



Agriculture et adaptation

**VERS UNE ADAPTATION DURABLE DE L'AGRICULTURE
EUROPÉENNE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE**



00 Table des matières

01. Introduction	4
02. Une approche pour évaluer la vulnérabilité climatique de la ferme	9
03. Évaluation de la vulnérabilité climatique des fermes	13
3.1. OBSERVATIONS CLIMATIQUES	14
3.1.1. Aléas climatiques affectant les fermes pilotes	14
3.1.2. Indicateurs agro-climatiques (IAC)	16
3.2. PROJECTIONS CLIMATIQUES	17
3.3. « AFOM CLIMATIQUES » DES FERMES PILOTES	20
04. Cas d'études et mesures d'adaptation durable	23
4.1. GRANDES CULTURES CÉRÉALES, OLÉO-PROTÉAGINEUX, LÉGUMINEUSES, FOURRAGES, LÉGUMES	23
4.1.1. Diversification des cultures et amélioration de la fertilité des sols à Melque de Cercos · ESPAGNE	24
4.1.2. Diversification et semis précoce pour plus de résilience et de stabilité · SUD DE LA FRANCE	26
4.1.3. Non labour, cultures intermédiaires et allongement de la rotation pour l'adaptation des cultures · NORD DE LA FRANCE	29
4.1.4. Amélioration de la structure des sols dans les collines de Kraichgau · ALLEMAGNE	31
4.1.5. Agrotechnologie et assolement cultural soigné à Haage · ESTONIE	34
4.2. CULTURES PERMANENTES : LA VIGNE	39
4.2.1. Vinification de qualité et gestion des sols, les meilleures options d'adaptation à Terres dels Alforins · ESPAGNE	40
4.2.2. Mulching, compost et outils d'aide à la décision sur la péninsule d'Höri · ALLEMAGNE	44
4.3. FERMES D'ÉLEVAGE BOVIN LAIT ET BOVIN VIANDE	47
4.3.1. Améliorer la durabilité des fermes laitières tout en devenant plus résilient · ESPAGNE	48
4.3.2. Calendrier de pâturage et « Keyline Design » à El Baldío · ESPAGNE	51
4.3.3. Sorgho ensilage, méteils fourragers et focus sur l'adaptation des vaches laitières · FRANCE	53
4.3.4. Confort amélioré et plus grande durabilité de la production de fourrages dans le Bodenseekreis · ALLEMAGNE	55
4.3.5. Nouveau bâtiment d'élevage et développement du stockage dans la région de Valgamaa · ESTONIE	57
05. Conclusion et orientations : Mesures d'Adaptation Durables (MAD)	61
06. Contacts	64
07. Remerciements	65

01 Introduction

Retour dans le passé quelque part en Europe, à la fin du printemps 2016 : dans les campagnes, le blé et le colza se développent bien. Les épis de blé sont formés et les pollinisateurs butinent le colza. Soudain, le vent se lève, il pleut. Bien que la pluie soit bienvenue à cette époque, son **intensité est inhabituelle**. Elle frappe les cultures avec une force incroyable, asphyxie les cultures, provoque la verse des céréales et perturbe la pollinisation. Les rendements semblent compromis. L'évènement n'a rien de local : il touche un vaste territoire du nord de l'Europe à la façade atlantique. Le bilan est très lourd : Les fermes perdent jusqu'à 50% de leur production.

Autre temps, autre lieu : avril 2017, dans le sud de la France. Les vignes démarrent leur développement

végétatif, les fruitiers sont en période de floraison, certains portent de petits fruits. Généralement en avril, les températures remontent et l'on se prend à espérer qu'il n'y aura pas trop de jours de gel et encore moins de gel tardif. La météo en décide autrement : les températures sont très basses pendant 5 jours consécutifs. Les jeunes feuilles, les fleurs et les petits fruits en formation n'y résisteront pas. Les rendements seront médiocres.

Après le printemps intensément pluvieux de 2016, les gelées tardives de 2017, c'est une sécheresse exceptionnelle qui touche le sud de l'Europe. Les conséquences sont d'autant plus terribles que cette sécheresse va se répéter en 2018, dans la moitié nord de l'Europe cette fois-ci, entraînant à nouveau, des pertes de rendement agricoles considérables.



FIGURE 01. Verse des céréales liée aux fortes précipitations. Source: Photo Max Pixel, own work, CCO Public Domain.

A la question : est-ce que cela va enfin s'arrêter ? La réponse est non.

Certes, des événements climatiques défavorables se sont toujours produits, mais sous l'effet du changement climatique, ils seront plus fréquents et plus intenses.

Comme le montre la **figure 3**, la pénurie d'eau et les sécheresses sont depuis 10 ans récurrentes en Europe. Toutes les régions ont été touchées.

Ces phénomènes météorologiques extrêmes sont difficiles à prévoir. Toutefois, la communauté scientifique mondiale sous l'égide du GIEC a réalisé des projections climatiques tendanciennes et cela pour différents modèles et scénarios appelés RCP (Representative Concentration Pathway). Ces scénarios intègrent des hypothèses plus ou moins optimistes d'évolution des émissions et des concentrations de gaz

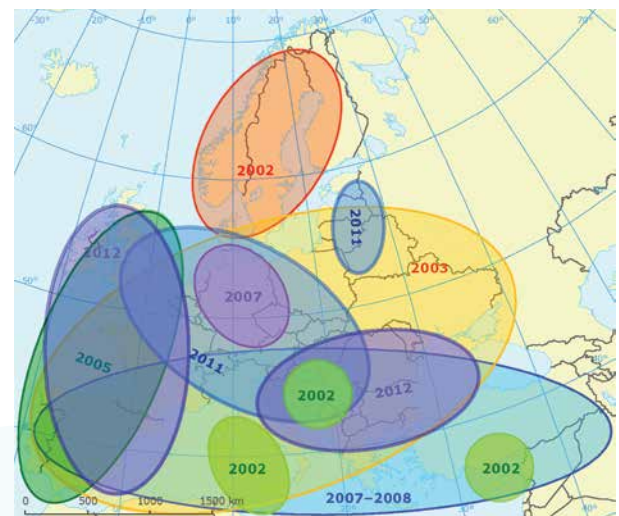


FIGURE 03. Pénurie d'eau et sécheresse en Europe au cours de la dernière décennie. Source : AEE, 2012.



FIGURE 02. Maïs impactés par la sécheresse. Source : Photo CraneStation, own work, CC BY 2.0.

FIGURE 04. Les quatre régions à risque climatique de l'UE et leurs principaux impacts respectifs liés au changement climatique. Source : AEE, 2016.

- Rouge : région sud (Méditerranée)

- Jaune : région atlantique

- Vert : région continentale

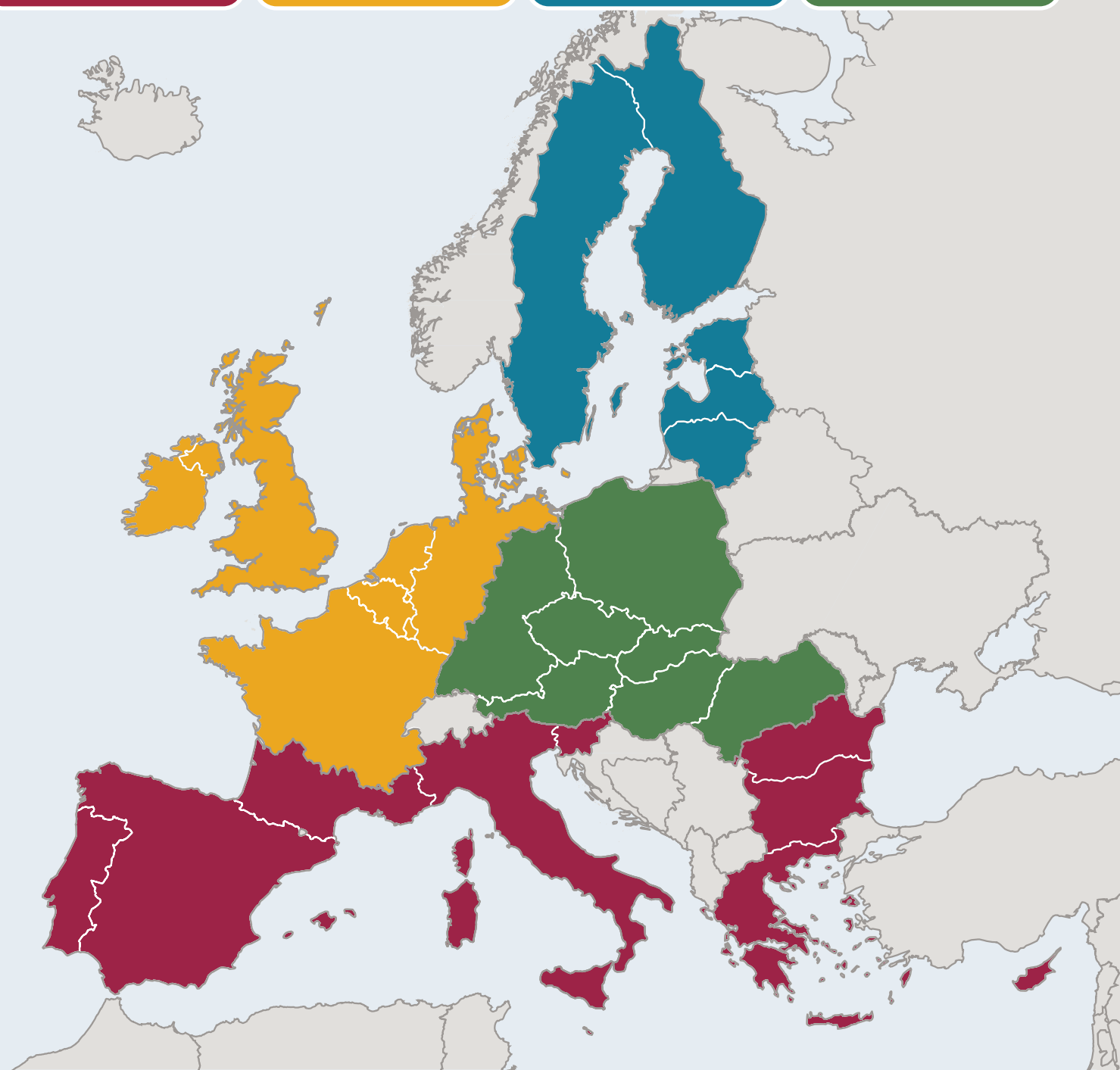
- Bleu : région nordique

- Disponibilité en eau
- Risques de sécheresse, vagues de chaleur
- Risque d'érosion des sols
- Durée du cycle cultural, rendements
- Zones favorables aux cultures

- Risques d'inondation
- Étés plus secs et plus chauds
- Niveau de la mer
- Risques liés aux ravageurs et aux maladies
- Santé animale, bien-être

- Précipitations estivales
- Tempêtes hivernales, inondations
- Durée du cycle cultural, rendements
- Surface agricole utile
- Risques liés aux ravageurs et aux maladies

- Précipitations hivernales, inondations
- Précipitations estivales
- Risques de sécheresse, pressions sur la ressource en eau
- Risques d'érosion des sols
- Rendements, variété des cultures



à effet de serre (GES) dans l'atmosphère, responsables du changement climatique. Il est possible de simuler les principales tendances à venir pour différentes variables climatiques telles que la température, les précipitations ou l'évapotranspiration. Sur la base de ces tendances, les agriculteurs sont donc maintenant en mesure de pouvoir identifier **quelles mesures d'adaptation durables sont le plus pertinentes pour leur système agricole, afin de réduire l'impact du changement climatique et d'accroître leur résilience.**

Bien que certains changements climatiques puissent potentiellement permettre d'entrevoir un impact positif sur l'agriculture européenne, ce sont principalement des impacts négatifs qui sont attendus et affecteront des régions qui subissent déjà une dégradation de l'environnement. Ces travaux différencient quatre zones de vulnérabilité au changement climatique : la zone continentale, la zone atlantique, la zone nordique, la zone sud. (AEE, 2016. Voir **figure 4**).

Dans la région sud, c'est la disponibilité en eau, la durée de croissance des plantes, et donc les rendements des cultures qui vont diminuer, tandis que le risque de canicule et d'érosion des sols augmenteront.

La **région atlantique** sera exposée à un risque plus élevé d'inondations, à une fréquence plus élevée de parasites et de maladies, ainsi qu'à des étés plus chauds et plus secs.

La **région continentale** sera soumise à des étés moins pluvieux, avec un risque accru de sécheresse et de stress hydrique, et davantage de fortes pluies et d'inondations en hiver. Les impacts ne seront pas uniquement négatifs. La période de végétation sera plus longue, ce qui permet d'envisager de nouvelles espèces : maïs, vigne, ainsi que des cultures adaptées à des étés plus secs : tournesol, cameline, sorgho multi-coups (type herbe du Soudan), soja, patate douce. De même, certains cépages originaires du sud de l'Europe pourront aussi être cultivés en région continentale (par exemple, le Cabernet sauvignon).

A ce stade, impossible de déterminer si, globalement, ce type d'effets positifs vont s'équilibrer avec les effets négatifs.

La région européenne qui profitera certainement d'effets positifs du changement climatique sera la **région nordique** : les rendements et la période de croissance des cultures augmenteront, ainsi que le potentiel agronomique de l'ensemble de la région. Néanmoins, les précipitations en été vont diminuer, les fortes pluies et les inondations en hiver vont augmenter et l'impact des ravageurs et des maladies sur les cultures sera plus important.

Ainsi, la nécessité de mettre en place des stratégies d'adaptation de l'agriculture est nécessaire dans toutes les régions agricoles d'Europe, y compris dans celles qui sont potentiellement les moins affectées.

Afin d'aider à lutter contre les effets négatifs (en cours et à venir) induits par le changement climatique, les partenaires du projet LIFE AgriAdapt ont mis au point une **méthodologie commune permettant d'évaluer le risque climatique** au niveau des exploitations.

Une fois les risques identifiés, la méthodologie propose des mesures d'adaptation qui ont vocation à **accroître la résilience des exploitations agricoles**, à diminuer les émissions de gaz à effet de serre, tout en préservant l'environnement et le bon fonctionnement des agrosystèmes dans la durée.

AgriAdapt s'intéresse aux 3 grands systèmes agricoles européens : les systèmes d'élevages, les grandes cultures, et les cultures pérennes.

AgriAdapt a pour finalité de proposer aux agriculteurs des mesures d'adaptation, le projet a également pour ambition d'en évaluer et d'en suivre de manière qualitative et quantitative les effets (positifs, négatifs), aussi bien pour l'agrosystème que pour l'environnement à l'échelle de la ferme.

Les changements proposés vont au-delà de simples ajustements des pratiques agricoles actuelles. Certaines mesures peuvent se révéler stratégiques pour les exploitations agricoles, notamment lorsque les bénéfices sont multiples, avec par exemple l'amélioration de l'efficacité de la ferme, la réduction des coûts, la création de nouvelles opportunités de commercialisation ou bien l'anticipation des futures exigences environnementales attendues par la société... **l'effort d'adaptation peut alors en valoir la peine !**

LIFE AgriAdapt est un projet axé sur la recherche de **solutions concrètes, opérationnelles et transmissibles** au monde agricole. Différents supports d'information et de formation ont été réalisés. Ils ont vocation à être largement diffusés, en priorité auprès des établissements d'enseignement agricole, les organismes agricoles, et les agriculteurs.

