable food systems*. Rome.

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, « l'énergie intrinsèque des aliments perdus ou gaspillés représenterait plus de 10 % de la consommation énergétique mondiale pour la production d'aliments, tandis que les autres empreintes environnementales sont liées à la génération d'émissions de GES et au gaspillage des ressources naturelles pour produire les aliments perdus » (2017, p.39).

Plusieurs raisons causent ces pertes d'aliments, variant d'un pays à un autre. Par exemple, dans les pays à faibles revenus, le gaspillage alimentaire est essentiellement dû à la médiocrité des infrastructures, aux savoirs et savoir-faire restreints des travailleurs ainsi qu'aux faibles moyens d'investissement. Les pertes liées à ces facteurs se passent pour la plupart en amont de la chaîne de valeur, lors des récoltes et manutentions post-récoltes, comme nous pouvons le voir sur le graphique ci-dessus (Cfr Figure 6).

Des contraintes techniques et technologiques provoquent aussi des pertes à plusieurs niveaux, comme par exemple lors du transport, du stockage ou encore de la commercialisation des produits.

Finalement, des conditions météorologiques instables ainsi que des cadres institutionnels médiocres favorisent également le gaspillage.

2.8. La volatilité du marché

Comme l'indique l'OCDE, la volatilité des prix concerne l'ensemble des changements au niveau des variables économiques, de façon rapide et significative au cours du temps. Alors que certaines modifications sont tout à fait justifiées, d'autres peuvent poser problème, notamment aux agriculteurs.

Vu leur caractère cyclique et saisonnier, les prix agricoles changent constamment. Cependant, lorsqu'ils deviennent importants et ne peuvent pas être anticipés, les changements de prix peuvent devenir problématiques et entraîner des incertitudes pour les producteurs, négociateurs et consommateurs. Parmi ces incertitudes, on peut par exemple citer celles concernant la hausse des prix ainsi que celles liées à la sécurité alimentaire.

Comme nous pouvons le voir sur le graphique ci-dessous, ce sont essentiellement les pays en développement qui sont touchés en premier par des changements de prix à la hausse. Les pays d'Asie de l'Ouest et d'Afrique du Nord en souffrent également.

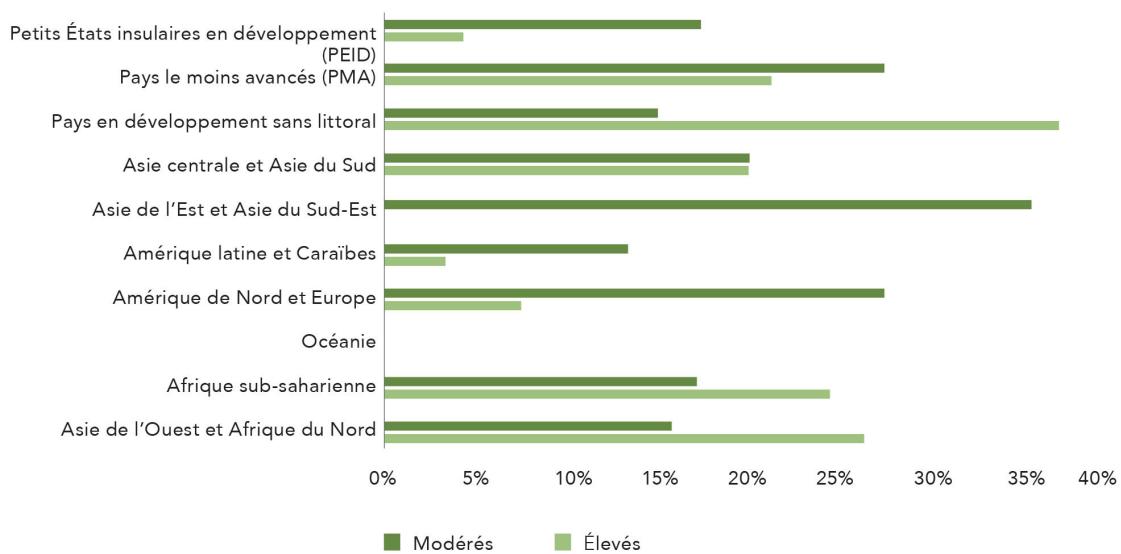


Figure 7 - Par région, pourcentage de pays touchés par des prix élevés ou modérément élevés des aliments en 2016-2017

Source : FAO. (2019). ODD 2.C. Récupéré en ligne le 1 décembre 2019 de <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/2c1/fr/>

Il faut ainsi innover au niveau du système agricole afin de le rendre plus efficace et plus durable pour les années à venir. Cela permettrait, entre autres, de limiter la volatilité des prix et de prendre des mesures adaptées afin de contrer les éventuelles hausses (FAO, 2019).

3. Conclusion

Face à l'ensemble de ces défis environnementaux, politiques, économiques, démographiques et socio-culturels, certains agriculteurs ont déjà commencé à modifier leurs méthodes de production et de commercialisation. Cependant, de nombreux progrès restent à faire au niveau du secteur afin d'atteindre un monde sans faim et malnutrition dans lequel « *l'alimentation et l'agriculture contribuent à améliorer le niveau de vie des populations, notamment des plus pauvres, et cela de manière durable en termes économiques, sociaux et environnementaux* » (UN, 2019, p.6).

Les Objectifs de Développement Durable ont été mis en place afin de transformer, d'ici 2030, notre univers pour les générations futures et présentes. Il s'agit de 17 cibles que les Etats cherchent à atteindre, couvrant plusieurs domaines sociaux, environnementaux et économiques. L'ensemble de ces objectifs devrait permettre de « *mettre fin à l'extrême pauvreté, lutter contre les inégalités et l'injustice ainsi que régler le problème du changement climatique* » (UNICEF, 2015, para.3). Nous allons les développer plus en détail dans le troisième chapitre de ce mémoire (Cfr p.39).

Développer le secteur agroalimentaire est essentiel, puisqu'il constitue le lien primordial entre l'homme et la planète. Il est également un pilier de base pour « *produire des aliments pour tous et générer des revenus décents, tout en soutenant un développement centré sur les habitants des régions rurales et la protection de l'environnement* » (UN, 2019, para.1). En effet, quelqu'un de bien nourri pourra apprendre et mener une vie saine et productive. La mise en place d'une agriculture durable et respectueuse de l'environnement pourrait permettre de nourrir les générations actuelles et futures en suffisance, et ainsi contribuer au développement et à la prospérité du secteur. Finalement, il est intéressant de mentionner que le secteur de l'agriculture est également l'un des plus importants en matière de source de revenus et de nourriture, puisqu'il reprend à la fois les cultures, l'élevage, l'aquaculture, la pêche et les forêts.

Ainsi, transformer et améliorer le secteur de l'agriculture semble être une voie indispensable pour atteindre les Objectifs de Développement Durable d'ici 2030 (FAO, 2018).

Cependant, poursuivre et amplifier les efforts actuels ne seront pas suffisants afin de surmonter l'ensemble des défis de plus en plus nombreux et complexes auxquels le secteur fait face.

PARTIE 1 : CONTEXTE THÉORIQUE

C'est pourquoi il nous semble intéressant d'analyser la piste suivante comme solution potentielle : intégrer les nouvelles technologies dans l'ensemble du processus. C'est un fait, les nouvelles technologies prennent de plus en plus d'ampleur dans notre vie de tous les jours. Elles ne sont aujourd'hui plus uniquement liées au domaine de l'informatique et des technologies de la communication, mais intègrent l'ensemble des activités de notre société. Ainsi, elles passent également par le secteur agroalimentaire et pourraient être une solution possible afin de surmonter les challenges actuels et futurs et donc résoudre une partie des Objectifs de Développement Durable.

Suite à cela, voici la question de recherche qui va nous guider tout au long de ce travail :

Comment les nouvelles technologies dans le secteur agricole contribuent-elles à la réalisation de certains Objectifs de Développement Durable ?

Chapitre 2 : Les avancées technologiques

1. Introduction

L'expression « nouvelles technologies » reprend un ensemble de techniques de pointe, généralement complexes, englobant plusieurs domaines. On y retrouve notamment les domaines de la « high-tech » et de la « low-tech » (Tincq; Brito; Sinet et Rodriguers, 2019).

Le concept de « high-tech » reprend des techniques avancées, considérées comme étant les plus évoluées pour une certaine période. On retrouve dans cette catégorie tout ce qui concerne les nouvelles technologies de l'information et de la communication, les nanotechnologies, les biotechnologies et la robotique. Dans le secteur agricole, l'utilisation d'un drone pour vérifier l'état des cultures ou d'un robot autonome pour planter des graines sont des exemples d'application de techniques « high-tech ».

La « low-tech » correspond à un concept relativement nouveau, qui cherche à développer « *des solutions techniques éco-conçues, recyclables et peu consommatrices d'énergie et de ressources* » (Peladan, 2019, para.7). De manière générale, la « low-tech » vise des solutions assez simples, inclusives et locales. Par exemple, se déplacer à vélo ou encore tenter de réparer ses appareils avant de les remplacer ou de les jeter. Généralement, ces différentes techniques sont accompagnées des technologies de l'information et de la communication, facilitant leur intégration au sein d'un certain domaine. Par exemple, favoriser l'échange de logements via l'application mobile Airbnb.

Aujourd'hui nous pouvons affirmer que les technologies prennent de plus en plus d'ampleur dans notre vie de tous les jours, à titre d'exemple l'ensemble des consommateurs connectés en permanence au moyen de leurs téléphones et ordinateurs. Depuis quelques années, le numérique bouleverse également nos habitudes alimentaires, couvrant tous les domaines de la semence à l'assiette. On retrouve par exemple des drones permettant d'analyser les cultures en temps réel ou encore des potagers intelligents. Et si le digital était le secret de la recette ?

Dans les prochains chapitres, nous allons montrer comment les technologies peuvent avoir un impact au niveau de l'alimentation, et plus particulièrement dans le secteur agricole.

1.1. *La FoodTech*

Le domaine de la FoodTech peut être défini par l'association du secteur alimentaire avec les nouvelles technologies, ou encore comment « *manger mieux, découvrir et redécouvrir des saveurs d'ici ou d'ailleurs, inventer et soutenir les façons de produire la nourriture de demain... le tout avec une touche de numérique* » (Portal, 2017, para.1).

Apparue initialement aux Etats-Unis aux alentours des années 2015 et aujourd'hui présente également massivement en Europe, la FoodTech englobe plusieurs types de modèles avec comme but ultime d'améliorer la relation des consommateurs avec la nourriture. Elle cherche à offrir une alimentation plus saine, plus durable, plus accessible et plus facile, le tout grâce à l'utilisation des nouvelles technologies (Geijer, 2019).

1.2. *Les différents types de FoodTech*

Plus concrètement, nous pouvons diviser le domaine de la FoodTech en 6 modèles : les Agtech, la FoodTech en cuisine, la Food Delivery, les Box, les FoodTech qui misent sur le partage et la découverte ainsi que les FoodTech qui luttent contre le gaspillage alimentaire (Vincent, 2019).

1.2.1. *Les Agtech*

Les Agtech ont été conçues afin de répondre à des problèmes de qualité et de quantité dans le domaine de l'agriculture actuelle. Ce type de FoodTech met en avant différents outils et mécanismes afin de développer une agriculture innovante et durable. L'ensemble des robots agricoles, des drones et des capteurs sont un exemple d'applications qui permettent la pratique d'une agriculture plus respectueuses de l'environnement. Les Agtech englobent également tout ce qui concerne les nouveaux produits agricoles, les fermes de nouvelle génération et l'agriculture urbaine.

1.2.2. *Les FoodTech en cuisine*

Comme l'indique son nom, ce type de FoodTech vise à accompagner les consommateurs en cuisine. Il s'agit par exemple d'un site Internet ou d'une application mobile proposant des recettes de cuisine ou offrant des conseils nutritionnistes. Les frigos connectés font également partie de cette catégorie, ainsi que la plupart des objets connectés (couverts, balances et autres). Grâce à une connexion à Internet ou Bluetooth, ils apportent énormément d'informations et peuvent être gérés à distance.

1.2.3. Les livraisons alimentaires

Ce genre de FoodTech concerne la livraison de nourriture et est probablement une des applications les plus utilisées actuellement, notamment en cette période de confinement. Grâce à l'évolution de nos moyens de communication mais également à cause d'un manque de motivation, de temps et de patience, le consommateur a adopté de nouveaux modes de consommation au cours de ces dernières années. Aujourd'hui, nous pouvons le caractériser comme quelqu'un d'hyper connecté, de pressé et préoccupé par son alimentation et par l'environnement. C'est pourquoi plusieurs startups ont développé des services de livraison à domicile.

1.2.4. Les Box

Les Box proposent une offre de produits frais, de saison et de qualité, le tout pensé pour faciliter la préparation de repas (où il ne faut rien ajouter à l'exception de l'assaisonnement). Ainsi, chaque semaine, le consommateur a le choix entre plusieurs recettes originales, cuisinées en un tour de main. Les boxes se propagent aujourd'hui aussi dans d'autres domaines tels que les cosmétiques, les jeux pour enfants et les boissons alcoolisées.

1.2.5. Les FoodTech qui parient sur le partage et la découverte

Cette catégorie est en lien avec les nouvelles formes de modèle d'affaires durables et plus particulièrement avec l'économie collaborative. Afin d'éviter le gaspillage et/ou de partager un bon moment entre voisins, amis ou inconnus, il est aujourd'hui possible de manger chez l'habitant grâce à plusieurs applications de mise en contact. D'autres startups permettent également la rencontre des consommateurs avec des chefs de cuisine.

1.2.6. Les FoodTech qui lutte contre le gaspillage alimentaire

Actuellement, notre société de consommation jette près d'un tiers de la production alimentaire mondiale. Grâce aux nouvelles technologies, plusieurs applications ont été développées pour nous permettre de récupérer les invendus gratuitement ou à prix réduits, et ainsi lutter contre le gaspillage alimentaire.

Dans ce mémoire, nous allons nous concentrer sur l'impact des nouvelles technologies dans le secteur agricole en particulier et nous focaliser essentiellement sur la catégorie des Agtech. Nous avons choisi ce domaine car il constitue le pilier de base pour produire les aliments et nourrir l'ensemble de la planète, pour les générations présentes et futures. Par ailleurs, il s'agit d'un secteur employant plus de 40 % de la population mondiale, ce qui montre encore une fois son importance.

2. L'agriculture 4.0

« Des agribots, petits robots sans conducteur, arpencent des champs. Ils désherbent et épandent de l'engrais sur base d'informations précises sur les cultures collectées par des drones. Un peu plus loin, dans un pré, des vaches connectées sont équipées d'un détecteur de vêlage. Dans leur exploitation maraîchère, des agriculteurs identifient des mauvaises herbes à l'aide de leur smartphone et vérifient l'état de leur culture grâce à des lunettes connectées.

Bienvenue dans la ferme de demain ! » (Deliège, 2017, para.2).

2.1. *Introduction*

Au fil du temps, nous avons connu deux révolutions agricoles majeures, chacune apportant des améliorations et modifications impressionnantes dans le secteur (De Clercq ; Vats et Biel, 2018).

La première révolution agricole se caractérise par l'abandon de la jachère et le développement de l'assoulement, soit la division des terres en différentes parties, chacune consacrée à une culture en particulier. Elle fait son apparition au XVI^{ème} siècle et permet notamment une intensification de la production agricole.

La deuxième révolution agricole se caractérise par de véritables progrès techniques et technologiques, notamment grâce au développement de la mécanisation et de la motorisation au XX^{ème} siècle. Elle s'associe également à l'utilisation de produits agrochimiques et au développement de nouvelles variétés de cultures plus productives introduites par la révolution verte. Ces innovations sont par la suite complétées par l'essor des technologies de modification génétique, aux alentours des années 90.

De manière générale, ces révolutions ont contribué à des progrès impressionnants dans le secteur de l'agriculture, améliorant l'entièreté du processus de production.

Aujourd'hui nous faisons face à une troisième révolution agricole, prônant l'agriculture 4.0, basée sur l'utilisation des nouvelles technologies au sein du secteur.

2.2. *La définition de l'agriculture 4.0*

La troisième révolution agricole, appelée agriculture 4.0, se caractérise par une agriculture tournée vers les technologies du numérique. La notation « agriculture 4.0 » est inspirée du monde de « l'industrie 4.0 », et regroupe l'ensemble des modifications développées grâce au digital, permettant également l'interaction et la communication avec les objets (Riot et Egon, 2018).

Bien que cette troisième révolution agricole ait déjà commencé, il ne faut pas s'attendre à un changement radical. Les évolutions vont se faire au fil du temps, en fonction de l'avancée des différentes technologies dans chaque pays. De nos jours, on retrouve à titre d'exemple l'utilisation de robots et de drones dans nos fermes belges. Ceux-ci permettent de récolter des données massives et d'ainsi contribuer à une prise de décision plus efficace. D'ici quelques années, nous allons peut-être aussi voir apparaître d'autres innovations impressionnantes, comme l'impression 3D des aliments ou encore la culture de viande.

L'agriculture 4.0 permet aux exploitations agricoles d'être plus rentables, plus efficaces et plus sûres, essentiellement grâce à l'utilisation des nouvelles technologies. Cependant, cette nouvelle forme d'agriculture n'est pas uniquement bénéfique pour les agriculteurs. Elle est également favorable à l'environnement et à l'ensemble des acteurs de la chaîne alimentaire, allant des fournisseurs aux consommateurs.

En résumé, nous pouvons parler d'une troisième révolution « *hautement optimisée, individualisée, intelligente et anticipatrice, en temps réel, hyper connectée et pilotée par les données* » (Trendov ; Varas et Zeng, 2019, p.2).

Tout au long de ce mémoire, nous allons tenter de montrer comment l'agriculture 4.0 pourrait aider l'humanité à survivre et prospérer sur le long terme, et donc résoudre les défis mentionnés dans le premier chapitre de ce travail.

2.3. *Les conditions*

Le passage à cette nouvelle forme d'agriculture se fait sous certaines conditions. En effet, nous pouvons mettre en avant la nécessité d'infrastructures et de réseaux informatiques adéquats, l'acquisition de compétences numériques par ses utilisateurs et l'accès à des ressources financières suffisantes (EAM, 2017 ; Trendov, Varas et Zeng, 2019).

2.3.1. Infrastructures et réseaux informatiques

Disposer d'un environnement approprié, avec des infrastructures et des réseaux informatiques adéquats, est une condition indispensable pour développer l'agriculture moderne. Avoir accès à des infrastructures de télécommunication, comme un réseau Internet stable, étendu et puissant en est un bon exemple. Permettre aux agriculteurs de fonctionner à l'aide de différents appareils, machines et robots optimisera leur travail en efficacité et durabilité.

2.3.2. Compétences numériques

Dans les sociétés d'aujourd'hui qui sont de plus en plus digitalisées et axées sur le numérique, il est important que les personnes disposent des compétences nécessaires pour exploiter correctement ces nouvelles technologies au risque d'être sinon marginalisées.

Ainsi, disposer de compétences en matière digitale est une condition essentielle au développement de l'agriculture 4.0. Ces compétences englobent à la fois la compréhension, la manipulation, l'utilisation et la communication des outils et des données numériques.

Alors que les TIC se développent à une vitesse extrêmement rapide et que nous vivons dans un monde où tout change constamment, il est essentiel d'apporter un apprentissage continu, rapide et efficace et d'intégrer la dimension numérique au cœur des programmes éducatifs dès le plus jeune âge (Farmnet, 2017).

2.3.3. Investissement en capital élevé

Une dernière condition indispensable au développement de l'agriculture 4.0 est la nécessité d'un capital élevé, puisque l'intégration des nouvelles technologies au sein du secteur demande un certain investissement. Selon un rapport réalisé par l'entreprise Roland Berger, les agriculteurs sont généralement peu enclins à prendre des risques et ont besoin d'être convaincus d'un retour sur investissement clair avant d'adopter des nouvelles technologies (Aulbur ; Henske ; Uffelmann et Schelfi, 2019).

2.4. *Les avantages*

L'intégration des nouvelles technologies au sein du secteur agricole apporte de nombreux avantages, à la fois aux agriculteurs et autres membres de la chaîne de valeur. La plupart de ces avantages sont étroitement liés à la présence et l'utilisation massives de données numériques, permettant par exemple d'améliorer les processus de production et la prise de décision. Selon la Banque Mondiale, les technologies permettraient d'accroître les performances économiques de l'activité agricole, de réduire la pénibilité de certaines opérations et d'optimiser le temps de travail (World Bank, 2019).

