



**HAL**  
open science

# Les impacts du changement climatique sur l'agriculture du territoire de la Métropole Rouen Normandie GIEC LOCAL

Asma Ben Othmen, Marie-Pierre Bruyan

► **To cite this version:**

Asma Ben Othmen, Marie-Pierre Bruyan. Les impacts du changement climatique sur l'agriculture du territoire de la Métropole Rouen Normandie GIEC LOCAL. Metropole Rouen Normandie. 2023. hal-04200427

**HAL Id: hal-04200427**

**<https://hal.science/hal-04200427>**

Submitted on 12 Sep 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain



GIEC  
LOCAL

*Scientifiques et experts  
locaux sur l'évolution  
du climat et ses  
conséquences*

---

# Les impacts du changement climatique sur l'agriculture du territoire de la Métropole Rouen Normandie

---



RÉFÉRENTE GIEC LOCAL  
Marie Asma BEN OTHMEN

AUTRICES  
Marie Asma BEN OTHMEN (UniLaSalle)  
Marie-Pierre BRUYNAT (UniLaSalle)

RELECTURES  
Valérie GÉNOUVILLE et Isabelle DIOMARD (Chambre d'Agriculture de Normandie)  
Amélie ARNAUDET et Léo KAZMIERCZAK (Métropole Rouen Normandie)

CONTRIBUTIONS  
Anthony HENNART, Juliette CANCEL, Lucie ROUYER, Lucie DEVILLERS  
(élèves-ingénieurs en 5<sup>e</sup> année à UniLaSalle en 2022)



# Sommaire

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>6</b>
<b>CONTEXTE DE L'AGRICULTURE SUR LE TERRITOIRE DE LA MÉTROPOLE ROUEN NORMANDIE</b> .....	<b>8</b>
<b>IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES GRANDES FONCTIONS BIOLOGIQUES DE LA PRODUCTION VÉGÉTALE</b> .....	<b>10</b>
<b>IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES PRODUCTIONS AGRIQUES</b> .....	<b>12</b>
<b>LES PERCEPTIONS DES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE PAR LES AGRICULTEURS DE LA MÉTROPOLE ROUEN NORMANDIE</b> .....	<b>17</b>
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>20</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>21</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>24</b>

# Introduction

L'agriculture est l'une des activités humaines les plus directement influencées par l'évolution du climat et ce en dépit de l'augmentation de sa productivité dans la majorité des pays développés. Le changement climatique amorcé depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, et dont les effets se poursuivent voire s'amplifient au XXI<sup>e</sup> siècle (IPCC, 2022), interroge la sensibilité et l'évolution des systèmes de production agricole face à ce risque (Agovino et al., 2019).

L'impact du changement climatique sur l'agriculture est davantage observé dans les territoires des métropoles (Robinson et al., 2018). En effet, les activités agricoles, comme les zones urbaines, toutes deux grandes émettrices de gaz à effet de serre, contribuent fortement au changement climatique. Cependant, inexorablement, elles en subissent également les effets directs (comme une production agricole de moindre qualité/quantité) et indirects (érosion des revenus des agriculteurs). Même si certaines solutions à l'échelle des métropoles sont souvent mises en avant dans le cadre de plans d'action du type Plan-Climat-Air-Énergie-Territorial (PCAET), il est plus que nécessaire d'y inclure l'élaboration de stratégies territoriales adaptées et cohérentes avec la présence d'une activité agricole : en un mot une stratégie de coordination de ces solutions est indispensable.

Les agriculteurs font partie intégrante des solutions, notamment par la production locale et les circuits courts, mais aussi par le développement de produits bio et agro-sourcés pour la construction et la valorisation de la biomasse en énergie. Il existe d'ores et

déjà des incitations pour engager les agriculteurs dans des démarches vertueuses de la production. Des labels tels que Haute Valeur Environnementale (HVE) ou le Label bas-carbone (diminution des émissions de gaz à effet de serre, séquestration de carbone) en sont des exemples. Plus récemment, de nombreux outils comme l'accompagnement pour le diagnostic de la durabilité des exploitations agricoles ou la mise en place de financement de projets, notamment au travers du marché « crédit carbone<sup>1</sup> » sont proposés aux agriculteurs désireux de réussir la transition agro-écologique.

Les effets du changement climatique se font déjà ressentir sur la composante biotechnique (du sol à la plante en passant par les itinéraires de culture) de la production agricole dans de nombreuses régions françaises en raison de la modification d'un ensemble de facteurs bioclimatiques qui régissent directement le fonctionnement des écosystèmes. Il s'agit, notamment, de l'augmentation du niveau du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et autres gaz à effet de serre encore plus dommageables comme le méthane (CH<sub>4</sub>), les oxydes d'azote dont le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et l'ozone (O<sub>3</sub>). Les conséquences en termes d'augmentation de la température, de modification des régimes pluviométriques et des composantes du bilan hydrique (évaporation, drainage, ruissellement), la transformation de la couverture nuageuse et du bilan des radiations lumineuses nuisent profondément à la production agricole.

Une des preuves des manifestations de ces effets, réside dans l'étude de Vennetier et

al. (2005) qui pointe les conséquences de la sécheresse provoquée en 2003 en matière de pertes significatives de la production végétale et expliquée par le ralentissement de la photosynthèse. En effet, en épisode caniculaire ce métabolisme fondamental perd son efficacité de production de matière organique. À l'échelle de la Métropole Rouen Normandie, l'évaluation synthétique par les experts du GIEC local sur la question de l'évolution du climat, appuie ces constats.

Cette nouvelle évaluation se propose d'examiner et de commenter des données existantes de l'impact du changement climatique sur l'agriculture à l'échelle de la Métropole Rouen Normandie. Après avoir décrit les caractéristiques de l'agriculture sur ce territoire, elle est structurée en deux grandes parties.

La première partie s'appuie sur les données issues des travaux de recherche agronomique qui s'attachent à rassembler les connaissances sur l'impact du changement climatique sur les niveaux de productivité observés des cultures, de l'élevage et de l'évolution des pressions parasites (maladies et ravageurs). Ces données seront décrites et commentées au regard de l'évolution des productions agricoles et des tendances climatiques sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie.

La deuxième partie s'appuie sur des données d'enquête effectuée auprès des agriculteurs de la Métropole Rouen Normandie en 2021 pour comprendre leurs perceptions et ressentir du phénomène du changement climatique ainsi que les éventuelles actions qu'ils ont déjà mis en place pour faire face à ce risque.

<sup>1</sup> <https://agriculture.gouv.fr/le-label-bas-carbone-comment-ca-marche>







# Contexte de l'agriculture sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie

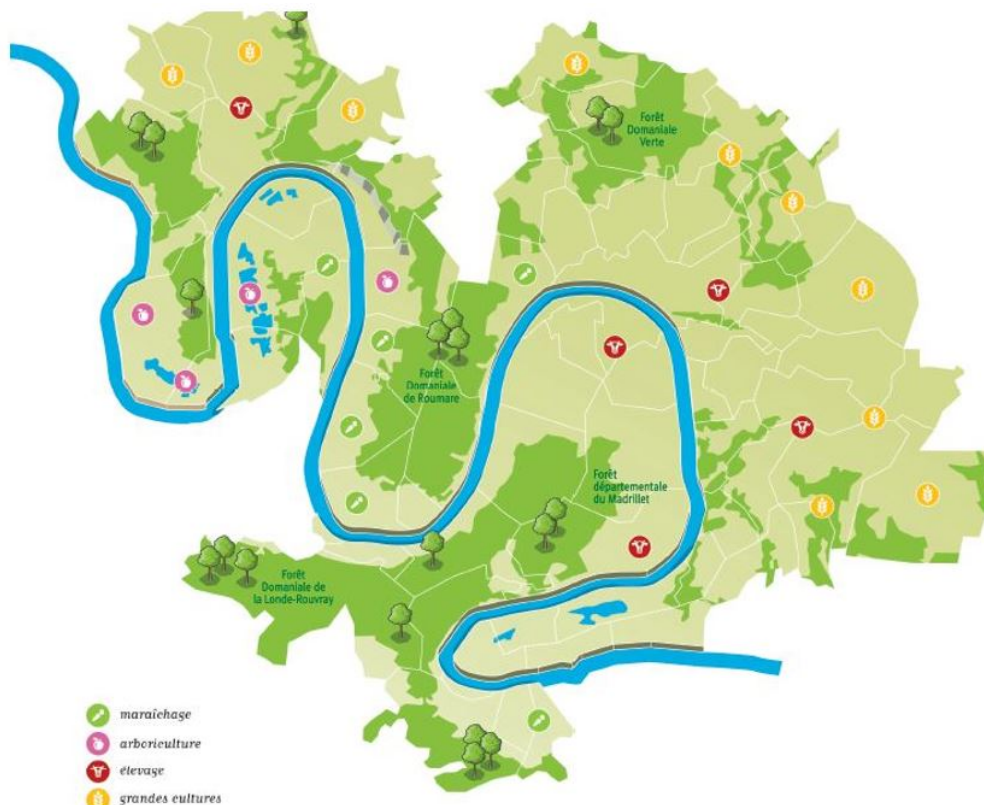
**La** Métropole Rouen Normandie fait partie de la première région agricole de France, la Normandie, où la superficie agricole utile occupe 2 millions d'hectares représentant 70 % de la superficie totale du territoire (Agreste, 2020). Les terres agricoles occupent environ un tiers du territoire de la Métropole. Celles-ci sont représentées à parts plus ou moins égales avec les zones urbanisées et les espaces forestiers. L'activité agricole est représentée par 243 exploitations dont le siège se situe sur le territoire de la métropole alors que 365 exploitations exploitent au moins une parcelle du même territoire (Charte Agricole du Territoire, 2017).

Le type de production agricole sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie est majoritairement similaire aux systèmes agricoles existants à l'échelle de la région Normandie où se côtoient des territoires d'élevage et de grandes cultures. Le climat tempéré, la nature des sols et des assolements majoritairement peu exigeants en eau expliquent un recours modéré à l'irrigation en Normandie. Les surfaces irrigables ne représentent ainsi qu'une faible part de la surface agricole utile dans la région (Agreste, 2019). De même, à l'échelle de la Métropole, l'irrigation des cultures reste marginale en comparaison avec les prélèvements en eau des usages industriels et domestiques (Kazmierczak, Laignel, et al., 2019). Cependant, les chiffres de la Banque nationale des prélèvements quantitatifs en eau (BNPE) semblent montrer une progression de l'irrigation des cultures sur le territoire et le département de Seine-Maritime, probablement sous l'effet des années plus chaudes et sèches observées dans la dernière décennie (Laignel et Nouaceur, 2018). À l'échelle de la Métropole, il existe une grande diversité aussi bien des surfaces que des productions agricoles. En effet, alors que 28 % des exploitations sont orientées vers l'élevage bovin

lait ou viande, 24 % sont orientées vers les grandes cultures essentiellement industrielles (lin textile, betteraves sucrières, pommes de terre), 19 % sont mixtes culture/élevage et 9 % produisent des fruits et légumes (Figure 1). La production de volailles, de moutons ou de chèvres ainsi que l'horticulture sont néanmoins marginales sur ce territoire (Charte Agricole du Territoire, 2017).

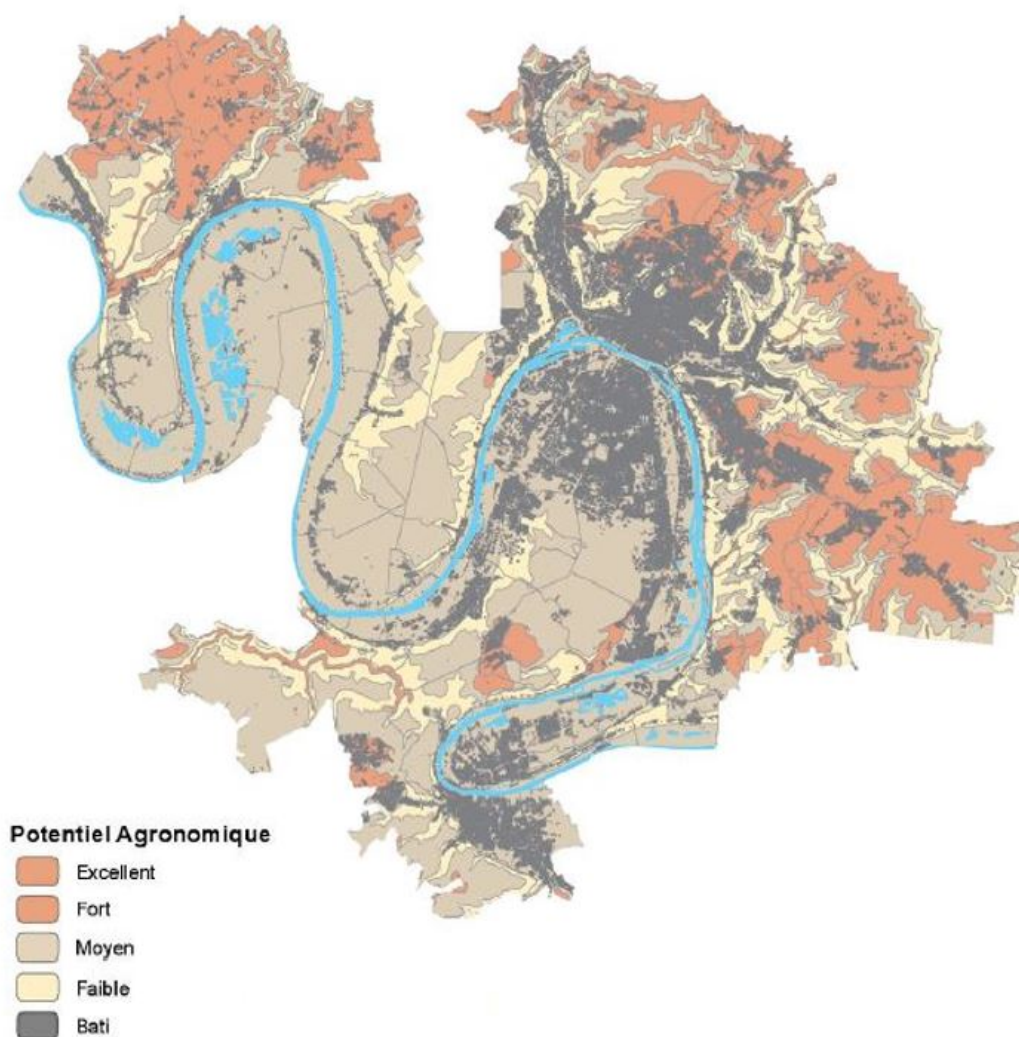
Concernant l'occupation du sol, 16 798 ha ont été déclarés à la PAC en 2020 avec le blé tendre couvrant une superficie de 3 952 ha. Les prairies permanentes et les zones de pâturage couvrent 5 635 ha de la superficie totale des terres arables.