Ce manuel présente la méthodologie mise au point par les partenaires du projet LIFE et les outils d'évaluations utilisés, ainsi que les mesures d'adaptation proposées et mises en œuvre par un réseau de 126 fermes pilotes. Ces fermes pilotes volontaires se sont prêtées à l'exercice du diagnostic, de la prospective et de la mise en œuvre d'actions d'adaptation. Il convient ici de saluer, et de remercier l'implication d'un groupe motivé d'agricultrices et d'agriculteurs qui ont fait confiance aux partenaires du projet.



02 Une approche pour évaluer la vulnérabilité climatique de la ferme

"Supposons..."

... nous ne savons rien ou pas grand-chose du changement climatique ! alors que nous observons déjà des impacts majeurs sur les fermes."

"Supposons..."

... nous souhaitons reprendre une exploitation agricole, dont nous ne connaissons pas l'historique des rendements."

"Supposons..."

... nous pressentons que cette ferme a traversé des aléas climatiques qui ont pu être parfois exceptionnels, dans leur durée, ou dans leur intensité. Quel a été l'impact de ces événements sur les rendements ? Vont-ils se reproduire ? A l'identique ? Avec quelles incidences sur les futurs rendements ?"

Pour répondre à ces questions, il est nécessaire d'avoir un outil d'évaluation capable, sur la base d'une analyse du passé récent, de relier les rendements observés à ce que l'on appelle les Indicateurs Agro-Climatiques (IAC) des cultures. Voici quelques exemples : le nombre de jours ou la température moyenne journalière dépasse un seuil X pendant un temps T entre les mois A et B, ou encore l'indice de fraîcheur des nuits sur un pas de temps donné, le bilan hydrique des sols pendant la période de maturation d'une culture, le nombre de jours de gels, etc.

Cela demande d'être en capacité de se projeter dans un futur proche, et de savoir comment les indicateurs agro-climatiques qui ont un impact significatif – positif ou négatif – sur les rendements vont évoluer avec le changement du climat.

AgriAdapt établit ces passerelles entre le passé et le futur. La méthodologie permet de relier – de manière chiffrée – certains facteurs climatiques à de faibles rendements, et ce faisant de caractériser les indicateurs agro-climatiques (IAC) des cultures, c'est-à-dire les facteurs déterminants des rendements.

Les **évaluations des risques climatiques** ont été définies pour chacune des quatre principales régions à risque climatique de l'Europe, et pour les principaux systèmes agricoles européens, à savoir les grandes cultures, l'élevage et les cultures permanentes.

Sur le plan technique, cette évaluation des risques climatiques associe la probabilité de la fréquence d'occurrence d'un stress climatique (ou exposition) à la gravité des conséquences (ou impact), comme par exemple la perte de rendement d'une culture. La matrice, développée pour évaluer le niveau de risque de la ferme, est illustrée à la **figure 5** ci-dessous, dans laquelle un niveau d'exposition (note de 1 à 6) est croisée avec le niveau d'impact (note de 1 à 6).

L'évaluation de la vulnérabilité climatique repose sur quatre étapes : la **première étape** consiste à évaluer le risque climatique actuel de l'exploitation sur la base d'une analyse des données climatiques des 15 dernières années, des rendements historiques de la ferme et d'informations spécifiques recueillies lors d'un entretien avec l'agriculteur.

Fréquence	Note d'exposition							
>50%	6	6	12	18	24	30	36	
41-50%	5	5	10	15	20	25	30	
31-40%	4	4	8	12	16	20	24	
21-30%	3	3	6	9	12	15	18	
11-20%	2	2	4	6	8	10	12	
<10%	1	1	2	3	4	5	6	
		1	2	3	4	5	6	Note d'impact
		0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50%	Perte de rendement

FIGURE 05. Matrice d'évaluation de la vulnérabilité AgriAdapt. Source : AgriAdapt.

La deuxième étape consiste à évaluer le risque climatique de la ferme (hypothèse d'une continuité des pratiques agricoles en place) dans les 30 prochaines années.

La **troisième étape** a pour but d'identifier les options d'adaptation possibles au niveau de la ferme.

Enfin et surtout, la **quatrième étape** consiste à élaborer un plan d'action pour une adaptation pertinente la ferme au regard de sa vulnérabilité au changement climatique.

Un des éléments importants pour l'évaluation repose sur l'identification du rendement annuel des cultures de la ferme sur les 15 dernières années, données pouvant être fournies directement par l'agriculteur, mais aussi approchées au travers de statistiques culturelles à une échelle locale. Au

sein de ces compilations de rendements, les moins bonnes performances sont relevées pour être ensuite confrontées à l'analyse des observations climatiques historiques, afin de cibler les paramètres climatiques (ou bien une combinaison de paramètres) pouvant expliquer les faibles rendements. Ces **indicateurs agro-climatiques** sont issus principalement de l'analyse de la littérature scientifique et de la recherche agronomique (écophysiologie végétale et animale), mais peuvent aussi être orientés par des questionnements d'agriculteurs. Quel que soit son origine, il est important de calibrer au mieux ces indicateurs au sein de chaque zone étudiée.

L'outil permettant ces analyses dans le projet LIFE AgriAdapt est appelé « ACZ » pour « Agro Climatic Zone ». Ce calculateur rassemble les rendements et les données climatiques locales puis il élabore de manière automatique plus de 65

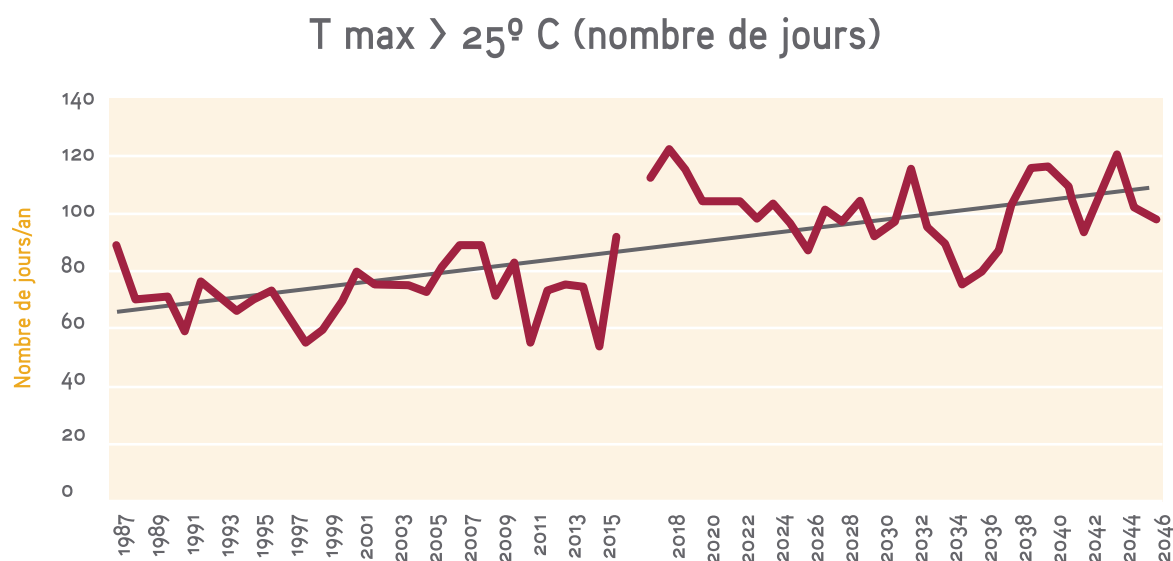


FIGURE 06. Exemple d'IAC calculé au travers de l'outil ACZ sur une grille de 25 par 25km. Source : AgriAdapt.

indicateurs agro-climatiques (IAC) couvrant un large nombre de cultures, à la fois sur la période du passé récent et pour le futur proche (exemple d'IAC : précipitations en juillet / août ou bien nombre de journées chaudes avec des températures supérieures à 25 °C en mai / juin - **Figure 6**).

Le portail de données Agri4Cast1 de la Commission européenne (JRC) est la principale source mobilisée pour obtenir des données climatiques en vue des évaluations de vulnérabilité climatique. Il s'agit d'une plateforme en libre accès proposant des données climatiques homogènes pour l'ensemble de l'Europe. Les observations climatiques sont disponibles de 1975 à la dernière année civile révolue, pour un ensemble de 12 variables climatiques (donnée journalière), dont l'évapotranspiration (ou ETP), variable essentielle pour étudier les enjeux agricoles.

Il est aussi possible de combiner certaines de ces 12 variables climatiques pour en obtenir de nouvelles. Ainsi, le calcul du stress hydrique, la recharge hivernale ou bien les vagues de chaleur sont une combinaison de plusieurs de ces variables d'entrées.

Les données pour le futur proche (c'est-à-dire les 30 prochaines années) sont disponibles pour des projections climatiques basées sur le scénario SRES A1B pour 3 modèles climatiques, ainsi que les données modélisées des 30 dernières années.

Au total, 9 variables climatiques sont disponibles pour chacun des modèles proposés.

Mais cette première approche ne comprend que l'évaluation à l'échelle d'une zone agro-climatique. Comment décliner ces résultats à l'échelle de la ferme ? Un entretien avec l'agriculteur permet de compléter les informations nécessaires, telles que la surface agricole utile (SAU), la liste des différentes cultures en place, l'itinéraire technique des cultures, les modes de gestion de l'élevage ou bien les aléas

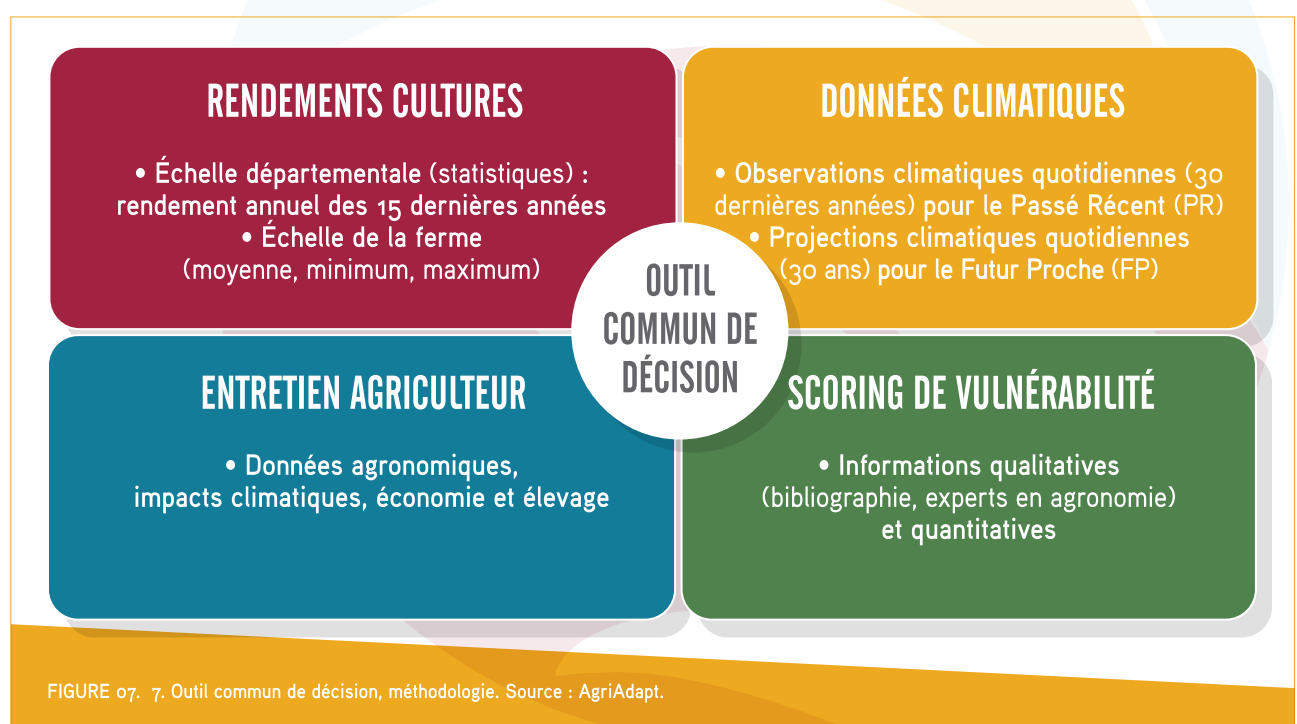
climatiques ayant principalement affecté les rendements de l'exploitation agricole.

Sur la base de ces informations et des analyses issue de l'outil ACZ, un outil complémentaire appelé « **Outil de vulnérabilité des exploitations** » permet de déterminer une note de vulnérabilité climatique pour la situation actuelle de la ferme.

Celle-ci est calculée en fonction de l'impact et de l'exposition pour les principales cultures (ou activités agricoles) issues de l'outil ACZ. Ce score est ensuite mis à jour pour la situation du futur proche de la ferme sur la base de l'évolution attendue des principaux indicateurs agro-climatiques calculés à partir des projections climatiques. Cette étape peut notamment permettre d'identifier les différences de vulnérabilité entre deux exploitations pratiquant une culture identique, dans une même localité, mais avec des pratiques agricoles différenciées.

Ce second outil est également l'occasion de cibler le panel de mesures d'adaptation durable à mettre en œuvre au niveau de la ferme. Ces mesures ont pour objectif de réduire la vulnérabilité et améliorer la résilience de la ferme. L'utilisation successive de ces deux outils combinés donne lieu un **outil commun de décision** (**Figure 7**).

Une approche simplifiée de cet outil commun de décision est proposée via une plateforme web simplifiée, dont l'objectif est d'aider les agriculteurs et les acteurs agricoles à mieux appréhender leur vulnérabilité et les possibilités d'adaptation. La singularité des différents outils et de la méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité climatique proposée, réside dans le fait qu'elle s'adresse potentiellement à tous types d'exploitations agricoles située en Europe, indifféremment de leur contexte climatique. Cette approche très pratique a pour objectif de cerner les problèmes auxquels les agriculteurs sont confrontés, y compris dans un lieu très spécifique. De manière identique, les mesures d'adaptation proposées ont pour objectif de s'adresser aux agriculteurs tenant compte d'un grand nombre de diversité de situations géographiques.





03 Évaluation de la

vulnérabilité climatique des fermes

Afin de tester la méthodologie développée à l'échelle de l'exploitation agricole, les partenaires du projet Life AgriAdapt ont collaboré avec 126 agriculteurs répartis aux quatre coins de l'Europe.

Pendant trois ans, cette méthodologie a été testée et les agriculteurs ont été aidés dans l'identification de solutions d'adaptation si possible compatibles avec l'atténuation du changement climatique.

Toutes les informations issues de l'expertise agro climatique sont incluses dans un plan d'adaptation individuel. Ainsi, chaque ferme est dotée d'une feuille de route comportant des mesures d'adaptation à court, moyen et long terme pour diminuer sa vulnérabilité au changement climatique. Au cours de ces trois ans, les progrès individuels en matière de résilience ont été discutés régulièrement.