Nous exposerons, ici, de manière plus développée quelques avantages cités précédemment.

- Travailler plus efficacement

L'ère du numérique permet à l'agriculteur de travailler de manière plus efficace et plus rentable, et fait allusion au principe de « do more with less ». En effet, les technologies permettent d'augmenter la production, tout en utilisant moins d'intrants et en faisant moins d'efforts. Plusieurs études ont indiqué des résultats positifs à ce niveau. Par exemple, l'organisme de recherche anglais Nesta a démontré que « *l'intégration de technologies numériques pouvait augmenter, d'environ 18 %, les revenus d'une ferme en activité mixte (culture de blé avec du bétail en pâturage) de taille moyenne en Angleterre⁵ et minimiser les impacts environnementaux avec la rationalisation de l'utilisation d'intrants* » (Deliège, 2017, para.9). Ainsi, l'utilisation des données semble être rentable pour l'agriculteur.

- Alléger la charge de travail de l'agriculteur

Les nouvelles technologies permettent une simplification et une réduction de la charge de travail de l'agriculteur, essentiellement en matière de tâches lourdes et répétitives. Ainsi, il est possible d'automatiser une activité agricole complète, par exemple à l'aide de robots intelligents effectuant la même tâche, au même moment, comme semer des graines ou arroser les plantes de manière automatique et simultanée.

- Précision des opérations

L'agriculture connectée permet une agriculture dite de précision, offrant davantage de contrôle et de détail aux agriculteurs. Concrètement, il s'agit d'une technique visant à augmenter le rendement agricole tout en réduisant le nombre d'intrants dans les parcelles, adaptant chaque situation en temps, en lieu et en quantité.

⁵ « *Une exploitation de taille moyenne au Royaume-Uni compte 81 hectares contre 55 en Belgique* » (Deliège, 2017, para.12).

- Effectuer des opérations à distance

Grâce aux différentes applications mobiles, aux drones, aux robots et à l'Internet des objets, les agriculteurs peuvent effectuer des opérations à distance. Il est par exemple possible aujourd'hui de gérer sa serre simplement via une application mobile, même lorsque l'on est en vacances (Cfr p.58).

- Prise de décision intelligente

Les technologies permettent de mieux comprendre une situation, grâce à l'utilisation par exemple de drones et de capteurs. En analysant et en corrélant les données sur la météo, les types de semences, la qualité des sols, les tendances du marché et les données historiques, les agriculteurs peuvent prendre des décisions plus efficaces et gagnent du temps. Par conséquent, ils auront davantage de temps pour les autres tâches à effectuer.

- Identification de risques et résolution de problèmes

Les technologies numériques permettent dans un premier temps d'identifier les risques pouvant causer un problème au niveau de l'activité agricole, ensuite de les limiter et finalement, de les éliminer. Elles peuvent par exemple aider les agriculteurs à éviter les mauvaises récoltes et à anticiper les conséquences du changement climatique.

- Transparence des activités

Les consommateurs d'aujourd'hui recherchent davantage de transparence au sein de la chaîne alimentaire. Ils veulent notamment savoir d'où viennent leurs produits et qui les a créés, et également disposer d'informations en ce qui concerne l'utilisation d'engrais et le respect animal. Bien qu'il existe certaines obligations légales de documentation et plusieurs certificats, les nouvelles technologies permettent d'assurer un niveau de transparence plus élevé, et de gagner de la sorte la confiance du consommateur. Cela est notamment possible grâce au développement de la blockchain et l'utilisation de l'Internet des objets (Farmnet, 2017).

- Connectivité des exploitations

Grâce aux nouvelles technologies, les agriculteurs peuvent créer un réseau de partenaires, avec lequel ils partagent régulièrement différentes formes d'informations. Cela leur permet d'augmenter en continu leurs connaissances et de prendre des décisions plus rapidement. Par exemple, dans l'optique du cloud, les fermes peuvent facilement interagir avec leurs fournisseurs et consommateurs.

2.5. *Les applications*

Les nouvelles technologies impactent le secteur de l'agriculture à plusieurs niveaux, et font apparaître trois tendances générales (Farmnet, 2017 ; De Clercq, Vats et Biel, 2018). Parmi celles-ci, on retrouve :

- Nouvelles techniques de production
- Nouvelles techniques de distribution et d'efficacité
- Innovations hybrides et multidisciplinaires

L'application des nouvelles technologies dans le secteur de l'agriculture dépend de plusieurs paramètres, comme le niveau de complexité et le stade de maturité de la technologie en question. Ainsi, une technologie peut être facile d'usage et déjà entièrement développée, comme c'est le cas des drones. Elle peut s'avérer également plus complexe et toujours en phase d'expérimentation, comme nous avons aujourd'hui avec l'impression 3D des aliments. Sur le graphique ci-dessous, nous pouvons voir le niveau de maturité des différentes technologies applicables dans le secteur en fonction des trois tendances.

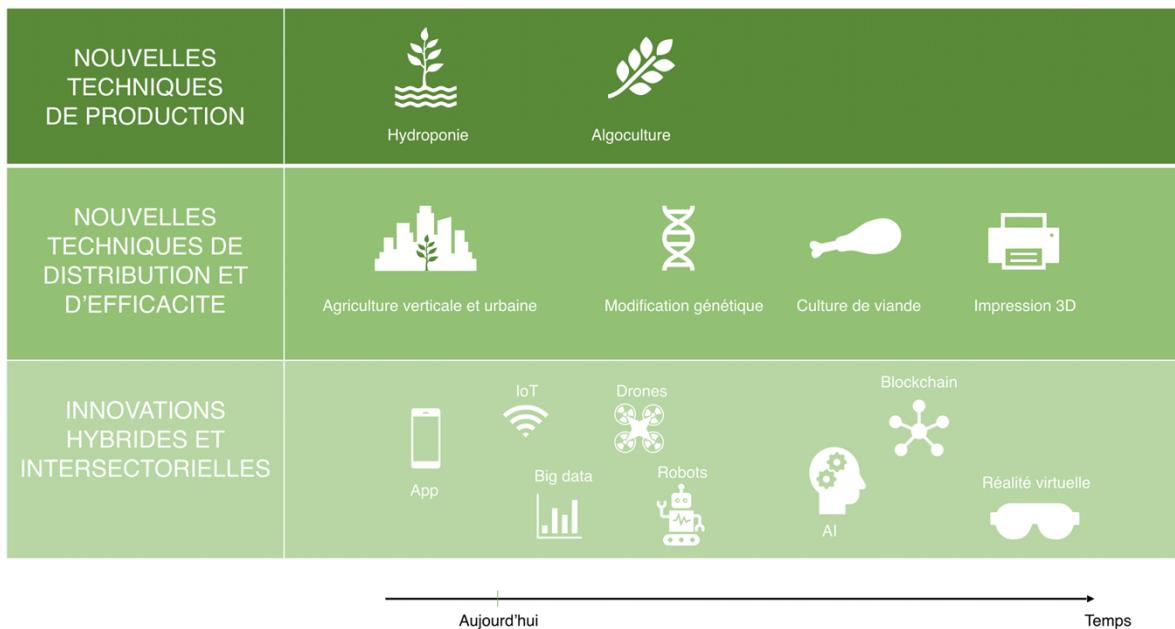


Figure 8 - Carte des technologies et de leur niveau de maturité

Source : De Clercq, M. ; Vats, A. et Biel, A. (2018). *Agriculture 4.0 : the future of farming technology*. New York.

Dans le cadre de ce mémoire, nous n'allons pas mentionner toutes les technologies possibles, mais seulement développer celles qui nous semblent les plus intéressantes. Ainsi, nous allons aborder essentiellement les technologies ayant un impact dans le secteur de l'agriculture et applicables en Belgique. De ce fait, nous n'allons pas développer l'agriculture désertique par exemple, même si cette pratique illustre bien la première case du graphique, à savoir « nouvelles techniques de production ».

2.5.1. Nouvelles techniques de production

Dans cette catégorie, nous retrouvons plusieurs techniques d'agriculture moderne, développées au moyen de nouvelles technologies. Comme nous pouvons le voir sur le schéma ci-dessus (Cfr Figure 8), l'hydroponie est une technique de production qui se trouve au début de notre ligne du temps, ce qui signifie que nous l'implémentons déjà dans notre cycle de production. La culture d'algues est également une pratique déjà existante, mais moins développée pour l'instant.

- L'hydroponie

L'hydroponie est une méthode de culture de plantes réalisée sans sol, souvent appelée aussi « agriculture hors-sol ». Elle base son fonctionnement sur un support neutre et inerte, généralement accompagné d'un système d'irrigation apportant les éléments nutritifs essentiels à la survie et à la croissance de la plante.

Dans cette même optique, nous pouvons également mentionner l'aquaponie et la bioponie, qui sont deux techniques développant également la culture de plantes sans sol. Dans le premier cas, les cultures poussent à l'aide des déjections de poissons qu'on retrouve dans de l'eau douce, et dans le deuxième cas, les plantes grandissent au moyen de fertilisants organiques.

En Belgique, on applique ces pratiques par exemple dans les fermes verticales (Cfr p.62), où les plantes poussent en intérieur.

- Algoculture

De façon générale, les algues contribuent à la sauvegarde de notre planète et notre vie humaine, puisqu'elles savent réduire les émissions de CO₂ présentes dans l'atmosphère de façon bien plus efficace que les plantes terrestres (soit 10 fois plus efficacement). Ainsi, elles pourraient être une solution pour lutter contre le changement climatique.

Les matières premières issues de la culture d'algues dans des sites aquacoles peuvent notamment être utilisées comme substituts à la farine de poisson ou à toute autre sorte de matière première. Par ailleurs, le coût des algues serait inférieur de 60 à 70 % à celui de la farine de poisson, qui coûte en moyenne 1 700 dollars par tonne. Un autre avantage à cette nouvelle technique réside en la fiabilité de la matière première. En effet, puisque la disponibilité des algues ne dépend pas d'une certaine pêche ou capture, comme c'est le cas pour les poissons, les producteurs ont plus de facilité à estimer les coûts et investissements nécessaires (Farmnet, 2017).

2.5.2. Nouvelles techniques de distribution et d'efficacité

Cette catégorie reprend plusieurs technologies permettant d'amener la production agricole directement au consommateur et d'ainsi augmenter l'efficacité de la chaîne alimentaire. L'agriculture verticale et urbaine est une technologie qui existe depuis plusieurs années, et qui est déjà fort utilisée en Belgique, notamment pour la production d'aromates et de salades. Dans cette même catégorie, nous retrouvons également la modification génétique, la culture de viande et l'impression 3D des aliments, qui sont des technologies encore peu présentes dans notre secteur puisqu'elles sont assez nouvelles et demandent certaines améliorations et expérimentations supplémentaires.

- L'agriculture verticale et urbaine

L'agriculture verticale consiste à faire pousser des grandes quantités d'aliments dans des tours ou parois, par l'empilement vertical de couches de cultures. Cela permet d'augmenter la production, tout en ayant une faible emprise au sol. Elle est souvent associée au concept d'agriculture urbaine qui illustre un processus agricole pratiqué en ville. Généralement, l'agriculture verticale et urbaine utilise des méthodes d'hydroponie, telles que développées à la page précédente.

Cette forme d'agriculture, mêlée aux nouvelles technologies, répond à plusieurs problèmes actuels, tels que :

- Réduire la faim dans le monde, par la promotion de l'emploi local et l'offre de produits frais et locaux
- Subvenir au manque de terres cultivables grâce à une faible emprise au sol
- Diminuer l'empreinte écologique d'une ville en la rendant autosuffisante en termes de nourriture et en limitant le transport de marchandises
- Contribuer à une meilleure qualité de l'air, essentiellement grâce au CO₂ relâché par les plantes cultivées

- La modification génétique

Le génie génétique pourrait répondre aux besoins alimentaires de l'avenir, puisqu'il permet l'amélioration des cultures par des techniques de sélection conventionnelle. Ainsi, cette pratique a notamment permis la création de blé résistant à la sécheresse ou encore le développement de variétés de tomates de plus grande taille.

La modification génétique permet le développement d'une agriculture durable et écologique, essentiellement grâce à l'utilisation réduite de pesticides. Elle contribue également à l'offre alimentaire mondiale, notamment en créant des denrées plus résistantes et nutritives.

- La culture de viande

La culture de viande⁶ est une alternative à l'élevage industriel. Elle se fait à base de cellules-souches élevées en laboratoire⁷ et pourrait être une option intéressante pour résoudre les problèmes liés à l'explosion démographique et aux enjeux climatiques (elle génère moins de méthane que les flatulences des ruminants par exemple).

Cette technique de « viande sans le boucher » permet d'avoir un impact favorable sur la sécurité alimentaire, l'environnement, les maladies d'origine animale liées à l'alimentation et, bien-sûr, les questions du bien-être animal (Farmnet, 2017).

Selon Nathalie Rolland, spécialiste de l'agriculture cellulaire et ancienne chercheuse à l'université de Maastricht, « *une seule vache "donneuse" pourrait fournir 175 millions de burgers, alors qu'actuellement, il faut élever et tuer 440 000 animaux pour parvenir à ce résultat* » (2019, para.4).

- L'impression 3D

L'impression 3D, qui révolutionne déjà le monde industriel, commence également à faire son apparition dans le secteur de l'alimentation. Imprimer sa propre nourriture, n'importe où et n'importe quand, est-ce le futur du secteur alimentaire ?

L'imprimante alimentaire 3D est un appareil permettant d'imprimer, à partir d'un dessin numérique 3D, des couches de matériaux formant une matrice alimentaire. Par la suite, ces couches se consolident grâce à leur caractère physico-chimique ou par des facteurs externes, comme par exemple des UV ou un laser. Comme le développe Monsieur Dobrzensky, l'impression d'aliments en 3D suit « *le même principe qu'un pâtissier qui utilise une poche à douille pour glacer ses gâteaux. Les ingrédients en purée sont extrudés et empilés verticalement dans les moules tridimensionnels à partir de fichiers numériques. Dans ce cas, le sac est pressé et guidé par le bras robotique de l'imprimante 3D avec une précision qui dépasse ce qu'un humain peut faire* » (Chang, 2016, para.10).

L'impression d'aliments pourrait être utilisée pour remplacer les ingrédients de base, puisqu'elle peut transformer toutes sortes de bouillis en repas comestibles (De Clercq ; Vats et Biel, 2018).

⁶ Egalement appelée « la viande in vitro ».

⁷ Dans une boîte Petri, qui est une boîte conçue pour la culture de micro-organismes.

2.5.3. Innovations hybrides et multidisciplinaires

Dans cette dernière catégorie, nous retrouvons des technologies fonctionnant essentiellement grâce à la récolte de données, et déjà développées et fort utilisées dans d'autres secteurs. On retrouve par exemple les applications mobiles, le big data et l'Internet des objets au début de notre ligne du temps (Cfr p.29). D'ici les années à venir, l'intelligence artificielle et la blockchain seront également des technologies fort prisées dans le secteur agricole, mais elles nécessitent encore quelques améliorations avant de pouvoir être utilisées.

- Les applications mobiles

Les applications mobiles sont conçues pour un appareil électronique mobile, comme un téléphone ou une tablette. Il existe aujourd'hui de nombreuses applications destinées à faciliter l'organisation des tâches agricoles et à augmenter l'efficacité des agriculteurs. Par exemple, des applications mobiles permettant de gérer l'exploitation à distance (Cfr p.67)

- L'Internet des objets

Selon l'Union internationale des télécommunications, l'Internet des objets (IdO), Internet of Things en anglais, est une « *infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution* » (2012, para.1).

L'IoT fait depuis peu son apparition dans le domaine agricole et permet d'apporter des renseignements sur la production d'aliments à l'aide de corrélations entre les données structurées et non structurées. L'agriculture de précision est un bon exemple qui illustre l'utilisation de l'Internet des objets. Elle met en avant une méthode de gestion des parcelles dans le but d'augmenter le rendement agricole tout en limitant l'utilisation d'énergie et le nombre d'apports. Elle nécessite l'usage des nouvelles technologies telles que l'intervention des drones et objets connectés afin d'être en mesure de « do more with less »⁸. Ces technologies permettent de récolter un certain nombre de données, capables de supporter la prise de décision des agriculteurs et d'améliorer leur travail journalier (Joly, 2019).

Une autre application de l'IoT se fait dans le cas de l'élevage, où il est possible de surveiller et de suivre la santé du bétail, sans intervention physique. Grâce à des colliers traceurs, les bêtes peuvent être géolocalisées en temps réel. Les informations sont ensuite enregistrées et analysées afin d'établir un modèle de référence, permettant de détecter les mouvements inhabituels et d'ainsi voir si un animal est malade ou blessé.

⁸ Traduction : produire plus avec moins.

On estime que « *d'ici 2050, plus de 75 millions d'appareils IoT agricoles seront utilisés. La ferme agricole générera 4,1 millions de points de données par jour, contre 190 000 en 2014* » (De Clercq ; Vats et Biel, 2018, p.16).

- Le big data

Le big data, ou autrement dit la gestion des méga données, recouvre « *l'ensemble des données numériques produites par l'utilisation des nouvelles technologies* » (Tanti, 2017, p.46). Ces données proviennent essentiellement de l'utilisation des technologies mentionnées sur le graphique à la page 29, comme par exemple des drones, des robots, de l'intelligence artificielle ou de la blockchain.

L'ensemble de ces informations, portant entre autres sur les types de semences, le climat, la qualité du sol ou l'état des plantes, permet d'améliorer les pratiques agricoles et de développer des nouvelles espèces de plantes.

De manière générale, le big data permet le développement d'une agriculture plus précise, plus efficace et plus durable.

- Les drones

Les drones ne sont pas nouveaux, mais grâce à un investissement et à un environnement réglementaire détendu, ils font de plus en plus leur apparition, et cela notamment dans le secteur agricole. D'ailleurs, selon un rapport sur l'agriculture 4.0, le domaine de l'agriculture dans lequel les drones ont le potentiel de relever plusieurs défis majeurs, serait l'un des plus prometteurs (De Clercq ; Vats et Biel, 2018).

Tout au long du cycle de récolte, les drones peuvent être utilisés de plusieurs façons. Ils peuvent notamment analyser les sols et les champs, planter des graines et des nutriments, pulvériser et surveiller les plantations, etc.

En quelques mots, les drones savent à la fois collecter des données et effectuer des tâches. Ils peuvent aussi permettre une utilisation plus efficace en termes d'eau et de pesticides, et réduire de la sorte le coût de la main d'œuvre et des ressources.

- Les robots

L'objectif principal de la robotique est de faciliter le travail de l'agriculteur et d'automatiser certaines tâches lourdes et répétitives, comme par exemple la récolte de légumes et le désherbage. Les robots interviennent à plusieurs niveaux dans le secteur, et sont faits sur mesure pour chaque type d'activité. Grâce à leurs capteurs et caméras, ils peuvent repérer la présence de prédateurs, de mauvaises herbes ou prévenir l'agriculteur en cas d'anomalie, et cela de manière instantanée.

- L'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle (IA) est difficilement définie puisqu'elle ne représente pas une discipline autonome, mais plutôt un mélange de technologies et de processus. Cependant, on pourrait dire qu'elle reprend « *l'ensemble des théories et des techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence* » (Larousse, 2019, para.2).

Elle a pour but de « *permettre à des machines, et plus particulièrement à des systèmes informatiques, de simuler des processus cognitifs humains* » (Rouse, 2016, para.1). L'objectif est de développer des machines capables d'apprendre, de raisonner et de s'autocorriger. On retrouve plusieurs technologies au sein du domaine de l'IA telles que l'analyse prédictive, la modélisation et le Machine Learning. Le Machine Learning consiste entre autres à créer des algorithmes pouvant s'améliorer de manière automatique.

L'intelligence artificielle apporte de nombreux bénéfices au secteur et peut rendre l'ensemble des activités agricoles plus facile à mettre en œuvre, qu'il s'agisse de la semence, de l'irrigation ou encore de la récolte. De façon générale, cela permet aux agriculteurs de suivre à la trace ce qui se passe sur leurs exploitations et d'analyser les données de manière précise et efficace. L'IA peut ainsi permettre une utilisation plus efficace des ressources et contribuer à la prise de décision grâce à des modèles de prévision et un suivi continu. Grâce aux données récupérées par des drones et autres robots connectés, les agriculteurs peuvent par exemple analyser l'état de leurs cultures ou constater l'anormalité d'un troupeau, le tout via une application ou depuis un ordinateur (Trendov ; Varas et Zeng, 2019).