En termes de répartition spatiale des cultures dans le territoire, les grandes cultures sont essentiellement présentes sur les zones des plateaux Nord et Est du fait d'une qualité optimale des sols (profonds et limoneux), alors que le maraîchage est localisé au niveau de la Vallée de Seine (plaine alluviale influencée par la présence de la Seine) en raison de la facilité de l'accès aux ressources en eaux (Figure 1). Les activités d'élevage, quant à elles, se répartissent d'une manière homogène sur tout le territoire (Charte Agricole du Territoire, 2017).



Charte Agricole de Territoire de la Métropole Rouen Normandie (2017)

**FIGURE 1 – Répartition des différents systèmes d'exploitation agricole : maraîchage (en vert), arboriculture (en rose), grandes cultures (en jaune) et élevage (en rouge) sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie**



Charte Agricole de Territoire de la Métropole Rouen Normandie (2017)

**FIGURE 2 – Répartition des potentialités agronomiques sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie**

Les effets du changement climatique s'observent non seulement au niveau des productions agricoles, mais aussi au niveau de la qualité des sols (Le Gouée, 2016). En effet, l'érosion des sols constitue un enjeu régional majeur en Normandie. Ce phénomène s'accompagne souvent de la dégradation de la qualité des eaux en aval résultant du transfert dans les cours d'eau de particules de terres charriant des substances potentiellement polluantes comme le phosphore et les pesticides. En outre, le ruissellement chronique peut contribuer à des phénomènes catastrophiques comme la formation de crues rapides et/ou de coulées boueuses (Le Gouée, 2016). En dépit de ces contraintes, les terres agricoles sur le territoire de la Métropole demeurent majoritairement de qualité moyenne

(67 %) qui sont la résultante de formations alluvionnaires essentiellement présentes sur les terrasses de la vallée de Seine. Celles-ci sont majoritairement exploitées dans le cadre de cultures de maraîchage et d'arboriculture (Figure 1). Par ailleurs, certains sols hydromorphes répandus dans le lit majeur de la Seine favorisent uniquement l'implantation de culture de printemps comme le maïs et la prairie (Charte Agricole de Territoire, 2017). On peut noter aussi la présence d'activité agricole extensive sur des zones protégées régies par le Parc Naturel Régional des Boucles de la Seine Normande.

Les terres à potentiel agronomique fort à excellent couvrent 32 % du territoire de la Métropole (Figure 2). Celles-ci sont présentes

au Nord et l'Est du territoire et sont composées de loess et de limon de plateau qui sont à fort potentiel pour des cultures céréalières et industrielles comme le lin textile et le colza ou encore des cultures fourragères comme le maïs. Enfin, les terres à faible potentiel agronomique ne représentent que 1 % des terres agricoles de la Métropole, celles-ci se localisent essentiellement en tête de talweg et rebords des plateaux et sont essentiellement composées de formations crayeuses reposant sur de l'argile et du silex mal adaptés à la culture. En conséquence, ces espaces en pente sont souvent occupés par des zones de pâturages ou des bois.

# Impacts du changement climatique sur les grandes fonctions biologiques de la production végétale

L'ensemble des facteurs bioclimatiques ont un impact indéniable sur la croissance et le développement de toutes les espèces végétales qu'elles soient cultivées ou non. En particulier, la photosynthèse des plantes - processus qui permet la production de la biomasse - est globalement tributaire de l'intensité du rayonnement absorbé, de la température, de la disponibilité des ressources en eau et donc des nutriments minéraux du sol (en particulier l'azote) et bien sûr de la teneur en CO<sub>2</sub> atmosphérique. Le changement climatique influence d'ores et déjà tous ces éléments avec des impacts favorables pour certains et défavorables pour d'autres (voir encadré page 12).

## Le CO<sub>2</sub>

L'augmentation de la concentration en dioxyde de carbone, jusqu'à un certain seuil, aura pour conséquence l'augmentation de l'activité de photosynthèse des plantes C<sub>3</sub><sup>2</sup>.

Dans la mesure où les facteurs température et eau ne soient pas limitants, une conséquence immédiate de l'augmentation de la teneur de CO<sub>2</sub> serait une diminution des besoins en

eau des plantes ou tout du moins d'une meilleure utilisation de l'eau qui s'accompagnerait de l'augmentation de l'activité de production de biomasse. Même si ceci présente un effet favorable sur les cultures de blé et la viticulture, d'autres cultures comme le maïs et le sorgho (qui sont des plantes C<sub>4</sub>) seront presque insensibles à ce phénomène (Jump et al., 2006).


## La température

La température est l'une des composantes régulatrices majeures des processus chimiques et biochimiques du vivant. Elle joue un rôle clé aussi bien dans la définition de la quantité de biomasse produite que la qualité des récoltes. Selon la synthèse du GIEC Local sur l'évolution du climat (Laignel et Nouaceur, 2018), à l'échelle de la Métropole Rouen Normandie, l'ensemble des stations de mesures montrent déjà une tendance à l'augmentation de la température statistiquement significative comprise entre + 1,2 et + 1,9 °C sur la période de 1970 à 2017. Cette tendance se poursuivra au cours du XXI<sup>e</sup> siècle avec une augmentation qui pourrait être comprise entre +2 et +6°C selon l'ensemble des scénarios climatiques (élaborés selon l'ampleur des réductions des émissions et des concentrations de gaz à effet de serre). En 2010, Le Gouée et al. mettaient déjà en avant une augmentation

des températures de l'ordre de 2,8 °C d'ici 2100 en Normandie avec un réchauffement plus intense en été (+3,2 °C). Ainsi, l'augmentation des températures va fortement impacter la disponibilité thermique des cultures en raison notamment de l'augmentation du cumul des températures journalières dépassant le seuil de base.

**Par ailleurs, l'augmentation des températures aura sans doute un impact aussi bien sur la phénologie des plantes – succession d'événements périodiques du cycle de vie de la plante: débournement, floraison, changement de couleur des feuilles – que sur les possibilités de cultiver de nouvelles espèces dans des régions considérées jusqu'alors comme « fraîches » à l'instar de la Normandie.** Le soja fait partie des cultures prometteuses à fort potentiel à la fois d'adaptation au climat et de débouchés économiques (i. e., stratégie nationale sur les protéines végétales). La phénologie a déjà fait l'objet d'observation et d'études par un nombre important de publications scientifiques. Cela a donné naissance à des outils tels que les échelles phénologiques multiples destinées à identifier les stades de développement du végétal (i. e., échelle BBCH – échelle la plus connue qui vient de l'expression allemande: *Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt und Chemische Industrie*).

**Tableau 1 – Sensibilité au gel des différentes espèces : stades phénologiques et seuils critiques**

							
	Stade B Bourgeon gonflé	Stade C Calices visibles	Stade D Corolles visibles	Stade E Etamines visibles	Stade F Fleurs ouvertes	Stade G Chute des pétales	Stade H-I Nouaison
<b>Prunier</b>	- 5°C	- 4°C	- 3°C	- 2.8°C	- 2°C	- 1.5°C	- 0.5°C
<b>Pêcher</b>	- 4°C	- 4°C	- 3.3°C	- 2.8°C	- 2.2°C	- 1.8°C	- 1°C
<b>Abricotier</b>	- 4°C	- 4°C	- 3.5°C	- 3°C	- 2.2°C	- 0.8°C	- 0.5°C
<b>Cerisier</b>	- 5°C	- 4.5°C	- 3.5°C	- 2.2°C	- 1.7°C	- 1.1°C	- 1°C

Source seuils critiques INRA - CTIFL

<sup>2</sup> Les plantes C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> sont caractérisées par deux types de photosynthèse. Rappelons que la photosynthèse est un métabolisme qui dépend de la lumière et qui est organisé en deux étapes : photochimique et non photochimique. Les mécanismes C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> diffèrent au niveau de l'étape de captation du CO<sub>2</sub>. Celui-ci sera par la suite transformé lors l'étape non photochimique de la photosynthèse : le cycle de Calvin, Benson et Bassham, dont la finalité est de produire la matière organique. Les plantes C<sub>3</sub>, font les deux phases dans chaque cellule du parenchyme chlorophyllien des feuilles. Elles utilisent directement le CO<sub>2</sub> dans le cycle de Calvin et produisent lors d'une première réaction une molécule à trois carbones (Acide 3-phosphoglycérique), d'où le nom. Les plantes en C<sub>4</sub>, quant à elles, captent le CO<sub>2</sub> d'une autre manière. Leurs feuilles ont une anatomie particulière où l'on constate que des cellules (mésophylle) font uniquement la phase photochimique et que d'autres cellules (gaine périfasciculaire) font uniquement la phase non photochimique. Le CO<sub>2</sub> est capté dans le mésophylle, « chargé » sur une molécule à 3 carbones pour former une molécule de transport à 4 carbones. Cette dernière migre dans la gaine périfasciculaire et décharge son CO<sub>2</sub> dans le cycle de Calvin, Benson, Bassham, d'où le nom. Environ 85% des plantes sur terre sont des plantes en C<sub>3</sub>, dites « normales ». La canne à sucre, le sorgho, le maïs sont des plantes en C<sub>4</sub>



Certains cycles physiologiques, nécessitant une **levée de dormance** – déclenchement de la germination des graines et débourrement des bourgeons – est tributaire de la succession de basses et hautes températures en fonction de la période du cycle. En effet, la levée de la dormance est déclenchée chez certaines espèces fruitières en fonction de la présence de conditions de froid spécifiques appelées: **vernalisation**. Ainsi, **la fertilité des cultures aussi bien que le démarrage de la végétation de printemps seront fortement impactés par des températures élevées enregistrées durant la saison hivernale. Ces températures élevées peuvent aussi générer des phénomènes de brûlure et d'échaudage impactant négativement les rendements des cultures.**

Par ailleurs, la forte variabilité des températures aura un effet en matière de multiplication des phénomènes de gel et de dégâts qu'ils peuvent causer. Établir des seuils critiques de température pour chaque stade végétatif est déterminant pour anticiper les phénomènes de gel. Ces seuils critiques font référence à la température à l'air libre observée au niveau du bouquet floral. Le tableau 1 mentionne les températures susceptibles d'induire des dégâts. La présence d'eau sur la végétation avant le début du gel (pluie non ressuyée, dépôt de rosée en début de nuit) augmente la sensibilité au gel et le niveau de dégâts.

#### La disponibilité de la ressource en eau

Même si les besoins hydriques des plantes varient en fonction de leurs cycles de croissance, l'état hydrique dépend aussi l'intensité de l'activité de photosynthèse (voir supra). Les cultures présentent des besoins très hétérogènes pour assurer un rendement maximal en fonction des périodes du cycle phénologique. Le maïs, par exemple, ne doit absolument pas souffrir de déficit hydrique lors du stade de la floraison qui s'étend de mi-juillet à mi-août (Briche et al., 2011). D'une manière contrastée, pour la vigne, une contrainte hydrique modérée lors du stade de maturation des raisins est reconnue comme bénéfique pour la qualité puisqu'elle limite la croissance et accentue à la fois le mécanisme de biosynthèse et l'accumulation de polyphénols (Briche et al., 2011).

Il est communément admis que la sécheresse conduit à des baisses de rendement par rapport à une situation « normale » et peut négativement impacter la qualité des récoltes. En revanche, celle-ci ne dépend pas uniquement des déficits pluviométriques lors du cycle de la plante mais des interactions entre les différentes variables climatiques, notamment, la pluviométrie et l'évapotranspiration, les caractéristiques du sol (réserve en eau) et sa couverture végétale, du système de conduite (surface foliaire) et de la réaction de la plante (Dittmar et al., 2003).

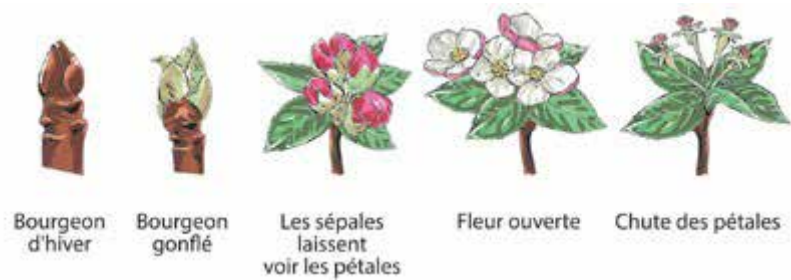


FIGURE 3 – Échelle BBCH de la pomme.