Les 126 fermes pilotes sont réparties dans les quatre principales régions à risque climatique européennes : Espagne (région méditerranéenne), France (région atlantique),

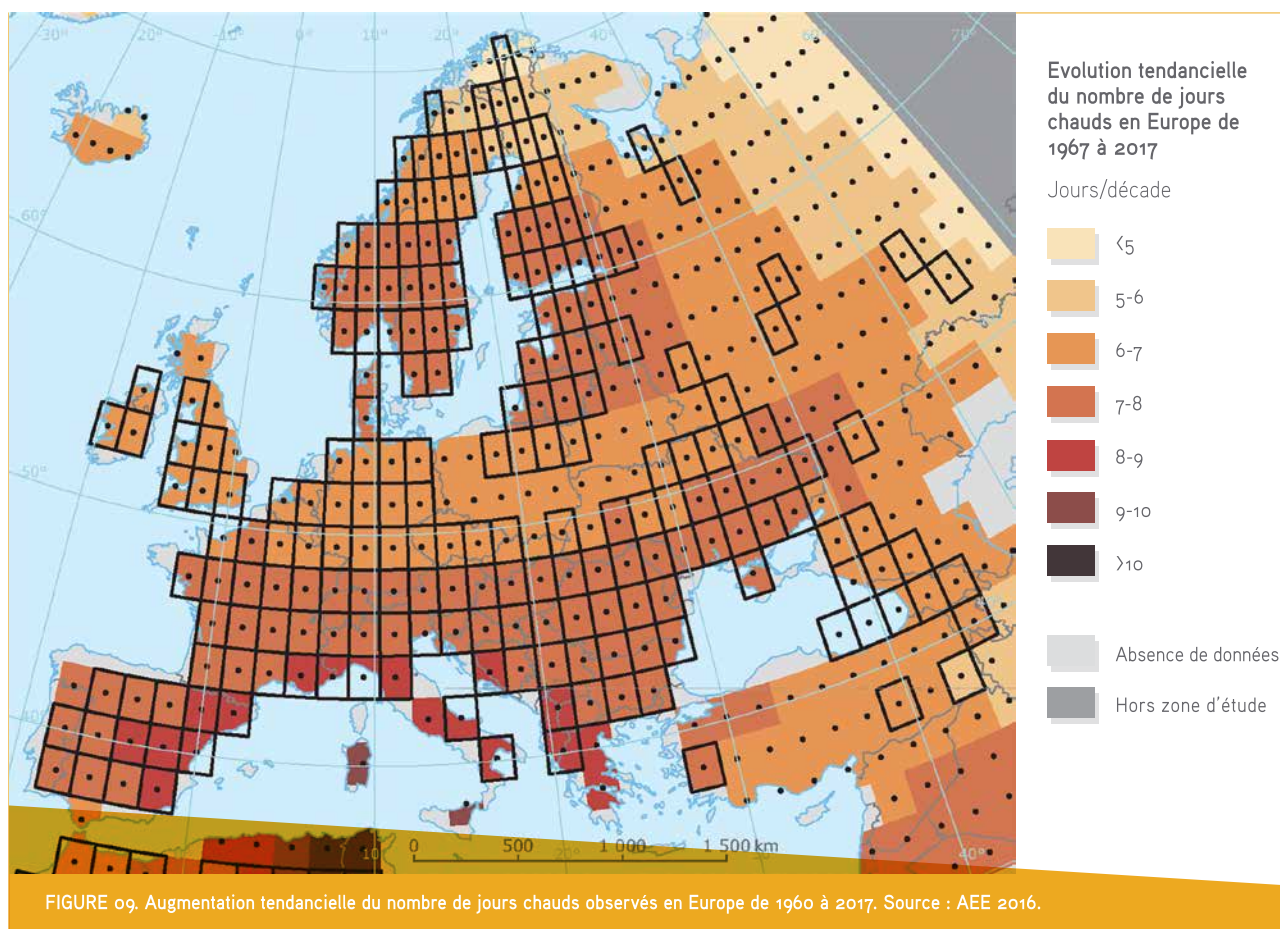
Allemagne (région continentale) et Estonie (région nordique), et couvrent au total 8 systèmes d'exploitation différents. Le réseau de fermes pilotes comprend :

- 57 fermes spécialisées en grandes cultures
- 30 fermes en élevage bovin lait
- 10 fermes en viticulture
- 8 fermes en production de fruits
- 8 fermes d'élevage bovin viande
- 6 fermes en production de tomates de plein champ
- 4 fermes d'élevage porcin, et enfin 3 fermes en élevage ovin

Une grande majorité des fermes pilotes (soit 97 fermes) sont en agriculture conventionnelle, tandis que 29 fermes pilotes sont en agriculture biologique, la part de fermes bio étant supérieure à 20% dans chaque pays partenaire.

Il existe une grande variabilité dans la dimension des différentes fermes pilotes, ainsi que dans leurs pratiques agricoles (travail du sol, nombre de cultures, mode d'élevage, etc.). Les fermes pilotes ont en effet été sélectionnées de manière à représenter les pratiques divergentes, dans le « système dominant » au sein de chaque zone climatique.





3.1. OBSERVATIONS CLIMATIQUES

Selon le rapport du GIEC de 2014, au cours des dernières décennies, les effets du changement climatique ont clairement été démontrés en Europe. En l'absence d'une analyse détaillée, il est difficile d'identifier quelles variables climatiques ont changé ou affecté une production spécifiquement. Quoi qu'il en soit, les agriculteurs remarquent déjà des changements de leur climat qui affectent leurs productions agricoles. Ainsi, la température moyenne annuelle de la surface terrestre européenne pour la décennie 2006-2015 était d'environ 1,5 °C au-dessus du niveau préindustriel. Cela en fait la décennie la plus chaude jamais enregistrée. Également, 2014 et 2015 ont été les deux années consécutives les plus chaudes en Europe depuis le début des enregistrements météorologiques (AEE, 2016).

Les températures très élevées (journées chaudes, journées tropicales et vagues de chaleur) sont devenues plus fréquentes depuis 1950, tandis que les températures très froides (périodes de froid, jours de gel) sont devenues moins fréquentes (GIEC, 2014). Également, la durée moyenne des vagues de chaleur estivales a doublé et la fréquence des journées chaudes a presque triplé depuis 1880 sur l'Europe occidentale. Dans le cas du nombre de journées chaudes (celles dépassant le seuil du 90^{ème} centile de la période de référence 1971 - 2000), leur nombre a presque doublé depuis 1960 sur l'ensemble de l'Europe (AEE, 2016).

Depuis 1950, les précipitations annuelles ont augmenté dans le nord de l'Europe (jusqu'à 70 mm de plus par décennie) et ont diminué parallèlement dans certaines parties du sud de l'Europe (jusqu'à 70 mm de moins par décennie). La répartition saisonnière des précipitations montre une augmentation des précipitations hivernales dans le nord de l'Europe et une diminution dans le sud de l'Europe, avec toutefois d'importantes variations interannuelles (AEE, 2012).

3.1.1. Aléas climatiques affectant les fermes pilotes

L'analyse croisée des rendements des cultures depuis 15 ans confrontés aux aléas climatiques intervenants sur la même période, montre que les événements les plus significatifs, toutes zones climatiques confondues en Europe, sont la grêle, les températures élevées et les sécheresses pour l'ensemble des fermes AgriAdapt.

La grêle est une problématique très forte pour les cultures permanentes (vignes et vergers). Les températures élevées et les sécheresses affectent toutes les fermes pilotes, en particulier dans les régions sud et atlantique, mais interviennent aussi de plus en plus souvent dans les régions continentale et nord (l'Estonie est le pays où la fréquence des sécheresses est la plus faible).

Le tableau 1 ci-dessous détaille la fréquence et le niveau d'impact agricoles associés pour chaque aléa climatique et pour chacune des 4 zones à risques climatiques en Europe.

ALÉAS CLIMATIQUES	SUD	ATLANTIQUE	CONTINENTALE	NORD
GRÊLE 	• RÉGULIER: 75% en grandes cultures • IMPACT: 5-50% perte de rendement	Régulier pour 25% des fermes • IMPACT: 5-100% perte de rendement	60% des fermes • FRÉQUENCE : Faible • IMPACT: 10-80% perte de rendement	• FRÉQUENCE : Faible - moyenne • IMPACT: 2-60% perte de rendement
GEL INTENSE /TARDIF 	• FRÉQUENCE: 75% en grandes cultures • IMPACT: 30-70% perte de rendement	93% des fermes • FRÉQUENCE : Faible • IMPACT: Significatif	23% des fermes • FRÉQUENCE : Faible • IMPACT: Fort en cultures permanentes	• FRÉQUENCE : Faible • IMPACT: 5-100% perte de rendement
SÉCHERESSE 	• FRÉQUENCE : Augmente • IMPACT: 20-100% perte de rendement (facteur climatique le plus limitant pour les prairies et cultures permanentes)	60% des fermes • FRÉQUENCE : Augmente • IMPACT: Significatif	50% des fermes • FRÉQUENCE : Moyenne	• FRÉQUENCE : Faible • IMPACT: 5-35% perte de rendement
TEMPÉRATURES ÉLEVÉES 	• FRÉQUENCE : Haute • IMPACT: Significatif pour les animaux, les cultures permanentes et les tomates	78% des fermes • FRÉQUENCE : Augmente • IMPACT: Ponctuel	100% des fermes • FRÉQUENCE : Moyenne	• FRÉQUENCE : Faible • IMPACT: 10-30% perte de rendement
TEMPÊTE, PLUIES INTENSES 	• IMPACT: 5-30% perte de rendement en grandes cultures	• IMPACT: Nord France, 50% perte de rendement en 2016. Sud France, impact sécheresse renforcé par le vent	Principalement en grandes cultures	• FRÉQUENCE : Faible • IMPACT: Faible

Tableau 1 : Fréquence et impact des principaux aléas climatiques sur les fermes pilotes dans les zones climatiques Sud, Atlantique, Continentale et Nord.

3.1.2. Indicateurs Agro-Climatiques

Pour les principaux événements climatiques affectant la production agricole identifiés précédemment, des indicateurs agro-climatiques ont été définis selon la culture puis adapté en fonction de la région climatique concernée. Ils permettant de quantifier le niveau de pression climatique exercé sur l'agriculture. Plus précisément, ils fixent des seuils, qui, une fois franchis, ont eu des conséquences fortes lors de ces 15 dernières années en termes de pertes de rendement.

Par projection dans le futur proche, ces mêmes indicateurs sont une illustration des pertes possibles de rendements à venir (à pratiques agricoles équivalentes).

"Nous sommes en automne . . .

. . . et les semis de céréales se terminent à peine. Tout s'est déroulé comme prévu ! Un sol bien travaillé et fertilisé, des semences certifiées de première qualité... il semble que cette année sera bonne ! Mais l'automne se révèle particulièrement pluvieux, et après un mois d'attente, la levée de la culture n'est pas aussi bonne qu'attendue . . . Quel est le problème ? Un premier indicateur agro-climatique caractérise cette situation : **plus de 100 mm d'eau en un mois suite au semis ont affecté le taux de réussite de la levée des cultures de céréales !**

Suite à ce démarrage compliqué, les plantules ayant réussi à germer ont continué leur développement, la culture tentant de compenser la faible densité d'implantation par un tallage plus important. Cependant, la culture semble à nouveau mise à mal lors durant la montaison jusqu'à l'épiaison... les pailles des céréales aussi bien que les épis se révèlent assez courts ! Malheureusement, un deuxième indicateur agro-climatique perturbent la plante le développement de la céréale. Le **déficit hydrique (précipitation - évapotranspiration)** est de 300 mm sur la période mars à juin, ce qui affecte la quantité de biomasse élaborée par la culture.

Heureusement, la culture a réussi à mettre en place quelques épis destinés à se développer. Bien que le nombre d'épis soit limité, la qualité de la récolte semble être au rendez-vous, mais... En regardant de plus près, certains grains semblent ridés et de petite taille.

Que s'est-il passé ? Pour la troisième fois consécutive les conditions agroclimatiques ne sont pas favorables à la culture. La fin du printemps a été assez chaude et la température maximale a régulièrement dépassé 25 °C, avec au final plus de 20 jours échaudant entre mai et juin, limitant le remplissage des grains. »

Plus de 65 indicateurs agro-climatiques différents ont été ainsi rassemblés. Ils ont été utilisés pour réaliser les expertises agro-climatiques des fermes pilotes. Une illustration concrète des informations offertes par ces indicateurs est proposée ci-dessous :

Il ne s'agit là que de 3 illustrations de facteurs climatiques affectant la quantité ou la qualité de la culture. Dans le chapitre 4 consacré « aux cas d'études et mesures d'adaptation durable », de nouveaux indicateurs agro-climatiques, applicables à d'autres cultures et zones climatiques sont exposés.

Ainsi, chaque IAC peut être potentiellement ajusté localement. Pour le blé tendre, la plupart des IAC vont



FIGURE 10. Blé souffrant d'un déficit hydrique (épis peu développés). Source : FGN.

être communs du nord au sud de l'Europe, sous réserve de calibrer correctement un seuil de déficit hydrique, un seuil de température élevée (etc.), aux conditions locales tenant compte des aptitudes agronomiques des variétés et des conditions climatiques.

3.2. PROJECTIONS CLIMATIQUES

Une fois les observations climatiques de ces 30 dernières années compilées, permettant le calcul automatique de plus de 65 indicateurs agro-climatiques (IAC) couvrant une large gamme systèmes agricoles, il est alors possible d'entrevoir le comportement de ces mêmes indicateurs dans un « Futur Proche » (FP), c'est-à-dire pour l'horizon de temps des 30 prochaines années.

Afin d'illustrer les effets du changement climatique sur l'agriculture dans les quatre zones climatiques de l'Europe, un transect climatique a été réalisé : il couvre

l'ensemble de la zone étudiée, sur la base de 5 stations (voir Figure 11). Les observations climatiques (période de 30 ans : 1987-2016) et les projections climatiques utilisées proviennent du portail Agri4Cast du JRC (Centre de recherche de la Commission européenne). Le modèle climatique utilisé pour les projections est basé sur le scénario SRES A1B (ou scénario intermédiaire), qui a aussi été retenu pour l'évaluation de vulnérabilité climatique pour les fermes pilotes AgriAdapt.

Un seul et unique modèle climatique a été utilisé pour illustrer l'évolution possible du changement climatique auprès des agriculteurs impliqués. Il s'agit d'une limite importante à souligner, mais assumée dans l'objectif de simplifier la démarche et de rendre compréhensible les résultats issus de ces modélisations.

Dans ce chapitre, une sélection des indicateurs agro-climatiques les plus représentatifs des productions agricoles sont proposés afin d'illustrer les évolutions entre le « Passé Récent » (PR, 1987-2016) au Futur Proche (FP, 2017-2046).



FIGURE 11. Transect climatique du sud au nord de l'Europe (points rouges) illustrant les observations et projections climatiques au sein des quatre zones climatiques. Source : AgriAdapt.