L'entreprise Alibaba a par exemple utilisé l'intelligence artificielle afin de contrôler la santé des porcins. Au moyen de la reconnaissance faciale et vocale et grâce à différents capteurs de température, cette technologie permet de collecter un grand nombre de données et d'ainsi optimiser l'environnement des animaux et d'éviter les erreurs d'élevage.

- La blockchain

La blockchain était à la base utilisée dans les monnaies virtuelles, mais elle peut également être appliquée aux transactions agricoles. Elle permet notamment d'améliorer la traçabilité et la transparence de la production alimentaire (Trendov ; Varas et Zeng, 2019).

En effet, grâce à la blockchain il est possible d'identifier toute contamination éventuelle avec précision et rapidité, et de calculer le nombre de produits endommagés. Cela permet d'intervenir avant qu'il ne soit trop tard et ainsi limiter les dommages. Par ailleurs, la blockchain offre également des informations supplémentaires quant à la provenance des produits, ce qui constitue un avantage compétitif pour l'agriculteur. De plus, comme mentionné dans le rapport sur l'agriculture 4.0, « *les technologies blockchain peuvent prévenir l'extorsion des prix et les retards de paiement tout en éliminant les intermédiaires et en*

réduisant les frais de transaction, ce qui permet d'établir des prix plus justes et d'aider les petits exploitants agricoles à récupérer une plus grande partie de la valeur de leurs récoltes » (De Clercq ; Vats et Biel, 2018).

- La réalité virtuelle

La réalité virtuelle (ou Virtual Reality en anglais) est « *une expression qui désigne les dispositifs permettant de simuler numériquement un environnement par la machine (ordinateur). Selon les technologies employées, elle permet à l'utilisateur de ressentir un univers virtuel par le biais de ses différents sens : la vue, le toucher, l'ouïe et l'odorat* » (Artefacto, 2018, para.1).

L'immersion au sein du monde artificiel peut être intensifiée à l'aide d'un casque, qui fonctionne au moyen d'un affichage stéréoscopique en 3D et améliore l'expérience de l'utilisateur.

Déjà fort présente dans les secteurs de l'immobilier et de l'événementiel, la réalité virtuelle fait également son apparition dans le domaine de l'agriculture. En quelques mots, elle permet aux agriculteurs de prendre des décisions importantes grâce à la re-création « quasi-réelle » de la réalité. Par exemple, essayer un nouveau tracteur, s'immiscer au milieu des champs, participer à la traite des vaches, ...

En résumé, nous avons vu que les nouvelles technologies ont une forte influence sur le secteur agricole et qu'elles ont un impact à 3 niveaux, à savoir : la mise en place de nouvelles techniques de production, de nouvelles techniques de distribution et d'efficacité et d'innovations hybrides et multidisciplinaires. Bien sûr, elles n'auront pas la même application si on s'intéresse à la catégorie du secteur visant les cultures, l'élevage, la chasse, la pêche ou encore la sylviculture. C'est pourquoi nous avons décidé de nous intéresser aux technologies améliorant et facilitant l'agriculture maraîchère, soit la culture de légumes et d'herbes aromatiques, afin de limiter notre analyse et d'être d'autant plus pertinent lors de la rédaction de la troisième partie de ce mémoire.

2.6. *Les obstacles et contraintes*

Malgré que les nouvelles technologies représentent une grande opportunité pour les producteurs agricoles, il existe un certain nombre d'obstacles et de contraintes qui peuvent entraver le bon développement et fonctionnement de l'agriculture 4.0 (Farmnet, 2017 ; Trendov ; Varas et Zeng, 2019).

2.6.1. Traitement des données massives

L'agriculture 4.0 n'est pleinement efficace que lorsque « *les données sont reliées, analysées et interprétées de manière pertinente* » (Farmnet, 2017, p.6). Ainsi, les étapes de collecte, de standardisation et d'organisation sont essentielles afin que les données soient utiles dans le processus agricole. De nos jours, le traitement des données représente toujours un réel défi pour les agriculteurs, notamment à cause d'un manque de temps, d'outils et de connaissances.

2.6.2. Insécurité dans la protection des données

Il est indispensable que les agriculteurs prouvent sans cesse la maîtrise et la protection de leur banque de données afin d'éviter une fuite auprès d'un concurrent ou d'une autre personne non concernée.

2.6.3. Cadres politiques et réglementaires

La politique gouvernementale liée aux TIC peut avoir un effet majeur sur le développement du secteur agricole. En effet, les gouvernements ont l'obligation d'établir des cadres juridiques, réglementaires, budgétaires et politiques afin d'assurer un usage à bon escient des TIC. Ainsi, ils peuvent promouvoir, entraver ou totalement interdire l'introduction des nouvelles technologies dans certaines régions.

2.6.4. Solutions isolées

Un autre problème auquel les agriculteurs sont confrontés aujourd'hui est la non-compatibilité des offres numériques. Lorsque les solutions numériques sont isolées, elles peuvent être incompatibles avec celles d'autres fournisseurs et producteurs. Ceci évite la propagation des données dans le secteur et entrave partiellement le potentiel de création de valeur qu'apportent les nouvelles technologies.

3. Conclusion

La première partie de ce mémoire montre que l'agriculture fait face à de nombreux défis. Le monde devra produire 70 % de nourriture en plus d'ici 2050, tout en utilisant moins de ressources, en réduisant les niveaux de gaz à effet de serre et en luttant contre le réchauffement climatique.

« *Des systèmes alimentaires plus productifs, efficaces, durables, inclusifs, transparents et résilients* » (Trendov, Varas et Zeng, 2019, p.7) sont indispensables afin d'atteindre les 17 Objectifs de Développement Durable et de surmonter les problèmes actuels. Cela passe, entre autres, par l'intégration des nouvelles technologies au sein de l'agriculture, permettant au secteur d'exploiter ses opportunités et de combler ses menaces actuelles. Selon un rapport développé par l'entreprise PwC, l'intégration des nouvelles technologies conduira de façon globale à une productivité et une richesse plus élevée, améliorant les rendements, réduisant les pertes et augmentant l'efficacité (2019).

D'après un rapport développé par les Nations Unies en 2018, la réalisation des différents Objectifs de Développement Durable sera notamment rendue possible grâce à l'utilisation des nouvelles technologies et de la science. Ils citent : « *l'utilisation de technologies de pointe associée au développement de l'innovation pourrait s'avérer décisive pour la réalisation des objectifs de développement durable et l'édification de sociétés plus prospères, durables, saines et inclusives. Ces technologies laissent entrevoir des solutions et des possibilités de développement durable qui seront plus adaptées, moins onéreuses et plus rapides, et seront modulables et facilement exploitables* » (UN, 2018, p.1).

Nous avons constaté qu'il existe de nombreuses possibilités d'utiliser les technologies au sein du processus agricole, passant par l'intégration des robots et des drones à l'utilisation de la blockchain et de l'intelligence artificielle. Chacune de ces technologies nécessite plusieurs conditions afin d'être utilisée pleinement, comme l'accès à des ressources financières suffisantes et des connaissances informatiques adéquates. Ces applications peuvent s'accompagner de plusieurs problèmes et contraintes, comme l'insécurité dans la protection des données et, de manière générale, la difficulté à traiter un grand nombre d'informations. Nous avons remarqué cependant que les technologies offrent l'opportunité d'améliorer l'efficacité du travail, de réduire la pénibilité de certaines opérations et d'accroître les performances économiques.

Chapitre 3 : Les Objectifs de Développement Durable

1. Introduction

Comme nous avons pu le voir dans le premier chapitre de ce mémoire, notre société a fait des progrès impressionnantes ces dernières années, notamment en termes de développement et de croissance. Cependant, ceux-ci ont également engendré des répercussions négatives, essentiellement sur l'environnement, entraînant une surutilisation des capacités de la planète. Il semble dès lors indispensable et urgent de modifier nos modes de consommation et de production actuels.

Dans le cadre du Programme de développement durable à l'horizon 2030, l'ensemble des Etats membres des Nations Unies se sont réunis afin de trouver des solutions pour limiter l'empreinte que nous laissons sur notre planète et notre société. D'ici 10 ans, notre monde devrait être transformé, puisque le Programme a mis en avant 17 objectifs et 169 sous-objectifs qui visent l'accomplissement de défis au niveau environnemental, économique et social. Il s'agit d'un agenda international qui mêle les accords précédents et les objectifs des Nations Unies expirés en 2015. En résumé, les Objectifs de Développement Durable envisagent « *un monde sans pauvreté ni faim, dans lequel des soins de santé et une éducation de qualité sont accessibles à tous, où les inégalités entre les sexes ont été abolies, où la croissance économique ne nuit pas à l'environnement et où la paix et la liberté règnent partout dans le monde* » (GeSI, 2016, p.4).

Les Objectifs de Développement Durable (ODD)⁹ prônent un changement indispensable. Il ne s'agit pas de 17 objectifs individuels, mais bel et bien d'un ensemble d'objectifs liés les uns avec les autres qui doivent progresser et évoluer simultanément dans tous les domaines. Comme indiqué dans la brochure développée par l'Institut Fédéral pour le Développement Durable, « *tout l'enjeu réside dans la coopération : la coopération entre les pays en développement et les pays développés, mais aussi la coopération entre les autorités, le secteur privé, les syndicats, les ONG, les établissements académiques et les citoyens. Ce n'est qu'en collaborant et en nouant des partenariats que nous parviendrons à relever les défis* » (2016, p.1).

L'ensemble de ces objectifs et sous-objectifs concernent plusieurs domaines, indispensables à notre survie et à celle de la planète (prospérité, paix et partenariats).

En d'autres termes, les 17 Objectifs de Développement Durable montrent la voie à suivre, soit l'ensemble des actions et initiatives à adopter afin de créer un monde et une société plus durable pour 2030.

⁹ Sustainable Development Goals (SDG) en anglais.

2. Les 17 Objectifs de Développement Durable

Nous pouvons retrouver ci-dessous les 17 Objectifs de Développement Durable à atteindre pour 2030 (UN, 2019). Les sous-objectifs sont à retrouver en annexe (Cfr Annexe 1).

Objectif 1 : Éliminer la pauvreté sous toutes ses formes et partout dans le monde.

Objectif 2 : Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable.

Objectif 3 : Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge.

Objectif 4 : Assurer l'accès de tous à une éducation de qualité, sur un pied d'égalité, et promouvoir les possibilités d'apprentissage tout au long de la vie.

Objectif 5 : Parvenir à l'égalité des sexes et autonomiser toutes les femmes et les filles.

Objectif 6 : Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau.

Objectif 7 : Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes à un coût abordable.

Objectif 8 : Promouvoir une croissance économique soutenue, partagée et durable, le plein emploi productif et un travail décent pour tous.

Objectif 9 : Bâtir une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation durable qui profite à tous et encourager l'innovation.

Objectif 10 : Réduire les inégalités dans les pays et d'un pays à l'autre.

Objectif 11 : Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables.

Objectif 12 : Établir des modes de consommation et de production durables.

Objectif 13 : Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions.

Objectif 14 : Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable.

Objectif 15 : Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des terres et mettre fin à l'appauprissement de la biodiversité.

Objectif 16 : Promouvoir l'avènement de sociétés pacifiques et ouvertes à tous aux fins du développement durable, assurer l'accès de tous à la justice et mettre en place, à tous les niveaux, des institutions efficaces, responsables et ouvertes à tous.

Objectif 17 : Renforcer les moyens de mettre en œuvre le Partenariat mondial pour le développement durable et le revitaliser.

3. L'état d'avancement actuel

Alors que nous avons fait certains progrès au niveau économique, politique et social, il existe toujours des lacunes importantes dans la réalisation de plusieurs Objectifs de Développement Durable.

De manière générale, chaque pays éprouve des difficultés dans la réalisation de plus de 50 % des objectifs et plus de 25 % des pays ont des difficultés à atteindre l'ensemble des 17 Objectifs de Développement Durable en temps voulu (Nasman ; Dowling ; Combes et Herweijer, 2017).

Si nous analysons la situation de manière plus précise, nous pouvons mentionner le fait que les « pays les moins avancés¹⁰ » éprouvent des difficultés en matière de pauvreté (ODD 1), de faim (ODD 2), de santé (ODD 3) ainsi qu'en termes d'investissements dans les infrastructures numériques (ODD 9) et de stimulation d'une croissance équitable (ODD 8). Les « pays en développement » éprouvent également certaines difficultés à résoudre les différents ODD, mais aucun objectif ne ressort plus qu'un autre, chacun montrant plus ou moins le même degré d'urgence. Les « pays développés », quant à eux, doivent toujours trouver le bon équilibre entre la croissance économique et la dégradation de l'environnement et ainsi parvenir à atteindre des modes de production et de consommation plus durables. Ces mêmes pays ont également du retard au niveau de l'atteinte des objectifs plus sociaux, notamment en termes d'éducation (ODD 4) et d'égalité des sexes (ODD 5).

¹⁰ Les pays ont été regroupé en trois catégories, en fonction de leur niveau de développement, tel que défini par l'ONU : régions développées avec 54 pays, régions en développement avec 113 pays et régions les moins avancées avec 48 pays (GeSI, 2016).

PARTIE 1 : CONTEXTE THÉORIQUE

Les pays nordiques sortent du lot et sont ceux qui sont les plus avancés en termes de réalisation des Objectifs de Développement Durable, notamment en Suède, au Danemark et en Finlande. Cependant, les trois pays éprouvent toujours des difficultés à atteindre l'ensemble des objectifs et sous-objectifs liés à « *la consommation et la production durable* » (ODD 12) et à « *la lutte contre les changements climatiques* » (ODD 13).

La Belgique est également assez avancée en termes de réalisation des Objectifs de Développement Durable, et occupait la 12^{ème} place dans le classement réalisé par la société d'investissement en matière de développement durable RobecoSAM en 2018. Les ODD suivants sont ceux pour lesquelles la Belgique montre les chiffres les plus pertinents : ODD 2 (faim zéro), ODD 3 (bonne santé et bien-être), ODD 5 (égalité des sexes), ODD 10 (inégalités réduites) et ODD 16 (paix, justice et institutions).

Comme illustré dans le graphique ci-dessous, nous sommes encore loin d'atteindre les 17 objectifs et les 160 sous-objectifs, et nous avons besoin d'un « sacré coup de pouce » pour les atteindre en temps voulu.

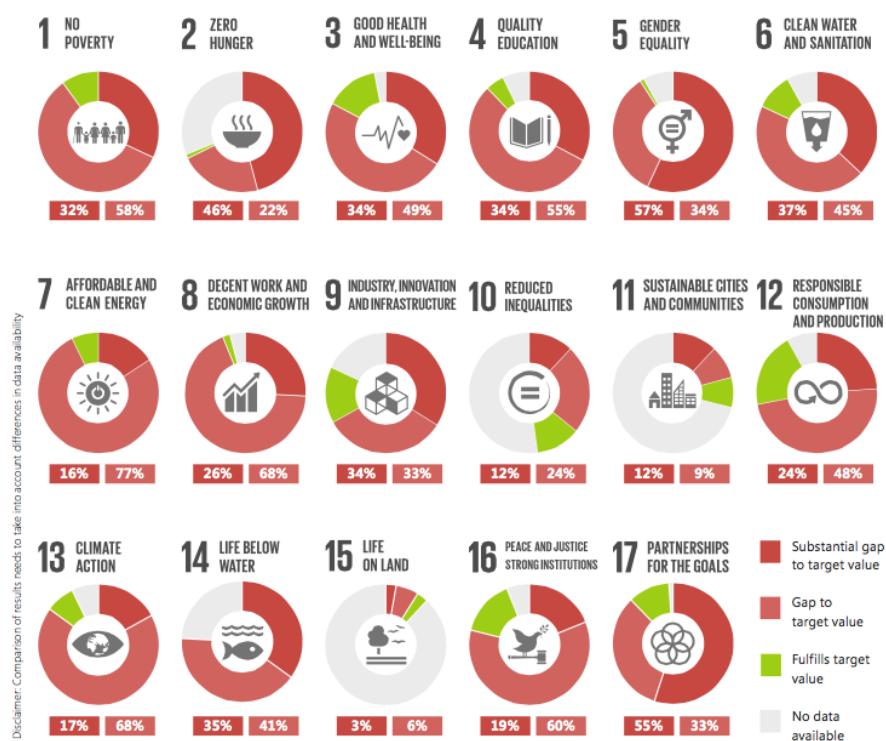


Figure 9 - Statut des résultats dans le monde

Source : GeSI. (2016). *How digital solutions will drive progress towards the sustainable development goals*. Bruxelles.

4. Les Objectifs de Développement Durable en lien avec le secteur de l'agriculture

Comme développé à la page 39, les Objectifs de Développement Durable doivent être vus comme un ensemble, et nécessitent une progression simultanée dans chacun des domaines (environnemental, social et économique). Selon un rapport sur l'agriculture biologique et les Objectifs de Développement Durable, tous les objectifs sont directement ou indirectement liés aux secteurs de l'alimentation et de l'agriculture (de Schaetzen, 2019).



Figure 10 - Alimentation et agriculture au centre des ODD

Source : de Schaetzen, S. (2019). *L'agriculture biologique et les objectifs de développement durable*. Nature & more. France.

À présent, nous allons nous pencher sur les objectifs que nous jugeons être liés de manière directe au secteur de l'agriculture, à savoir les ODD 2, 3, 6, 8, 12, 13 et 15.

Objectif 2 : Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable.

Cet objectif vise de manière générale à éliminer la faim dans le monde et repense ainsi la manière dont nous interagissons avec la nourriture.

Alors que l'agriculture et la pêche sont les secteurs de base pour produire des aliments pour l'ensemble de la planète, cet objectif est directement lié avec notre domaine d'étude. Malheureusement, comme nous avons pu le remarquer dans les parties précédentes, le secteur de l'agriculture au sens large entraîne une dégradation importante de notre terre, nos océans et nos forêts. Selon un rapport sur l'agriculture biologique, « *toutes les minutes, l'Homme détruit l'équivalent de 30 terrains de football de sols fertiles chaque année, principalement à cause des méthodes agricoles intensives qui entraînent une perte de 10 millions d'hectares de terres agricoles chaque année* » (de Schaetzen, 2019, p.30). En conséquence, plus de $\frac{1}{4}$ des sols de notre planète sont caractérisés comme fortement endommagés.

Dès lors, il est indispensable d'investir dans le domaine agricole mais également de repenser la façon dont le secteur opère afin d'être capable de nourrir « *les 815 millions de personnes qui souffrent de la faim aujourd'hui et les 2 milliards de personnes supplémentaires qui seront sous-alimentées d'ici à 2050* » (UN, 2020, para.3).

Objectif 3 : Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge.

En quelques mots, cet objectif cherche à offrir la possibilité à tous de mener une vie saine, tout en promouvant le bien-être. Il a besoin d'être davantage mis en œuvre puisque de nombreux pays montrent toujours des résultats inquiétants en termes de mortalité maternelle, de maladies infectieuses et de santé reproductive, contribuant à des graves risques pour la santé.

Très logiquement l'agriculture affecte la santé, ce qui fait que cet objectif est également intéressant à prendre en compte dans la réalisation de notre mémoire. En effet, le secteur produit l'alimentation et la nutrition de base pour les individus, et offre des revenus à un grand nombre de personnes. Ces revenus permettent d'avoir accès à de l'eau potable, des aliments et, parfois, des soins de santé. Par contre, elle peut également causer des risques pour la santé, par exemple en termes d'empoisonnement aux engrains chimiques ou de transmission des maladies infectieuses d'origine animale. L'Organisation Mondiale de la Santé cite : « *La contamination de l'environnement peut également engendrer une exposition humaine par la consommation de résidus de pesticide dans les aliments, voire dans l'eau potable. Tandis que les pays développés ont déjà mis en place des systèmes permettant d'enregistrer les pesticides et de contrôler leur commercialisation et usage, ce n'est pas toujours le cas partout ailleurs* » (de Schaetzen, 2019, p.32).

Davantage d'efforts devront être mis en œuvre afin de résoudre cet objectif ainsi que ses sous-objectifs, et ainsi parvenir à éliminer les maladies et les problèmes de santé toujours présents dans le monde aujourd'hui. Une agriculture saine entraîne une alimentation saine, et contribue ainsi à la réalisation de l'ODD 3.

Cet objectif peut également être lié à l'objectif 8, qui vise l'accomplissement d'un travail correct et une croissance économique durable. On pourrait s'intéresser à l'impact des pratiques agricoles sur la santé des travailleurs.

Objectif 6 : Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau.