DRAAF-Nouvelle Aquitaine (2018)

Choppet et al (2009) ont produit une spatialisation sur le territoire français de différents scénarios de l'évolution future des caractéristiques climatiques. Leurs travaux mettent en avant que, quel que soit le scénario envisagé, d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, le type de climat actuel normand va glisser pour laisser place à un climat caractérisé par une évapotranspiration, des températures minimales et maximales ainsi qu'une vitesse de vent et un rayonnement global plus intenses. Par ailleurs, des scénarios optimistes aussi bien que « pessimistes » à l'horizon 2070-2099 s'accordent pour témoigner d'une transition du climat de la Normandie, d'un climat à tendance fraîche et humide à un climat à tendance plus chaude et plus sèche. Cela génèrera vraisemblablement des incertitudes climatiques (gel tardif, épisodes pluvieux irréguliers, inondations, grêle, etc.) aussi bien que la hausse de la pression parasitaire (prolifération des insectes, et des champignons) voire l'apparition de nouveaux parasites. Cette évolution climatique accentuera l'impact négatif de la sécheresse des sols agricoles, ainsi que les grandes cultures et les pâturages (Satger et al., 2008). En revanche, cette évolution climatique pourrait aussi contribuer à un gain de production dès que la réserve utile des sols permettrait d'empêcher ou de limiter fortement les manifestations de stress hydrique. Rappelons que même dans les conditions de stress hydrique, les plantes « savent gérer » et utiliser au mieux la ressource en eau (voir encadré suivant).

#### ENCADRÉ 1 :

##### LES CONSÉQUENCES DU DOUBLEMENT DU NIVEAU DE CO<sub>2</sub>

En considérant comme données d'entrée les climats prévus par les scénarios correspondant, en gros, à l'hypothèse d'un doublement du CO<sub>2</sub> pour la fin de ce siècle, des travaux de l'INRAE permettent de prévoir les grandes lignes suivantes :

- une stimulation de la photosynthèse de l'ordre de 20 à 30%, conduisant à une augmentation résultante de l'assimilation nette de l'ordre de 10 à 20%, prenant en compte l'augmentation de la respiration liée à l'effet de l'augmentation de la température ;
- à l'inverse, un raccourcissement du cycle, de par cette même action du facteur thermique, pendant lequel le couvert végétal peut absorber l'énergie lumineuse par la photosynthèse ;
- enfin, une amélioration de l'efficacité de l'eau par suite de la diminution de la conductance stomatique sous l'effet de l'augmentation du CO<sub>2</sub>.



# Impacts du changement climatique sur les productions agricoles

L'agriculture à l'échelle du département de Seine Maritime est sous pression générée par plusieurs facteurs, à savoir, une perte continue des surfaces de prairies permanentes, la crise de l'élevage, l'intensification des pratiques agricoles, auxquelles s'ajoute la problématique des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques accentuées par l'effet de la proximité des zones urbaines. Enfin, le risque d'inondations générées par l'élévation du niveau marin dans l'estuaire de la Seine pose une menace supplémentaire sur la pérennité des exploitations agricoles sur le territoire de la Métropole (Kazmierczak, Laignel, et al., 2019).

Bien que la proximité entre les terres agricoles et les zones urbaines présente un réel intérêt en matière de valorisation des filières courtes, celles-ci sont peu présentes sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie dont les activités agricoles demeurent largement orientées vers les grandes cultures avec des itinéraires techniques peu adaptés aux enjeux du changement climatique. La menace climatique conditionne d'ores et déjà les choix culturaux des agriculteurs qui privilégient des cultures fourragères pouvant être facilement ensilées et stockées. En plus de l'intérêt de ces démarches pour assurer l'autonomie fourragère au sein des exploitations, déployer des mesures d'adaptation plus spécifiques telles que la restauration d'une biodiversité fonctionnelle par la diversification des cultures, la gestion de l'irrigation à l'échelle de la parcelle et la gestion des sols par des techniques qui favorisent le stockage de carbone s'avère indispensable pour réduire la vulnérabilité de l'agriculture aux aléas météorologiques et climatiques. L'impact du changement climatique sur les rendements des cultures présentes en Normandie ont déjà fait l'objet d'une analyse approfondie par l'Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement Climatique (ORACLE, Chambres d'agriculture de Normandie). Dans sa dernière publication, l'observatoire présente les résultats d'une rétrospective de l'analyse des filières normandes entre 1959 et 2015 en utilisant une base de données agro-climatiques (dates de récolte, jours de gel, jours échaudant, etc.) (Diomard & Chéron, 2020). En s'appuyant sur ces connaissances, nous nous proposons dans ce qui suit de présenter une synthèse de ces résultats pour six filières à l'échelle du département de la Seine Maritime : le blé tendre, la betterave industrielle, le maïs ensilage, les cultures prairiales, l'élevage, le lin et l'arboriculture fruitière (la pomme).

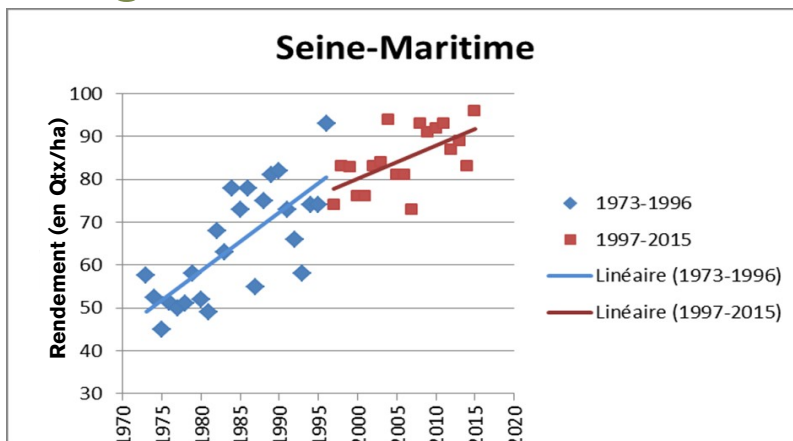


FIGURE 4 - Rendements départemental en blé tendre d'hiver de 1973 à 2015.

Source : ORACLE (2020)

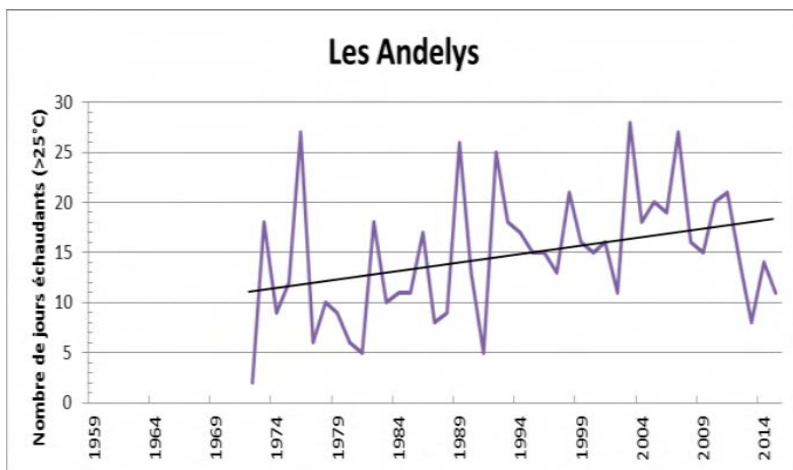


FIGURE 5 - Nombre des jours où la température maximale journalière est supérieure ou égale à 25°C entre le 1<sup>er</sup> Avril et le 30 Juin

Source : ORACLE (2020)

## Le rendement en blé tendre

Selon les observations de l'ORACLE (2020), les rendements en blé tendre ont été marqués par une augmentation nette et régulière depuis 1973 jusqu'à 1990 dans toute la France. En particulier, à l'échelle de la Normandie, l'amélioration variétale, le progrès en matière de traitement phytosanitaire et des itinéraires techniques optimisés ont permis de multiplier les rendements de blé par deux (passant de 40-50 Qtx/ha en 1973 à plus de 70-80 Qtx/ha en 1990). La période 1996-1998 marque un point de rupture à cet accroissement qui devient plus lent. Même si cette tendance est remarquée à l'échelle de toute la région Normandie, le ralentissement de la production de blé entre les périodes 1973-1996 et 1997-2015 est moins marqué à l'échelle du département de la Seine-Maritime (Figure 4).

On peut identifier au moins deux ordres d'explication au phénomène de ralentissement de la production de blé. Premièrement, l'action conjointe de l'augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> et de la température semble atténuer les effets de la sécheresse estivale sur les rendements de blé. En effet Manderscheid et al, (2007) montrent qu'un enrichissement atmosphérique en CO<sub>2</sub>, améliore la biomasse et le rendement en grain d'environ 10 % quand les cultures sont irriguées et de plus de 44 % en conditions de stress hydrique. On peut en conclure à l'existence d'un mécanisme d'adaptation intrinsèque du blé du fait de sa gestion efficiente de l'eau (encadré 1) qui explique l'augmentation, faible certes, mais continue du rendement de 1995 à 2020 (de 75 à 95 Qx/ha respectivement). Deuxièmement, le blé tendre est sensible aux accidents physiologiques qui peuvent être

biotiques ou abiotiques provoquant une mauvaise circulation des sèves dans la plante et se traduisant par la malformation des grains qui restent de petite taille : l'échaudage. Les accidents météorologiques tels que l'augmentation de la température au-delà de 25°C, induisent l'échaudage thermique du blé et donc une diminution des rendements (Gate, 1995). Notons que la température d'échaudage thermique pour le blé tendre est identique à celle des journées estivales. Or, à l'échelle de la Normandie, le nombre des jours estivaux annuels a augmenté, de 1,2 à 3,4 jours par décennies depuis 50 ans. Cette évolution est plus marquée à l'intérieur des terres notamment au sein du territoire de la Métropole Rouen Normandie avec une augmentation de 14,6 jours échaudants en 43 ans enregistrée dans une commune proche, Les Andelys (Oracle, 2020) (Figure 5). Ces jours estivaux sont reconnus comme jours "échaudants" et peuvent expliquer le point de rupture des rendements observé sur la figure 4 à partir de 1995.

#### Le rendement en betterave industrielle

Le rendement en betterave industrielle connaît une nette progression depuis presque 50 ans, avec des rendements moyens à l'échelle de la Seine-Maritime qui sont passés de 400 Qtx/ha en 1970 à 900 Qtx/ha aujourd'hui. Le progrès génétique et les techniques culturales n'expliquent que partiellement cette progression. En effet, la majeure partie de celle-ci est expliquée par l'effet favorable du changement climatique. Les travaux de l'Institut Technique de la Betterave (2011) mettent en avant la responsabilité de l'augmentation des températures (à 50%) dans les « effets » stimulants l'émergence précoce du bouquet foliaire et la couverture du sol par le feuillage. Ceci a pour conséquence un allongement de la durée de la végétation. En outre, l'interception précoce du rayonnement lumineux a pour conséquence une conversion plus importante de la plante en biomasse puis en sucre (ITB, 2011, ORACLE, 2020). Par ailleurs, la fin de l'hiver plus doux a eu des conséquences en termes de changement de pratiques culturales par les agriculteurs. En effet, ces derniers ont avancé les dates des semis pour augmenter davantage la productivité.

Même si les rendements en betterave industrielle ne risquent pas d'être entravés par le phénomène d'échaudage, l'augmentation des températures va toutefois renforcer le risque de stress hydrique notamment en été. Ceci peut induire des conséquences néfastes que ce soit en termes de diminution des rendements, de dégradation de la qualité du sucre et son extraction (en raison d'une forte augmentation des composés azotés solubles) ou de risques de multiplication de problèmes sanitaires en été (Jones et al., 2003).