IAC : C1. Échaudage sur céréales (Tx. >25° C. 15/04 au 15/07)

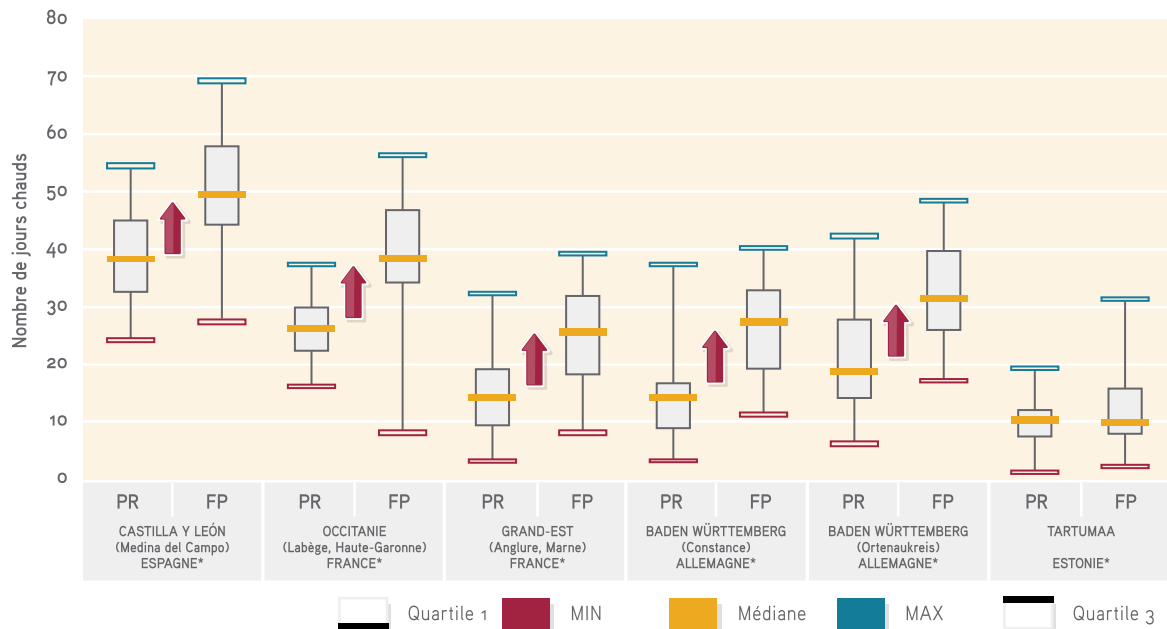


FIGURE 12. Évolution du nombre de jours d'échaudage sur céréales pour la période du 15/04 au 15/07 entre le Passé Récent (PR) et le Futur Proche (FP). Source : Agri4Cast.

IAC : M2. Bilan hydrique (pluviométrie – ETP) de mai à août

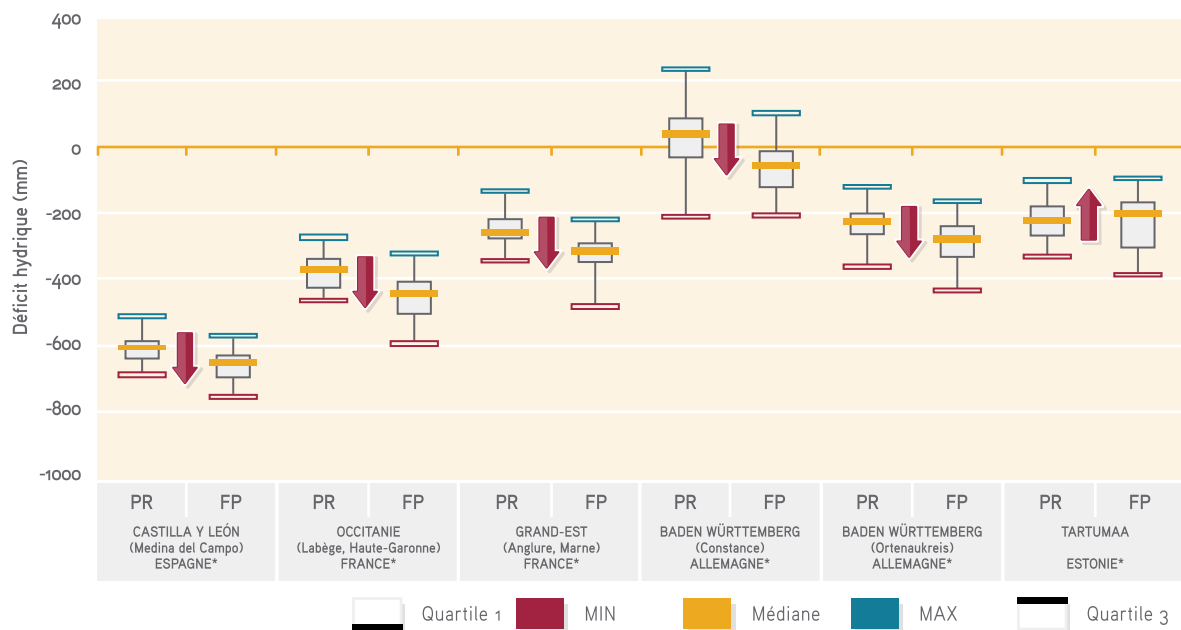


FIGURE 13. Évolution du bilan hydrique moyen pour les cultures estivales sur la période mai à août, du Passé Récent (PR) au Futur Proche (FP). Source Agri4Cast.

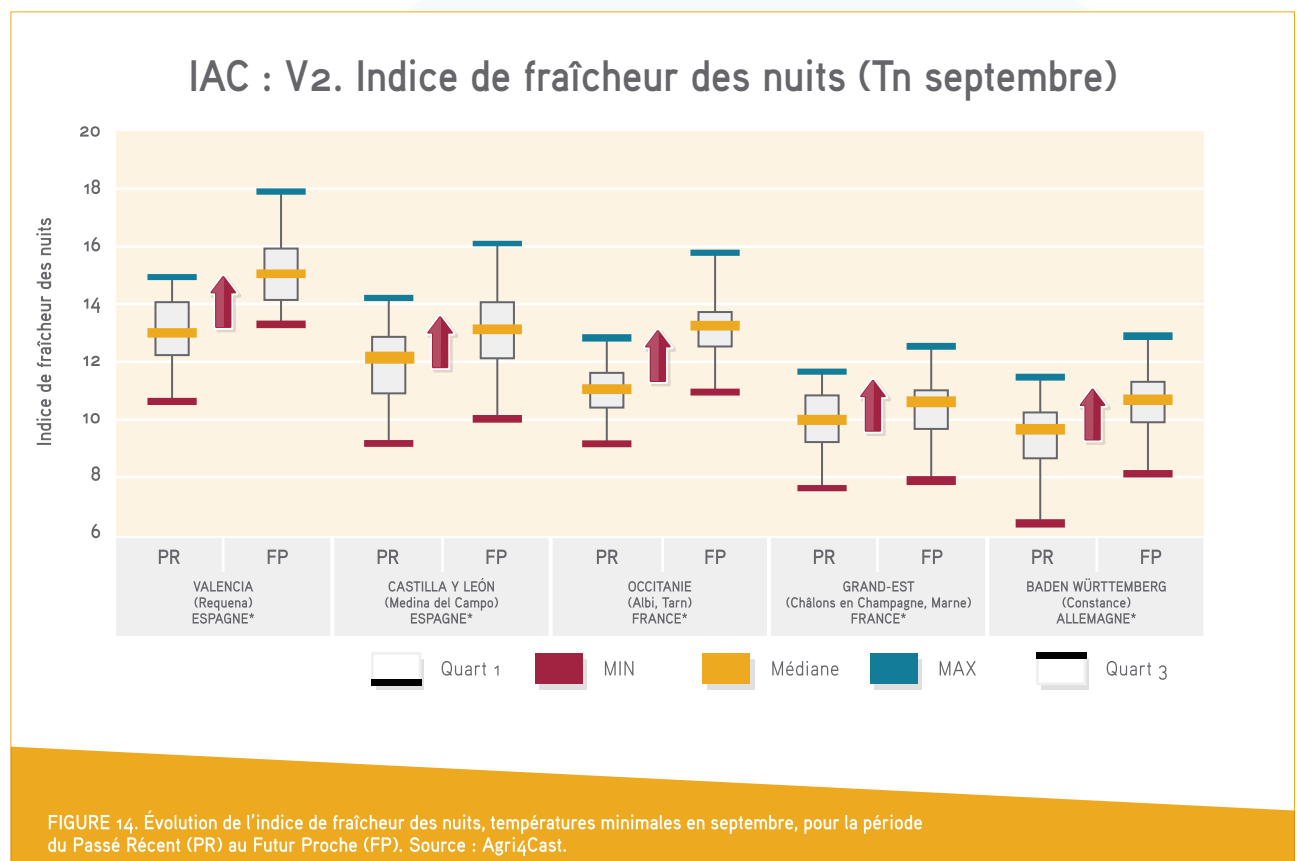
Le premier indicateur proposé concerne les céréales : celui-ci est construit à partir du **nombre de jours avec des températures maximales supérieures à 25 °C sur une période allant du 15 avril au 15 juillet**. Avec une augmentation du nombre de jours chauds (30 °C pour le site en Espagne), la vulnérabilité des céréales augmente dans la plupart des régions. Des températures supérieures à 25 °C pendant les phases de floraison ou de remplissage des céréales peuvent entraîner une baisse des rendements en raison du phénomène d'échaudage. Le modèle climatique utilisé suggère une augmentation possible d'au moins 10 jours pour l'ensemble des régions dans le futur proche (FP), à l'exception de l'extrême nord de l'Europe (région de Tartumaa en Estonie) (voir figure 12).

En ce qui concerne les problèmes d'alimentation en eau pour les cultures estivales (voir Figure 13), le **déficit hydrique moyen pour la période mai à août** est illustré au travers d'un IAC spécifique. Une diminution significative apparaît dans la plupart des régions (hormis pour la région de Tartumaa), susceptible d'entraîner une baisse des rendements.

En ce qui concerne les cultures permanentes et plus particulièrement la vigne, l'**indice de fraîcheur des nuits** est un facteur important lors de la maturation des raisins. La production d'un vin de qualité nécessite

des températures nocturnes suffisamment fraîches durant la période précédant les vendanges. Comme illustré sur la figure 14, les températures minimales en septembre devraient augmenter dans toutes les régions, en particulier dans le sud de l'Espagne (région de Valence) et en France (région Occitanie). Ce phénomène peut conduire à rechercher des cépages mieux adaptés aux nouvelles conditions climatiques afin de limiter la dégradation de la qualité du vin.

Au niveau des exploitations en élevage bovin, l'**Indice de Température-Humidité (ITH)** permet d'évaluer le risque de stress thermique, indicateur pertinent pour le bétail (vaches laitières et vaches à viande). Le nombre de jours sous stress thermique modéré à sévère (ITH de 73 à 80) a été calculé pour les fermes pilotes AgriAdapt. La figure 15 montre l'évolution pour chacun des seuils de stress et pour différents sites en Europe. Au final, il ressort une augmentation attendue de l'ITH dans toutes les régions, qui peut être particulièrement marquée en Espagne et dans le sud de la France. Un stress modéré à grave peut entraîner des troubles de la respiration et du rythme cardiaque des vaches, occasionnant une diminution de l'ingestion de fourrages, une baisse de fertilité et une réduction possible de la productivité (viande, lait) lors de périodes de vagues de chaleur.



Nombre de jours/an sous stress thermique (ITH) – Bovins

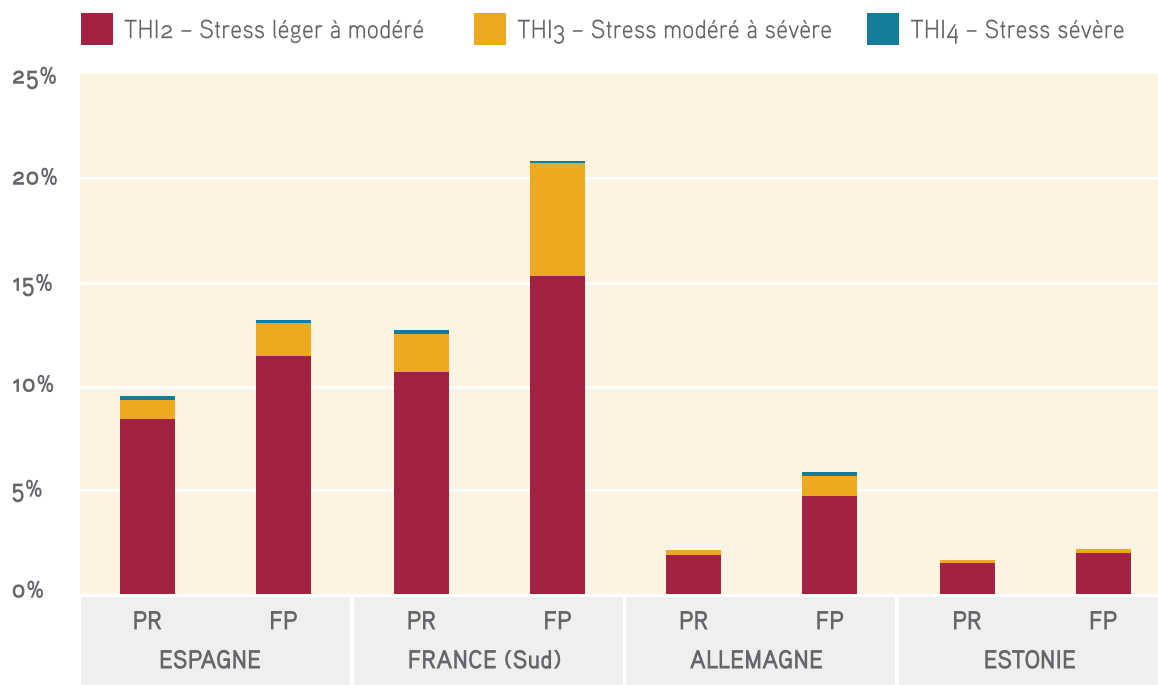


FIGURE 15. Évolution du pourcentage de jours par an sous stress thermique pour les bovins entre le Passé Récent (PR) et le Futur Proche (FP). Stress léger à modéré (68-73), stress modéré à sévère (73-80), stress intense (80-89). Source : Agri4Cast.

3.3. « AFOM CLIMATIQUES » DES FERMES PILOTES

La présentation des projections climatiques vous a peut-être permis de porter un regard différent de ce que vous imaginiez pour la situation du futur proche !

Quoi qu'il en soit, de nombreux facteurs sont en jeu et sont amenés à varier considérablement selon les régions. Afin de visualiser les enjeux de vulnérabilité climatique pour les exploitations agricoles, une analyse synthétique de type AFOM (Atouts, Faiblesses, Opportunités, Menaces) a été réalisée

pour chacune des 4 grandes régions climatiques. La matrice AFOM souligne les principaux atouts et faiblesses dans le climat actuel mais aussi les éventuelles opportunités et menaces générées par ce nouveau contexte. Ainsi, les principales faiblesses climatiques des fermes définissent des priorités de travail pour les agriculteurs, mais aussi les nouvelles menaces climatiques à considérer pour le futur proche en matière d'adaptation.

Le tableau 3 ci-dessous rassemble les principaux résultats identifiés pour chaque région impliquée dans le projet AgriAdapt.