Avoir accès à l'eau, et plus particulièrement à l'eau propre et potable, est l'élément principal visé par cet objectif. Cependant, les pénuries, la qualité médiocre et l'absence de sanitaires sont plusieurs éléments qui empêchent la réalisation de cet objectif et qui contribuent à une mauvaise sécurité alimentaire. Et de façon plus précise, « *à l'heure actuelle, plus de 2 milliards de personnes risquent d'avoir un accès réduit aux ressources en eau douce et d'ici à 2050, au moins une personne sur quatre vivra probablement dans un pays touché par une pénurie chronique ou récurrente d'eau douce* » (UN, 2019, para.3). Heureusement, certains progrès impressionnants ont déjà été effectués à ce niveau, grâce auxquels près de 90 % des individus ont aujourd'hui accès à des sources d'eaux potables.

Cet objectif est lui aussi lié à l'agriculture dans le sens où plus de 70 %¹¹ de tous les prélèvements d'eau sont essentiellement liés aux cultures et à l'élevage. Alors que la population mondiale et donc la demande d'aliments s'accroissent, la production nécessitera plus d'eau dans les années à venir. Il est nécessaire d'utiliser l'eau dans le secteur agricole de façon plus efficace et plus écologique. Comme mentionné par la FAO, « *cela suppose de produire plus d'aliments en utilisant moins d'eau, d'accroître la résilience des communautés agricoles face aux inondations et aux sécheresses et d'adopter des technologies propres qui préservent l'environnement* » (2020, para.3).

Objectif 8 : Promouvoir une croissance économique soutenue, partagée et durable, le plein emploi productif et un travail décent pour tous.

Selon les Nations Unies, « *environ la moitié de la population mondiale vit encore avec l'équivalent d'environ 2 dollars par jour et le taux de chômage dans le monde atteint les 5,7%* » (2020, para.1). C'est pourquoi cet objectif a été mis en place, afin d'offrir des opportunités d'emploi, d'assurer des conditions de travail correctes, de proposer un accès aux services financiers et de permettre la réalisation d'investissements à toute personne en âge de travailler (FAO, 2020).

Afin de vivre dans un monde sans pauvreté et de promouvoir une croissance économique durable, nous allons devoir repenser notre manière de travailler ainsi que nos systèmes sociaux et économiques. Cela permettrait d'offrir des emplois plus variés, plus sûrs et, de manière générale, plus qualitatifs.

¹¹ Chiffre pouvant aller jusqu'à 95 % dans certains pays en développement (FAO, 2020).

Alors que l'agriculture est l'un des plus gros employeurs du monde, notamment dans les régions en développement, il est intéressant de prendre cet ODD en compte dans la résolution de notre cas pratique.

Objectif 12 : Établir des modes de consommation et de production durables.

Cet objectif cherche à « *établir des modes de consommation et de production durables* », notamment par la création d'infrastructures plus durables et par l'incitation à une meilleure utilisation des ressources et de l'énergie. Il vise également à contribuer à une meilleure qualité de vie en promouvant des services basiques et des emplois corrects. En d'autres termes, l'ODD 12 vise « *la mise en œuvre de plans de développement général, à réduire les coûts économiques, environnementaux et sociaux futurs, à renforcer la compétitivité économique et à réduire la pauvreté* » (UN, 2019, para. 1).

Comme nous avons pu le constater dans la première partie de ce mémoire, la population mondiale est en pleine croissance alors que les ressources naturelles de la planète indiquent une détérioration importante. Dès lors, il est essentiel d'adopter des « *modes de consommation et de production plus durables* », afin d'être capables de nourrir la population grandissante tout en ayant moins de ressources à notre disposition.

A l'heure actuelle, approximativement 1/3 des denrées alimentaires sont gaspillées ou perdues alors qu'en parallèle, plus de 850 millions d'individus souffrent de la faim. L'ODD 12 incite l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur alimentaire à réfléchir une fois de plus sur la façon dont nos déchets sont créés et sur comment réduire notre empreinte sur l'environnement et la société. Les consommateurs, par exemple, sont invités à favoriser des modes d'alimentation durables, sains, nutritifs et favorables pour la planète dans son ensemble. Les agriculteurs et producteurs, quant à eux, doivent trouver un équilibre entre accroître leur production alimentaire et réduire les effets néfastes pour la planète, comme limiter les émissions de GES et empêcher la dégradation de l'environnement (FAO, 2019).

Objectif 13 : Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions.

Aujourd'hui, tout le monde est touché par les changements climatiques. Plusieurs conséquences peuvent être mentionnées, comme l'apparition fréquente de phénomènes météorologiques et l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre, atteignant le niveau le plus élevé jamais connu. Malheureusement, les pays les plus pauvres sont également ceux qui souffrent le plus de ces répercussions.

Comme étudié dans la partie précédente (Cfr p.7), l'agriculture favorise les changements climatiques mais souffre également de ces conséquences. Si nous ne changeons pas notre manière de produire et de consommer, le changement climatique impactera

considérablement la production alimentaire, limitera l'offre des denrées et réduira la productivité des cultures. Par ailleurs, le changement climatique jouera également un rôle au niveau de l'accès à l'alimentation, dans le sens où le secteur de l'agriculture est un employeur remarquable et responsable des revenus de milliers de personnes (FAO, 2020).

Des efforts ont déjà été effectués au niveau local, mais cela ne suffit pas. Le réchauffement climatique est un problème mondial et nécessite des changements imposés imposés à l'international.

Objectif 15 : Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des terres et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité.

Selon le site officiel des Nations Unies, 13 millions d'hectares de forêts sont détruits par an, mettant en péril la vie et les moyens de subsistance de quelque millions d'individus. En effet, les forêts constituent près de 31 % de notre surface terrestre et contribuent ainsi à la sécurité alimentaire de la population et à la création d'abris pour le peuple. Cependant, seulement 15 % de ces forêts sont aujourd'hui considérées comme « préservées ». Ce sont les activités de l'homme ainsi que les différentes répercussions liées aux changements climatiques qui causent la déforestation et la dégradation de nos terres (FAO, 2019).

L'agriculture intensive, par exemple, est une des causes majeures provoquant la dégradation de l'environnement, menaçant près de 1 000 000 espèces. Le rapport des Nations Unies sur le droit de s'alimenter montre que « *l'usage permanent, excessif et abusif de pesticides entraîne la contamination des sols et des sources d'eau avoisinants, qui provoque un important appauvrissement de la biodiversité, détruit les populations d'insectes utiles agissant comme ennemi naturel des animaux nuisibles et réduit la valeur nutritionnelle des aliments* » (de Schaetzen, 2019, p.12).

Il semble ainsi indispensable de protéger nos forêts et d'améliorer la gestion de nos ressources naturelles pour les années à venir.

Nous remarquons donc que l'agriculture est véritablement au cœur du Programme 2030 et est directement liée à 7 objectifs : l'ODD 2 sur la faim, l'ODD 3 concernant la santé, l'ODD 6 sur les ressources en eau, l'ODD 8 sur la croissance économique durable, l'ODD 12 sur la production et la consommation durable, l'ODD 13 sur la lutte contre le changement climatique, et, finalement, l'ODD 15 sur les écosystèmes terrestres et la biodiversité.

De manière indirecte, l'agriculture joue également un rôle dans « *la réduction de la pauvreté par le biais d'approches en faveur des pauvres qui englobent l'agriculture familiale, l'autonomisation des femmes et des jeunes, les chaînes de valeur, l'accès aux marchés et les dispositifs de protection sociale* » (FAO, 2017, p.5).

5. Conclusion

En septembre 2015, 193 pays ont signé les 17 Objectifs de Développement Durable des Nations Unis, qui prônent une amélioration sociale, économique et environnementale du monde pour 2030.

Il s'agit d'un programme mondial très ambitieux, cherchant à atteindre la fin de la pauvreté et de la faim, l'égalité des sexes, la croissance économique durable et à lutter contre les répercussions du réchauffement climatique. Les ODD concernent tous les pays du monde et mettent en avant l'importance de changer urgentement notre manière de vivre, de travailler et de consommer.

Cependant, de nombreux progrès sont encore nécessaires si nous voulons atteindre l'ensemble des objectifs et sous-objectifs en temps voulu.

Nous avons montré que le secteur agricole est directement lié à 7 Objectifs de Développement Durable, notamment ceux en lien avec l'alimentation, la santé et la biodiversité.

Dans les chapitres suivants, nous allons tenter de voir si les nouvelles technologies peuvent faciliter et entraîner la réalisation de certains objectifs, directement ou indirectement liés au secteur de l'agriculture.

PARTIE

1

CONTEXTE
THEORIQUE



PARTIE

2

METHODOLOGIE



PARTIE

3

ANALYSE
PRATIQUE



La première partie de ce mémoire nous a permis de contextualiser la situation actuelle du secteur agricole et des différents problèmes auxquels nous devons faire face aujourd’hui. Nous avons également analysé plusieurs technologies pouvant aider à surmonter certains de ces défis, et regardé ce qu'il en est au niveau de la réalisation des Objectifs de Développement Durable.

Cette deuxième partie du travail consiste à développer la méthode utilisée pour notre récolte de données, soit le design de notre travail de recherche.

Chapitre 1 : Le choix du secteur étudié

Après avoir analysé le secteur de l'agriculture dans son ensemble, nous avons choisi, pour la suite de ce mémoire, de nous pencher sur l'agriculture maraîchère. Notre choix s'est porté sur cette forme d'agriculture en particulier car le nombre de maraîchers belges a augmenté de 42 % au cours de cette dernière décennie, ce qui représente une croissance importante. Les raisons de cette augmentation sont liées entre autres à la demande de produits bio, de circuit court et de fraîcheur (Statbel, 2020). Également, la plupart des études réalisées par les grands organismes tels que la FAO et l'OMS concernent cette partie de l'agriculture, ce qui facilite nos recherches.

Afin de cadrer notre analyse pratique, nous avons également décidé d'analyser uniquement des entreprises actives en Belgique, puisqu'il s'agit d'entreprises qui nous sont davantage familiaires. Par ailleurs, en tant qu'étudiante belge, il nous semble intéressant d'analyser l'agriculture au sein de son propre pays. Enfin, en cette période de virus COVID-19, il nous paraissait également plus facile de rester au sein de son propre territoire.

Chapitre 2 : La formulation de l'hypothèse

Suite à la réalisation de la première partie de ce mémoire, nous avons remarqué que les nouvelles technologies peuvent être considérées comme une plus-value au sein du secteur agricole et qu'elles peuvent également permettre d'atteindre plus facilement et plus rapidement les Objectifs de Développement Durable. Ainsi, notre hypothèse à la suite de ces recherches théoriques est la suivante :

L'utilisation des nouvelles technologies dans le secteur agricole contribue à la réalisation des Objectifs de Développement Durable, directement ou indirectement liés avec le secteur. En effet, elles permettent de réaliser plus facilement et plus rapidement certains objectifs et sous-objectifs.

Pour rappel, notre question de recherche était la suivante : *comment les nouvelles technologies appliquées dans le secteur agricole contribuent-elles à la réalisation de certains Objectifs de Développement Durable en Belgique ?*

Dans la troisième partie de ce mémoire, nous allons tenter de répondre à notre question de recherche en confirmant, infirmant ou nuançant notre hypothèse de base.

Chapitre 3 : Les outils de récolte de données

Afin de cerner notre problématique et de répondre à notre question de recherche, nous avons décidé de commencer notre travail par un cadre théorique, qui sera ensuite vérifié sur le terrain. Dans cette optique, nous avons opté pour une combinaison de plusieurs outils de récolte de données combinés afin d'être le plus complet possible, à savoir :

- L'entretien

Il permet de faire appel à des experts et d'ainsi apporter des informations supplémentaires au sujet étudié. Nous avons décidé d'opter pour des entretiens de type semi-dirigés, qui permettent à la personne interrogée de s'exprimer ouvertement et librement, tout en ayant un certain contexte défini au préalable. Nous avons décidé d'utiliser plusieurs types de questions, à la fois fermées et ouvertes, ce qui nous permet d'avoir des réponses courtes et directes, mais aussi des réponses plus complètes et plus précises (Cfr Annexe 2).

- L'observation directe

L'observation directe permet de capter des comportements au moment où ils se produisent. Cela nous permet d'avoir accès à des informations en temps réel, sans intermédiaire quelconque. Nos observations se passent en milieu naturel, par exemple au sein d'une ferme ou d'une exploitation agricole. Par ailleurs, elles sont de type non dissimulées et non participantes. Cela signifie que les propriétaires de l'environnement que nous observons sont au courant de notre visite, mais ne participent pas à l'activité analysée.

Nous avons malheureusement dû procéder à quelques changements de dernières minutes suite à l'irruption du COVID-19 en Belgique (Cfr Préface COVID-19). Nos observations ont été effectuées via Skype et à base d'images existantes. Nous savons que des observations de ce genre ne sont pas aussi efficaces qu'en temps réel, mais nous voulions tout de même avoir une vue sur les différentes fermes, exploitations et serres analysées.

- Le recueil de données existantes

Nous avons également décidé d'utiliser le recueil de données existantes, soit des données secondaires relatives au secteur de l'agriculture en Belgique, à l'utilisation des nouvelles technologies ainsi qu'aux Objectifs de Développement Durable. En effet, ces différents sujets sont de plus en plus développés aujourd'hui et de nombreuses informations peuvent être récoltées dans des rapports rédigés par des organismes reconnus, comme ceux de la Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), des United Nations (UN) ou encore de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Nous avons également accès à des études de marché, des données statistiques et des rapports d'activité en ligne, en plus des données littéraires présentes dans les nombreuses bibliothèques et centres de recherches.

Chapitre 4 : Le traitement et la restitution des données

Cette étape concertera, dans un premier temps, l'analyse des données des différentes entreprises utilisant les nouvelles technologies (ou non) au sein de leur activité. Elle nous permettra de voir l'impact des technologies à différentes échelles et d'ainsi confronter la théorie à la réalité. Cela nous aidera à voir comment les technologies peuvent faciliter la résolution de certains Objectifs de Développement Durable, et confronter notre recherche avec l'avis de plusieurs experts.

Dans un deuxième temps, nous présenterons les données récoltées sur le terrain, sous forme de résumés explicatifs. Nous effectuerons des comparaisons entre les différentes entreprises analysées et montrerons comment l'utilisation des technologies peut diverger au sein d'un même secteur.

Cette partie nous permettra de tirer des conclusions et d'effectuer des éventuelles recommandations pour les agriculteurs de demain.

PARTIE

1 CONTEXTE THEORIQUE



PARTIE

2 METHODOLOGIE



PARTIE

3 ANALYSE PRATIQUE



Dans cette troisième partie, nous allons analyser plusieurs entreprises actives au niveau du secteur agricole et voir comment elles intègrent les nouvelles technologies au sein de leur processus d'activité. Cela nous permettra de compléter notre réponse à notre question de recherche, qui pour rappel est la suivante : comment les nouvelles technologies dans le secteur agricole contribuent-elles à la réalisation de certains Objectifs de Développement Durable ? Nous serons ainsi en mesure de confirmer ou infirmer notre hypothèse telle que mentionnée à la page 50.

L'ensemble des informations reprises dans cette partie pratique proviennent essentiellement des entretiens que nous avons réalisés avec les membres des entreprises mentionnées ci-dessous, en plus des informations officielles mentionnées sur leur site.

Chapitre 1 : Les entreprises analysées

Dans ce premier chapitre, nous allons présenter les données récoltées par chaque entreprise, et montrer comment les agriculteurs utilisent les nouvelles technologies dans leur secteur d'activité. Nous allons appuyer nos dires par la pratique, et voir si la transformation numérique peut être bénéfique des points de vue social, environnemental et économique.

Nous avons opté pour plusieurs entreprises actives dans la culture de fruits, de légumes et d'aromates en Belgique, utilisant les technologies à différentes échelles. Nous avons également choisi d'interroger une entreprise n'utilisant aucune technologie au sein de son activité, Les Terres de La Cala, afin d'avoir une vue globale sur le secteur et de nuancer nos recherches.

Ci-dessous un tableau récapitulatif des différentes entreprises analysées ainsi que les technologies qu'elles utilisent.

	Description	Technologies
	Serre connectée	IoT, bioponie, aquaponie, application mobile, big data
	Ferme verticale et urbaine	Agriculture verticale et urbaine, hydrologie, IoT, big data
	Exploitation agricole	Application mobile, robots, drones, IoT, big data
	Micro-ferme	/

Figure 11 - Tableau récapitulatif

1. MyFood

Nous avons décidé d'analyser l'entreprise MyFood puisque d'un point de vue personnel, nous sommes fort intéressée par le produit proposé. Nous avons un potager à la maison, et sommes curieuse de voir comment l'utilisation de nouvelles technologies permet de produire plus, plus sainement. Par ailleurs, il s'agit de la première entreprise à avoir accepté de nous aider dans la rédaction de ce mémoire.

1.1. *La présentation de l'entreprise*

MYFOOD	
Forme juridique	SAS (Société par actions simplifiées)
Secteur d'activité	Vente à distance sur catalogue spécialisé
Siège social	Molsheim 67120 (France)
Nombre d'employés	3 à 5
Année de création	2016
Fondateurs	Matthieu Urban, Johan Nazaraly et Mickaël Gandecki

L'entreprise française¹² MyFood a été créée par Matthieu, Johan et Mickaël en 2015, dans le but de changer la façon dont notre alimentation est produite. Les fondateurs cherchent à offrir à tous l'opportunité de cultiver, même sans avoir d'expérience dans le domaine.

Selon les fondateurs et membres de la communauté MyFood, il faut que tout le monde soit capable de produire sa propre nourriture de manière simple, rapide et durable. C'est pourquoi l'entreprise cherche à promouvoir l'autonomie alimentaire, en mettant en place une serre connectée au moyen des nouvelles technologies. La solution proposée par MyFood se base sur les principes d'agriculture verticale, d'aquaponie, de bioponie et de permaculture, et permet ainsi à toute une famille de se nourrir localement, en produisant ses propres fruits et légumes.

MyFood cherche à résoudre les enjeux auxquels le secteur de l'alimentation fait face aujourd'hui. Par exemple, le plus gros enjeu de l'entreprise est de contrer la pollution globale. En effet, plus d'un tiers de la pollution mondiale vient de la production alimentaire, notamment à cause des émissions de CO₂ liées à l'agriculture intensive, l'utilisation de pesticides et la transformation des aliments. Selon Matthieu Urban, co-fondateur de MyFood, il est essentiel d'agir maintenant pour contribuer au futur de demain.

¹² Nous avons décidé d'analyser l'entreprise MyFood puisque même si l'entreprise est française et que la plupart de ses serres sont pour l'instant implantées en France, elle est également de plus en plus présente en Belgique.

Alors que l'agriculture ne peut pas changer d'elle-même, MyFood a été mis en place afin de guider l'homme vers le changement, et l'aider à produire localement et durablement. En d'autres mots, MyFood cherche à créer des microhubs¹³ de production alimentaire au moyen d'une serre connectée, capable de récolter près de 400 kg de fruits et légumes par an sur une surface restreinte.

Ci-dessous les valeurs et missions de l'entreprise, comme mentionnées sur leur site officiel (2020) :

- « *Engendrer une transformation globale : nous voulons fournir à l'humanité des solutions pour produire une alimentation saine, durable et ultra-fraîche* »
- *Animer une communauté active : nous souhaitons unifier les efforts des acteurs du changement pour créer un futur sans émission inutile de CO₂, ni pesticides de synthèse ou OGM nocif pour la biodiversité*
- *Nourrir le bien commun : nous nous engageons à partager notre connaissance afin d'accomplir ensemble une réelle transition écologique et sociale* »

MyFood vise les objectifs suivants :

- Utiliser 90 % d'eau en moins que dans l'agriculture traditionnelle
- Garantir 0 % d'OGM dans les cultures
- Produire du 100 % ultra-frais toute l'année

Aujourd'hui, l'entreprise compte 195 serres connectées à travers la France et la Belgique, plus de 2 106 kg de production de fruits et légumes par mois et près de 2 317 kg de CO₂ économisés par mois¹⁴.

1.2. *Le fonctionnement de la serre connectée*

La serre développée par MyFood peut être entièrement personnalisée en fonction du climat et des préférences du consommateur. Le modèle traditionnel mesure 22 m² et peut produire plus de 400 kg de fruits et légumes par an, soit l'alimentation idéale pour une famille de quatre personnes (Cfr Figure 12). Il existe également une version plus petite, capable de produire 100 kg d'aliments frais par an, parfait pour l'alimentation d'un couple. Dans tous les cas, la serre permet la production d'une alimentation locale, riche et fraîche tout au long de l'année.