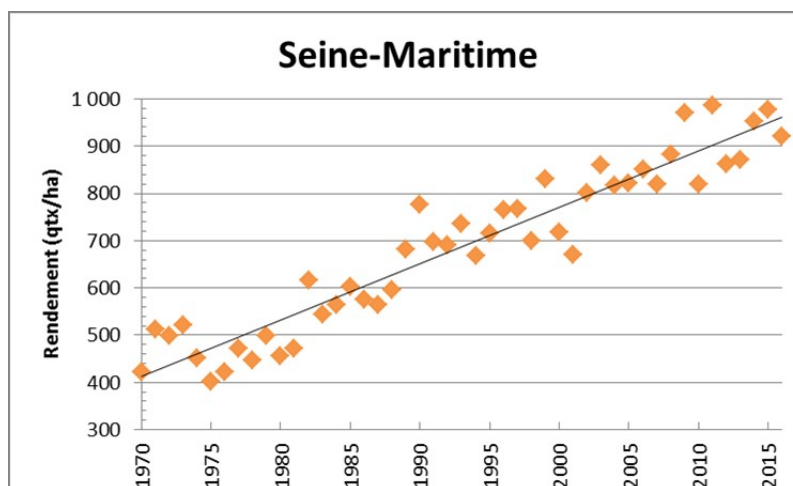


FIGURE 6 - Rendements en betteraves sucrières de 1970 à 2016 en Seine-Maritime

Source : ORACLE (2020)

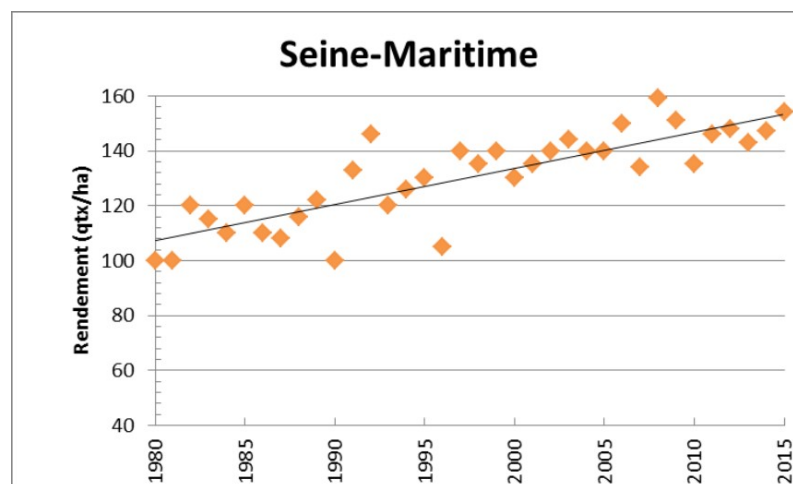


FIGURE 7 - Rendements en maïs ensilage en Seine-Maritime de 1980 à 2015

Source : ORACLE (2020)

#### Le rendement en maïs ensilage

Les températures fraîches du siècle dernier à l'échelle de la Normandie, ont constitué un facteur limitant pour la culture du maïs, néanmoins la figure 7 montre une faible progression des rendements de 40 Qx/ha sur 35 ans. Le changement climatique n'explique que partiellement cette progression. Cependant, cette influence n'a pas été à ce jour clairement définie (ORACLE, 2020).

La progression des rendements s'explique plus particulièrement par l'évolution des pratiques culturales et moins par une mesure scientifiquement éprouvée des effets du changement climatique. D'après les résultats du projet CLIMATOR (2007 – 2010), l'avancée observée des dates de semis combinée à l'utilisation de variétés plus tardives et favorisées par l'augmentation des températures, sont à l'origine de la faible augmentation des rendements en maïs. La durée de la phase de remplissage des graines se trouve raccourcie tout en glissant vers les mois les plus chauds de l'année (Brisson & Levraut, 2010). On

peut donc penser que le changement climatique joue un rôle dans l'augmentation des rendements en maïs.

Or, depuis 2010, la Normandie est la seule région française qui enregistre une augmentation de sa production de maïs ensilage. Le changement climatique permet d'ores et déjà une certaine régulation de la production interannuelle autrefois impossible en raison des températures fraîches de la région. Les agriculteurs de la région jouent aussi un rôle dans l'augmentation et la régulation enregistrée de la production de maïs à l'échelle régionale. Motivés par la maximisation des rendements, les agriculteurs ont déjà procédé à l'avancement des dates des semis depuis de nombreuses années ce qui leur a permis d'esquiver les phases de stress hydriques de fin de cycle (Levraut et al., 2010).

Les travaux de l'ORACLE Normandie (2020) déclinent plusieurs autres explications de l'évolution des rendements en maïs et ce en fonction du mode irrigué ou non des cultures.



A l'heure actuelle, la production de maïs ensilage en mode irrigué sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie demeure relativement faible. Notons qu'en ce printemps 2022, quelques exploitants irriguent pour la première fois leur maïs en Seine Maritime. Le choix d'irriguer ou non aura sans doute un impact sur les évolutions des rendements dans un futur très proche (Ruguet et al., 1996), et sur la ressource en eau à moyen et long terme (Kazmierczak, Laignel et al., 2019).

### Le rendement des prairies

Le cycle phénologique des prairies est fortement influencé par la concentration de CO<sub>2</sub>, la température, le rayonnement et la quantité d'eau disponible (Brisson et Levraut., 2010). Le changement climatique a eu un effet sur l'évolution de la surface toujours en herbe aussi bien à l'échelle de la Métropole Rouen Normandie qu'à l'échelle du département de la Seine Maritime et plus globalement toute la région Normandie (Ben-Othmen & Ostapchuk, 2019). En particulier, deux effets antagonistes du changement climatique devraient impacter la production de la prairie. D'une part la diminution des précipitations couplée à l'augmentation du niveau de rayonnement va contribuer à réduire l'humidité du sol et donc le niveau de production de la prairie. D'autre part, l'augmentation de la teneur de CO<sub>2</sub> atmosphérique ainsi que de la température vont contribuer à l'augmentation des capacités productive de celle-ci.

Le changement climatique est à l'origine de l'évolution de ces paramètres qui avancent le cycle phénologique et permettent le prolongement des périodes de production. En été, les fortes chaleurs vont contribuer à réduire les productions alors qu'en hiver l'effet couplé de l'accroissement des températures et de la baisse du nombre de jours de gel devrait permettre l'accroissement de la production (Durand et al., 2020).

En résumé, l'herbe pousserait de plus en plus tôt au printemps, et de plus en plus tard à l'automne, ce qui pose des difficultés pour la valoriser étant donné la faible portance du sol en ces saisons. Le ralentissement d'été s'accroîtrait dans un futur proche sans toutefois atteindre des niveaux critiques (arrêt critique de la végétation) (Moreau & Madrid, 2018). L'incertitude climatique aura sans doute un impact positif sur les filières d'élevage laitiers, notamment celles qui dépendent de la prairie à condition d'adapter le système de production, avec une diversification fourragère. En revanche, les fortes chaleurs de l'été vont sans doute marquer le potentiel de production de la prairie et sa reprise à l'automne contribuant ainsi à davantage de variabilités annuelles.

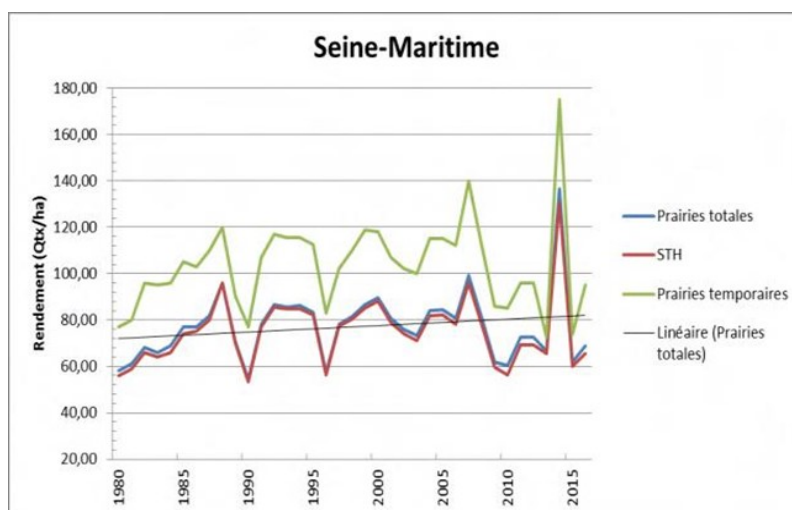


FIGURE 8 – Rendement des prairies totales en Seine Maritime (1980-2015)  
Source : ORACLE (2020)

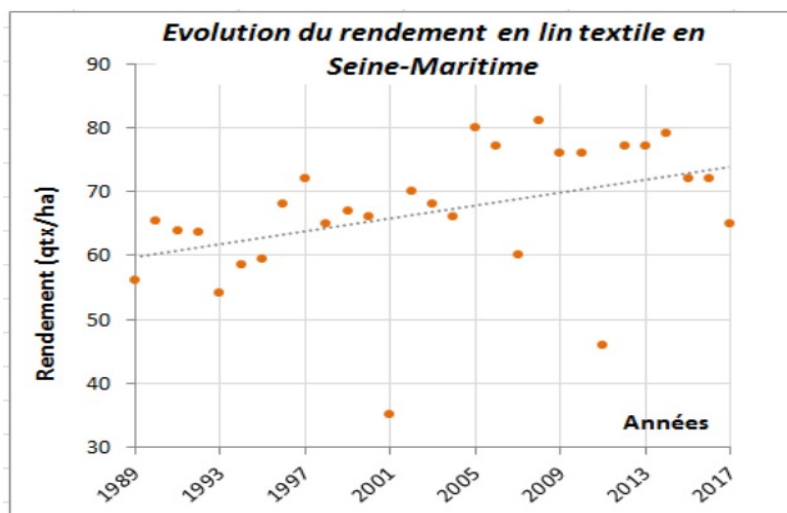


FIGURE 9 – Evolution des rendements en lin textile en Seine Maritime  
Source : ORACLE (2020)

### Les impacts sur les systèmes d'élevage

En termes de système d'élevage, la valorisation de l'augmentation des rendements de la prairie devrait permettre une augmentation du chargement animal (en gros de 20 %) ou une augmentation de la saison de pâturage de l'ordre de trois semaines avec un accroissement de l'ingestion de 7 à 20 % et de 2 à 20 % pour la production de viande (Seguin, 2003).

Cependant, l'augmentation des températures durant l'été peut avoir un effet dévastateur sur le bétail. En effet, la vache est peu adaptée à la chaleur puisqu'elle l'évacue difficilement en transpirant peu alors qu'elle en produit elle-même beaucoup. Cependant, les fermentations ruminales maintenant le rumen 1 à 2°C plus chaud que le reste du corps avoisinent les 38,5°C. Il convient de noter, par ailleurs, que la chaleur et le stress thermique qui en résulte, présentent des effets multiples sur le métabolisme, le comportement, les performances de production laitière et de reproduction ainsi que la santé et le bien-être des vaches laitières (Vallée, 2021).

Morignat et al. (2014), soulignent que lors des

épisodes caniculaires de 2003 et de 2006, le taux de mortalité des bovins en France a augmenté de 24 % et 12 % respectivement. Quelle que soit la catégorie du bétail (viande, laitier ou mixte), il est nécessaire de revoir la conduite d'élevage, notamment le bâtiment. D'ailleurs, Garner et al. (2017) montrent que des vaches abritées dans un environnement contrôlé mimant une vague de chaleur modérée, réduisent leur production de lait de 53 % comparé à des conditions d'élevage industriel où les vaches sont abritées dans des conditions de températures favorables.

D'autres moyens existent afin d'échapper à la menace climatique et pour garantir la survie des troupeaux dans des conditions de stress hydrique et thermique comme par exemple : la mise en place de systèmes de climatisation efficace d'un point de vue énergétique dans les bâtiments (Ben-Othmen et al., 2020), l'adaptations de la nutrition et l'accès à l'eau, utilisation d'espèces tolérantes à la chaleur issues de la sélection génétique ou encore l'aménagement des parcelles de pâturage avec des zones d'ombre (arbres) (Henry, et.al 2018).

### Le rendement en lin

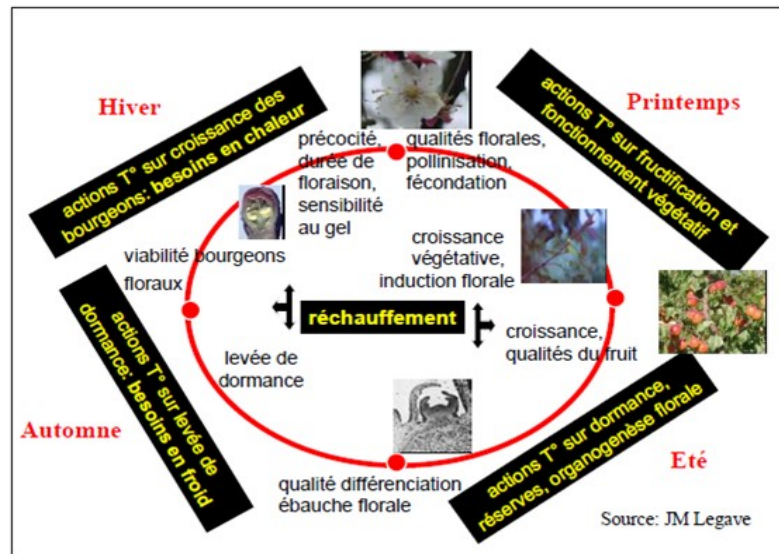
L'Europe produit 70 % du lin fibre, et la Normandie dont la Seine Maritime, contribue à hauteur de 85 % de cette production portant la France au premier rang des producteurs mondiaux du lin fibre. En particulier, la Seine Maritime offre les conditions pédoclimatiques les plus favorables pour cette culture (FAO, 2017).

Le lin est très dépendant des facteurs climatiques ce qui explique la variabilité interannuelle de son rendement depuis les années 1990 (Figure 9). La progression des rendements : de 60 à 80 Qtx/ha en trente ans est surtout due aux avancées en termes de sélections variétales ou d'itinéraire de culture (le lin d'hiver). On en conclut que le lin ne subit pas les effets directs du changement climatique lors de son cycle de culture en Normandie. Néanmoins, le changement climatique pose question au moment du rouissage qui est une étape clé d'obtention de fibres de qualité, une sécheresse printanière ou une floraison rapide peuvent aussi engendrer des fibres trop courtes. Par ailleurs, le changement climatique accentue la pression des maladies telles que la fusariose et verticilliose qui impactent aussi fortement la qualité des fibres (Bruyant-Vannier, 1994). La forte volatilité des rendements amène à s'adapter d'une année à l'autre en fonction des conditions édaphiques des sols et du contexte thermique local.