RÉGION	ATOUTS	FAIBLESSES
SUD	• Système d'assurance des cultures • Variétés adaptées • Diversité de cultures, système agroforestier extensif	• Augmentation de pratique de monoculture • Gestion insuffisante des prairies
ATLANTIQUE	• Système de culture diversifié • Système fourrager robuste • Possibilité d'irrigation	• Cultures non adaptées et/ou faible diversité variétale • Restrictions d'irrigation en période estivale • Confort thermique des animaux
CONTINENTALE	• Couverts végétaux avant les cultures de printemps • Diversité de sources de revenus • Forte autonomie fourragère (bovin lait)	• Surface dédiée à la culture majoritaire trop importante • Labour dominant dans les techniques de travail du sol • Faible nombre de cultures (bovin lait)
NORD	• Diversité culturelle élevée, • Qualité des sols appropriée en cultures permanentes • Gamme de variétés cultivées • Forte autonomie fourragère	• Absence de recours à l'irrigation en culture permanentes • Faible disponibilité de jachères pour les fermes de grandes cultures • Drainage des sols insuffisant en fermes d'élevage
RÉGION	OPPORTUNITÉS	MENACES
SUD	• Productivité supérieure si l'accès à l'eau (irrigation) est assuré, et pour les zones les moins chaudes • Augmentation de la production des pâtures en automne/hiver • Possibilité de nouvelles cultures par des hivers plus doux	• Plus de vagues de chaleur en printemps/été : rendements plus aléatoires pour les cultures, plus de stress thermique pour les animaux • Baisse de précipitations en hiver/printemps • Déficit hydrique supérieur en printemps/été
ATLANTIQUE	• Conditions climatiques plus favorables à l'automne • Baisse significative du nombre de jours de gel par an • Opportunités de nouvelles cultures via des disponibilités thermiques supérieures	• Variabilité de rendements supérieure via des stress climatiques en mai/juin • Augmentation du déficit hydrique en printemps/été • Augmentation du stress thermique pour les animaux
CONTINENTALE	• Opportunités pour de nouvelles cultures ou variétés • Allongement de la période de croissance pour les prairies et cultures à tubercules • Réduction de l'humidité et donc de la pression maladie	• Variabilité de rendements supérieure • Augmentation du stress thermique (vaches laitières) • Risque de pression maladies/ravageurs/adventices supérieures via une durée de croissance plus longue et des températures plus élevées
NORD	• Allongement de la période de croissance, amélioration possible du rendement et de la qualité • Plus grande diversité possible de cultures et variétés • Réduction des besoins en chauffage des bâtiments d'élevage	• Davantage d'extrêmes climatique, risques notables en cultures permanentes • De nouvelles cultures peuvent induire un risque de nouveaux ravageurs/maladies • Baisse de performance en bovin via le stress thermique, notamment en conditions extérieures

Tableau 2 : Analyses AFOM pour les 4 principales régions climatiques de l'UE.



04 Cas d'études

et mesures d'adaptation durable

Ce chapitre décrit de manière plus tangible cette approche par des études de cas concret de fermes pilotes, en Espagne, en France, en Allemagne et en Estonie. Pour chaque situation, les problèmes climatiques auxquels les agriculteurs sont confrontés et les mesures

d'adaptation durable (MAD) identifiées pour réduire leur vulnérabilité sont décrites. Ce tour d'horizon construit une vision représentative des principaux systèmes agricoles évalués dans le projet AgriAdapt.



MESURES D'ADAPTATION DURABLE (MAD)

Pour chaque cas d'étude, l'acronyme MAD pour « Mesures d'Adaptation Durable » permet de mettre l'accent sur les stratégies d'adaptation mises en œuvre sur les fermes pilotes en Europe.

4.1. GRANDES CULTURES : CÉRÉALES, OLÉO-PROTÉAGINEUX, LÉGUMINEUSES, FOURRAGES, LÉGUMES

Notre tour d'horizon des fermes pilotes démarre par les systèmes de grandes cultures dans les différentes régions européennes. Une des particularités de ces systèmes agricoles réside dans la diversité des possibilités culturales de l'utilisation des sols agricoles : on peut aussi bien imaginer cultiver des céréales, des protéagineux, des oléagineux, des cultures fourragères ou bien des cultures à débouchés industriels telle que des tomates de plein champ, de la betterave sucrière ou des pommes de terre.

4.1.1. Diversification des cultures et amélioration de la fertilité des sols à Melque de Cercos · ESPAGNE

CULTURES: orge d'hiver, blé dur, seigle, vesce fourragère, tournesol.



Nous démarrons par une ferme de grandes cultures située au centre de l'Espagne, un peu au nord-ouest de la capitale Madrid. Nous sommes à Melque de Cercos, un village situé dans la province de Segovia. Les agriculteurs sont à la tête d'une exploitation en agriculture biologique comprenant 110 ha de Surface Agricole Utile (SAU). Les principales cultures sont l'orge d'hiver, la vesce fourragère (*Vicia monantha*), le seigle, le tournesol et le blé dur. Cette ferme dispose également de 5% de jachère. Les sols sont légers, présentant une texture de type limoneux sableuse, sans difficultés de ressuyage (absence d'hydromorphie).

Le travail du sol est pratiqué avec un chisel et les problèmes d'érosion sont rares. Les parcelles de l'exploitation sont de taille modeste, et certaines bordent des espaces de végétation de type semi-arides.

Les principaux stress climatiques auxquels doit faire face l'exploitation agricole sont la sécheresse et le risque de désertification, le risque de dégradation des sols agricoles, des températures extrêmes (vagues de chaleur), des attaques de parasites et de maladies plus fréquentes et la perte de biodiversité : tous ces phénomènes sont exacerbés par le changement climatique



FIGURE 16. Parcelle d'orge d'hiver à Melque de Cercos. Source : FGN.

et constituent les principaux défis de la période à venir.

Comme le montre l'évolution de ces différents indicateurs, des mesures d'adaptation durable au changement climatique sont clairement nécessaires ! Suite à l'élaboration de l'évaluation de vulnérabilité climatique réalisée pour cette ferme dans le cadre du projet AgriAdapt, une gamme de mesures d'adaptation a été proposée aux agriculteurs et certaines mesures sont déjà en cours de mise en œuvre.

Principaux Indicateurs Agro-Climatiques (IACs), projections pour le FP (FP) et impact														
N°	IACs	CALENDRIER												FP
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	DÉFICIT HYDRIQUE (P-ETP) < -300mm													↑ 9%
02.	SÉCHERESSES > 15 jours consécutifs sans pluie													↑ 100%
03.	SÉCHERESSE > 15 jours consécutifs sans pluie													↑ 33%
04.	T MAX > 30°C (Nb de jours)													↑ 150%
05.	STRESS THERMIQUE > 30 °C													↑ 92%
IMPACTS: IACs 1 et 4: échaudage des grains. Rendement en baisse. IAC 2: impacte l'épiaison, le développement des grains et leur remplissage. Rendement en baisse. IACs 1 et 4: diminution de la croissance. IAC 2: impacte la croissance. Rendement en baisse. IAC 2: impacte la croissance. Rendement en baisse. IACs 3 et 5: impact négatif sur la croissance des grains. Rendement en baisse.														



L'une des premières mesures adoptées consiste à diversifier l'assolement de la ferme. Une nouvelle rotation est maintenant développée, reposant sur 5 cultures différentes : blé dur - vesce - orge / avoine - tournesol. La présence d'une légumineuse dans la rotation, la vesce, assure une meilleure résistance du sol face aux stress climatiques par un renforcement de sa fertilité et de sa structure.

Une autre mesure d'adaptation est la culture associée de légumineuses et de céréales à des fins d'alimentation animale. Cette technique permet une augmentation du rendement comparativement aux rendements des deux espèces cultivées séparément. L'association est bénéfique car leurs besoins en nutriments sont complémentaires et les légumineuses se développent mieux en grimpant le long des tiges de la céréale qui leur sert de tuteur. Autres variantes d'associations envisagée pour les prochaines campagnes culturales : orge et vesce ou bien encore avoine et luzerne.

Ensuite, une implantation plus précoce des cultures de printemps est envisagée pour esquisser une partie des stress hydriques et thermiques généralement subis à la fin du cycle de développement. L'exploitant a aussi recours à des variétés locales, qui témoignent d'une certaine stabilité de rendement dans les conditions climatiques actuelles. Enfin, dans l'optique d'échecs de semis de cultures d'hiver plus fréquents en raison de sécheresses à l'automne, une solution de rattrapage consiste alors à planter une culture à cycle plus court comme l'avoine en janvier-février.

Des pratiques d'amélioration des sols sont aussi mises en œuvre. Par exemple, les sols sont couverts en permanence, les sols ne sont plus jamais nus. Après la récolte, les repousses naturelles sont favorisées en vue d'être pâturées par les animaux (80 brebis de race locale), qui assurent par la même occasion un retour au sol de fertilisants qui améliorent leur fonctionnement.

Enfin, des bordures de champs, des infrastructures agroécologiques ont été implantées (rôle multifonctionnel) pour réduire le risque d'érosion des sols, renforcer la biodiversité et favoriser ainsi les mécanismes naturels de lutte biologique contre les prédateurs de cultures et la pollinisation. *« Il y a eu quelques difficultés au démarrage liées à la présence de mauvaises herbes dans les parcelles au niveau des bordures pendant les deux premières années, mais cela s'est arrêté une fois que la végétation était bien installée »* explique l'agriculteur.



FIGURE 17. Récolte d'orge et vesce associées. Source : FGN.

4.1.2. Diversification et semis précoce pour plus de résilience et de stabilité · SUD DE LA FRANCE

CULTURES: maïs grain (irrigué), soja, orge d'hiver, blé tendre d'hiver.



Depuis l'Espagne, nous nous dirigeons maintenant vers le sud-ouest de la France, où nous retrouvons M. De Vulpinère et sa ferme familiale de 80 hectares (EARL des Canongesses), située à 40 km au sud de Toulouse. A l'origine, il s'agissait d'une ferme d'élevage bovin-lait avec une production complémentaire viticole. Cependant, les vignes ont été arrachées en 1976, encouragées par certaines subventions de la PAC, et dans le même temps, la ferme s'est modernisée avec l'acquisition d'un système d'irrigation (pivot) couvrant la totalité de la ferme (environ 170 000 m³ d'eau par an pour l'irrigation). L'exploitation s'est donc progressivement spécialisée en grandes cultures, arrêtant toute activité d'élevage en 1982 jugée trop exigeante en main-d'œuvre.

Parmi les différentes cultures réalisées sur la ferme en agriculture conventionnelle, on trouve au premier rang le maïs grain irrigué sur environ 40 ha, du soja sur 22 ha, de l'orge d'hiver également sur 22 ha et enfin du blé tendre d'hiver sur une douzaine d'ha. La plupart des sols de la ferme présentent une certaine sensibilité à la sécheresse de par leur texture, ainsi qu'un niveau de fertilité insuffisant : une réduction du travail du sol a donc été engagée depuis 10 ans pour faire face à ces difficultés. Les agriculteurs partagent également quelques parcelles avec plusieurs voisins, où ils cultivent des productions spécifiques destinées à la consommation en circuits courts : 3 ha d'asperges vertes et plusieurs variétés différentes de fraises en plein champ sur 0,5 ha.

Principaux Indicateurs Agro-Climatiques (IACs), projections pour le FP (FP) et impact

N°	IACs	CALENDRIER												FP
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	DÉFICIT HYDRIQUE (P-ETP)													22%
02.	SÉCHERESSE (Nb de séquences de 10 jours consécutifs sans pluie)													13%
03.	T MAX > 25°C (Nb de jours)													55%
04.	T MAX > 32°C (Nb de jours)													240%
05.	NB DE JOURS DE GEL													50%
06.	SOMME DE TEMPÉRATURE (base 0 °C)													9%

IMPACTS:



IACs 1, 2 et 3: production de biomasse en baisse, maturité plus précoce, échaudage et baisse de productivité.
IAC 5: risque de froid potentiellement en baisse mais toujours présent.



IACs 1, 2 et 4: floraison, formation des grains et remplissage impactés. Demande en eau d'irrigation plus importante.

IAC 5 et 6: conditions plus favorables à un semis précoce, l'augmentation des températures tout au long du cycle de développement peut permettre d'éviter les principaux stress de la période estivale.



IACs 1, 2 et 4: floraison, formation des grains et remplissage impactés. Demande en eau d'irrigation plus importante.

IAC 5 et 6: conditions plus favorables à un semis précoce, chance de réussite d'une double culture améliorée (semis du soja après la récolte précoce d'un orge d'hiver).

Thibault, le fils de M. De Vulpière, est en train de reprendre la ferme familiale. Il lui semble primordial d'évaluer les risques climatiques auxquels s'expose la ferme pour être en mesure d'exercer son activité agricole dans les années à venir.

Les projections climatiques locales à l'horizon 2035 (futur proche) semblent indiquer une baisse des précipitations moyennes annuelle d'environ 8%, en particulier en été (-18%), tandis qu'une augmentation est attendue entre octobre et décembre (+ 13%). La température moyenne annuelle devrait augmenter (environ +0,3 ° C tous les dix ans), le nombre de vagues de chaleur devrait doubler (environ 4 séquences par an en moyenne) et le déficit en eau devrait se dégrader (+25%), en particulier au printemps et en été. Le nombre de jours de gel devrait diminuer, et atteindra de faibles valeurs avec en moyenne seulement 11 jours par an. Les principaux indicateurs agro-climatiques ayant une incidence sur le rendement des cultures de la ferme sont rassemblés ci-dessous (sécheresse, températures extrêmes). Il semble donc nécessaire de mettre en place des actions d'adaptation visant à minimiser ces impacts.



FIGURE 18. Cueillette de fraises au champ directement assurée par les consommateurs. Source : Solagro.



Compte tenu de la dimension de la ferme (80 ha) et de l'importance du maïs irrigué (50% des surfaces cultivées), l'une des principales mesures d'adaptation à mettre en œuvre consiste d'une part à **augmenter le nombre de cultures** principales au sein de l'exploitation (une à deux cultures supplémentaires), et d'autre part à **diversifier les variétés** utilisées pour mieux se prémunir des principaux aléas climatiques locaux, à savoir le stress hydrique et thermique. De manière générale, **plus de diversité conduit à plus de résilience et de stabilité**.



FIGURE 19. Maïs grain irrigué (variété précoce). Source : Solagro.

En raison de risques moins élevés de gelées tardives, **des semis précoces** de maïs et de soja peuvent être effectués en mars (dans les 10 premiers jours du mois). Cette mesure permet aux cultures de démarrer leur cycle de développement plus tôt, esquivant ainsi les principales difficultés estivales : un déficit hydrique parfois extrême, les plus fortes températures de l'été. En complément de cette mesure d'adaptation, l'agriculteur **cultive maintenant des variétés de maïs caractérisées par une précocité certaine** (maïs dry), permettant de minimiser encore davantage les risques climatiques intervenant durant l'été.

Économiser de l'eau permet de réduire les coûts directs et, dans un proche avenir, de limiter les pénuries d'eau. Des outils d'aide à la décision, tels que les sondes tensiométriques, aident M. De Vulpière à améliorer la gestion de l'eau, avec des apports d'eau d'irrigation limités aux stricts besoins des cultures. Pour réduire plus encore la dépendance de la ferme à l'eau, la prochaine étape consisterait à substituer une partie de la surface de maïs irriguée par des cultures sans apport d'eau, comme par exemple des pois chiches.

Enfin, l'agriculteur développe un projet de plantation de haies dans les zones les plus ventées de son parcellaire afin de protéger davantage les cultures du froid, de la chaleur, de l'évapotranspiration et des vents violents. De plus, le maillage de haies créera de nouvelles zones de biodiversité, qui constitueront des zones de refuge pour les ennemis naturels des ravageurs et pour les pollinisateurs, améliorant ainsi indirectement les rendements et la santé des cultures.