¹³ Mini-centres de production alimentaire chez le citoyen (Urban, 2020).

¹⁴ Chiffres récupérés le 4 mai 2020.



Figure 12 - Serre « family » (380x593cm)

Source : MyFood. (2020). *Serre connectée*. Récupéré en ligne le 3 avril 2020 de <https://myfood.eu/fr/notre-technologie/serre-connectee/>

La serre connectée MyFood combine plusieurs techniques de cultures, à savoir la permactulture, l'aquaponie, la bioponie et l'agriculture verticale.

La permaculture est « *une forme d'agriculture qui vise à s'inspirer de la nature pour développer des systèmes agricoles en synergie, basés sur la diversité des cultures, leur résilience et leur productivité naturelle* » (YouMatter, 2019, para.2). Selon Mickaël, un des co-fondateurs, « *il s'agit d'imiter ce qui se passe en forêt et de reproduire un environnement riche et résilient* » (2017). Cette pratique permet de faire pousser des fruits, légumes et plantes à l'aide de graines biologique, garanties sans OGM.

L'aquaponie est un procédé qui combine l'élevage de poissons d'eau douce avec la culture de plantes et de légumes. En quelques mots, le procédé se fait comme suit : les plantes grandissent grâce aux excréments des poissons qui servent d'engrais, les racines nettoient le bassin et les aliments sont arrosés avec l'eau restante. Ce procédé est généralement conseillé pour les personnes passionnées et/ou expérimentées.

La bioponie est un autre processus utilisé dans les serres de MyFood, par lequel les plantes poussent au moyen de fertilisants organiques. Il s'agit d'un procédé plus simple, idéal pour les personnes débutantes et les grandes entreprises.

Les fondateurs appliquent également le principe d'agriculture verticale, et cultivent leurs fruits et légumes sur plusieurs étages. D'après Matthieu, il est possible de produire 6 à 8 fois plus que dans un champ normal. De manière plus précise, MyFood développe l'aerospring, qui est un système de jardinage vertical permettant de gagner de l'espace et du temps (Cfr Figure 13). Il est extrêmement facile à utiliser et ne demande que 1 m² d'espace, en plus de

quelques rayons de soleil par jour et un peu d'eau. « *Grâce à l'utilisation d'engrais biologique, cette technique permet de cultiver des fruits, des légumes et des aromates, le tout d'une qualité nutritive et gustative excellente* » (MyFood, 2019, para.1).



Figure 13 - Aerosping MyFood

Source : MyFood. (2020). *Notre technologie : l'aerosping.* Récupéré en ligne le 28 mars 2020 de <https://myfood.eu/fr/notre-technologie/aerosping/>

L'entreprise a mis au point une solution basée sur différentes technologies, mêlant la modernité à l'ancienneté. La serre est connectée grâce à la technologie de l'intelligence artificielle et des développements Open Source, qui permettent de récolter des données utiles à son bon fonctionnement, comme des informations sur le niveau d'humidité et la température. Grâce aux capteurs installés sous la serre, il est également possible de vérifier l'évolution des plantes de manière instantanée. En cas d'anomalies éventuelles, le propriétaire est immédiatement alerté via son application mobile. Par exemple, si les plantes manquent d'eau ou si les poissons ont faim, une alerte est envoyée via l'application mobile, conseillant le propriétaire sur les différentes actions à entreprendre.

De plus, la serre peut être équipée de panneaux solaires et ainsi acquérir un certain niveau d'autonomie en matière d'énergie. De manière générale, elle utilise également 95 % moins d'eau que lors de l'agriculture traditionnelle, notamment grâce à la mise en place de la pratique de l'aquaponie.

La valeur ajoutée de MyFood repose sur le produit, mais également sur la communauté qui est derrière et qui accompagne la serre connectée. Pour offrir à tous la possibilité de cultiver, l'entreprise fournit un guide avec des conseils et permet également aux consommateurs d'être accompagnés par une communauté digitale d'agronomes. Questions, conseils et faits divers sont ainsi partagés afin de permettre à tous de tirer le meilleur de leur serre connectée.

1.3. *Les liens avec les Objectifs de Développement Durable*

L'entreprise MyFood contribue, avec sa solution, à la réalisation de plusieurs objectifs, et plus précisément aux objectifs suivants : 2, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 13, 14 et 15.

Objectif 2 : Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable.

MyFood contribue à la réalisation de cet objectif via plusieurs moyens. Tout d'abord, l'entreprise offre des aliments avec un meilleur contenu nutritif et des teneurs végétales plus élevées que dans n'importe quel magasin (2 fois plus de fibres et de protéines, plus de vitamines et moins de glucides). Ensuite, elle joue également un rôle au niveau de la sécurité alimentaire, puisque l'ensemble de ses produits sont cultivés sans pesticides ni herbicides, évitant toute pollution des aliments. Finalement, MyFood encourage activement l'aquaponie, la bioponie, la permaculture et d'autres méthodes d'agriculture durable.

Objectif 3 : Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge.

De manière générale, MyFood encourage la consommation régulière d'aliments frais et sains (fruits, légumes et poisson), ce qui contribue au bien-être de tous. De plus, les membres de l'entreprise ont également installé la première serre intelligente dans une maison de retraite afin d'expérimenter la gestion non médicamenteuse des thérapies.

Objectif 4 : Assurer l'accès de tous à une éducation de qualité, sur un pied d'égalité, et promouvoir les possibilités d'apprentissage tout au long de la vie.

MyFood contribue également à une éducation de qualité pour les étudiants, par exemple en installant des serres au sein des écoles qui enseignent l'horticulture ou l'agronomie. Par ailleurs, l'entreprise cherche à informer les jeunes enfants et futurs citoyens quant au monde de demain et réflexes écologiques à adopter afin de prospérer dans le futur.

Objectif 6 : Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau.

Entre autres grâce à la pratique de l'aquaponie, la serre de MyFood utilise 90 % d'eau en moins que l'agriculture traditionnelle. À ce jour, cela correspond à plus de 5 millions de mètres cubes d'eau économisés depuis la création de l'entreprise en 2016. Les serres collectent et réutilisent l'eau de pluie, ce qui impacte également la réalisation de cet objectif. Finalement, MyFood a entamé un projet de R&D sur la filtration de l'eau, et travaille en collaboration avec l'entreprise Waterdiam afin de traiter l'eau de l'industrie agroalimentaire sans utilisation de produits chimiques.

Objectif 7 : Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes à un coût abordable.

L'entreprise cherche également à limiter ses ressources énergétiques. Ainsi, MyFood a développé une serre qui ne fonctionne qu'avec 80 watts. En fonction des préférences des consommateurs, la serre peut également s'accompagner d'un module solaire, capable de couvrir près de 2/3 de ses besoins en énergie (en fonction de son exposition au soleil).

Objectif 11 : Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables.

Les fondateurs de l'entreprise cherchent aussi à avoir un impact au niveau des villes et communautés, et plus particulièrement sur la façon dont celles-ci peuvent devenir durables. Ils essayent de construire des « smart cities¹⁵ » en intégrant les serres dans les villes et en faisant en sorte qu'elles soient beaucoup plus résilientes et durables. MyFood fait également partie d'un projet qui vise à transformer des milliers de m² de bâtiments désaffectés en centres d'agriculture urbains.

Objectif 12 : Établir des modes de consommation et de production durables.

MyFood cherche à offrir une consommation durable en limitant ses apports en fonction des besoins des cultures. Les déchets de la serre sont également inférieurs à 1 kg par an, et aucune pollution n'est engendrée par son application.

Objectif 13 : Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions.

Grâce à la solution mise en place par les fondateurs de MyFood, près de 23 tonnes de CO₂ ont déjà été économisées à ce jour.

Objectif 14 : Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable.

MyFood joue énormément sur cet objectif, puisque l'entreprise pratique la technique de l'aquaponie et élimine ainsi toute forme de transport, réduit la surpêche et évite la réfrigération¹⁶.

¹⁵ « La ville intelligente, traduction française de « smart city », est un concept apparu il y a une dizaine d'années, qui s'inscrit dans le prolongement de celui de la ville durable. Il apporte à cette dernière une nouvelle dimension en intégrant l'impact de la transition numérique sur la fabrique de la ville et des territoires » (Cerma, 2018, para.1).

¹⁶ « La réfrigération est le procédé impliquant une réduction de la température du corps ou des fluides en général. Plus précisément, il est utilisé pour le stockage temporaire des marchandises périssables, à des températures jusqu'à -60 ° C » (Carrel, 2020, para.1).

Par ailleurs, les rejets de nitrates dans l'eau provenant des déchets solides filtrés sont recyclés dans les lits de permaculture, ce qui évite toute création de déchet et de pollution. Les membres de MyFood cherchent constamment à s'améliorer et envisagent la possibilité de remplacer la farine de poisson par des protéines provenant d'insectes dans les aliments pour poissons afin d'être d'autant plus durables dans le futur.

Objectif 15 : Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des terres et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité.

La serre MyFood permet de produire 18 tonnes de légumes sur un même espace, et ainsi préserver 72 hectares de terres. Les semences offertes dans le kit de la serre sont également certifiées biologiques et sans OGM, ce qui contribue aussi à la réalisation de cet objectif.

En résumé, nous pouvons dire que l'entreprise MyFood contribue à plusieurs objectifs, notamment ceux directement liés à la nutrition, à la santé et à la production durable. Selon Matthieu Urban, cette réalisation est essentiellement rendue possible par l'utilisation combinée des technologies anciennes et modernes.

2. Urban Harvest

Comme deuxième entreprise, nous avons décidé d'interroger le fondateur de l'entreprise Urban Harvest. Il s'agit d'une entreprise relativement connue en Belgique, qui fournit plusieurs enseignes en herbes et aromates (Delhaize, Färm, ...). Il nous a semblé très intéressant d'analyser cette ferme urbaine, qui base tout son fonctionnement sur l'hydroponie pratiquée en intérieur.

2.1. *La présentation de l'entreprise*

URBAN HARVEST	
Forme juridique	Société privée à responsabilité limitée
Secteur d'activité	Machines pour l'agriculture et la sylviculture, production et vente
Siège social	Etterbeek 1040
Nombre d'employés	3 à 5
Année de création	2018
Fondateurs	Alexandre Van Deun et Olivier Paulus

La ferme verticale Urban Harvest a été mise sur pied par deux jeunes Bruxellois¹⁷, Alexandre Van Deun et Olivier Paulus, dans le but de repenser la production alimentaire. Il y a exactement deux ans, les fondateurs ont décidé de développer une solution qui permet de cultiver des légumes et plantes en intérieur, dans les anciens abattoirs d'Anderlecht.

Urban Harvest veut s'assurer que la population puisse continuer à se nourrir dans les années à venir, puisqu'il s'agit d'un besoin fondamental. Cependant, produire suffisamment d'aliments sains et nutritifs n'est pas une chose facile, notamment à cause des nombreux changements climatiques, de la croissance démographique importante et du phénomène d'urbanisation grandissant. Afin de relever ces défis, l'entreprise base sa solution sur des techniques d'agriculture moderne, et développe l'agriculture en intérieur.

Urban Harvest grandit rapidement, et est aujourd'hui considérée comme la plus grande ferme verticale de Belgique, produisant plus de 50 000 plants par mois. Alexandre nous a également fait savoir qu'actuellement, Urban Harvest aurait la plus grande capacité de production du monde, qui est passée de 20 m² en 2018 à 500 m² aujourd'hui. Les fondateurs aimeraient multiplier cette surface encore une fois par 20 d'ici les mois à venir, afin de poursuivre leur croissance et offrir des plantes à d'autant plus de personnes en Belgique et dans le reste du monde. Dans un futur proche, Alexandre et Olivier espèrent aussi se lancer dans la culture de plantes médicinales, en plus de leur culture d'aromates.

¹⁷ L'équipe s'est agrandie et compte aujourd'hui 3 travailleurs fixes, en plus de 2 à 3 saisonniers journaliers qui viennent récolter les plantes et semer les graines.

L'entreprise distribue ses plants à plusieurs grandes enseignes dans toute la Belgique, comme Delhaize et Färm, ainsi qu'à différents restaurants et magasins bio.

2.2. *Le fonctionnement de la ferme urbaine*

Tout le fonctionnement de la ferme est basé sur des techniques d'agriculture verticale et d'hydroponie, pratiquées en intérieur.

Le concept d'agriculture en intérieur met en avant une agriculture effectuée dans un environnement durable et sain, dans lequel plusieurs types de plantes peuvent être cultivées. Elle peut être pratiquée dans n'importe quel espace vide ou oublié, comme au sein de vieux bâtiments, de caves, de tunnels de métro et tout autre location inactive. Il est possible de transformer de nombreux lieux en exploitations agricoles locales et durables, comme les vieux abattoirs à Anderlecht qui sont aujourd'hui utilisés pour l'exploitation de la ferme Urban Harvest.

L'agriculture verticale est un concept en agriculture qui est souvent accompagné de l'agriculture urbaine. Comme nous l'a expliqué Alexandre, le co-fondateur de l'entreprise, l'agriculture verticale se fait en superposant des couches de cultures, les unes sur les autres. Il s'agit d'un concept assez ancien, largement pratiqué au Japon, par exemple dans l'industrie du champignon. Cela permet de résoudre les problèmes liés à la quantité de nourriture demandée et à l'espace nécessaire (2020).

Toute leur méthode de production est basée sur la technologie de l'hydroponie, comme nous l'avons développé dans le chapitre 2 de la première partie de ce mémoire (Cfr p.30). Il s'agit d'une technique de culture sans sol, à base d'un substrat neutre et inerte. Chez Urban Harvest, le substrat utilisé est un déchet provenant de l'industrie de la noix de coco. Ici aussi, il s'agit d'une méthode existante depuis plusieurs années, notamment utilisée pour les cultures de salades. Au Japon, par exemple, la méthode de l'hydroponie est fort utilisée, essentiellement pour éviter la pollution des cultures par les centrales nucléaires.

Tout est programmé et adapté en fonction du besoin de la plante : la température, l'humidité, le CO₂, la lumière et les nutriments nécessaires. Urban Harvest peut ainsi produire jusqu'à 50 000 plants par mois, le tout depuis un ordinateur.

Les fondateurs ont créé une sorte de chambre climatisée, dans laquelle ils superposent leurs champs de cultures et remplacent le soleil par un niveau de LED correspondant, comme nous pouvons le voir sur la figure 14. L'avantage de cette ferme est qu'elle n'est pas dépendante du climat, et qu'elle peut donc assurer une production constante de très haute qualité, en continuité. En effet, les problèmes liés à l'usage de pesticides ou herbicides, aux pénuries quelconques et attaques d'insectes ne sont plus d'actualité avec leur solution.



Figure 14 - Cultures de l'entreprise Urban Harvest

Source : Urban Harvest. (2020). Site officiel. Récupéré en ligne le 3 avril 2020 de <https://www.urbanharvest.eu/>

Comme mentionné plus haut, l'entreprise se veut la plus durable possible. Pour ce faire, la ferme est construite à proximité des villes et des centres logistiques, ce qui réduit le déplacement et permet l'offre de produits frais, 365 jours par an. De plus, les fondateurs basent leur solution sur l'utilisation d'un nombre réduit d'intrants, ce qui leur permet tout de même un rendement maximal en adéquation avec la demande du marché. Ils utilisent de l'énergie provenant de sources renouvelables et recyclent l'eau de pluie, utilisant jusqu'à 95 % d'eau en moins que dans les méthodes d'agriculture traditionnelles. L'entreprise dispose également d'un système de LED, consommant moins d'énergie qu'une lampe normale.

Urban Harvest base son fonctionnement sur le concept de Cradle to Cradle, qui vise une circularité au sens large. En quelques mots, il s'agit de faire en sorte que toutes les matières soient réutilisées, à tout moment, soit par les producteurs même, soit par une partie tierce. Par exemple, au sein de l'entreprise Urban Harvest, les substrats utilisés pour faire pousser les cultures proviennent des déchets de l'industrie de la noix de coco. En effet, ce qui est considéré comme un déchet pour certains ne l'est pas spécialement pour d'autres. Le concept permet donc de limiter les déchets et de fermer la boucle de production. Comme l'a mentionné Alexandre, « *soit les boucles se font à travers nous, soit après nous, car il y a une société qui utilise une matière que nous ne considérons plus utilisable, mais qui peut parfaitement encore être utilisée pour d'autres applications* » (2020).

Un autre concept mis en avant par les fondateurs est celui d'open-innovation. Selon eux, « *ce n'est pas en étant seul sur une île qu'on peut faire avancer le monde* » (2020). Ils sont convaincus que l'aspect de co-création permettra de créer un monde meilleur, notamment au niveau du secteur agricole. Ainsi, ils partagent quotidiennement toutes informations qu'ils estiment nécessaires et utiles à leurs fournisseurs, pour qu'ils puissent tirer des conclusions et travailler plus efficacement dans le futur. À terme, l'entreprise souhaite même aller plus

loin, et baser son modèle sur celui de l'entreprise Tesla : publier toute sa propriété intellectuelle pour faire avancer l'industrie de l'agriculture verticale dans le monde.

2.3. *Les liens avec les Objectifs de Développement Durable*

Urban Harvest s'est donné comme mission de rendre notre monde meilleur, et cela notamment en repensant la production alimentaire. C'est pourquoi les fondateurs tentent de travailler tous les jours à la réalisation des Objectifs de Développement Durable, et reçoivent énormément de soutien de la part de leurs investisseurs et consommateurs.

En résumé, la ferme verticale répond aux objectifs 2, 3, 6, 11, 12, 13 et 15.

Objectif 2 : Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable.

Grâce au développement d'une solution urbaine et verticale, Urban Harvest offre la possibilité à toute personne de produire ce qu'elle veut, quand elle le veut et où elle le veut. Dans cette optique-là, les membres de l'entreprise travaillent à ce que tout le monde ait accès à des denrées alimentaires, et limitent une partie de la faim dans le monde. Nous avons également appris que les plantes provenant de la ferme urbaine sont développées selon la pratique de l'hydroponie, qui ne nécessite aucun pesticide ou herbicide, et assure ainsi la sécurité alimentaire des consommateurs.

Objectif 3 : Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge.

Alors que l'objectif 3 est étroitement lié à l'objectif 2, nous pouvons également dire que l'entreprise cherche à participer à la santé et le bien-être des consommateurs. En plus d'essayer de limiter la faim dans le monde, Urban Harvest pousse également les citoyens à consommer des aliments frais et sains et ainsi atteindre la portion de « 5 fruits et légumes par jour ».

Objectif 6 : Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau.

Urban Harvest cherche également à limiter au maximum sa consommation d'eau. Pour ce faire, les membres recyclent l'eau de pluie et la réutilisent pour alimenter leurs plantes. Selon Alexandre, la ferme utiliserait jusqu'à 95 % moins d'eau que dans les méthodes d'agriculture traditionnelles.

Objectif 11 : Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables.

Comme mentionné à plusieurs reprises, Urban Harvest pratique l'agriculture urbaine et verticale. Ainsi, elle met en avant une façon de produire des légumes et herbes aromatiques au sein des villes, et résout les problèmes liés au manque d'espace et de terres disponibles. De manière indirecte, cela contribue à la diminution de l'impact négatif environnemental des villes et à l'augmentation de la qualité de l'air.

Objectif 12 : Établir des modes de consommation et de production durables.

Alexandre et Olivier tentent également de réaliser l'objectif 12, dans le sens où la ferme essaye de produire un maximum à la demande. Comme mentionné par Alexandre, « *si un client veut une quantité X pour un jour Y, alors on produira cette quantité X pour ce jour Y* » (2020). Ainsi, ils évitent le gaspillage alimentaire et favorisent la production durable.

Objectif 13 : Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions.

De manière indirecte, Urban Harvest lutte également contre le changement climatique et ses répercussions. Grâce à sa production urbaine et verticale, l'entreprise contribue à la mise en place de pratiques agricoles plus écologiques. De plus, cela permet de diminuer une partie des gaz à effet de serre émis par les villes ainsi que réduire les transports de marchandises. Comme nous l'a également expliqué Alexandre, leur ferme intérieure réutilise l'eau et les divers déchets urbains, mettant en avant le principe du Cradle to Cradle, ce qui contribue également à limiter le réchauffement climatique.

Objectif 15 : Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des terres et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité.