### L'arboriculture fruitière

L'incertitude climatique va sans doute impacter non seulement la régularité de production de l'arboriculture fruitière sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie, mais aussi la qualité des fruits. En effet, l'impact de ce changement ciblera en particulier les phases déterminantes du cycle annuel des arbres fruitiers, à savoir, la floraison et la fructification. Même si ces impacts ont été enregistrés jusqu'à présent dans les régions méridionales, il existe plusieurs observations et initiatives scientifiques de suivi qui mettent en avant la vulnérabilité de l'arboriculture fruitière face au phénomène du changement climatique sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie. Celle-ci se mesure tant au travers des caractéristiques biologiques (composition, qualité et quantité) que socio-économiques (valorisation et transformation des récoltes) de ce type de culture reconnu comme emblématique de la région Normandie (parmi les variétés emblématiques, on retrouve : Bénédictin, Reinette, Bailleul, Jonagold, etc.)

La vulnérabilité aux effets du changement climatique est accentuée par la nature même de la culture qui est longue et les investissements plutôt lourds qu'elle requière. Ceci rend encore difficile l'adaptation aux évolutions du climat. De plus, Legave (2020) explique que, pour la plupart des arbres fruitiers, l'évolution variétale, notamment au niveau du cultivar a été peu orientée vers la prise en compte de l'adaptation climatique au cours



**FIGURE 10 - Cycle de croissance et de développement d'un arbre fruitier - les multiples effets du changement climatique.**

**La vulnérabilité de l'arboriculture fruitière face au changement climatique concerne plus particulièrement le stress thermique et le stress hydrique (FIGURE 11)**

des dernières décennies. En effet, les améliorations du cultivar ont été opérées dans une logique d'amélioration de l'attrait commercial du fruit et non sa résistance aux stress biotique et abiotique.

La figure 10 permet de donner une idée sur les différentes étapes de croissance et de développement d'un arbre fruitier ainsi que des effets attendus de l'augmentation de la température sur les différents stades.

#### Les effets du stress thermique

En 2021, en Seine Maritime, Benoit Tardieu membre de l'association du domaine de Merval souligne qu'en trente ans, les pommiers fleurissent huit à dix jours plus tôt en raison de l'augmentation de la température. Les avancées de floraison sont susceptibles de subir le risque de gel nocturne printanier avec des conséquences graves. Ce constat est appuyé par Legave (2020) qui a récemment mis en avant une tendance commune vers plus de précocité de la floraison dans différents bassins fruitiers français. Par ailleurs, Benoit Tardieu observe en Seine Maritime que des hivers plus doux entraînent un manque de vernalisation et donc entravent la transition vers la floraison. En outre, Guédon et Legave (2008) constatent une tendance plus tardive de la levée de la dormance comme conséquence directe de l'élévation de la température.

La qualité de la floraison est aussi impactée par le réchauffement climatique, (Rodrygo et Herrero (2002) ont identifié **l'avortement floral** comme un exemple préoccupant de processus physiologique qui n'est pas la conséquence d'une satisfaction insuffisante des besoins en froid mais qui est plutôt lié à des épisodes de chaleur excessive à l'approche de la floraison.

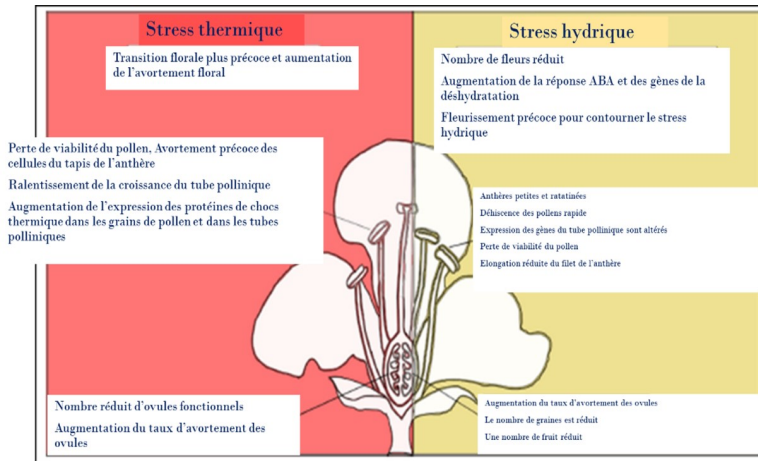
Le changement climatique impacte la **pollinisation** et donc la fructification. Benoit Tardieu indique que « face au radoucissement, les arbres d'une même espèce n'ont pas tous la même réaction : certaines fleurissent plus tôt que d'autres ». En conséquence la pollinisation croisée s'en trouve restreinte et donc la production de fruits aussi. Par ailleurs, Liu et al. (2009) observaient que ce même radoucissement diminuait la viabilité des pollens et augmentait le nombre d'ovules non fonctionnels expliquant davantage la faible production de fruits.

**Le réchauffement climatique pourrait impacter la qualité des fruits. Lopez et Dejong (2007) suggèrent qu'une croissance trop rapide sous l'effet du réchauffement climatique ne permettrait pas une mobilisation suffisante des éléments nutritifs et pourrait même induire des calibres de fruits réduits ainsi qu'une coloration et une saveurs dégradées (pommes rouges moins colorées, moins acides)..**

#### Le stress hydrique

Les effets du stress hydrique sont semblables aux effets du stress thermique en matière de précocité de floraison de diminution de la pollinisation ainsi que de la qualité et la quantité des fruits. Lors d'épisodes de températures élevées au cours de la maturation du fruit, on observe une diminution de la concentration d'acides et de la fermeté du fruit, en outre, les fruits sont plus petits et chutent plus facilement. La figure 11 montre que les effets du stress hydriques sont plus tardifs dans les stades phénologiques de la plante. Par exemple, même si la fructification est plus précoce, les fruits eux, sont de moins bonne qualité.





**FIGURE 11 – Les effets des stress hydrique et thermique sur la floraison - Source : Liu et al. (2009).**

### La pression parasitaire

Si on veut résumer la pression parasitaire par les maladies dues aux micro-organismes (virus, bactéries, champignons...) et par les ravageurs, il est certain que le changement climatique influe fortement sur le développement de nouvelles maladies, l'apparition de ravageurs émergents et l'adaptation de ravageurs déjà existants. Par exemple, des épisodes de chaleur prolongés en Normandie vont induire une évolution du cycle biologique du Carpocapse (ver de la pomme) qui est capable de produire deux générations de populations en une saison au lieu d'une (Cahier technique de l'IFPC, N°22, juillet 2009).

Les effets néfastes de ces pressions vont contrebalancer les gains de rendements observés résultant de l'augmentation de la biomasse comme décrit précédemment dans cette synthèse. Chaloner et al. (2021)

attirent notre attention sur le risque d'apparition de nombreux nouveaux pathogènes, et la région Normandie ne fait pas exception. Ils expliquent que les infections et les maladies sont définies par des interactions complexes entre les différents facteurs biotiques et abiotiques, et soulignent que la température est un facteur de risque de maladie majeur et observent que la distribution des pathogènes et ravageurs des plantes suivent la même trajectoire que le changement climatique.

En Normandie, l'IFPC montre que le développement de *Phytophthora cactorum* (mildiou de la pomme), dépend très fortement des conditions climatiques devant la recrudescence de cette maladie dans les vergers. Il suppose que la répétition plus marquée de l'alternance saison humide saison sèche, favorise la maladie.

### Stratégie d'adaptation de l'arboriculture

Les stratégies d'adaptation de l'arboriculture fruitière au risque du changement climatique se structurent autour de trois voies essentielles :

- **1. l'adaptation des techniques culturales** (taille tardive, maîtrise de la pollinisation, mise en place de l'irrigation de précision),
- **2 l'adaptation des cultures** (choix des variétés et des espèces) et des structures de production (systèmes de culture qui optimisent la répartition des cultures, l'irrigation et la maîtrise des parasites) qui devront être raisonnées à différentes échelles (l'exploitation, le département). Cela pourrait résulter en de nouvelles opportunités comme celle de cultiver les espèces méridionales plus au nord notamment en Normandie ;
- **3. l'adaptation par la voie génétique** en mobilisant les moyens nécessaires en matière de prospections et ressources génétiques, des tests de caractérisation fiables, et des méthodologie appropriées (e.g., greffage).

Face à la complexité du défi de l'adaptation de la production fruitière au changement climatique ces trois voies d'adaptation devront se combiner de façon évolutive et nécessiteront davantage de collaborations entre les acteurs de la recherche et de la production.



# Les perceptions des effets du changement climatique par les agriculteurs de la Métropole Rouen Normandie

## Introduction

Le changement climatique sur le territoire des grandes métropoles impliquera indéniablement l'adaptation des systèmes socio-écologiques à de multiples échelles spatiales, temporelles et écologiques (Adger et al., 2005). Dans ce contexte, l'agriculture à proximité directe des centres urbains peut apporter durabilité et résilience en atténuant les effets de réchauffement climatique par la séquestration du carbone et le maintien d'une production alimentaire de proximité (Marçal et al., 2021). En France, au sein et autour des grandes villes comme Paris, Nantes et Marseille, plusieurs systèmes d'agriculture co-existent et contribuent à contenir l'urbanisation. Cette coexistence favorise de nombreux autres avantages, comme les pratiques d'utilisation des terres respectueuses de l'environnement, une croissance économique durable et l'approvisionnement des marchés urbains en produits frais et locaux (Duvernoy et al., 2018). L'agriculture autour des aires urbaines est aussi reconnue pour son rôle fondamental dans la mise en place de systèmes alimentaires territoriaux, réduisant ainsi l'empreinte écologique de ce secteur (Pradhan et al., 2020). Il existe un consensus dans la littérature soulignant que les effets positifs de l'agriculture à proximité des zones urbaines dépendent fortement de la volonté et de l'engagement des agriculteurs à mettre en œuvre des mesures d'adaptation face au changement climatique. Néanmoins, comme l'indiquent Smit et Skinner (2002), la décision des agriculteurs de mettre en œuvre de telles mesures résulte de leurs interprétations personnelles de l'évolution à court et à long terme des phénomènes climatiques. Les auteurs expliquent que les agriculteurs prennent ces décisions en réponse à des stimuli climatiques et non climatiques auxquels ils sont soumis, mais dépendent aussi des systèmes sociaux, politiques et économiques au sein desquels ils évoluent. Cela génère une hétérogénéité des attitudes des agriculteurs à l'égard du phénomène du changement climatique. De fait, l'évaluation l'évolution de ces risques et la manière dont les agriculteurs les perçoivent deviennent essentielles pour motiver des réponses en matière d'adaptation (Arbuckle et al., 2015). De nombreux auteurs ont montré un lien direct entre la sensibilité des agriculteurs aux problèmes écologiques et leur choix de pratiques agricoles (e.g., conduite des cultures, adoption des mesures agro-environnementales) (Mills et al., 2017). De même, des travaux mettent d'ores et déjà

en évidence un lien entre leur perception des risques et leurs attitudes face au changement climatique (Davies & Hodge, 2007; Mitter et al., 2019; Niles et al., 2013).

Même si des travaux sur les attitudes des agriculteurs à l'égard du changement climatique et des problèmes qui y sont associés abondent (Hyland et al., 2016) les perceptions des effets du changement climatique dans des localisations géographiques spécifiques telles que les zones métropolitaines demeurent à ce jour peu explorées (Ben-Othmen et al., 2022).

Cette partie vise à comprendre les mécanismes sous-jacents qui façonnent la perception du changement climatique par les agriculteurs de la Métropole Rouen Normandie. Nous soutenons que ces mécanismes sont complexes et multidimensionnels, associant de nombreux facteurs tels que la perception du risque (Arbuckle et al., 2015), la confiance *vis-à-vis* des politiques et institutions locales versus le scepticisme et le déni de la réglementation (Davidson et al., 2019), la confiance à l'égard du discours des scientifiques (Pidgeon, 2012), la perception des mesures et des solutions d'adaptation existantes, le niveau d'éducation des agriculteurs, les normes culturelles (Running et al., 2017) ainsi que les éventuelles expériences personnelles en matière d'événements climatiques majeurs (Lane et al., 2018).

En s'inscrivant dans la lignée des travaux de (Hyland et al., 2016), nous émettons l'hypothèse que les attitudes et les valeurs des agriculteurs (l'accent mis par les agriculteurs sur les préoccupations environnementales *versus* la maximisation des profits) influencent la perception du changement climatique, qui, à son tour, a un impact sur leur volonté et décision de mettre en œuvre des mesures d'adaptation. Pour vérifier cette hypothèse, une enquête a été menée pour collecter des données auprès des agriculteurs opérant dans la Métropole de Rouen. Elle avait pour objectif d'identifier les caractéristiques communes des agriculteurs pour produire une typologie. Celle-ci vise à mieux comprendre les valeurs et attitudes des agriculteurs qui forgent leur perception du changement climatique.

## L'enquête auprès des agriculteurs de la Métropole Rouen Normandie

Le questionnaire était conçu sur la base de la revue de la littérature sur les perceptions des agriculteurs du changement climatique et se composait de trois sections. La première section comprenait des questions visant à collec-

ter les informations sociodémographiques des agriculteurs, les caractéristiques structurelles de leurs exploitations (SAU, nombre d'employés) et de leurs systèmes d'exploitation (orientations technico-économiques (Otex), activités proposées à la ferme, produits labellisés, etc.). La deuxième section consistait en 40 déclarations (20 déclarations liées aux attitudes et 20 déclarations liées aux valeurs) pour lesquelles les agriculteurs devaient exprimer leur opinion sur une échelle de 1 à 5 (avec 1 pas du tout d'accord, 5 tout à fait d'accord). La dernière section demandait aux agriculteurs leur point de vue sur la mise en œuvre de mesures d'adaptation pour contrer l'impact négatif du changement climatique (le questionnaire est présenté en annexe). Au total, 140 agriculteurs ont été contactés, informés des objectifs de l'étude et invités à participer à l'enquête. Le travail a été réalisé par quatre élèves-ingénieurs du cursus agronomie et agro-industrie d'UniLaSalle qui ont été formés à la méthodologie d'enquête. Les agriculteurs ont été tous contactés pour convenir d'un rendez-vous en face-à-face sur le site de leurs exploitations et pour répondre au questionnaire. Faute de temps 49 agriculteurs ont accepté de remplir le questionnaire en face-à-face et 21 ont répondu en ligne. La campagne d'enquête s'est déroulée de septembre à novembre 2021, générant 70 questionnaires complets, objet de l'analyse qui suit.