4.1.3. Non labour, cultures intermédiaires et allongement de la rotation pour l'adaptation des cultures · NORD DE LA FRANCE

CULTURES: blé tendre d'hiver, orge d'hiver, orge de printemps, betterave sucrière, chanvre textile, pavot, lentille et luzerne.



Dans le nord-est de la France, M. Chambrillon est à la tête d'une ferme de 97,5 hectares (EARL Arc en Ciel) en Champagne (parmi les meilleurs sols de France), et le nombre de cultures différentes est assez impressionnant ! Depuis le début de son activité en 1996, un minimum de 6 cultures principales a toujours constitué la base de l'assolement. Aujourd'hui, l'agriculteur cultive du blé tendre d'hiver (33 ha), de la betterave sucrière (15 ha), du chanvre textile (10 ha), du pavot médicinal (9 ha), de l'orge de printemps (9 ha), de la lentille (8 ha), de la luzerne pour la déshydratation (7 ha) et de l'orge d'hiver (6 ha). Des rotations complexes sont en place, maximisant ainsi les bénéfices réciproques de cette large mosaïque de cultures. Pour éviter une diminution de la matière organique du sol et des nutriments, des couverts végétaux constitués de mélange de moutarde, de vesce, de radis, de phacélie et d'avoine sont implantés,

évitant ainsi d'avoir de longues périodes sans végétation. Des techniques culturales simplifiées sont développées depuis 2010 dans le double objectif d'améliorer la structure du sol tout en réduisant les coûts de main-d'œuvre.

Dans le nord de la France, le climat est certes bien plus clément que dans le sud du pays. Cependant, la ferme de M. Chambrillon n'échappe pas, elle non plus, aux impacts du changement climatique. Au travers de l'évaluation de vulnérabilité climatique réalisée sur la ferme, les projections indiquent une hausse de la température moyenne annuelle (+0,4 °C chaque décennie), une dégradation du déficit hydrique (+39%) et une augmentation du nombre de journées chaudes (+66%) à l'horizon 2035. Par chance, il est aussi attendu une baisse du nombre de jours de gel (-66%), permettant d'envisager une augmentation de la durée de croissance pour certaines cultures.

Principaux Indicateurs Agro-Climatiques (IACs), projections pour le FP (FP) et impact

N°	IACs	CALENDRIER												FP
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	DÉFICIT HYDRIQUE (P-ETP)													↑ 20%
02.	T MAX > 25°C (Nb de jours)													↑ 92%
03.	T MAX > 32°C (Nb de jours)													↑ 300%
04.	TEMPÉRATURE MOYENNE													↑ 11%
05.	NB DE JOURS DE GEL													↓ 50%

IMPACTS:



IACs 1 et 2: maturité plus précoce, échaudage et baisse de la productivité.

IAC 4: pression adventices, maladies et parasites supérieure due aux températures plus élevées.

IAC 5: baisse du risque de dommage sur la culture.



IACs 1 et 3: baisse de croissance, moindre biomasse et rendement.

IAC 4: pression adventices, maladies et parasites supérieure due aux températures plus élevées.



IACs 1, 2 et 3: baisse de croissance, moindre biomasse et rendement.

IAC 4: pression adventices, maladies et parasites supérieure due aux températures plus élevées.



IACs 1 et 2: réduction du nombre de fleurs et de graines.

IAC 4: pression adventices, maladies et parasites supérieure due aux températures plus élevées.



IACs 1 et 2: conditions de floraison plus variables, moindre fertilité et baisse conséquente du rendement.

IAC 4: pression adventices, maladies et parasites supérieure due aux températures plus élevées.



IACs 1 et 2: moindre biomasse, baisse du rendement.

IAC 4: pression adventices, maladies et parasites supérieure due aux températures plus élevées.



La **réduction du travail du sol** mise en œuvre depuis 2010 a été une action très importante sur cette ferme. Dans les conditions pédoclimatiques de cette région, un sol non perturbé développe une meilleure structure, une activité biologique plus complexe et l'agriculteur peut bénéficier d'une réduction importante des coûts. Au fur et à mesure des années, l'agriculteur a prolongé cette action jusqu'à la mise en place du **semis direct**, ce qui implique également l'acquisition d'un semoir spécifique pour réaliser ce travail en un seul et unique passage.

Aujourd'hui, une **large mosaïque de cultures et de variétés** sont cultivées sur la ferme, ce qui constitue un véritable socle de la démarche d'adaptation de l'exploitation. Les différentes cultures et variétés associées permettent au final de réduire drastiquement les risques de pertes de rendement importants susceptibles de compromettre la rentabilité de l'exploitation, en lissant l'impact ponctuel en cas d'intervention d'un aléa climatique (diversité de sensibilité selon les espèces).

De plus, une **rotation** soigneusement planifiée est mise en place : la monoculture n'existe pas à l'échelle parcellaire, les temps de retour d'une même culture sont suffisamment longs pour casser les cycles des maladies, ravageurs et adventices ce qui permet à l'agriculteur de réaliser des économies en produits phytosanitaires. Cette diversité de plantes cultivées est aussi bénéfique pour le sol, avec des restitutions aux sols nombreuses, renforçant la fertilité naturelle des sols.

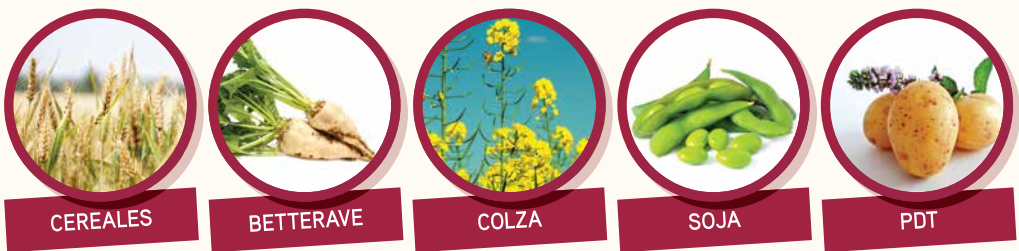
Pour les années à venir, l'agriculteur devra relever le défi suivant : préserver un nombre aussi important de cultures dans son assolement, améliorer la complémentarité des différentes variétés cultivées pour les cultures principales et mettre au point des pratiques de semis sous couverture végétale pour accentuer encore davantage la résilience climatique de la ferme.



FIGURE 20. Pavot médicinaal peu avant la récolte. Source : Solagro.

4.1.4. Amélioration de la structure des sols dans les collines de Kraichgau · ALLEMAGNE

CULTURES: blé tendre d'hiver, betterave sucrière, colza, soja, pomme de terre.



Toujours plus au nord, nous sommes maintenant en Allemagne, plus précisément dans le district de Heilbronn, à 50 km au nord de Stuttgart, dans la région montagneuse de Kraichgau. Cette nouvelle ferme de grandes cultures se situe entre 120 et 250 m d'altitude. Les sols, de texture argilo-limoneuse sont dotés d'une grande capacité de stockage de l'eau. La ferme est spécialisée dans la production de pommes de terre irriguées et de betteraves sucrières. Toutefois, sur les 240 hectares surface agricole utile (SAU), 90 hectares sont cultivés dans la plaine du Rhin, où la température moyenne est supérieure de près de 1 °C. Ces conditions climatiques permettent à l'agriculteur une production de pommes de terre primeur mais aussi de soja. La température moyenne annuelle sur le principal site de production est d'environ 10 °C, avec des précipitations sur l'année totalisant 720 mm. La principale rotation de cultures pratiquée sur la ferme est la suivante : betterave sucrière, blé tendre d'hiver, colza d'hiver, blé tendre d'hiver, pommes de terre et blé tendre d'hiver. Pour la plaine du Rhin, la rotation est soja, blé tendre d'hiver, colza d'hiver et blé tendre d'hiver. La ferme a aussi su diversifier ses activités lui permettant des sources de revenus complémentaires : vente directe à la ferme, production d'énergie photovoltaïque et vente de sapins de Noël.



FIGURE 21. Couverts végétaux multi-espèces.
Source : Lake Constance Foundation.

Principaux Indicateurs Agro-Climatiques (IACs), projections pour le FP (FP) et impact

N°	IACs	CALENDRIER												FP
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	DÉFICIT HYDRIQUE (P-ETP)													↑ 42%
02.	T MAX > 25°C (Nb de jours)													↑ 80-100%
03.	T MAX > 30°C (Nb de jours)													↑ 27%
04.	TEMPÉRATURE MOYENNE													↑ -
05.	RISQUE DE GEL T min < -4° C (Nb jours)													↑ -

IMPACTS:

- IACs 1 et 2: maturité plus précoce, grains plus petits et rendements plus faibles.
IAC 4: risque adventices, insectes et maladies plus élevé.
- IACs 1 et 2: croissance ralentie, rendement plus faible, teneur en sucre en baisse.
IAC 4: risque adventices, insectes et maladies plus élevé.
- IACs 1 et 3: arrêt de croissance des tubercules, plus grande dépendance à l'irrigation, qualité inférieure. Lors de la récolte, des agglomérats de sols liés à la sécheresse peuvent endommager la peau de la pomme de terre.
IAC 4: risque adventices, insectes et maladies plus élevé.
IAC 5: mortalité de feuilles peu après leur formation, d'où un retard possible du cycle de développement.
- IACs 1 et 3: teneur en huile plus faible, maturité plus précie. Rendement en baisse.
IAC 4: risque adventices, insectes et maladies plus élevé.



En raison de tous les changements climatiques décrits précédemment, l'agriculteur s'emploie autant que possible à améliorer la structure de ses sols afin de faire face aux défis du changement climatique. Il est primordial pour lui d'obtenir une bonne structure de sol avec un fonctionnement biologique optimal, ce qui leur permet d'être en mesure d'absorber la pluie (notamment si elles sont intenses) et de la stocker plus longtemps, en évitant la perte de nutriments et en réduisant l'érosion éolienne ou hydrique. Afin d'améliorer la structure du sol, la ferme utilise déjà quatre mélanges de couverts végétaux différents et très polyvalents comprenant au total 15 espèces différentes (comprenant par exemple du radis, du trèfle, de la phacélie, des pois, de l'avoine rude, de la vesce et de la moutarde). Toutes les espèces ont des caractéristiques différentes en termes de développement racinaire, d'exsudats racinaires, de résistance aux insectes nuisibles et aux maladies et des besoins nutritionnels différents.

Le risque d'érosion du sol au printemps lors de la plantation des pommes de terre est particulièrement élevé. Outre l'amélioration de la structure du sol, l'agriculteur a mis au point une **technique spécifique lui permettant d'empiler le sol entre les rangées de pommes de terre**. Une autre mesure mise en place sur la ferme pour lutter contre l'érosion consiste à labourer les parcelles pentues de manière perpendiculaire à la pente. Sur le reste de la ferme, un travail du **sol réduit** est développé (sauf avant pommes de terre). Enfin, l'agriculteur **sème du blé entre les rangées** après la plantation des pommes de terre pour éviter le lessivage du sol en cas de fortes pluies. La **pression des pneus** des engins utilisés sur la parcelle est également adaptée à ce travail, de sorte que la bonne structure du sol ne soit pas détruite lors des interventions mécaniques.

Outre l'amélioration des sols, d'autres mesures telles que l'inclusion de **nouvelles variétés mieux adaptées** au changement climatique sont également mises en œuvre. Comme indiqué ci-dessus, les conditions climatiques dans la plaine du Rhin sont jusqu'à 1 °C plus chaudes mais aussi plus sèches. En conséquence, la ferme a remplacé le trèfle par de la **luzerne**, car celle-ci a la capacité de s'enraciner très profondément. Elle est de ce fait plus résistante à la sécheresse comparativement au trèfle. Dans la plaine du Rhin, la



FIGURE 22. Culture de luzerne. Source : Solagro.



FIGURE 23. Culture de soja. Source : Pixabay.

ferme cultive également une variété de **blé tendre d'hiver plus précoce à maturité** - « Rubisko » - pour éviter les pics de chaleurs intervenant généralement en milieu d'été (août). Cette variété a un potentiel de rendement élevé, y compris sous conditions plus restrictives en eau, et ses épis barbus protègent la plante du stress thermique. Au-delà du choix d'une variété de blé plus précoce, six variétés différentes de blé tendre d'hiver sont cultivées chaque année sur une parcelle dédiée dans le but afin d'étudier leur comportement et sélectionner celles qui se comportent le mieux localement.

En raison du réchauffement observé ces dernières années, la ferme a également commencé à produire une nouvelle culture, **le soja**, qui prospère dans des conditions plus chaudes, comme dans la plaine du Rhin. Les premiers résultats sont concluants, et par conséquent, cette production est développée sur de grandes superficies.

Les **dates de semis** sont également adaptées à la hausse de température en automne et au printemps. Avec une date de semis plus tardive, les plantes se développeront peu avant l'hiver, ce qui réduira la sensibilité des plantes aux ravageurs, tels que les pucerons et les cicadelles, vecteurs potentiels d'agents pathogènes. Un semis précoce au printemps permet d'envisager une récolte plus tôt, évitant ainsi la période la plus critique de chaleur estivale et de sécheresse.

Cette exploitation a la capacité de pouvoir irriguer. L'eau provient d'un puits privé et d'un bassin de contention créé par l'agriculteur (environ 2 000 m³). L'irrigation réduit le risque de pertes très élevées de rendements des pommes de terre (effet stabilisateur). Durant les étés chauds, comme dernièrement celui de 2018, où le nombre de journées très chaudes (supérieures 30°C en juillet / août) fût exceptionnel, l'irrigation permet alors de refroidir la culture et d'éviter la surchauffe des tubercules.

Être au fait des nouvelles techniques et produits agricoles est également un avantage lorsque l'on recherche à s'adapter au changement climatique. La ferme utilise des **produits à base d'algues** dans le but d'obtenir un meilleur enracinement des principales cultures. En particulier lors d'années sèches maintenant plus fréquentes, cela pourrait alors augmenter la résilience de la ferme.

4.1.5. Agrotechnologie et assolement culturel soigné à Haage · ESTONIE

CULTURES: blé tendre d'hiver, orge de printemps, colza, fève, féverole.



CEREALES



COLZA



FEVE



FEVEROLE

La fin de notre périple consacré aux grandes cultures dans différentes régions européennes nous amène maintenant dans la zone la plus septentrionale étudiée dans le cadre de ce projet, la région de Tartumaa en Estonie. Nous sommes dans la localité de Haage, pour découvrir une exploitation de grande dimension avec 1 510 ha consacrés aux cultures de céréales et oléo-protéagineux. Fondée en 1993, cette ferme était alors mixte (atelier végétal et animal), mais depuis 2015, l'agriculteur a décidé de mettre fin à l'activité d'élevage. Les principales cultures de l'exploitation sont le blé tendre d'hiver, l'orge de printemps, le colza d'hiver et les fèves et féveroles. Environ 10% de la SAU est toujours consacrée aux prairies permanentes

et temporaires à proportion équivalente. La plupart des champs présentent un sol sablo-limoneux léger (867 ha), une autre partie du parcellaire est de type sablo-argileuse (390 ha) et enfin on trouve aussi d'autres types de sols (sablo-limoneux sur 30 ha, sable sur 85 ha et tourbe sur 140 ha). L'hydromorphie est importante et concerne 26% des superficies totales cultivées sur l'exploitation, bien que moins de 2% des surfaces ne soient pas équipées de système de drainage. Le risque d'érosion est faible, sauf en ce qui concerne l'érosion éolienne possible en cas de périodes sèches en automne (fréquence de 20%) et, dans une moindre mesure, l'érosion hydrique occasionnée par les fortes pluies.