L'entreprise aide également à réaliser l'objectif 15 et préserve et restaure de la sorte les écosystèmes terrestres. En effet, comme les différents champs de cultures sont superposés au sein de la ferme, de nombreux mètres carrés sont libérés et assurent le développement de la biodiversité. À terme, les deux fondateurs aimeraient également utiliser une partie de leurs revenus pour replanter des arbres et ainsi améliorer la biodiversité, ce qui leur permettra d'avoir un impact direct à ce niveau-là.

Nous pouvons donc conclure que l'entreprise contribue à la réalisation de plusieurs Objectifs de Développement Durable grâce au développement de sa solution. Cependant, selon les fondateurs de l'entreprise, les nouvelles technologies ne seront pas suffisantes pour atteindre l'ensemble des objectifs et sous-objectifs en temps voulu, et ainsi contribuer à la création d'un monde meilleur pour demain. Pour ce faire, il faudra également un changement au niveau du comportement de tous les consommateurs et producteurs.

3. La Ferme du Plein Air

Nous avons également décidé d'analyser La Ferme du Plein Air, qui est une exploitation agricole intégrant de plus en plus de technologies au sein de ses activités. Après avoir analysé le fonctionnement de deux entreprises ultra-technologiques, nous pensons qu'il est intéressant de voir pourquoi et comment une exploitation normale décide d'intégrer certaines technologies au fil du temps.

3.1. *La présentation de l'entreprise*

LA FERME DU PLEIN AIR	
Forme juridique	Personne Physique
Secteur d'activité	Grandes cultures
Siège social	Hesbaye 4520
Nombre d'employés	3
Année de création	Reprise en 2005
Fondateurs	Caroline et Manu Jadin-Devillers

La Ferme du Plein Air est une ferme familiale située en Hesbaye, dans la province de Liège, qui a été reprise, en 2005, par Caroline et son frère. Le mari de Caroline travaille également sur l'exploitation et, ensemble, ils imaginent le futur de l'agriculture comme naturel, technologique et collaboratif. Pour cela, ils ont développé leur exploitation via une approche moderne et positive, capable de résoudre les différents challenges de la société dans laquelle nous vivons aujourd'hui.

Ils exploitent des cultures traditionnelles (céréales, betteraves, ...) et maraîchères (légumes, pommes de terres, ...), dont plus de 70 % sont déjà converties à l'agriculture biologique.

3.2. *Le fonctionnement de la ferme*

Afin de faire face au monde agricole complexe d'aujourd'hui, Caroline et Manu intègrent petit à petit différentes technologies au sein de leur processus d'activités. Alors qu'une partie de leur exploitation se trouve relativement éloignée de leur domicile, ils ont également opté pour des technologies leur permettant d'effectuer des opérations à distance. De manière générale, les nouvelles technologies leur apportent une aide agronomique, en plus d'un effet positif sur l'environnement et la charge de travail.

Ils utilisent, entre autres, un téléguidage GPS, une cartographie et mesure du sol connecté, une application mobile ainsi que plusieurs robots agricoles connectés (un lit désherbeur solaire et un pivot central d'irrigation).

Le « véri » est un outil de scan du sol qui permet d'analyser le pH, l'électro-conductivité et la matière organique des terres. A la suite de ces mesures, les agriculteurs peuvent prendre des décisions intéressantes en ce qui concerne la gestion des cultures, comme la quantité de semis et d'engrais à apporter à chaque plante. Au niveau de la culture d'épinards, par exemple, cet outil a été essentiel puisque le pH a un impact important au niveau de la teneur en calcium de la plante. De manière générale, cette technologie apporte une meilleure compréhension du sol et offre une aide agronomique aux exploitants.

En ce qui concerne l'application mobile, les agriculteurs utilisent « Farmer Jo ». Ainsi, ils sont capables de retrouver des informations à propos de chaque parcelle ainsi que des photos, « to do list » et remarques importantes.

Manu et Caroline utilisent aussi plusieurs robots agricoles connectés, tels qu'un lit désherbeur solaire et un pivot central d'irrigation.

Grâce au lit désherbeur solaire, les exploitants peuvent désherber plus facilement la parcelle, notamment au niveau des cultures biologiques où le travail est souvent plus complexe et intense. Par ailleurs, la batterie du lit désherbeur est entièrement alimentée par le soleil, rendant la solution autonome, silencieuse et confortable pour les ouvriers, tel que nous pouvons le voir sur la figure 15.



Figure 15 – Désherbeur solaire à 8 lits dans une parcelle de carottes biologiques

Source : Devillers, C. (2016). *La ferme du plein air, quand smart farming rime avec durabilité*. Récupéré en ligne le 14 avril 2020 de <https://www.digitalwallonia.be/fr/publications/la-ferme-du-plein-air-quand-smart-farming-rime-avec-durabilite>

Au niveau de l'irrigation, la Ferme du Plein Air utilise un pivot central, piloté à distance au moyen d'une application mobile (Cfr Figure 16). La plupart de ses paramètres peuvent être modifiés directement via l'application, tels que sa vitesse et son apport en eau. Grâce à sa

connexion à d'autres technologies, comme par exemple à la station météo et aux différents tensiomètres, la gestion de l'eau est optimale. Ces différentes technologies montrent lorsqu'un apport d'eau supplémentaire est nécessaire, notamment en calculant le taux d'hygrométrie près des racines. De manière générale, l'implémentation de cette technologie au sein de la ferme permet aux agriculteurs de travailler plus efficacement et de faire des gains impressionnantes en termes de consommation d'énergie.



Figure 16 - Pivot central d'irrigation

Source : Devillers, C. (2016). *La ferme du plein air, quand smart farming rime avec durabilité*. Récupéré en ligne le 14 avril 2020 de <https://www.digitalwallonia.be/fr/publications/la-ferme-du-plein-air-quand-smart-farming-rime-avec-durabilite>

Dans le futur, Caroline pense que le secteur agricole évoluera à 3 niveaux :

- Plus technologique
- Plus naturel
- Plus collaboratif

En effet, elle est convaincue que nous allons tous devoir intégrer les nouvelles technologies au sein de nos activités agricoles afin de vivre avec notre temps et de rester compétitif. Par ailleurs, l'agriculture sera, selon elle, d'autant plus naturelle, biologique et raisonnée. Finalement, elle imagine un secteur avec un côté plus collaboratif, où les agriculteurs s'entraident et cherchent à aller dans la même direction. Pour cela, la Ferme du Plein Air intègre de plus en plus de technologies au sein de ses activités, développe une agriculture biologique et travaille avec différentes associations et entreprises partenaires.

3.3. Les liens avec les Objectifs de Développement Durable

Caroline, gérante de la ferme, nous a montré comment les nouvelles technologies apportent des avantages au niveau des trois piliers du développement durable, à savoir : le social, l'environnemental et l'économique (Cfr Figure 17).



Figure 17 - Trois dimensions pour optimiser une ferme durable

Source : Devillers, C. (2016). La ferme du plein air, quand smart farming rime avec durabilité. Récupéré en ligne le 14 avril 2020 de <https://www.digitalwallonia.be/fr/publications/la-ferme-du-plein-air-quand-smart-farming-rime-avec-durabilite>

Ainsi, les membres de La Ferme du Plein Air travaillent tous les jours à la résolution des différents objectifs, qu'ils placent au sein de toutes leurs décisions.

Objectif 2 : Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable.

La Ferme du Plein Air exploite des cultures traditionnelles et maraîchères, et cherche à offrir des produits de qualité à ses consommateurs. Afin de promouvoir une agriculture durable, elle s'est convertie au biologique, distribue ses produits en circuits courts et implémente les nouvelles technologies au sein de ses activités. Cela permet d'utiliser moins d'intrants, de semer les bonnes doses aux bons endroits et de mieux gérer l'eau, ce qui contribue à la sécurité alimentaire et à une meilleure nutrition pour les individus.

Objectif 3 : Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge.

La Ferme du Plein Air vise également à réaliser l'objectif 3, notamment en offrant des produits sains et de qualité à tous. Comme mentionné plusieurs fois, plus de 70 % des cultures de la ferme sont biologiques, évitant tout pesticides et autres produits chimiques néfastes pour la santé.

Objectif 6 : Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau.

Afin de gérer au mieux leurs ressources en eau, Caroline et Manu ont installé un pivot central d'irrigation connecté, piloté à distance. Cela leur permet de modifier les doses de manière instantanée, et d'ainsi mieux gérer leurs ressources. Les tensiomètres connectés placés à

plusieurs endroits dans leurs champs permettent également de réaliser cet objectif.

Objectif 12 : Établir des modes de consommation et de production durables.

Développer une agriculture durable est une priorité fondamentale pour les gérants de La Ferme du Plein Air, qui cherchent quotidiennement à améliorer leur façon de travailler. Grâce à l'utilisation de plusieurs technologies au sein de leurs exploitations, ils sont capables de produire plus équitablement et plus efficacement. Par exemple, comme développé dans la partie précédente, l'utilisation du « véris » permet de mesurer la qualité du sol et d'apporter les nutriments en quantité nécessaire.

Objectif 13 : Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions.

Les gérants de La Ferme du Plein Air cherchent constamment à renforcer leur résilience et leur capacité d'adaptation face aux conséquences du changement climatique, et cela notamment en intégrant différentes technologies au sein de leur activité (objets connectés, application mobile, « véris », téléguidage GPS, ...). Passer à une agriculture biologique permet également de lutter contre le réchauffement climatique et de limiter ses répercussions.

Objectif 14 : Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable.

« *Comme l'agriculture biologique interdit l'utilisation de pesticides synthétiques, le risque de pollution du sol et des eaux de surfaces par ces pesticides est très faible* » (de Schaezen, 2019, p.20). De ce fait, la ferme répond également à cet objectif de manière indirecte.

Objectif 15 : Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des terres et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité.

La Ferme du Plein Air cherche à passer progressivement à une agriculture entièrement biologique, et exclut ainsi toute utilisation de produits chimiques de synthèse. Cela évite la contamination des terres et des points d'eau à proximité, et permet de préserver la faune et la flore avoisinante.

Afin d'être plus durable, La Ferme du Plein Air a décidé de passer à une agriculture biologique, de vendre ses produits directement au consommateur final et d'intégrer des nouvelles technologies au sein de ses activités. Comme nous avons pu le voir, cela leur a permis d'atteindre plusieurs objectifs et sous-objectifs, et de contribuer à la création d'un monde meilleur au niveau social, économique et environnemental.

4. Les Terres de La Cala

Afin de nuancer nos réponses, nous avons voulu interroger une entreprise n'utilisant aucune technologie au sein de son exploitation. Cela nous permet d'avoir une vue globale sur le secteur, et voir comment une ferme « normale » contribue à la réalisation de certains Objectifs de Développement Durable.

4.1. *La présentation de l'entreprise*

LES TERRES DE LA CALA	
Forme juridique	Société coopérative à responsabilité limité à finalité sociale
Secteur d'activité	Fruits et légumes
Siège social	Glabais, 1473
Nombre d'employés	3
Année de création	2016
Fondateurs	Benoît Linard, Xavier Vanpoucke et Valéry Blésin

Les Terres de La Cala, alias Ferme bio de Glabais, a été créée dans le but de former un monde nouveau, plus respectueux de l'environnement. Pour ce faire, les fondateurs ont mis sur pieds une micro-ferme disposant de plusieurs activités : du maraîchage de légumes, de la production fruitière, et, prochainement, la production d'œufs et de poulets.

L'équipe a pour objectif de « *nourrir sainement la communauté locale, tout en prenant soin de la terre* » (Les Terres de la Cala, 2020, para.3). En effet, elle tente de trouver le juste équilibre entre l'activité maraîchère et le respect de l'environnement. Pour cela, elle pratique les méthodes du « carbone farming », soit l'agriculture régénérative, au moyen de pâturages tournants et de plantations d'arbres.

Aujourd'hui, leurs cultures nourrissent plus de 50 familles de la région et fournissent plusieurs restaurants des alentours. La micro-ferme approvisionne également en légumes et herbes aromatiques les trois restaurants Les Sœurs à Bruxelles.

Sur la figure 18, nous pouvons voir un résumé du projet et de comment le logo Les Terres de La Cala a été créé.

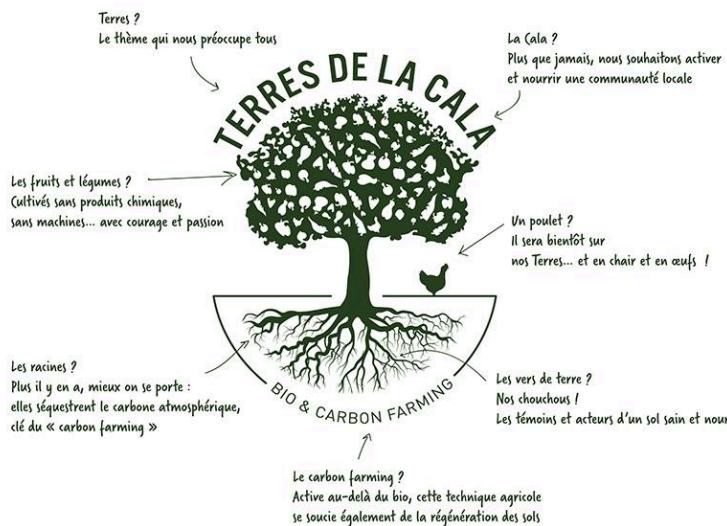


Figure 18 - Pourquoi les Terres de La Cala ?

Source : Les Terres de La Cala. (2019). *A propos de nous*. Récupéré en ligne le 18 avril 2020 de <https://www.terres-de-la-cala.be/a-propos>

En quelques mots, le résumé du projet : « *Comment changer la donne ? Trouver une autre façon de faire de l'agriculture, propre, humaine, bienveillante pour les hommes comme pour la Terre. Prouver qu'on peut économiquement vivre en cultivant des produits sains, biologiques, tout en nourrissant les sols* » (Terres De La Cala, 2016, para.1).

4.2. Le fonctionnement de la micro-ferme

La ferme des Terres de La Cala applique la méthode de « carbon farming », également appelée agriculture régénérative. Cette forme d'agriculture vise à « *renforcer naturellement la qualité et la fertilité des sols* » (Les Terres de La Cala, 2020, para.1). Bien qu'il n'existe pas de règles explicites quant à l'usage d'intrants chimiques synthétiques lors de la pratique du « carbon farming », la philosophie est d'en utiliser le moins possible. Ainsi, les gestionnaires ont décidé d'exclure toute sorte de pesticides dans leur exploitation et d'ainsi préserver la biodiversité au maximum.

La micro-ferme recourt aux différents principes de la permaculture, et cherche à créer des écosystèmes humains équilibrés où les cultures poussent à leur rythme. Il s'agit d'une technique plus durable et plus respectueuse de l'environnement, assurant une viabilité économique.

En effet, les gestionnaires travaillent le sol en respectant sa structure originelle et tentent de favoriser la multiplication naturelle des différents micro-organismes. Ils pratiquent également le paillage et recouvrent leur sol avec des paillis et autres matériaux naturels. En termes de

fertilisation, la ferme s'engage à n'utiliser que des engrains verts, des compotes d'origine locale et des grandes quantité d'humus. De plus, les fondateurs pratiquent un système de pâturages tournants, avec des parcelles de plus petites tailles et une rotation constante des ruminants.

Les trois gestionnaires du projet travaillent uniquement à la main, et sont capables de produire plus d'aliments que s'ils utilisaient des machines agricoles. Par ailleurs, grâce à l'utilisation de méthodes écologiques et de produits naturels, leurs aliments sont également considérés comme étant plus sains et meilleurs pour la santé.

4.3. *Les liens avec les Objectifs de Développement Durable*

L'entreprise résout plusieurs objectifs grâce à la mise en place de sa solution, dont notamment les ODD 2, 3, 6, 8, 12, 13 et 15.

Objectif 2 : Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable.

La ferme produit des légumes et herbes aromatiques de manière locale et biologique, tout en contribuant à la régénération des sols. De ce fait, elle participe largement à la réalisation de cet objectif, en mettant en avant une agriculture durable qui respecte les aspects sociaux, économiques et environnementaux.

Objectif 3 : Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge.

Les produits biologiques produits au sein de la micro-ferme sont généralement meilleurs pour la santé et ne contiennent aucun résidu de pesticides. D'après les fondateurs, ils sont également plus riches en vitamines, minéraux et antioxydants.

Objectif 6 : Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau.

Les gestionnaires du projet ont créé une marre afin de récupérer et stocker un maximum d'eau de pluie durant les prochaines années. A terme, cela leur garantira leur autonomie en eau. De plus, ils ont récemment creusé un puits, ce qui contribue également à la réalisation de l'objectif 6.

Objectif 8 : Promouvoir une croissance économique soutenue, partagée et durable, le plein emploi productif et un travail décent pour tous.

De manière indirecte, les risques pour la santé des exploitants et travailleurs agricoles sont réduits, notamment parce que l'exploitation pratique une agriculture régénératrice, basée sur les principes de la permaculture. Grâce à l'élimination de tous pesticides au sein de leurs

activités, les membres du projet contribuent à la réalisation de l'objectif 8 et évitent tout problème de contamination de l'environnement et de l'être humain.

Objectif 12 : Établir des modes de consommation et de production durables.

Pour rappel, « *l'agriculture durable doit favoriser des écosystèmes sains et soutenir la gestion durable de la terre, de l'eau et des ressources naturelles, tout en assurant la sécurité alimentaire mondiale* » (FAO, 2019, para.4). Afin de préserver et d'améliorer la qualité et la fertilité du sol, l'entreprise pratique une agriculture régénératrice, biologique et basée sur les fonctionnements de la permaculture.

Objectif 13 : Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions.

Grâce à la pratique du « carbon farming », la ferme Les Terres de La Cala lutte tous les jours contre le réchauffement climatique. En effet, puisqu'elle absorbe le dioxyde de carbone de l'atmosphère et l'intègre dans le sol¹⁸, elle augmente le niveau de carbone organique du sol.

Objectif 15 : Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des terres et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité.

Au sein de la ferme biologique, la biodiversité est assurée par la polyculture de variétés adaptées au territoire et au climat local, ainsi que la rotation des cultures et la pratique de la jachère. Par ailleurs, les fondateurs du projet ont aménagé leurs sols afin de planter un grand nombre d'arbres fruitiers, de fixateurs d'azote et de haies. Cela leur permet de produire de la biomasse et de favoriser le développement d'une biodiversité abondante.

De manière générale, nous avons remarqué qu'il est possible de pratiquer « *une agriculture propre, humaine, bienveillante pour les hommes comme pour la Terre* » (Terres de La Cala, 2020, para.4). Les Terres de La Cala, une micro-ferme à Glabais, résout ainsi plusieurs objectifs grâce à sa solution, et cela sans l'utilisation de technologies quelconque. Ils cultivent des légumes et des herbes aromatiques, tout en nourrissant les sols.

¹⁸ Processus appelé la séquestration de carbone.

Chapitre 2 : Analyses et comparaisons

Après une brève présentation de chaque entreprise, l'explication de leur fonctionnement et la mise en avant des liens avec les Objectifs de Développement Durable, nous allons maintenant comparer les différentes entreprises entre elles.

Comme expliqué au début de cette partie pratique, nous avons décidé d'analyser des entreprises de différentes tailles et utilisant des technologies distinctes au sein de leurs activités, ce qui nous a permis d'avoir une vue globale du secteur. Par ailleurs, nous avons opté pour des entreprises « ultra-technologiques », tels que Urban Harvest et MyFood, ainsi que des organisations plus traditionnelles qui intègrent petit à petit les technologies au sein de leurs opérations, comme c'est le cas de La Ferme du Plein Air. Finalement, nous avons analysé le fonctionnement de la ferme Les Terres de la Cala, qui n'utilise aucune technologie au sein de son processus et qui semble tout de même réaliser à plusieurs objectifs.

Les tableaux ci-dessus nous permettent d'avoir une vue synthétique sur l'ensemble des technologies utilisées par chaque entreprise, ainsi que les différents objectifs atteints au moyen de leur solution.

				
Permaculture	X			X
Hydroponie	X	X		
Agriculture verticale		X		
App	X		X	
IoT	X	X	X	
Big data	X	X	X	
Drones			X	
Robots			X	

Figure 19 - Les technologies utilisées par les différentes entreprises étudiées

PARTIE 3 : ANALYSE PRATIQUE

Comme nous pouvons le voir sur la figure ci-dessus, toutes les entreprises que nous avons analysées utilisent plusieurs technologies au sein de leurs activités agricoles, à l'exception des Terres de La Cala. Cette dernière pratique une agriculture dite régénératrice, basée sur les principes de permaculture.