## L'analyse des données

L'analyse statistique des réponses des agriculteurs s'est déroulée en deux étapes qui consistaient en une analyse en composantes principales (ACP) et une analyse typologique. L'ACP souligne les facteurs communs à prendre en compte et l'essentiel de la variation des données en examinant les schémas de corrélations entre les items du questionnaire à savoir les attitudes et les valeurs exprimées par les agriculteurs envers le changement climatique. L'ACP met en évidence les liens entre les différents items ainsi que leur potentiel à « exprimer la même idée » : c'est la composante principale (Field, 2009). L'analyse typologique consiste à classer les agriculteurs qui partagent des perceptions similaires sur le changement climatique en groupes appelés « types » (Arbuckle et al., 2015). Puisque ce type d'analyse s'est révélé efficace pour expliquer l'hétérogénéité des motivations des agriculteurs et pour mettre en évidence les contraintes à l'adoption de mesures d'adaptation dans plusieurs contextes, notamment européens (Barnes & Toma,

2012) et nord-américains (Hyland et al., 2016), il apparaît opportun de l'utiliser dans notre contexte.

### Les résultats

#### L'analyse en composante principale

L'analyse en composantes principales (ACP) a déterminé quatre "attitudes" et quatre "valeurs" principales des agriculteurs de notre échantillon.

### Les attitudes

#### ▪ Attitude clairvoyante vis-à-vis du risque du changement climatique

Les réponses des agriculteurs suggèrent qu'il semble y avoir une certaine reconnaissance des effets néfastes du changement climatique. Ces derniers ont déclaré que la proximité des centres urbains accentuait leur ressenti de l'impact négatif du changement climatique. En outre, ils étaient convaincus que la production alimentaire locale et les chaînes alimentaires courtes contribuent à réduire cet impact négatif. Ces attitudes participent à la définition du facteur de perception du risque lié au changement climatique.

#### ▪ Attitude positive vis-à-vis du changement climatique

Certaines réponses évoquant la logique de profit poursuivie par les agriculteurs sont associées à une perception positive du changement climatique, notamment « *Je pense que la productivité de ma ferme va s'améliorer grâce au changement climatique* » et « *Le changement climatique doit être considéré comme une opportunité plutôt que comme une menace.* »

#### ▪ Attitude de maximisation de la production

Les déclarations déterminant le facteur d'attitudes traduisant la maximisation de la production sont « *Les agriculteurs doivent toujours se focaliser sur la maximisation de production issue de leurs parcelles* » et « *Je pense que les prix des produits issus de l'agriculture biologique doivent augmenter sous peu comparé à ceux issus de l'agriculture conventionnelle* ».

#### ▪ Attitude de scepticisme vis-à-vis du changement climatique

D'autres réponses révèlent des points de vue sceptiques envers la réglementation environnementale. Dans l'ensemble, les agriculteurs ont convenu que ces réglementations augmenteraient les coûts de production aussi bien que leur charge de travail et réduiraient simultanément leurs revenus.

### Les valeurs

#### ▪ La valeur pro-environnementale et de leadership

La valeur de préservation de l'environnement et la prise d'initiative par l'agriculteur dans ce domaine ont été mises en évidence à travers des déclarations qui soulignent l'importance accordée par les agriculteurs à l'adoption de pratiques respectueuses de l'environnement, la réduction des kilomètres alimentaires en

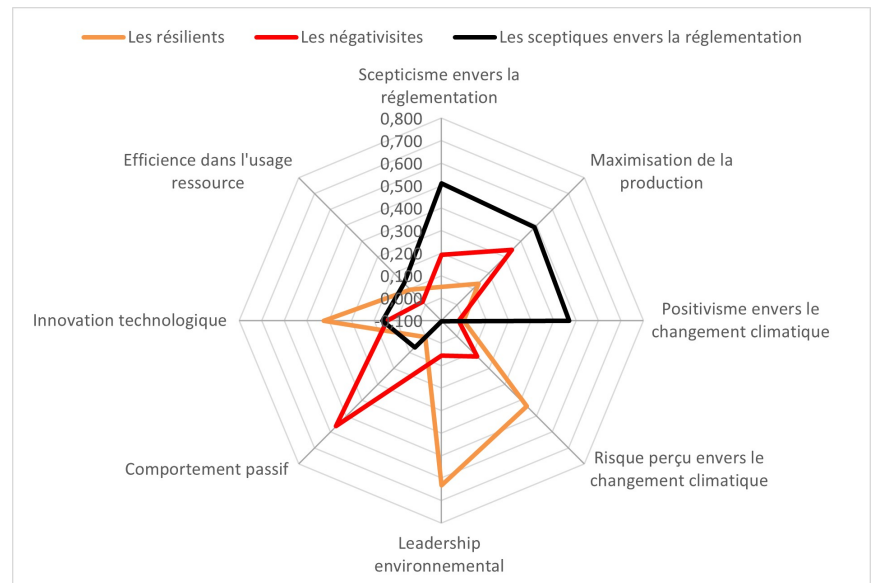


FIGURE 12 - Les types d'agriculteurs résilients, négativistes et sceptiques vis-à-vis de la réglementation

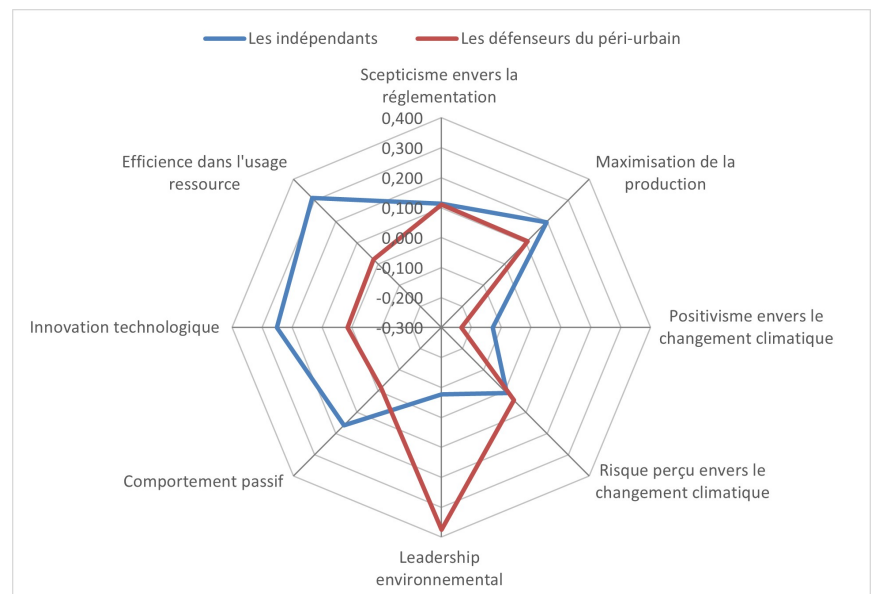


FIGURE 13 – les indépendants et les défenseurs du péri-urbains

produisant des produits locaux destinés à approvisionner les résidents des centres urbains les plus proches et l'utilisation de nouvelles variétés pour mieux s'adapter au changement climatique.

#### ▪ La valeur de l'innovation technologique

Cette valeur est associée à l'affirmation « *L'une des clés de la réussite de mon modèle de production sur l'exploitation est de rester à jour avec les innovations du monde agricole: robotique, stations météo* ».

#### ▪ La valeur d'utilisation judicieuse et efficace des ressources sur la ferme

Cette valeur est associée aux énoncés suivants: « *il est important pour moi de garder mes dettes à un niveau aussi bas que possible* » et « *il est important de faire le meilleur usage possible des ressources de mon exploitation* ».

#### ▪ La valeur « comportement passif »

Cette valeur est illustrée par l'approbation des agriculteurs de déclarations du type « *Je ne pense pas que le changement climatique exigera que je modifie mes activités pour produire davantage en circuit court* » et « *L'adaptation de l'agriculture au changement climatique n'est pas une priorité autour des villes* ».



### L'analyse typologique : les perceptions du changement climatique par les agriculteurs

L'analyse typologique a identifié cinq types d'agriculteurs : les résilients, les négativistes, les sceptiques *vis-à-vis* de la réglementation, les indépendants et les défenseurs du périurbain. Les figures 12 et 13 montrent des diagrammes en radar construits pour ces différents types d'agriculteurs et permettent de visualiser leurs différents traits distinctifs.

#### Les Résilients

Le type "Résilients" représente 24 % de l'échantillon. Les qualités déterminantes des agriculteurs de ce groupe sont liées à leur comportement pro-environnemental prononcé et leur leadership écologique. Ils ont également tendance à utiliser des techniques agricoles innovantes. Ces agriculteurs estiment qu'il est essentiel que leurs pratiques agricoles soient aussi rentables et respectueuses de l'environnement que possible. Ils jugent aussi nécessaire d'essayer de nouvelles variétés qui s'adaptent mieux au changement climatique. En outre, il existe un consensus parmi les agriculteurs de ce groupe sur le fait qu'il est crucial prendre des initiatives plutôt que de suivre lorsqu'il s'agit de mettre en œuvre des techniques agricoles respectueuses de l'environnement. Ces agriculteurs sont également conscients que le changement climatique est en train de se produire. Ils témoignent avoir déjà subi ses effets néfastes sur leurs exploitations (augmentation de la température, sécheresse, inondations, prolifération d'agents pathogènes). Par conséquent, ils obtiennent des scores élevés en termes de risque perçu et de niveau de sensibilisation au changement climatique (figure 12). Il convient de noter que 62 % des agriculteurs du groupe résilients ont une formation agricole ce qui peut expliquer à la fois leur sensibilité environnementale et leur compréhension du phénomène du changement climatique.

#### Les Négativistes

Les agriculteurs de type "négativiste" représentent 22 % de notre échantillon. Les agriculteurs de ce groupe ont obtenu des scores élevés en matière de comportement passif face au changement climatique, ce qui pourrait être en corrélation avec leur attitude centrée sur la production. Il n'est pas surprenant que ces agriculteurs n'aient pas non plus obtenu des scores élevés en matière de valeurs de leadership écologique. Bien qu'ils partagent un accord relatif sur la probabilité que la température annuelle moyenne augmentera dans un futur proche, les agriculteurs de ce groupe n'ont pas reconnu le changement climatique comme un risque qui pourrait induire une perte de productivité ou comme une menace qui les amènerait à réévaluer leur modèle de production agricole.

De plus, les agriculteurs de ce groupe n'ont affiché aucun accord particulier avec les valeurs d'efficacité en matière de l'usage des ressources, ce qui rend difficile l'identification d'une réponse comportementale précise.

Enfin, il est intéressant de mentionner que malgré leur scepticisme envers la réglementation, par rapport au type résilient, 27 % des agriculteurs de ce groupe affichent une confiance et un optimisme à l'égard des subventions publiques pour soutenir leur résilience face aux risques liés au changement climatique. Ce constat rejoint ceux obtenus par les études sur la gestion des risques de production par les agriculteurs français, tels que le risque de sécheresse (Foudi & Erdlenbruch, 2012) et les risques d'exploitation des entreprises agricoles (Špicka et al., 2009). Globalement, ces études ont montré que les subventions gouvernementales servent de « coussin financier » stabilisant le revenu des agriculteurs et soutenant leur prise de décision.

#### Les sceptiques *vis-à-vis* de la réglementation

Le type d'agriculteurs sceptiques *vis-à-vis* de la réglementation représente 19 % de notre échantillon et se définit principalement par, outre un scepticisme à l'égard de la réglementation environnementale, des attitudes axées sur la production. Les agriculteurs de ce groupe pensent que la réglementation augmentera leur charge de travail et réduira leurs revenus. Ils ont aussi tendance à considérer le changement climatique comme une opportunité qui améliorerait leurs pratiques et productivités agricoles plutôt qu'une menace (figure 12).

En effet, les sceptiques *vis-à-vis* de la réglementation ont tendance à croire que le changement climatique pourrait affecter positivement leurs exploitations agricoles et à critiquer les émissions des autres industries qui causent, selon eux, le plus de dommages en termes de changement climatique. Ce focus sur la productivité et la maximisation du profit est un constat courant dans la littérature (Gorton et al., 2008). Des recherches antérieures menées par Huik et Bock (2007), qui ont étudié les attitudes des éleveurs de porcs néerlandais, et Barne et al. (2009), qui ont étudié les attitudes des agriculteurs *vis-à-vis* des programmes et réglementations de lutte contre la pollution de l'eau en Écosse, ont mis en avant une relation positive et significative entre le comportement de maximisation du profit et le scepticisme *vis-à-vis* de la réglementation. Les deux études soulignent l'accent mis par les agriculteurs sur la maximisation des rendements comme conséquence de leurs décisions de gestion des terres (Wilson, 2001), ce qui semble être le cas dans de le territoire de la Métropole Rouen Normandie.