Principaux Indicateurs Agro-Climatiques (IACs), projections pour le FP (FP) et impact

N°	IACs	CALENDRIER												FP
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	PRÉCIPITATIONS													10%
02.	TEMPÉRATURE MOYENNE													33%
03.	FROID TARDIF													10 days later
04.	T MAX > 30°C (Nb de jours)													10%
05.	DÉFICIT HYDRIQUE (P-ETP)													6%
06.	PLUIES INTENSES (risque de grêle)													24%
07.	PLUIES INTENSES (risque de grêle)													88%

IMPACTS:



IACs 1, 6 et 7: perte significative de qualité, verse, perte de rendement et interruptions de la récolte. Entrave également les semis.



IAC 2: persistance insuffisance de la couverture neigeuse et exposition des plantes à des gelées occasionnelles. Dégâts de gel lors des stades 2-3 feuilles et tallage.



IAC 3: dégâts causés par le gel sur les céréales de printemps.



IACs 4 et 5: affecte négativement les stades épiaison et remplissage du grain pour les céréales d'hiver et la phase de tallage pour les céréales de printemps.

IAC 1: perte importante de qualité, perte de rendement et interruption de la récolte. Entrave également les semis.

IAC 2: insuffisance de la couverture neigeuse et exposition des plantes à des gelées occasionnelles. Dégâts de gel.

IACs 6 et 7: dégâts liés à la grêle et aux fortes précipitations, éclatement des siliques et pertes de rendement.

IACs 1, 6 et 7: perte importante de qualité, perte de rendement et interruption de la récolte.

IACs 4 et 5: difficulté de floraison/nouaison. Perte de rendement et de qualité.

IAC 2: insuffisance de la couverture neigeuse et exposition des plantes à des gelées occasionnelles. Dégâts de gel.

IACs 6 et 7: difficultés de semis.

Les conditions climatiques du secteur sont extrêmement variables, ce qui rend difficile la prise de décision pour sécuriser les rendements. Les hivers sans neige coïncidant avec les fortes gelées d'hiver ou les cycles de gel-dégel peuvent menacer la viabilité de la culture, ainsi que le rendement et la rentabilité de la production. En dehors de cela, les principales vulnérabilités climatiques locales sont la sécheresse et les précipitations excessives. Ainsi, la récolte des féveroles a échoué deux années consécutives : en 2017 en raison de précipitations continues (+ 172% par rapport à la normale), puis à nouveau en 2018 en raison de la sécheresse estivale (précipitations - 62% par rapport à la normale). Même si la hausse des températures et une période de croissance plus longue peuvent apporter certains avantages en termes de rendement ou de qualité, les risques sont plus élevés en raison de la variabilité croissante et de l'imprévisibilité des conditions météorologiques. En ce qui concerne les variations de rendement potentielles, celles-ci sont de 68% pour l'orge de printemps, 65% pour le blé tendre d'hiver, 41% pour les féveroles de printemps, 200% pour le colza d'hiver et 47% pour le colza de printemps. Comme vous le constatez, l'Europe du Nord est très incertaine !

Mais les situations difficiles apportent des solutions créatives... tout comme celles mises en œuvre par cet agriculteur.



FIGURE 24. Récolte des céréales. Source : Enn Lauringson.



Tout d'abord, une attention particulière est accordée à l'**optimisation des cultures assolées** afin d'éviter une surface excessive des cultures hivernales, ce qui pourrait occasionner un retard des semis et par conséquent du développement des plantes qui poussent pendant l'hiver, y compris les récoltes. En ce sens, une **variété d'orge de printemps à maturité tardive** a été introduite pour utiliser la fenêtre de récolte après le blé de printemps.

En ce qui concerne à nouveau les conditions de récolte, la sélection de variétés caractérisées par une **bonne résistance à la verse** revêt une grande importance pour cette ferme, ainsi que des variétés ayant une bonne **aptitude à résister à la germination sur pieds** en cas de conditions climatiques défavorables en période de récolte. Parmi les autres initiatives intéressantes à souligner, certaines concernent l'**amélioration des agroéquipements**, par exemple en utilisant des moissonneuses batteuses à chenilles ou semi-chenillées qui conviennent mieux aux terrains humides et réduisent le risque de compaction du sol lors des chantiers de récolte ; ou encore en optimisant le processus de séchage du grain pour bien valoriser les courtes fenêtres d'interventions entre les longues périodes de pluie au moment de la récolte.

Comme nous l'avons déjà vu dans des études de cas précédentes, cet agriculteur procède également à des **semis tardifs** (pour les cultures d'hiver) et **précoces** (pour les cultures de printemps) afin d'éviter une croissance exubérante de plantes en période hivernale d'une part, ou d'esquiver les périodes de stress thermique d'autre part pour les cultures de printemps. Par conséquent, une proportion optimale de cultures d'hiver et de printemps doit être maintenue sur la ferme afin d'être en mesure de gérer techniquement l'exploitation agricole.



FIGURE 25. Champ de féveroles, source de fixation d'azote symbiotique. Source : Enn Lauringson.

Une autre mesure d'adaptation mise en œuvre est la **diversification des cultures et la sélection de nouvelles cultures et variétés mieux adaptées au changement climatique**. Par exemple, le seigle convient mieux aux sols plus légers pour renforcer son système racinaire. De nouveaux hybrides ont montré de bons résultats et peuvent être utilisés en substitution au blé si les conditions de commercialisation le permettent. Également, une sélection de variétés de féveroles aux aptitudes différenciées et plus précoces est réalisée en vue de diversifier les risques. Dans les zones vulnérables à la sécheresse, le colza d'hiver peut être remplacé par la navette, qui est moins productive mais dont le développement est plus rapide, échappant ainsi à la sécheresse estivale souvent critique.

L'**amélioration ou l'ajustement de la technique de semis** est aussi un levier intéressant. En ce qui concerne la féverole, un semis plus profond dans un sol léger (de 7 à 8 cm de profondeur) permet une meilleure utilisation de l'humidité du sol afin de développer un système racinaire plus vigoureux. Autre possibilité, l'optimisation de l'agrotechnologie en période pré-hivernale (par exemple, Horsch Focus) pour le semis du colza d'hiver. Cela permet d'obtenir des plantes plus résistantes (la forme du sillon est optimale pour renforcer sa viabilité en hiver).

L'**optimisation de l'utilisation d'engrais, de régulateurs de croissance et de biostimulants** est nécessaire pour obtenir des plantes saines et des sols fertiles dont le fonctionnement optimisé limitera les effets en cas de conditions météorologiques défavorables. Les biostimulants végétaux doivent être appliqués sur céréales avec une grande attention, car ils prolongent la durée de croissance, ce qui peut mettre les plantes en danger si une période de sécheresse intervient par la suite. De même, des régulateurs de croissance et autres produits limitant la déhiscence des siliques peuvent être appliqués sur le colza d'hiver afin de réduire les dommages causés par l'hiver (maladies fongiques) ce qui accroît la résistance des plantes.

Enfin, l'efficacité globale peut être améliorée en équipant les **machines agricoles d'outils d'aide à la décision pour une agriculture de précision** : cartographie des rendements, pulvérisateurs GPS, fertilisation pilotée par mesure des besoins en éléments nutritifs du couvert végétal, etc.





4.2. CULTURES PERMANENTES : LA VIGNE

Les cultures permanentes sont un investissement à long terme. Une fois que la culture principale est installée, il faut plusieurs années avant qu'elle devienne productive et encore quelques années avant que la production atteigne son apogée. Vous pensez peut-être que les mesures d'adaptation ne seront pas aussi dynamiques que pour les cultures arables en raison du manque de diversité des cultures dans le système ? Ce manque de diversité peut être corrigé, avec pour effet une meilleure gestion des sols, des nuisibles, des fertilisants et de l'eau. Des cultures complémentaires comme les couverts végétaux peuvent être cultivées entre les rangées de la culture principale, avec des finalités assez larges : engrais vert, recyclage des éléments fertilisants, protection des sols, biodiversité, et pourquoi pas la production de ressources fourragères !



4.2.1. Vinification de qualité et gestion des sols, les meilleures options d'adaptation à Terres dels Alforins · ESPAGNE

CULTURES: vigne.



De retour en Espagne, intéressons-nous maintenant aux cultures permanentes. La ferme de Los Frailes est située à Terres dels Alforins près de Valence, une entreprise familiale qui comprend 130 ha de vignes en agriculture biologique ainsi qu'une cave pour assurer la vinification. 400 tonnes de raisins sont produites en moyenne chaque année à une altitude de 700 m, avec seulement 450 mm de pluviométrie annuelle et pas un seul hectare n'est irrigué ! La ferme est composée principalement de petites et moyennes parcelles avec les cépages suivants : 60 ha de Mourvèdre, 25 ha de Cabernet Sauvignon, 15 ha de Grenache noir, 20 ha de Marselan, 3 ha de Sauvignon Blanc, 1 ha de Viognier, 2 ha de Muscat et 1 ha de Verdil. La région offre encore de relativement bonnes conditions climatiques pour la vigne (hivers froids, étés modérés), mais à proximité immédiate certaines zones sont déjà en situation critique pour la production de vin. La

nouvelle génération en charge de la conduite de la ferme se sent très concernée par la gestion des sols et la prise en compte des évolutions climatiques, et se trouve ouverte aux changements.

Dans cette zone, les variations interannuelles de précipitations sont très importantes et la recharge hivernale (précipitations automne-hiver-début du printemps) devient essentielle pour assurer de bons rendements pour la vigne. Les étés se réchauffent également, avec un nombre de jours avec des températures maximales supérieures à 35 °C plus conséquent, ce qui est également essentiel pour les rendements (quantité et qualité).

Principaux Indicateurs Agro-Climatiques (IACs), projections pour le FP (FP) et impact														
N°	IACs	CALENDRIER												FP
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	INDICE HÉLIOTHERMIQUE (IH)													↑ 6%
02.	INDICE DE FRAÎCHEUR DES NUITS (IF)													↑ 7%
03.	DÉFICIT HYDRIQUE (P-ETP)													↑ 20%
04.	VAGUE DE CHALEUR (Nb de jours T max > 35 °C)													↑ 6%
05.	GEL TARDIF (Nb de jours T min < 0 °C)													↓ -

IMPACTS SUR LA VIGNE:

IAC 1: surmaturation des raisins, vendanges plus précoces. Cela peut entraîner des changements dans le type de viticulture et les cépages cultivés régionnalement.

IAC 2: peut influencer négativement la couleur et l'arôme obtenus.

IAC 3: la qualité et le potentiel de maturation peuvent être compromis.

IAC 4: décuple la maturité technologique (sucre) et polyphénolique (arôme) des raisins.

IAC 5: affecte la qualité et la production.

Dans cette région, comme dans de nombreuses régions viticoles du monde, il existe deux approches : l'une consiste à produire du raisin qui sera ensuite vendu à une structure vinicole, ou bien la vinification de sa production à la ferme. Dans le premier cas, la priorité est d'obtenir des rendements très élevés pour obtenir les meilleurs revenus possibles. Dans le second cas, l'objectif est de produire un vin de haute qualité, la quantité devient un critère moins prioritaire. La ferme de Los Frailes a décidé de prendre cette seconde voie, en misant il y a plus de dix ans sur la production biologique et biodynamique. Ces décisions se sont avérées judicieuses pour se différencier sur le marché, mais également pour atténuer les impacts du changement climatique. Lorsque l'on n'attend pas d'un vignoble des rendements très élevés, la vulnérabilité climatique du système viticole s'amoinndrie et les revenus provenant de vins de haute qualité permettent d'envisager une viabilité économique.



FIGURE 26. Vignes à Los Frailes. Source : FGN.



Tout d'abord, plus de 50% des surfaces en vignes de la ferme sont plantées en cépages locaux (notamment le Mourvèdre, Grenache noir ou Verdil), qui ont démontré ces dernières années leurs aptitudes semblables à celle d'un coureur de fond : ils n'obtiennent jamais les rendements les plus élevés, mais témoignent d'une certaine stabilité, y compris les années les plus difficiles. Curieusement, la ferme de Los Frailes dispose également de 20 ha de Marselan, un croisement naturel entre Cabernet Sauvignon et Grenache provenant de régions méditerranéennes du sud de la France. Ce cépage s'est révélé être très bien adapté à ce climat et se comporte comme les cépages traditionnels de la région. Cela démontre que les cépages locaux et mais aussi **de régions similaires sont de bonnes options** pour les viticulteurs.

La gestion de la vigne est également d'une importance capitale. Les agriculteurs effectuent une **taille en vert** pendant la phase de développement de la vigne, afin d'équilibrer le rapport fruit/feuille, mais aussi **des techniques d'éclaircissage** des grappes pour adapter la production aux possibilités physiologiques des plantes, très variables d'une année à l'autre. La **gestion de la canopée** joue le rôle de contrôle à chaque instant de la quantité de rayonnement atteignant les raisins et donc de maîtrise de la température. Pour certains cépages, cela peut justifier leur mode de culture traditionnel (taille en gobelet) qui optimise ce processus, ou bien pour d'autres techniques, il faudra alors ajuster la façon dont elles sont palissées (par exemple ne pas utiliser le dernier fil pour laisser la canopée pendre et assurer un ombrage aux grappes). Une autre possibilité de lutte contre les fortes températures consiste à **appliquer de l'argile kaolin** qui limite l'échauffement tout en assurant un rôle d'insectifuge. Certes, toutes ces options entraînent des coûts supplémentaires en raison de la main-d'œuvre (absence de

mécanisation), mais elles en valent la peine pour obtenir une production de haute qualité. En ce qui concerne la gestion des sols, préoccupation principale sur la ferme de Los Frailes, une étude a été conduite pour mieux qualifier leurs caractéristiques et leurs perspectives d'amélioration. Depuis, l'augmentation de la matière organique et la revitalisation biologique du sol sont devenues une véritable priorité. Dans un environnement de type méditerranéen, le bilan humique d'une vigne non irriguée peut facilement être négatif : faibles restitutions aux sols, peu d'humidité, difficulté d'envisager des couverts végétaux (concurrence en eau avec la vigne)... Ainsi, Miguel et María José mobilisent différentes stratégies, visant toutes à équilibrer les gains et les pertes en matière organique : en hiver **pâturage ovin** dans le vignoble, **apports de composts** dont des essais de compostage de tailles de vigne avec d'autres ressources locales, installation de **couverts végétaux spontanés en période hivernale** et tests d'implantation de couverts végétaux d'espèces sélectionnées. D'un point de vue agronomique, il s'agit de réduire la vulnérabilité aux changements de températures, d'améliorer la capacité de rétention en eau des sols, et bien sûr, d'offrir une meilleure nutrition aux plantes. Les études des sols se poursuivent sur la ferme



FIGURE 27. Couverts végétaux d'hiver dans une vigne. Source : FGN.

pour quantifier les pertes de fertilité liées à des processus de macro et micro érosion. Selon les viticulteurs de la région de Terres dels Alforins, le **processus de vinification** offre également certaines possibilités d'adaptation. Il existerait une étroite corrélation entre les processus de vinification classiques qui ont évolué pour produire de meilleurs vins (macération plus froide pour augmenter le profil aromatique) à des vins plus avancés (correction du pH à l'aide de résines échangeuses de cations, utilisation de différentes souches de levure). Ces techniques permettent de réduire les effets des facteurs climatiques. Jusqu'où déployer ces différentes techniques ? Cela reste un choix personnel pour chacune des caves.