Sur la figure 20, nous voyons que chaque entreprise contribue à sa manière au développement durable et réalise plusieurs objectifs.

				
1 PAS DE PAUVRETÉ				
2 FAIM ZÉRO	X	X	X	X
3 BONNE SANTÉ ET BIEN-ÊTRE	X	X	X	X
4 ÉDUCATION DE QUALITÉ	X			
5 ÉGALITÉ ENTRE LES SEXES				
6 EAU PROPRE ET ASSAINISSEMENT	X	X	X	X
7 ÉNERGIE PROPRE ET D'UN CÔTÉ ABORDABLE	X			
8 TRAVAIL DÉCENT ET CROISSANCE ÉCONOMIQUE				X
9 INDUSTRIE, INNOVATION ET INFRASTRUCTURES				
10 INÉGALITÉS RÉDUITES				
11 VILLES ET COMMUNAUTÉS DURABLES	X	X		
12 CONSOMMATION ET PRODUCTION DURABLES	X	X	X	X
13 LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES	X	X	X	X
14 VIE AQUATIQUE	X		X	
15 VIE TERRESTRE	X	X	X	X
16 PAIX, JUSTICE ET INSTITUTIONS EFFICACES				
17 PARTENARIATS POUR LA RÉALISATION DES OBJECTIFS				

Figure 20 - Les entreprises étudiées et leurs liens avec les ODD

Nous pouvons par exemple voir que l'entreprise qui, selon nos recherches, réalise le plus d'Objectifs de Développement Durable est l'entreprise MyFood, qui propose à chaque individu de produire ses propres fruits et légumes à l'aide d'une serre entièrement connectée.

Cela est notamment possible grâce au développement d'une solution mêlant des technologies modernes et traditionnelles, comme indiqué sur notre figure précédente.

D'après une étude réalisée par les fondateurs de l'entreprise, MyFood serait capable de produire des aliments avec une meilleure valeur nutritionnelle que lors d'une production traditionnelle, avec moins de sucre et de glucides et plus de fibres et de protéines. Par ailleurs, la serre serait en mesure de faire pousser 6 à 8 fois plus d'aliments que dans un champ normal. Cela permet de confirmer notre hypothèse de départ et ainsi affirmer que les nouvelles technologies permettent de résoudre certains objectifs et sous-objectifs plus rapidement et plus facilement.

Nous avons également remarqué que la ferme verticale Urban Harvest est capable de produire plus de 50 000 plants par mois grâce au développement de l'hydroponie sur plusieurs étages. Dans ce cas-ci, l'entreprise est entièrement développée au moyen de nouvelles technologies, qui lui permettent de produire en grande quantité et d'être aujourd'hui la plus grande ferme verticale de Belgique. Selon Alexandre, le co-fondateur de l'entreprise, la capacité de production d'Urban Harvest serait 4 fois plus rapide que lors d'une agriculture traditionnelle, permettant ainsi d'atteindre les objectifs plus rapidement et facilement. La mise au point de leur solution leur permet d'atteindre presque la moitié des Objectifs de Développement Durable.

La Ferme du Plein Air intègre petit à petit plusieurs technologies au sein de son processus d'activité, et cherche ainsi à créer une ferme plus durable au niveau économique, environnemental et social. Au niveau économique, les nouvelles technologies permettent notamment des gains en termes de productivité et d'efficacité, en plus d'assurer un revenu correct. Au niveau environnemental, l'utilisation de robots et objets connectés assure la mise en œuvre de pratiques plus écologiques, ainsi qu'une meilleure utilisation des ressources énergétiques et le respect de l'environnement. Finalement, au niveau social, les technologies favorisent la communication et la collaboration, et diminuent une partie de la pénibilité des tâches. Nous pouvons donc bel et bien dire que les technologies aident à réaliser les différents objectifs et sous-objectifs de Développement Durable au sens large.

La dernière entreprise que nous avons analysée est une micro-ferme, Les Terres de La Cala, qui prône une agriculture durable, locale et régénératrice. Sans l'utilisation de nouvelles technologies au sein de leurs activités, les porteurs du projet sont capables de produire une large quantité de légumes et herbes aromatiques d'une qualité nutritive meilleure que lors d'une pratique agricole traditionnelle. Grâce au développement d'une agriculture durable, ils parviennent à résoudre 7 Objectifs de Développement Durable et offrent une alimentation saine et biologique à plus de 50 familles de la région.

Chapitre 3 : Conclusion

Suite à nos entretiens et analyses, nous pouvons voir que toutes les entreprises interrogées se préoccupent du développement durable et tentent d'atteindre les différents objectifs à leur échelle. Pour la plupart, les nouvelles technologies permettent de faciliter et d'accélérer l'atteinte des objectifs et sous-objectifs.

La mise en place d'une solution combinant d'anciennes et nouvelles technologies permet dans la plupart des cas de répondre aux différents problèmes du secteur agricole, tel que mentionné au début de ce mémoire. Par exemple, l'entreprise MyFood réalise plusieurs objectifs directement liés à la nutrition et à la santé, par la mise sur pied d'une serre entièrement connectée. La société Urban Harvest a développé une ferme verticale et urbaine, capable de produire plus de 50 000 plants par mois au moyen des techniques de l'hydroponie et d'un système efficace de LED. Elle atteint ainsi près de 7 Objectifs de Développement Durable. L'utilisation d'une application mobile et de plusieurs robots agricoles permet également à La Ferme du Plein Air de réaliser certains objectifs, dont notamment ceux liés à la faim, la santé, la biodiversité, la gestion de l'eau et la production durable. Généralement, les technologies rendent les tâches moins complexes et facilitent l'accès à l'information, ce qui joue en faveur de la réalisation des ODD.

Cependant, nous avons remarqué qu'il est possible de réaliser certains objectifs et sous-objectifs sans l'intégration de technologies au sein de l'activité agricole. Par exemple, Les Terres de La Cala, une micro-ferme agricole dans le Brabant-Wallon, répond aux objectifs 2, 3, 6, 8, 12, 13 et 15, essentiellement en s'inspirant des techniques issues de la permaculture, en pratiquant une agriculture biologique et en mettant en place le « carbon farming ».

Nous pouvons donc déduire que les technologies facilitent la tâche et posent un cadre pour atteindre les différents Objectifs de Développement Durable, mais qu'il est également possible d'y arriver en changeant le type d'agriculture. Et si la réponse se trouvait dans une combinaison entre l'usage des nouvelles technologies et l'adoption d'une agriculture biologique, locale et de saison ?

Nous pouvons donc conclure en disant que notre hypothèse de départ est partiellement confirmée. En effet, les technologies peuvent réellement aider à atteindre certains Objectifs de Développement Durable, notamment en rendant la réalisation plus facile et plus rapide. Cependant, il semble également nécessaire de passer à un mode d'agriculture plus écologique et durable afin de prospérer durant les générations à venir.

Chapitre 4 : Recommandations pour les agriculteurs de demain

Nos analyses, comparaisons et conclusions réalisées dans les chapitres précédents nous permettent maintenant de formuler quelques recommandations pour les agriculteurs de demain.

Ces recommandations visent plusieurs actions interdépendantes qui ont pour but d'améliorer les activités du secteur agricole et de promouvoir la création d'un monde durable au niveau économique, social et environnemental.

4.1. Intégrer les nouvelles technologies au sein de ses activités agricoles

Tout au long de ce travail, nous avons tenté de démontrer comment l'utilisation de certaines technologies au sein du secteur agricole permet une réalisation plus rapide et plus facile des Objectifs de Développement Durable. Nous avons montré que ces nouvelles technologies apportent entre autres une aide à un fonctionnement plus efficace et à une prise de décision plus facile. Grâce à cela, les agriculteurs travaillent dans de meilleures conditions et sont capables de surmonter certains défis tels que mentionnés dans le premier chapitre de ce mémoire (Cfr pp.6-20), comme éviter la volatilité du marché et s'adapter aux changements climatiques.

Afin de rester compétitif, de continuer à grandir dans le futur pour servir notre population grandissante et de répondre aux différents challenges auxquels nous faisons face aujourd'hui, nous recommandons aux agriculteurs de vivre avec leur temps et d'intégrer, au fur et à mesure, certaines technologies au sein de leur processus de production. Nous entendons par là d'introduire les technologies en fonction des besoins et des moyens des agriculteurs, petit à petit, comme les membres de La Ferme du Plein Air l'ont fait pour leurs exploitations.

4.2. Promouvoir une agriculture durable, locale et de saison

La pratique d'une agriculture intensive entraîne, comme nous l'avons montré, différentes conséquences qui peuvent être lourdes pour la planète et ses individus et peuvent entraver la réalisation des différents Objectifs de Développement Durable : perte de biodiversité, changements climatiques, problèmes de santé, appauvrissement des sols, contamination des eaux, ...

Afin d'éviter ce genre de problème dans le futur, nous conseillons à tout agriculteur de favoriser une agriculture durable, locale et de saison. Cela permettrait de préserver l'environnement, tout en satisfaisant la demande du consommateur qui est en quête d'une alimentation plus saine, biologique et locale. Plusieurs pistes peuvent être suivies afin

d'atteindre cette nouvelle forme d'agriculture, comme exclure toute forme de produits chimiques de synthèse, relocaliser la production¹⁹ et favoriser une production naturelle²⁰.

Nous avons remarqué que cela s'accompagne de plusieurs avantages, à la fois pour l'agriculteur et pour son consommateur, comme des revenus décents, de meilleures conditions de travail, la préservation de la biodiversité et l'offre d'aliments meilleurs pour la santé. Cela permettrait de la sorte de faciliter la réalisation de certains objectifs et sous-objectifs, et de créer un monde durable pour 2030.

4.3. Favoriser la collaboration

« *Tout seul, on va plus vite, ensemble, on va plus loin* » (proverbe africain).

Au terme de ce travail, nous pouvons également mentionner le fait qu'il est essentiel de favoriser la collaboration et de travailler ensemble pour arriver à créer un monde meilleur au niveau environnemental, social et économique pour 2030. Des exemples peuvent être de partager des ressources, des conseils ou encore des outils de travail. De manière générale, cela permet d'apporter un soutien financier, de réduire la charge de travail et d'offrir plus de temps libre aux agriculteurs.

L'utilisation de nouvelles technologies peut faciliter la collaboration, notamment grâce aux différents réseaux de télécommunication et applications mobiles.

Notre troisième et dernière recommandation est donc d'aller vers une agriculture plus collaborative, où l'ensemble des consommateurs, producteurs et experts partagent leurs données, conseils et ressources afin de permettre à tous de vivre mieux.

En conclusion, nous recommandons aux agriculteurs de demain de combiner une nouvelle forme d'agriculture, basée sur des critères de durabilité, localité et de saison, avec l'intégration de technologies modernes en tout genre. Par ailleurs, il nous semble essentiel de partager et d'échanger davantage, afin de faciliter la mise en place de solutions. Nous sommes convaincu qu'il s'agit d'une méthode efficace pour réaliser les Objectifs de Développement Durable et pour atteindre un monde meilleur au niveau social, environnemental et économique.

¹⁹ Favoriser le circuit court (produits locaux et frais, juste prix pour le producteur, respect de l'environnement, moins de transports, etc).

²⁰ Eviter toute sorte de produits issus d'une production hors-sol ou de serres chauffées, ainsi que les produits importés.

Conclusion générale

L'objectif de ce mémoire de recherche appliquée était d'analyser le secteur de l'agriculture ainsi que l'intégration des nouvelles technologies au sein de ce dernier. Nous avons tout au long du travail tenté de comprendre comment l'utilisation des technologies permettrait de surmonter certains des problèmes auxquels nous faisons face aujourd'hui et de contribuer à la réalisation de plusieurs objectifs et sous-objectifs de Développement Durable.

Dans la première partie, concernant la recherche théorique, nous avons analysé les différents challenges et défis que le secteur agricole doit surmonter à l'heure actuelle. Nous avons par exemple constaté que l'agriculture a énormément évolué ces dernières années, notamment par l'introduction de produits agrochimiques et le développement de nouvelles variétés de cultures. Cela a permis de répondre à la demande d'une population mondiale croissante et d'évoluer au niveau de la productivité agricole. Cependant, ces progrès se sont faits au prix de répercussions négatives sur l'environnement et la société, comme la surexploitation des sols, la pollution des eaux, la dégradation de l'environnement et la contribution au réchauffement climatique.

Ensuite, nous avons analysé les différents types de technologies et leurs applications possibles au sein du secteur agricole. Nous avons constaté que certaines technologies permettent de produire plus efficacement, comme l'impression 3D des aliments et la culture de viande, alors que d'autres aident à optimiser le temps de travail et faciliter la prise de décision, comme c'est par exemple le cas de l'Internet des objets et de l'intelligence artificielle.

Finalement, nous nous sommes familiarisés avec les 17 Objectifs de Développement Durable mis en place par les Nations Unies afin de surmonter les défis actuels et atteindre un monde meilleur au niveau social, économique et environnemental pour 2030. Nous avons remarqué que nous sommes encore loin d'atteindre l'ensemble des objectifs en temps voulu, mais que plusieurs pistes de solutions peuvent nous aider à accélérer et faciliter la réalisation. Comme nous l'avons constaté, l'intégration de nouvelles technologies au sein des activités agricoles permet d'augmenter la productivité et d'assurer des revenus décents aux exploitants, et d'ainsi entamer la route vers un monde plus durable.

Cette première partie nous a permis d'avoir une vue d'ensemble sur le sujet et la nécessité d'un changement au niveau du secteur agricole, nous permettant de rédiger la question de recherche suivante :

Comment les nouvelles technologies dans le secteur agricole contribuent-elles à la réalisation de certains Objectifs de Développement Durable ? Le cas de la Belgique.

Sur base de cette question et de nos constatations, nous avons approfondi notre analyse au moyen d'entretiens exploratoires et d'observations directes. Ces-derniers nous ont permis de répondre à notre question de recherche pour finalement confirmer ou infirmer notre hypothèse de départ.

Pour rappel, voici notre hypothèse à la suite de cette partie théorique :

L'utilisation des nouvelles technologies dans le secteur agricole contribue à la réalisation des Objectifs de Développement Durable, directement ou indirectement liés avec le secteur. En effet, elles permettent de réaliser plus facilement et plus rapidement certains objectifs et sous-objectifs.

Dans notre partie pratique, nous avons choisi d'analyser plusieurs entreprises belges, actives dans la culture et la vente de fruits, légumes et plantes en tout genre. Nous avons décidé d'analyser des entreprises utilisant des technologies différentes au sein de leur activité, ce qui nous a permis d'avoir une vue d'ensemble sur le sujet. Ainsi, nous avons eu la chance de rencontrer (virtuellement) le fondateur de MyFood, qui a créé une serre entièrement connectée. Nous avons également eu l'occasion de discuter avec Alexandre van Deun, qui a mis sur pied la plus grande ferme verticale et urbaine de Belgique, fonctionnant à l'aide de la pratique de l'hydroponie et de LED connectés. Nous avons aussi appris à connaître le fonctionnement de La Ferme du Plein Air, qui intègre petit à petit plusieurs technologies au sein de ses activités, tels que des robots agricoles connectés en tout genre. Finalement, nous avons étudié le cas des Terres de La cala, qui est une micro-ferme basant tout son processus sur le principe de la permaculture et du « carbon farming ».

Il ressort de notre analyse que les nouvelles technologies peuvent réellement aider à atteindre certains Objectifs de Développement Durable, et plus particulièrement ceux liés directement avec le secteur agricole. Dans plusieurs cas, les objectifs et sous-objectifs liés à la santé, le bien-être, la nutrition et le développement agricole sont ceux qui ont montré des résultats positifs. Nous avons par exemple vu que la mise en place d'une solution combinant des technologies anciennes et modernes, telle que la pratique de l'agriculture verticale avec l'utilisation de l'Internet des objets, permet de résoudre plus de la moitié des objectifs et sous-objectifs. À la suite de cela, nous pouvons affirmer que l'utilisation des nouvelles technologies dans le secteur agricole contribue à une réalisation plus facile et plus rapide de certains Objectifs de Développement Durable.

Cependant, nous avons également constaté qu'il est possible de résoudre plusieurs objectifs et sous-objectifs sans nécessairement intégrer les nouvelles technologies au sein de son activité. En analysant le fonctionnement des Terres de La Cala, nous avons réalisé qu'un changement au niveau de la production et de la consommation permet également de créer un monde meilleur pour les générations à venir. Grâce à la mise en place d'une agriculture

biologique, locale et de saison, cette micro-ferme est capable de résoudre plus de 7 Objectifs de Développement Durable.

Cette partie pratique nous a permis de répondre à notre question de recherche et ainsi partiellement confirmer notre hypothèse. Les nouvelles technologies permettent en effet de réaliser plus facilement et plus rapidement certains Objectifs de Développement Durable, et essentiellement ceux en lien direct avec la santé, l'alimentation et la production. Par contre, en plus de l'intégration des technologies, un changement au niveau des méthodes agricoles est également nécessaire afin d'assurer un monde économiquement, environnementalement et socialement viable pour 2030. La solution se trouve donc dans la combinaison d'une agriculture locale, durable et de saison, avec l'intégration de technologies nouvelles au sein des activités. Également, nous pensons qu'il est nécessaire de favoriser la collaboration dans le but d'atteindre les différents objectifs en temps voulu.

Nous pouvons terminer cette conclusion avec une citation de l'ancien commissaire européen à l'agriculture et au développement rural, qui reprend l'ensemble des éléments que nous avons cité précédemment :

« La Politique agricole commune, qui s'inscrit en synergie avec les autres politiques et moyens européens, priorise, comme jamais auparavant, l'innovation et la numérisation de l'agriculture. C'est nécessaire non seulement afin de maintenir la compétitivité et la rentabilité de nos agriculteurs, mais aussi pour protéger notre précieux environnement et remplir les objectifs de l'Union européenne en matière de climat et de développement durable. On assiste par exemple à une nouvelle vague d'innovation des TIC en agriculture, comprenant notamment l'Internet des objets, l'information en nuage et les données massives. L'UE investit activement dans l'utilisation de ces innovations et de ces nouvelles technologies dans l'objectif de moderniser et d'améliorer l'agriculture. Nous pensons que la technologie et les processus d'agriculture de précision peuvent répondre à la demande mondiale croissante en aliments tout en assurant la durabilité de la production primaire. Pour cela, une approche précise et économe en ressources sert de base à la gestion de la production » (Phil Hogan, 2016, para.2).

Nous devons aussi mentionner le fait que nos outils d'analyse et notre travail en général comportent certaines limites.

Comme mentionné au début de ce mémoire, nous avons dû changer certaines méthodes d'analyses et de recherche à la suite de l'expansion du COVID-19 au sein de notre pays. Par exemple, nous n'avons pas eu l'occasion de visiter les différentes entreprises et avons dû mener notre observation directe via Skype et au moyen des différentes images disponibles en ligne (Cfr Préface COVID-19).

Ensuite, pour notre partie pratique, nous avons décidé d'analyser des entreprises actives en Belgique, utilisant (ou non) des nouvelles technologies au sein de leur secteur d'activité. De manière plus précise, nous avons décidé de nous intéresser à la culture de fruits, légumes et aromates, et pour la plupart du temps, à la vente de ces derniers. Cela concerne donc essentiellement la partie maraîchage de l'agriculture, alors que le secteur est relativement large et comporte d'autres activités. Pour plus d'objectivité encore, nous aurions dû analyser l'influence des nouvelles technologies au sein de chaque activité agricole, y compris l'élevage, la foresterie, la pêche et l'aquaculture. Pour des raisons de pertinence et d'optimisation de temps, nous avons décidé de nous concentrer sur une partie spécifique du secteur afin de mener des recherches plus approfondies.

Nous sommes consciente que le nombre d'experts contactés et d'entreprises analysées ne représente qu'un échantillonnage de l'ensemble de la Belgique (telle que mentionnée dans notre question de recherche). Il se peut également que les trois entreprises que nous avons interrogées, qui s'alignent sur la vision et l'utilisation des technologies au sein de leurs activités, ne soient pas totalement représentatives du secteur, ce qui nécessiterait un échantillonnage plus large. D'autres personnes auraient peut-être traité la problématique différemment, nuançant davantage leurs réponses.