#### Les Indépendants

Les agriculteurs indépendants, qui représentent 18 % de l'échantillon, accordent une grande importance à la gestion efficace des ressources de leurs exploitations, à l'obtention des meilleurs prix du marché pour leurs produits et au maintien d'un endettement aussi bas que possible quelque soient les effets du changement climatique.

Dans ce groupe, la caractéristique d'indépendance semble être couplée à la tendance des agriculteurs à adopter des technologies innovantes même s'ils ne semblent pas se préoccuper du phénomène du changement climatique, comme en témoignent leur comportement passif et leur faible perception des risques (Figure 13). Par exemple, 38 % des agriculteurs de ce groupe ne pensent pas que les circuits courts peuvent contribuer à réduire les effets néfastes du changement climatique.

#### Les défenseurs du péri-urbain

Les défenseurs du périurbain, représentent 10 % de notre échantillon. Ils accordent une grande importance à la préservation des ressources sol et biodiversité locale à proximité des zones urbaines. Ceci pourrait être interprété comme l'expression d'un sens de responsabilité prononcé et d'un comportement pro-environnemental. Ces agriculteurs sont cependant moins enclins que les Résilients à essayer de nouvelles variétés de cultures comme moyen de s'adapter au changement climatique. En effet, les deux groupes diffèrent considérablement en ce qui concerne leur perception du risque du changement climatique.

Les défenseurs du périurbain ne sont pas forcément conscients des émissions de gaz à effet de serre générées par les activités agricoles (notamment l'élevage), ainsi que celles résultant des centres urbains proches. En effet, 41 % de ces agriculteurs ne reconnaissent pas la contribution de l'élevage au changement climatique, alors que 52 % affirment que les effets négatifs du changement climatique ne peuvent se sentir que sur le long terme, et ne se sentent pas concernés par l'urgence climatique. Notons que dans ce groupe la proportion d'agriculteurs titulaires d'une formation agricole est nettement inférieure à celle du type Résilient ce qui peut expliquer ce ressenti. Eggers, et al. (2015) ont mis en évidence des résultats similaires dans leur étude sur les attitudes des agriculteurs *vis-à-vis* du changement climatique dans les plaines de l'Allemagne du nord. Les auteurs expliquent que les agriculteurs moins instruits sont plus traditionalistes et conservateurs et ont tendance à expliquer les effets néfastes du changement climatique par la variabilité saisonnière et naturelle du climat.



# Conclusion

Sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie, l'agriculture offre des services multiples indispensables aux habitants, à la région et à la France. Même s'il existe encore de grandes incertitudes sur l'ampleur du changement climatique et ses effets, on sait déjà que les activités agricoles seront de plus en plus impactées par l'évolution du climat. Il devient ainsi primordial d'anticiper pour préparer l'agriculture en territoire métropolitain. Inciter les agriculteurs à adopter des mesures d'adaptation pour minimiser le plus possible les impacts néfastes et soutenir la résilience du territoire face à ce risque devient une urgence. Comme partout en France et dans le monde, le changement climatique est à l'œuvre sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie, avec des impacts positifs et négatifs sur l'agriculture que cette évaluation synthétique a cherché à identifier. En effet, le changement climatique n'est pas toujours synonyme d'une diminution de la production puisque des gains en matière de rendements sont prévus et même déjà observés : stimulation de la photosynthèse par l'augmentation de la concentration du dioxyde de carbone et allongement des périodes de productions notamment en verger et en maraîchage. En revanche, des phénomènes d'augmentation de la température sont aussi responsables de brûlure et d'échaudage impactant négativement les rendements des cultures. En outre, l'impact négatif de l'augmentation

de la température sur la réserve hydrique des sols aura des répercussions désastreuses sur les cultures et les pâturages. Ce qu'on observe malheureusement déjà en 2022 avec une sécheresse précoce.

Ainsi, sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie, les effets du changement climatique sur l'agriculture sont globalement modérés au regard des tendances observées durant les dernières décennies. Pourtant des mesures d'adaptations à l'échelle locale sont capables de contrebalancer les effets négatifs et d'éviter des mesures radicales de rupture de la gestion des systèmes agricoles (Delahaye et al., 2021).

Dans ce contexte, les agriculteurs qui opèrent sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie restent des interlocuteurs privilégiés. L'enquête décrite dans cette évaluation, a permis d'explorer comment ces derniers conceptualisent et perçoivent le changement climatique. Les résultats mettent à la fois des perceptions positives et négatives. Les agriculteurs du groupe Résilient qui ont déjà subi une perte de production attribuée au changement climatique sont les plus susceptibles de jouer un rôle de premier plan dans la mise en œuvre future de mesures d'adaptation. Dans ce groupe nous retrouvons des agriculteurs qui ont déjà commencé à s'adapter avec leurs propres armes en investissant dans des dispositifs comme l'irrigation de précision, les serres pour abriter les fruits rouges et

les nouvelles technologies même si celles-ci demeurent peu abordables et difficilement maîtrisables par le plus grand nombre. Parmi les Résilients, on retrouve aussi des pionniers en matière d'essai de nouvelles variétés de culture économes en eau à l'instar du sorgho. Ces agriculteurs ont décidé de privilégier des variétés résistantes au stress hydrique et thermique, et tolérantes aux pathogènes favorisés par les températures élevées. Certains ont même commencé à avancer leurs dates de semis et de récoltes pour éviter des épisodes sensibles en périodes de sécheresse. D'autres agriculteurs comme les Négativistes, les Indépendants et les Sceptiques envers la réglementation constatent déjà l'impact des sécheresses et du dérèglement des saisons sur leur activité mais n'admettent pas encore sa lecture et interprétation au travers du prisme du changement climatique. Il est nécessaire donc d'appuyer la stratégie de communication locale et de conseil auprès des agriculteurs pour inciter à l'adaptation et muter vers des systèmes plus résilients aux aléas climatiques sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie où l'agriculture peut même se transformer en un « gros aspirateur » de CO<sub>2</sub> présent dans l'atmosphère.

En effet, cibler les leviers de résilience à différentes échelles de la parcelle, l'exploitation, le territoire et les filières est nécessaire pour une adaptation optimale aux contraintes et aux opportunités du changement climatique.



## Références bibliographiques

- Adger, W. N., Arnell, N. W., & Tompkins, E. L. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, 15(2), 77–86. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.005>
- Agovino, M., Casaccia, M., Ciommi, M., Ferrara, M., & Marchesano, K. (2019). Agriculture, climate change and sustainability: The case of EU-28. *Ecological Indicators*, 105, 525–543. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.064>
- Agreste Île-de-France. (2019). Irrigation : une pratique mesurée à l'échelle du bassin Seine Normandie. Numéro 149. Disponible sur : [https://driaaf.ile-de-france.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/AGRESTE\\_IDF\\_Irrigation\\_16sept2019\\_cle8474cb.pdf](https://driaaf.ile-de-france.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/AGRESTE_IDF_Irrigation_16sept2019_cle8474cb.pdf)
- Agreste. (2020). En 2019, l'excédent agro-alimentaire progresse mais les échanges avec l'Union européenne sont désormais déficitaires. [www.agreste.agriculture.gouv.fr/%0AMinistère](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/%0AMinistère)
- Arbuckle, J. G., Morton, L. W., & Hobbs, J. (2015). Understanding Farmer Perspectives on Climate Change Adaptation and Mitigation: The Roles of Trust in Sources of Climate Information, Climate Change Beliefs, and Perceived Risk. *Environment and Behavior*, 47(2), 205–234. <https://doi.org/10.1177/0013916513503832>
- Barnes, A. P., & Toma, L. (2012). A typology of dairy farmer perceptions towards climate change. *Climatic Change*, 112(2), 507–522. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0226-2>
- Ben-Othmen, M. A., Dubois, M. J. ., & Sauvé, L. (2020). *Evolution Agrotechnique Contemporaine III Animal & Techniques* (Collection). Université de technologie de Belfort-Montbéliard.
- Ben-Othmen, M. A., & Ostapchuk, M. (2019). Farmers' preferences for grassland restoration: Evidence from France. *172nd EAAE Seminar 'Agricultural Policy for the Environment or Environmental Policy for Agriculture?' May 28-29, 2019. Brussels*.
- Ben-Othmen, M. A. et al. (2022) 'Peri-urban Farmers' Perception of Climate Change: Values and Perspectives – A French Case Study BT - Ecological Footprints of Climate Change : Adaptive Approaches and Sustainability', in Chatterjee, U. et al. (eds). Cham: Springer International Publishing, pp. 349–372. doi: 10.1007/978-3-031-15501-7\_13.
- Briche, É., Quénot, H., & Beltrando, G. (2011). Climate change in the Champagne vineyard: 2003, a taste of what is foreseen by digital models for the 21st century? *Espace Géographique*, 40(2), 164–175. <https://doi.org/10.3917/eg.402.0164>
- Brisson, N., & Levrault, F. (2010). *Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010)*. <https://bibliothèque.ademe.fr/produire-autrement/3893-changement-climatique-agriculture-et-foret-en-france-simulations-d-impacts-sur-les-principales-especes.html>
- Bruyant-Vannier, M.-P. (1994). *Mise en évidence des pectine méthyltransférases et des hémicellulose méthyltransférases chez le lin. Caractérisation des pectine méthyltransférases*.
- Chaloner, T., Gurr, S., & Bebbler, D. (2021). Plant pathogen infection risk tracks global crop yields under climate change. *Crop Pathogens and Climate Change*, 6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1101/2020.04.28.066233>
- Charte Agricole du territoire de la Métropole Rouen Normandie (2017). [https://www.metropole-rouen-normandie.fr/sites/default/files/publication/2018/SYNTHESE\\_AGRICOLE\\_WEB.pdf](https://www.metropole-rouen-normandie.fr/sites/default/files/publication/2018/SYNTHESE_AGRICOLE_WEB.pdf)
- Davidson, D. J., Rollins, C., Lefsrud, L., Anders, S., & Hamann, A. (2019). Just don't call it climate change: Climate-skeptic farmer adoption of climate-mitigative practices. *Environmental Research Letters*, 14(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aafa30>
- Davies, B. B., & Hodge, I. D. (2007). Exploring environmental perspectives in lowland agriculture: A Q methodology study in East Anglia, UK. *Ecological Economics*, 61(2), 323–333. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.03.002>
- Diomard, I., & Chéron, E. (2020). *Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région Normandie*.
- Dittmar, C., Zech, W., & Elling, W. (2003). Growth variations of Common beech (*Fagus sylvatica* L.) under different climatic and environmental conditions in Europe—a dendroecological study. *Forest Ecology and Management*, 173(1), 63–78. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00816-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00816-7)
- Durand, J. L., Bernard, F., Lardy, R., Graux, A., Durand, J. L., Bernard, F., Lardy, R., & Changement, A. G. (2020). *Changement climatique et prairie : l'essentiel des impacts* (A. Editions (ed.)).
- Duvernoy, I., Zamboni, I., Sateriano, A., & Salvati, L. (2018). Pictures from the other side of the fringe: Urban growth and peri-urban agriculture in a post-industrial city (Toulouse, France). *Journal of Rural Studies*, 57, 25–35. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.10.007>
- F. Ruget, O. Bethenod, L. Combe. (1996). *Repercussions of increased atmospheric CO2 on maize morphogenesis and growth for various temperature and radiation levels*, (1996).
- FAO. (2017). *FAOSTATS*. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (Sage Publi).
- Garner, J. B., Douglas, M., Williams, S. R. O., Wales, W. J., Marett, L. C., DiGiacomo, K., Leury, B. J., & Hayes, B. J. (2017). Responses of dairy cows to short-term heat stress in controlled-climate chambers. *Animal Production Science*, 57(7), 1233–1241. <https://doi.org/10.1071/AN16472>
- González-Camacho, J. M., Mailhol, J. C., & Ruget, F. (2008). Impacts locaux attendus de l'augmentation du CO2 dans l'atmosphère sur la productivité de l'eau du maïs dans la drôme, France. *Irrigation and Drainage*, 57(2), 229–243. <https://doi.org/10.1002/ird.332>
- Guédon, Y., & Legave, J. M. (2008). Analyzing the time-course variation of apple and pear tree dates of flowering stages in the global warming context. *Ecological Modelling*, 219(1–2), 189–199. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.08.010>
- Henry, B. K., Eckard, R. J., & Beauchemin, K. A. (2018). Review : Adaptation of ruminant livestock production systems to climate changes. *Animal, The International Journal of Animal Biosciences*, 12, s445 – s456. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001301>
- Hyland, J. J., Jones, D. L., Parkhill, K. A., Barnes, A. P., & Williams, A. P. (2016). Farmers' perceptions of climate change: identifying types. In *Agriculture and Human Values* (Vol. 33, Issue 2). <https://doi.org/10.1007/s10460-015-9608-9>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022 Impact, Adaptation and Vulnerability, a summary for policymakers*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Jones, P. D., Lister, D. H., Jaggard, K. W., & Pidgeon, J. D. (2003). Future Climate Impact on the Productivity of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) in Europe. *Climatic Change*, 58(1), 93–108. <https://doi.org/10.1023/A:1023420102432>
- Jump, A., Hunt, J., & Penuelas, J. (2006). Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*. *Global Change Biology*, 12(11), 2163–2174. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01250.x>

- Kazmierczak L., Laignel B., Charrier F., (2019). La ressource en eau et le risque inondation dans la Métropole Rouen Normandie : constat et analyse prospective dans un contexte de changement climatique. Rapport du GIEC local pour la Métropole Rouen Normandie, 24 p.
- Laignel B., Nouaceur Z., 2018. Évolution du climat à l'échelle de la Métropole Rouen Normandie. Rapport du GIEC local pour la Métropole Rouen Normandie, 24 p.
- Lane, Chatrchyan, Tobin, Thorn, Allred, & R, R. (2018). Climate change and agriculture in New York and Pennsylvania: risk perceptions, vulnerability and adaptation among farmers. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 33(3), 197–205.
- Le Gouée, Cantat, Bensaïd, & Savouret. (2010). La Sensibilité Des Systèmes De Production Agricole En Normandie Face Au Changement Climatique ( 2000-2100 ). 23eme Colloque de l'association Internationale de Climatologie, October 2014, 331 – 336.
- Le Gouée, P. (2016). Référentiel Régional Pédologique de Basse-Normandie. In HAL Archives Ouvertes (p. 1). <https://hal.archives-ouvertes.fr/medihal-01535658>
- Legave, J. (2020). *Comment faire face aux changements climatiques en arboriculture fruitière ?* To cite this version : HAL Id : hal-02662662.
- Levrault, F., Bancal, M. O., Brisson, N., & Pieri, P. (2010). Changement climatique en zone Centre-Nord: aperçu des impacts agricoles. In *Livre vert du projet Climator. Changement climatique, agriculture et forêt en France: simulations d'impacts sur les principales espèces (2007-2010)*.
- Liu, C., Thong, Z., & Yu, H. (2009). Coming into bloom: The specification of floral meristems. *Development*, 136(20), 3379–3391. <https://doi.org/10.1242/dev.033076>
- Lopez, G., & Dejong, T. M. (2007). Spring temperatures have a major effect on early stages of peach fruit growth. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82(4), 507–512. <https://doi.org/10.1080/14620316.2007.11512266>
- Manderscheid, R., Weigel, H., Manderscheid, R., & Drought, H. W. (2007). *Drought stress effects on wheat are mitigated by atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment* To cite this version : *Drought stress effects on wheat are mitigated by atmospheric CO<sub>2</sub>*.
- Marçal, D., Mesquita, G., Kallas, L. M. E., & Hora, K. E. R. (2021). Urban and peri-urban agriculture in Goiânia: The search for solutions to adapt cities in the context of global climate change. *Urban Climate*, 35(October 2020). <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100732>
- Mills, J., Gaskell, P., Ingram, J., Dwyer, J., Reed, M., & Short, C. (2017). Engaging farmers in environmental management through a better understanding of behaviour. *Agriculture and Human Values*, 34(2), 283–299. <https://doi.org/10.1007/s10460-016-9705-4>
- Mitter, H., Larcher, M., Schönhart, M., Stöttinger, M., & Schmid, E. (2019). Exploring Farmers' Climate Change Perceptions and Adaptation Intentions: Empirical Evidence from Austria. *Environmental Management*, 63(6), 804–821. <https://doi.org/10.1007/s00267-019-01158-7>
- Moreau, & Madrid. (2018). *Pour l'adaptation des élevages laitiers au changement climatique*. [https://normandie.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/National/FAL\\_commun/publications/Normandie/climat-climalait-76.pdf](https://normandie.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Normandie/climat-climalait-76.pdf)
- Morignat, E., Perrin, J., Gay, E., Vinard, J., Calavas, D., & He, V. (2014). *Assessment of the Impact of the 2003 and 2006 Heat Waves on Cattle Mortality in France*. 9(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093176>
- Niles, M. T., Lubell, M., & Haden, V. R. (2013). Perceptions and responses to climate policy risks among California farmers. *Global Environmental Change*, 23(6), 1752–1760. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.08.005>
- Pidgeon, N. (2012). Public understanding of, and attitudes to, climate change: UK and international perspectives and policy. *Climate Policy*, 12(sup01), S85 – S106. <https://doi.org/10.1080/14693062.2012.702982>
- Pradhan, P., Kriewald, S., Costa, L., Rybski, D., Benton, T. G., Fischer, G., & Kropp, J. P. (2020). Urban Food Systems: How Regionalization Can Contribute to Climate Change Mitigation. *Environmental Science and Technology*, 54(17), 10551–10560. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02739>
- Robinson, G. M., Bardsley, D. K., Raymond, C. M., Underwood, T., Moskwa, E., Weber, D., Waschl, N., & Bardsley, A. M. (2018). Adapting to climate change: Lessons from farmers and peri-urban fringe residents in South Australia. *Environments - MDPI*, 5(3), 1–16. <https://doi.org/10.3390/environments5030040>
- Rodrigo, J., & Herrero, M. (2002). Effects of pre-blossom temperatures on flower development and fruit set in apricot. *Scientia Horticulturae*, 92(2), 125–135. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00289-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00289-8)
- Running, K., Burke, J., & Shipley, K. (2017). Perceptions of Environmental Change and Climate Concern Among Idaho's Farmers. *Society and Natural Resources*, 30(6), 659–673. <https://doi.org/10.1080/08941920.2016.1239151>
- Satger, S., Ruget, F., Volaire, F., Brisson, N., & Lelievre, F. (2008). A model to simulate tiller dynamics of perennial forage grasses under severe Mediterranean drought. *Options Méditerranéennes*, 79(79), 269–273.
- Seguin, B. (2003). Adaptation des systèmes de production agricole au changement climatique. *Comptes Rendus - Geoscience*, 335(6–7), 569–575. [https://doi.org/10.1016/S1631-0713\(03\)00098-1](https://doi.org/10.1016/S1631-0713(03)00098-1)
- Smit, B., & Skinner, M. W. (2002). Adaptation options in agriculture to climate change: A typology. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 7(1), 85–114. <https://doi.org/10.1023/A:1015862228270>
- Vallée, R. (2021). *Impacts du stress thermique sur les vaches laitières*. <https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=2&record=10499387124922175699>
- Vennetier, M., Vila, B., Liang, E.-Y., Guibal, F., Ripert, C., & Chandioix, O. (2005). Impacts du changement climatique sur la productivité forestière et le déplacement d'une limite bioclimatique en région méditerranéenne française. *Ingénieries*, 44, pp 49-61.

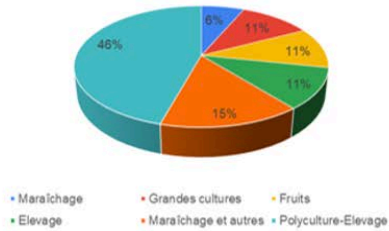




# Annexes

## Les caractéristiques des exploitations enquêtées

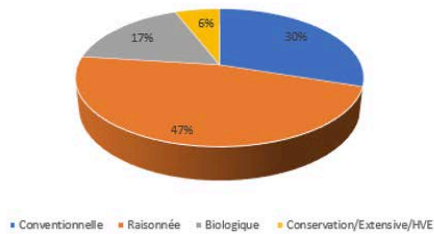
Orientations technico-économiques



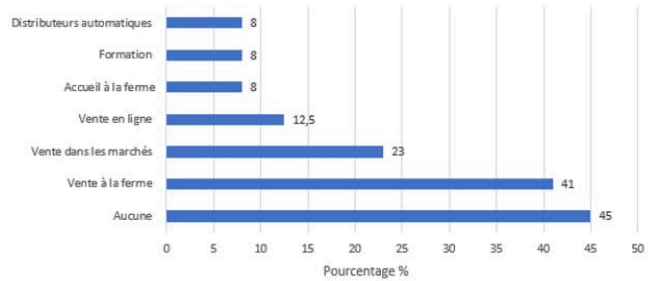
SAU moyenne: **98,9 ha** ( min 1 ha, max 270 ha)

Près de **50% des exploitations produisent en circuits courts** (Maraîchage 100% , Polyculture-élevage 24,5% et arboriculture 40%)

Pratiques Agricoles

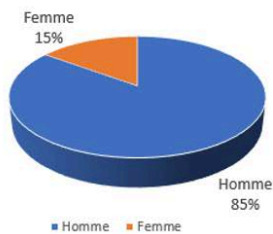


Activités développées sur la ferme

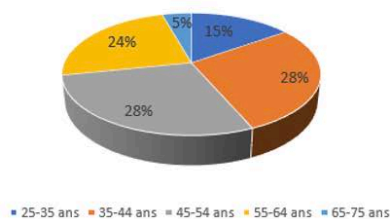


## Les caractéristiques des agriculteurs

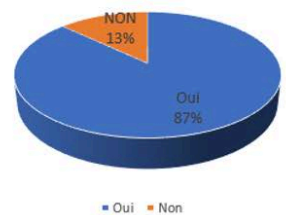
Genre



Age des agriculteurs



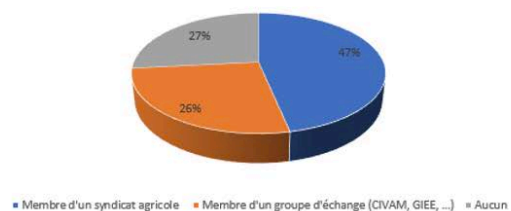
Formation agricole



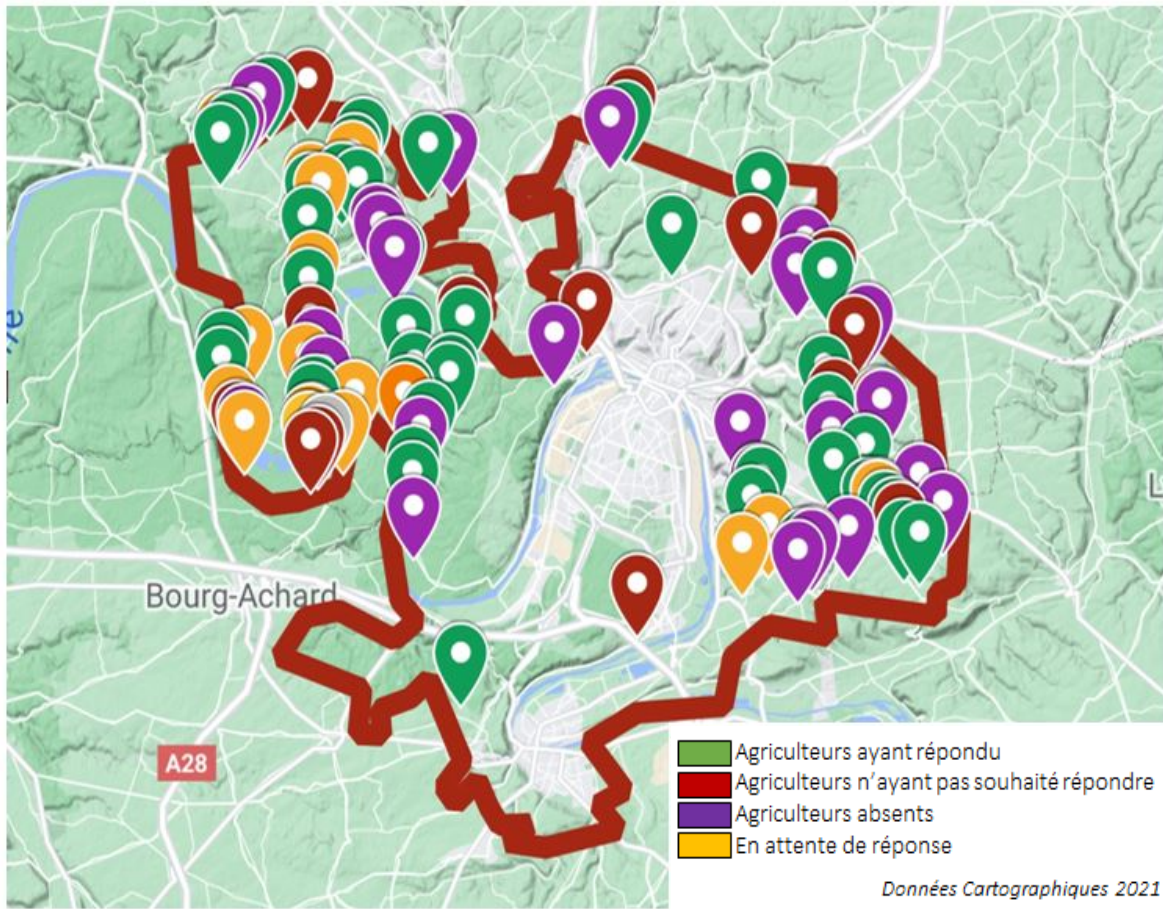
Age moyen: **46 ans**

Date d'installation: en moyenne **18 ans**

Réseaux professionnels



## Carte de localisation des exploitations visitées







---

**En cas d'utilisation de données ou d'éléments de ce rapport, il doit être cité selon la forme suivante :**

Ben Othmen M.A., Bruynat M.-P. (2023). Les impacts du changement climatique sur l'agriculture dans la Métropole Rouen Normandie. Rapport du GIEC Local pour la Métropole Rouen Normandie. 28p.

Le GIEC Local ne serait en aucune façon responsable des interprétations, productions intellectuelles, et publications diverses résultant des résultats de leurs travaux et pour lesquelles il n'aurait pas donné d'accord préalable.

Le GIEC Local est un groupe d'experts créé dans le cadre de la COP21 Rouen Normandie animée par la Métropole Rouen Normandie. Les experts proviennent des structures suivantes :



## CONTACTS

Léo KAZMIERCZAK - Chargé de projet climat

leo.kazmierczak@metropole-rouen-normandie.fr

Charlotte CÉLESTIN - Responsable de projets PCAET

charlotte.celestin@metropole-rouen-normandie.fr