Durant nos entretiens, personne ne nous a réellement parlé des effets négatifs des nouvelles technologies, mis à part le fait qu'elles peuvent être relativement coûteuses et difficiles à utiliser. Cependant, nous avons remarqué au cours de nos recherches que l'utilisation des nouvelles technologies peut aussi avoir des effets négatifs sur l'environnement et la planète. Par exemple, le développement de l'Internet des objets a entraîné une augmentation du nombre de centres de traitement, affectant le climat à cause de leur empreinte carbone importante. Il faut donc garder en tête que les nouvelles technologies, tout comme l'utilisation d'Internet, doivent être utilisées à bon escient.

Après avoir analysé la piste des nouvelles technologies pour répondre aux différents Objectifs de Développement Durable, nous sommes arrivée à la conclusion que la solution réside peut-être également dans une nouvelle forme d'agriculture, dite biologique, durable et locale. Enfin, certaines questions n'ont pas pu être traitées durant la réalisation de notre étude et ouvrent ainsi plusieurs perspectives théoriques supplémentaires.

À quoi ressemblera l'agriculture du futur et quelle solution mettre en œuvre pour arriver à créer un monde durable pour 2030 ? Il existe de nombreux types d'agriculture, et chacune a des points positifs : agriculture de précision, agriculture biologique, agriculture durable, agriculture raisonnée, agriculture hors-sol, ... Quelle forme d'agriculture semble être la plus apte à résoudre les différents challenges du secteur ?

Une autre perspective théorique intéressante à aborder concerne l'ensemble des directives européennes mises en avant pour favoriser le développement du secteur agricole. Nous savons que la Politique Agricole Commune a été lancée en 1957 dans le but de réguler les prix et les subventions, et de moderniser le secteur de l'agriculture. Par ailleurs, nous avons appris que la FAO cherche constamment des moyens pour « *créer un monde dans lequel la nourriture est équilibrée et accessible à tous. Un monde dans lequel les ressources naturelles sont gérées de manière à préserver les écosystèmes et leur aptitude à répondre aux besoins actuels et futurs*1. Utilisation efficace des ressources, 2. Protéger et conserver l'environnement et 3. Rendre l'agriculture résiliente

Nous pouvons achever ce travail en affirmant que nous sommes convaincu qu'il y a assez d'outils et de savoir-faire à disposition pour surmonter les défis auxquels le monde est confronté. Il est temps d'agir, et de mettre tout ce que nous pouvons en œuvre pour atteindre ces différents Objectifs de Développement Durable mis en avant par les Nations Unies, notamment en utilisant les nouvelles technologies et en travaillant plus durablement.

Bibliographie

- AFCC. (2018). *How innovation contributes to the SDG*. Bruxelles : FSC.
- Allaire, G. et Daviron, B. (2017). *Transformations agricoles et agroalimentaires : entre écologie et capitalisme*. Paris : Quae.
- Amri, M. (2019). *Peut-on réduire le gaspillage de fruits et légumes issus d'agriculture wallonne en s'inspirant de solutions européennes ?* (Mémoire de Master). ICHEC, Bruxelles.
- Aulbur, W. ; Henske, R. ; Uffelmann, W. et Schelfi, G. (2019). *Farming 4.0 : how precision agriculture might save the world : precision farming improves farmer livelihoods and ensures sustainable food production*. Munich : Roland Berger.
- Bayer, F. (2018). *L'agriculture face aux enjeux de demain*. Récupéré en ligne le 15 novembre 2019 de <https://www.bayer.fr/agriculture-face-enjeux-demain>
- Bourginal, J-M. ; Houllier, F. ; Lecouvey, P. et Pringuet, P. (2015). *30 projets pour une agriculture compétitive et respectueuse de l'environnement*. Paris : Rapport aux Ministres en charge de l'agriculture et en charge de la recherche.
- Boyer, M. et Dumas, E. (2017). *Gaspillage alimentaire*. Récupéré en ligne le 1 avril 2020 de https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2017/10/16/gaspillage-41-2-tonnes-de-nourriture-jetees-chaque-seconde-dans-le-monde_5201728_4355770.html
- Boyle, K. (2018). *Feeding the future : how innovation and shifting consumer preferences can help feed a growing planet*. Amérique du Nord : Citi GPS report.
- Brunel, S. (2017). *Plaidoyer pour nos agriculteurs : il faudra demain nourrir le monde*. Paris : Buchet Chastel.
- Bruno, L. (2018). *L'agriculture : à la fois responsable et victime du changement climatique*. Récupéré en ligne le 18 novembre 2019 de <http://www.ulbinsidecops.com/lagriculture--grave-la-fois-responsable-et-victime-du-changement-climatique.html>
- Calvet, R. (2020). *Comprendre le sol, ses fonctionnements et ses fonctions*. Paris : France Agricole.
- Camirand, J. et Gingras, C. (2011). *La part du secteur agricole dans les émissions de gaz à effet de serre*. Québec : Nature Québec.

Campbell B. M. (2017). *Agriculture production as a major driver of the earth system exceeding planetary boundaries*. The Resilience Alliance. Récupéré en ligne le 20 mars 2020 de <https://www.ecologyandsociety.org/vol22/iss4/art8/>

Carel. (2020). *Qu'est ce que la réfrigération ?* Récupéré en ligne le 22 avril 2020 de <https://www.carelfrance.fr/what-s-refrigeration->

CBC. (2019). *Transition numérique et durable du monde agricole wallon*. Belgique : CBC.

Cerma. (2018). *Qu'est ce qu'une smart city*. Récupéré en ligne le 1 avril 2020 de <https://www.cerema.fr/fr/actualites/qu-est-ce-qu-smart-city>

Chang, L. (2016). *At this restaurant the chef is a 3D printer*. Récupéré en ligne le 30 décembre 2019 de <http://www.digitaltrends.com/cool-tech/food-ink-3d-printing/>

Chopli, G. ; Strickner, A. et Trouvé, A. (2013). *Souveraineté alimentaire : que fait l'Europe ?* France : Editions Syllepse.

Claydon, L ; Kruh, W. ; Proudfoot, I. ; Stirling, C. et Stott, C. (2013). *The agricultural and food value chain : entering a new era of cooperation*. Londres : KPMG International Cooperative.

Cossardeaux, J. (2019). *La perte de biodiversité, une menace sur la sécurité alimentaire*. Récupéré en ligne le 15 novembre 2019 de <https://www.lesechos.fr/monde/enjeux-internationaux/la-perte-de-biodiversite-une-menace-sur-la-securite-alimentaire-993471>

Cousinne, A. (2014). *Les agricultrices, acteurs clés du développement durable ?* (Mémoire de Master). ULB, Bruxelles.

De Clercq, M. ; Vats, A. et Biel, A. (2018). *Agriculture 4.0 : the future of farming technology*. New York : World Government Summit.

de Schaetzen, S. (2019). *L'agriculture biologique et les objectifs de développement durable*. Paris : Nature & more.

De Temmerman, R. (2018). *L'agriculture à l'heure de l'IOT*. Récupéré en ligne le 2 janvier 2020 de <https://www.lesechos.fr/idees-debats/cercle/lagriculture-a-lheure-de-liot-intelligente-et-connectee-133044>

Deliège, F. (2017). *Smart Farming*. Récupéré en ligne le 3 janvier 2020 de <https://www.digitalwallonia.be/fr/publications/smart-farming>

Devillers, C. (2016). *La ferme du plein air, quand smart farming rime avec durabilité*. Récupéré en ligne le 14 avril 2020 de <https://www.digitalwallonia.be/fr/publications/la-ferme-du-plein-air-quand-smart-farming-rime-avec-durabilite>

Devillers, C. (2020, 15 avril). *Co-propriétaire et gestionnaire La Ferme du Plein Air*. [Entretien]. Téléphone.

Digital Wallonia. (2019). *La révolution numérique version agricole : la ferme 2.0*. Libramont : Dossier de presse Digital Wallonia.

DLG. (2018). *Digital Agriculture : a DLG position paper*. Francfort : DLG.

European Agricultural Machinery. (2017). *Digital farming : what does it really mean ?* Bruxelles : CEMA.

European Institute of Innovation & Technology. (s.d.). *The future of our food in Europe*. Récupéré le 20 avril 2020 de https://eitfood.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/eitfood/EIT_Food_RisingFoodStars.pdf

FAO, FIDA, OMS, PAM et UNICEF. (2019). *L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2019. Se prémunir contre les ralentissements et les fléchissements économiques*. Rome : FAO.

FAO, IFAD and WFP. (2015). *Achieving Zero Hunger: the critical role of investments in social protection and agriculture*. Rome : FAO. Récupéré en ligne le 22 mars 2020 de <http://www.fao.org/3/a-i4951e.pdf>

FAO. (2011). *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*. Rome : FAO.

FAO. (2014). *Building a common vision for sustainable food and agriculture*. Rome : FAO. Récupéré en ligne le 20 mars 2020 de <http://www.fao.org/3/a-i3940e.pdf>

FAO. (2016). *Food and agriculture : key to achieving the 2030 agenda for sustainable development*. Rome : FAO.

FAO. (2016). *Ravageurs et maladies des plantes*. Récupéré en ligne le 10 novembre 2019 de <http://www.fao.org/emergencies/urgences/ravageurs-et-maladies-des-plantes/fr/>

FAO. (2017). *Stratégie de la FAO relative au changement climatique*. Rome : FAO. Récupéré de <http://www.fao.org/3/a-i7175f.pdf>

FAO. (2017). *The future of food and agriculture – Trends and challenges*. Rome : FAO.

FAO. (2017). *Travail stratégique de la FAO : pour une alimentation et une agriculture durables*. Rome : FAO.

FAO. (2018). *Food and Agriculture – Driving action across the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Rome : FAO.

FAO. (2018). *Les catastrophes, et en particulier la sécheresse, entraînent des milliards de pertes agricoles*. Récupéré en ligne le 29 novembre 2019 de <http://www.fao.org/news/story/fr/item/1107008/icode/>

FAO. (2018). *Transformer l'alimentation et l'agriculture pour atteindre les ODD : 20 actions interconnectées pour orienter les décideurs*. Rome : FAO.

FAO. (2018). *Transforming food and agriculture to achieve the SDGs : 20 interconnected actions to guide decision-makers*. Rome : FAO.

FAO. (2019). *Changements climatiques et sécurité alimentaire*. Récupéré en ligne le 1 décembre 2019 de <http://www.fao.org/climatechange/16651-044a7adbada9497011c8e3d4a4d32c692.pdf>

FAO. (2019). *Innovation at FAO*. Récupéré en ligne le 13 mars 2020 de <http://www.fao.org/innovation/en/>

FAO. (2019). *Objectifs de développement durable*. Récupéré en ligne le 14 février 2019 de <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/goal-12/fr/>

Février, H. (2015). *Réchauffement climatique : le N20, l'autre gaz à effet de serre*. Récupéré en ligne le 1 décembre 2019 de <https://information.tv5monde.com/info/rechauffement-climatique-le-n20-l-autre-gaz-a-effet-de-serre-43468>

Finger, S. (2019). *Du labo à l'assiette, la viande désincarnée*. Récupéré en ligne le 1 mars 2020 de https://www.liberation.fr/france/2019/07/30/du-labo-a-l-assiette-la-viande-desincarnee_1742904

Foucart, S. (2019). *L'effondrement de la vie sous nos latitudes reste largement sous le radar médiatique*. Récupéré en ligne le 30 avril 2020 de https://www.lemonde.fr/idees/article/2019/11/09/l-effondrement-de-la-vie-sous-nos-latitudes-reste-largement-sous-le-radar-mediatique_6018609_3232.html

Futura Science. (2020). *Définition hygrométrie*. Récupéré en ligne le 21 avril 2020 de <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/climatologie-hygrometrie-2084/>

Geijer, T. (2019). *Food Tech : technology in the food industry, robot arm offers the food industry a helping hand*. Amsterdam : ING Economics Department.

GesI. (2016). *How digital solutions will drive progress towards the sustainable development goals*. Bruxelles : Accenture Strategy.

Google Podcast. (2020, 23 Février). *Episode 1 : comment créer une agriculture durable ?* [Podcast]. Dans la série LanDestini Podcast. Récupéré de https://podcasts.google.com/?feed=aHR0cHM6Ly9mZWVkJmF1c2hhLmNvL29tUVlnVERFMjQ1Zw&episode=N2E4YWFKYTBiZGYzYTBjMDg1NzU5ZTBmMTUyMzViNTk3YjZmYzA3OA&hl=fr-BE&ved=2ahUKEwjS-7_EoIPpAhWPzKQKHQXHCHAQjrkEegQIDBAG&ep=6

Greene, L. (2019). *The future 100 : innovation report*. New York : Innovation Group.

Griffon, M. (2013). *Vers une septième révolution agricole*. Récupéré en ligne le 12 décembre 2019 de <https://www.cairn.info/revue-projet-2013-1-page-11.htm>

Guillou, M. (2020, 14 mars). *Agriculture du monde : scénarios et futurs alternatifs ?* [Podcast]. Dans la série Agoragro. Récupéré de <https://www.youtube.com/channel/UCr1-vLWXmEMTnrEyUL-QnIA>

Hervé, B. et Vial, A-C. (2019). *L'innovation en agriculture : avis du conseil économique, social et environnemental*. Paris : section de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation.

HLPE. (2018). *Nutrition et systèmes alimentaires*. Rome : Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition du Comité de la sécurité alimentaire mondiale.

Institut fédéral pour le Développement Durable. (2016). *Objectifs de développement durable : transformer notre monde à l'horizon 2030*. Récupéré en ligne le 15 février 2020 de https://www.sdgs.be/sites/default/files/content/brochure/brochure_sdgs_fr.pdf

Isaac, H. et Pouyat, M. (2015). *Les défis de l'agriculture connectée dans une société numérique*. Paris : Renaissance Numérique.

Joly, G. (2019). *C'est quoi l'agriculture de précision ?* Récupéré en ligne le 1 janvier 2020 de <https://leshorizons.net/2019/01/14/cest-quoi-agriculture-de-precision/>

Kenis, E. ; Tahon, K. ter Heerdt, W. et Rangoni, P. (2019). *Demain au menu : le futur de l'alimentation*. Bruxelles : ING.

Krigman, A. (2018). *Bétail connecté, contrôle des récoltes, drones ... l'IOT transforme l'agriculture à une grande vitesse*. Récupéré en ligne le 1 janvier 2020 de

<https://www.globalsign.fr/fr/blog/l-iot-ameliore-l-agriculture-avec-le-betail-connecte-et-les-drones/>

Lamote, S. et De Meyer, R. (2019). *Les objectifs de développement durable : une perspective belge*. Bruxelles : Perspective 2030.

Larousse. (2019). *Définition de l'agriculture*. Récupéré en ligne le 1 décembre 2019 de <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/agriculture/1773>

Les Terres de La Cala. (2019). *A propos de nous*. Récupéré en ligne le 18 avril 2020 de <https://www.terres-de-la-cala.be/a-propos>

Levard, L. (2017). *Pour une nouvelle révolution agricole*. Paris : Bruno Leprince.

Linard, B. (2020, 17 avril). *Co-fondateur des Terres de La Cala*. [Entretien]. Skype.

Lipper, L. ; McCarthy, N. ; Zilberman, D. ; Asfaw, S. et Branca, G. (2018). *Climate smart agriculture : building resilience to climate change*. Spain : FAO.

Nasman, N. ; Dowling, D. ; Combes, B. et Herweijer, C. (2017). *Fourth industrial revolution for the earth*. Londres : PwC.

OMS. (2019). *Faits marquants sur le vieillissement*. Récupéré en ligne le 18 novembre 2019 de <https://www.who.int/ageing/about/facts/fr/>

ONUDI. (2015). *Rapport sur le développement industriel 2016 : rôle de la technologie et de l'innovation dans le développement inclusif et durable*. Vienne : ONUDI.

Orsini, M. et Mazijn, B. (2017). *Une évolution des engagements politiques de l'autorité fédérale au regard du programme de développement durable à l'horizon 2030 des nations unies*. Namur : ICEDD asbl.

Paquet, G., Bawin, I., Schrooten, V. et Wattier, S. (2016). *Séminaire de méthodologie et d'initiation à la démarche scientifique*. Syllabus. ICHEC, Bruxelles.

Peladan, J-G. (2019). *Et si nous passions de la high-tech à la low-tech ?* Récupéré en ligne le 15 mars 2020 de <https://www.lesechos.fr/idees-debats/cercle/opinion-et-si-nous-passions-de-la-high-tech-a-la-low-tech-1141165>

Pierre, M et Loizeau, S. (2013). *L'impact des nouvelles technologies de l'information et de la communication.* Récupéré en ligne le 12 décembre 2019 de <https://perso.crans.org/pierre/documents/Les%20nouvelles%20technologies%20Expose%20HST/les%20nouvelles%20technologies%20version%20finale.pdf>

Portal, L. (2017). *Foodtech : les typologies.* Récupéré en ligne le 7 décembre 2019 de <http://foodtech-mag.com/foodtech-les-typologies>

PwC. (2019). *Global Digital Operations Study 2018 : Digital Champions.* Londres : PwC.

Richard, G. ; Stengel, P. ; Lemaire, G. et Cellier, P. (2018). *Une agronomie pour le XXIe siècle.* Paris : Quae.

Riot, A. et Egon, B. (2018). *C'est quoi l'agriculture 4.0 ?* Récupéré en ligne le 20 décembre 2019 de <https://www.terre-net.fr/actualite-agricole/economie-social/article/definition-de-l-agriculture-4-0-202-138781.html>

Seitchik-Reardon, D. et Pember, M. (2017). *Mon potager superstar : le guide des mini-espaces pour des maxirécoltes.* Paris : Delachaux et Niestlé.

Rouse, M. (2016). *L'intelligence artificielle (IA, AI).* Récupéré en ligne le 1 mai 2020 de <https://www.lemagit.fr/definition/AI>

Stackhouse, J ; Schrumm, A. ; King, c. ; Agoposowicz, A ; Freestone, C. et Chow, D. (2019). *Farmer 4.0 : how the comibg skills revolution can transform agriculture.* Montréal : RBC Thought Leadership.

Statbel. (2020). *Chiffres clés : aperçu statistique de la Belgique.* Belgique.

Tanti, M. (2017). Technologies d'exploitation du big data dans les organisations et transformations organisationnelles. *Les données et les sciences de l'information*, volume 63 (4), 46-58.

Tincq, B. ; Brito, M. ; Sinet, L. et Rodriguers, L. (2019). *The frontiers of impact tech: moonshots worth taking the 21st century.* Paris : Good Tech Lab.

Trendov, N. ; Varas, S. et Zeng, M. (2019). *Digital technologies in agriculture and rural areas.* Rome : FAO.

Trendov, N. ; Varas, S. et Zeng, M. (2019). *Technologies numériques dans le secteur agricole et dans les zones rurales.* Rome : FAO.

UN. (2018). *Rapport sur la technologie et l'innovation 2018 : les technologies de pointe au service du développement durable*. New York : CNUCED.

UN. (2019). *L'alimentation*. Récupéré en ligne le 30 novembre 2019 de <https://www.un.org/fr/sections/issues-depth/food/index.html>

UN. (2019). *ODD – 2 : La faim zéro*. Récupéré en ligne le 30 novembre 2019 de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/hunger/>

UN. (2020). *Les objectifs de développement durable*. Récupéré en ligne le 10 février 2020 de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/hunger/>

UNICEF. (2015). *Les objectifs de développement durable*. Récupéré en ligne le 1 décembre 2019 de <https://www.unicef.fr/dossier/objectifs-de-developpement-durable-odd>

Urban Harvest. (2020). *Site officiel*. Récupéré en ligne le 18 mars 2020 de <https://www.urbanharvest.eu/>

Urban, M. (2020, 19 mars). *Co-fondateur MyFood*. [Entretien]. Skype.

Van Deun, A. (2020, 24 mars). *Co-fondateur Urban Harvest*. [Entretien]. Téléphone.

Van Zuylen, C. (2017). *How can 3D food printing be used as a solution to global food crises ?* (Mémoire de Master). ICHEC, Bruxelles.

Vincent, M. et Prouteau, J. (2019). *FoodTech in Europe*. Paris : Digital Food Lab.

World Bank Group. (2017). *Future of food : shaping the food system to deliver jobs*. Washington : WBG.

World Bank. (2019). *Climate smart agriculture*. Récupéré en ligne le 18 mars 2020 de <https://www.worldbank.org/en/topic/climate-smart-agriculture>

YouMatter. (2019). *Qu'est ce que la permaculture*. Récupéré en ligne le 1 avril 2020 de <https://youmatter.world/fr/definition/permaculture-definition-technique-principe/>

365 FarmNet. (2017). *Agriculture 4.0 : rendre l'agriculture connectable*. Berlin : 365 FarmNet.