Les viticulteurs qui visent un vin de haute qualité, à l'image des viticulteurs de Los Frailes, se donnent davantage de chances d'obtenir un raisin de qualité et ne craignent pas d'offrir aux consommateurs des vin naturels, changeant selon l'année. Les viticulteurs sont conscients que les préférences des consommateurs évoluent au fil des années. En ce sens, **les changements de type de vin** peuvent offrir une certaine flexibilité. Par exemple, dans un scénario où la teneur en alcool des vins rouges peut augmenter en raison des nouvelles conditions climatiques, une récolte précoce augmentera son **acidité** tout en limitant son degré d'alcool.



FIGURE 28. Compost de fumier ovine et de vinasses.
Source : FGN.



FIGURE 29. Zoom sur le compost épandu dans les vignes. Source : FGN.

4.2.2. Mulching, compost et outils d'aide à la décision sur la péninsule d'Höri · ALLEMAGNE

CULTURES: vigne.



Un vigneron ouvre les portes et nous laisse entrer. Il gère une ferme conventionnelle de 5,5 ha dans le district de Constance / Bade-Wurtemberg. Ses parcelles de vignes sont situées sur la péninsule de Höri, à une altitude de 450 m au-dessus du niveau de la mer. Le régime de précipitation moyenne est ici proche de 910 mm/an, mais dont la répartition saisonnière peut être problématique pour la vigne.

La ferme souffre parfois d'un manque de précipitations, voire d'importantes sécheresses et de températures très élevées. Notamment, 1,3 ha de vignobles sont problématiques car implantés sur une parcelle au sous-sol graveleux avec une très faible rétention de l'eau. Sur

ce site, les vignes sont parfois irriguées à partir d'une cuve de stockage. En 2018, le viticulteur estime avoir perdu environ cinq tonnes de raisin en trois semaines de sécheresse intense. Il était très surpris de la rapidité et de l'ampleur de la perte, mais cela illustre le niveau d'impact du changement climatique dans cette région.

Quelle est la stratégie de la ferme ? Un climat plus chaud associé à une baisse de pluviométrie implique une plus grande attention à la capacité de stockage de l'eau du sol ainsi qu'un système d'irrigation beaucoup plus efficace, qui devrait inclure des outils d'aide à la décision pour l'irrigation.

Principaux Indicateurs Agro-Climatiques (IACs), projections pour le FP (FP) et impact														
N°	IACs	CALENDRIER												FP
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	INDICE HÉLIOTHERMIQUE (IH)													29%
02.	TEMPÉRATURE MOYENNE													25%
03.	PRÉCIPITATIONS													9%
04.	GEL TARDIF (Nb de jours Tmin < 0°C)													6%
IMPACTS: IAC 1: surmaturation des raisins, vendanges plus précoces. Cela peut entraîner des changements dans le type de viticulture et les cépages cultivés régionalement. IAC 2: risque plus élevé de mauvaises herbes, maladies et ravageurs. IAC 3: la qualité et le potentiel de maturation peuvent être compromis. IAC 4: affecte la qualité et la production.														



Pour améliorer la capacité de rétention en eau du sol, **un compost** est épandu chaque année pour augmenter la teneur en matière organique. **Un mulch** est pratiqué entre les rangées de vigne en surface du sol, constitué de divers matériaux d'entretien du paysage, ce qui contribue à limiter l'évaporation et à protéger le sol de radiations excessives du sol (qui pourraient augmenter la température à la surface).

Pour éviter que les pertes subies en 2018 ne se répètent, des **tensiomètres** sont désormais utilisés pour mesurer l'humidité du sol, permettant au viticulteur de réagir à temps afin d'éviter que la vigne ne subisse un déficit hydrique trop sévère.

La ferme envisage également de planter de **nouveaux cépages à débourrage tardif**, comme par exemple le Sauvignon Gris, afin d'éviter les coups de gel tardif de plus en plus préjudiciables. Également, des diversifications basées sur des **cépages à maturité plus tardive** (Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc) sont envisagées pour réduire l'impact du stress thermique pendant l'été aux derniers stades de la vigne. Enfin, les viticulteurs sont aussi ouverts à implanter des cépages mieux adaptés **aux climats chauds**.

La taille pourrait être pratiquée plus tard afin de différer la maturation du raisin et éviter les effets du stress thermique pendant l'été sur les grappes presque prêtes à être vendangées. Un retard d'une semaine dans la date de taille effectuée après l'éclatement du bourgeon retarde la maturation de près d'une semaine.

Différents types de mesures de protection contre le gel sont à l'étude, telles que les **bougies chauffantes** ou bien **des brûleurs à gaz mobiles**, notamment vis-à-vis des risques de gel tardif sur les vignes.



FIGURE 30. Cabernet sauvignon. Source : Pixabay.



4.3. FERMES D'ÉLEVAGE BOVIN LAIT ET BOVIN VIANDE

Sur les fermes d'élevage, il est possible de combiner plusieurs approches pour une adaptation durable au changement climatique. D'une part, l'amélioration du bien-être et de la santé des cheptels (confort thermique, amélioration de l'hygiène, fourrages de meilleures qualité), et d'autre part la production de fourrages sur l'exploitation qui concernent une très grande partie des éleveurs en Europe. C'est sur cette seconde composante des systèmes d'élevage que les éleveurs ont des perspectives de mise en œuvre de mesures d'adaptation durables en lien avec leurs cultures (céréales et prairies) pour une plus grande résilience de leur ferme.



4.3.1. Améliorer la durabilité des fermes laitières tout en devenant plus résilient • ESPAGNE

ELEVAGE: vaches laitières.



Les producteurs laitiers européens ont connu de grands changements ces dernières années. Pour les plus jeunes générations, cette entreprise est bien différente de celle gérée auparavant par leurs parents, et ce sera probablement à nouveau probablement très différents dans quelques années. Les changements climatiques en cours constituent une difficulté supplémentaire pour ce secteur. Dans ce le cadre du projet Life AgriAdapt, la Fundación Global Nature s’est donc rapprochée de Calidad Pascual, l’une des plus importantes entreprises laitières d’Espagne. Cette laiterie s’approvisionne en lait auprès de 330 petits et moyens producteurs, pour la plupart des entreprises familiales ayant une longue relation établie avec l’entreprise au cours des 30 dernières années. Le nombre moyen d’animaux par ferme est de 120 (de 27 à 851) et la production varie de 6 000 à 14 000 kg / vache / an. Il y a quelques années, Calidad Pascual a décidé de lancer un programme visant à élargir le concept de qualité au-delà du lait lui-même. Celui-ci s’intéresse aussi bien qu’à l’optimisation des transports, qu’à l’efficacité alimentaire des protéines ou bien encore au bien-être des animaux... La dernière phase de ce programme s’est traduit

par la mise en place d’un protocole d’approvisionnement ambitieux, pour réduire les émissions de gaz à effet de serre au niveau de la ferme, par le biais de divers leviers : l’augmentation de l’autosuffisance alimentaire, la durabilité des pratiques et des systèmes, la biodiversité, la gestion de l’eau et de l’énergie. Actuellement, ce protocole est déjà adopté par 100% des exploitations. Ce qui était initialement prévu comme une occasion de promouvoir la durabilité s’est révélé être également un moyen intéressant pour aborder les options d’adaptation.

En ce qui concerne le changement climatique, les producteurs laitiers doivent principalement faire face à deux types de défis. D’une part, ce sont des cultivateurs (céréales et fourrages), ils doivent donc faire face aux mêmes incertitudes que les autres agriculteurs. D’autre part, ils doivent aussi prendre en compte certains défis spécifiques comme la production d’aliments pour les animaux et les conditions climatiques source de stress (canicule et vague de chaleur). Six fermes pilotes AgriAdapt évoluant dans des conditions climatiques très variées (de la Méditerranée à l’Atlantique) ont été

Principaux Indicateurs Agro-Climatiques (IACs), projections pour le FP (FP) et impact														
N°	IACs	CALENDRIER												FP
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	AUTOSUFFISANCE EN PRODUCTION DE FOURRAGES													-
02.	AUTOSUFFISANCE EN PRODUCTION DE CÉRÉALES													-
03.	CONFORT THERMIQUE DES ANIMAUX													-
IMPACTS: IAC 1: important par rapport à l'autonomie économique de l'une des productions agricoles les plus vulnérables dans les conditions méditerranéennes. Peut entraîner des dépenses supplémentaires importantes les années défavorables. IAC 2: identique à l'indicateur précédent, mais moins critique en raison d'un accès au marché plus facile, y compris les années de faible production. IAC 3: impact direct sur la production laitière (quantité), parfois aussi sur la qualité du lait.														

analysées. Pour chaque ferme, les diagnostics s'intéressent à la production agricole issues des parcelles, aux conditions de logement des animaux et au suivi de la production laitière quotidienne.

En ce qui concerne les défis liés aux productions agricoles, la résilience des systèmes fourragers est essentielle, en particulier pour les exploitations dans des climats plus secs. Pour produire du fourrage, il faut dans la plupart des cas disposer de terres irriguées, ce qui n'est pas toujours le cas. Des conditions climatiques de plus en plus défavorables (températures plus élevées, baisse des précipitations) implique de recourir à davantage de volume en eau dans les scénarios où cette disponibilité diminue.

Ces exploitations méditerranéennes présentent des niveaux d'autosuffisance élevés pour les concentrés à destination des animaux. Malheureusement, ce n'est pas un réel avantage car, même les années défavorables, l'achat de céréales reste abordable pour les agriculteurs, tandis que le fourrage coûte toujours plus cher en cas de déficit (disponibilité et transport).

En ce qui concerne le bien-être des animaux, les agriculteurs observent déjà une réduction de la production de lait lors des périodes de vagues de chaleur. Toutes les exploitations évaluées en Espagne sont déjà équipées d'une ventilation active (ventilateurs électriques), ce qui, dans certains cas, représente un coût énergétique important pendant les périodes estivales. Toutefois, il est resté difficile de mesurer l'impact réel des vagues de chaleur sur la production laitière, car la production par animal évolue de semaine en semaine, et dans le même temps d'autres facteurs sont susceptibles d'affecter cette production (par exemple, la composition de la ration). Le défi sur ces fermes a aussi consisté à trouver des approches permettant de corrélérer la qualité du lait et les niveaux de THI. Pour cela, les exploitations qui rassemblent les conditions les plus critiques (bâtiment avec une ventilation insuffisante) ont été sélectionnées, ainsi que les périodes au cours desquelles le THI était plus élevé et les pics de températures maximales (analyses sur une période de sept ans avec des données quotidiennes). Ces différents paramètres ont été confrontés aux données de production laitière (litres) et des paramètres de qualité (teneur en matières grasses et en protéines, teneur matière utile, nombre de cellules) pour voir si des corrélations interviennent. Bien que les agriculteurs affirment régulièrement que les périodes de stress thermique entraînent une production de lait inférieure, ce lien n'a pu être totalement démontré (en raison des aspects susmentionnés). En termes de qualité, des liens étroits semblent exister dans certaines situations (mais non explorées de manière exhaustive) avec la teneur en matière grasse (TB) par exemple.

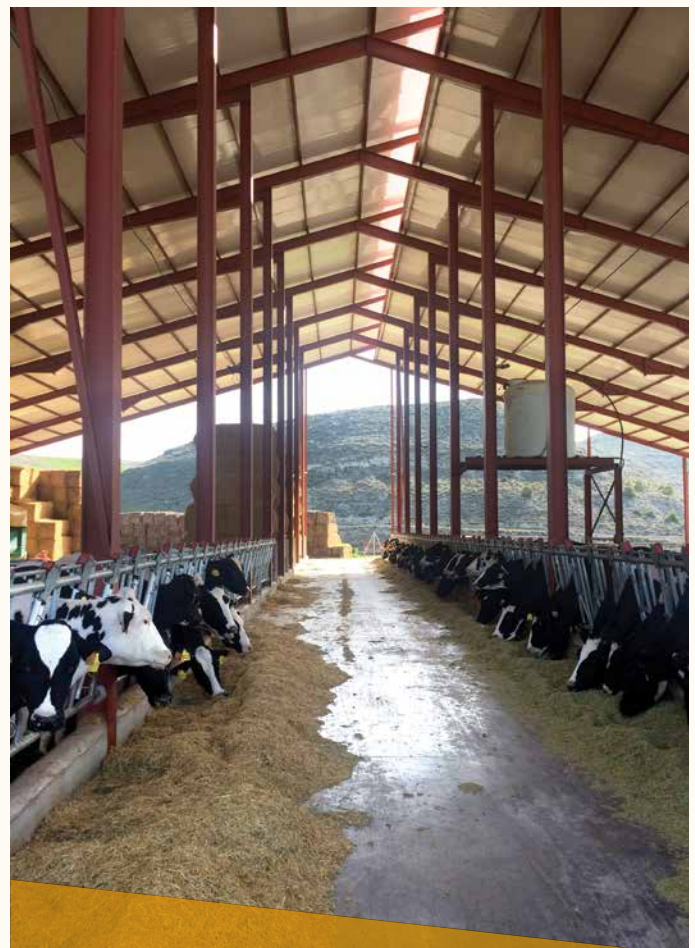


FIGURE 31. Exemple de bâtiment ouvert. Source : FGN.



En ce qui concerne les options d'adaptation, le stress thermique est, de manière surprenante, une option simple sur le plan technique, mais avec quelques limitations quand il est question de sa mise en œuvre. Les nouvelles générations d'éleveurs qui prennent la relève ont investi dans de nouvelles installations pour les animaux. Les bâtiments ne sont plus fermés maintenant, mais sont conçus comme des structures hautes (huit mètres) et complètement ouvertes sur les quatre pans. Des bottes de paille et autres barrières amovibles peuvent être utilisées pour prévenir des vents froids en hiver, mais les éleveurs ont compris qu'il était indispensable d'assurer une **ventilation passive** et que, sous ce climat, le traitement des vagues de chaleur était une priorité plus importante que le vent froid. Selon trois des agriculteurs qui ont investi dans de nouvelles étables, de telles structures réduisent considérablement le stress thermique, mais elles représentent un investissement énorme qui n'est pas toujours réalisable. Les **structures flexibles pouvant être ouvertes ou fermées** sont également une bonne option si une rénovation complète n'est pas possible. L'**isolation des toits et l'ombrage** de certaines zones de la grange se sont également révélés efficaces. La ventilation active est une solution mise en œuvre dans la plupart des exploitations, mais la consommation d'énergie peut augmenter et nuire à la compétitivité de l'exploitation (jusqu'à 220 €/mois) dans l'une des exploitations évaluées, ventilateurs fonctionnant 24h / 24 et 7j / 7 de mai à septembre). La **densité animale** dans les bâtiments est également un aspect essentiel qui contribue à réduire le stress des animaux. Dans certains pays arides, des **brumisateurs** sont utilisés pour réduire la température ambiante, mais il n'y en a aucun parmi les fermes pilotes. Avec un peu d'expérience, l'odeur de l'urine dans l'étable peut être un bon indicateur du confort de l'animal. Par temps chaud, un excès d'odeur d'ammoniac indiquera une mauvaise ventilation et / ou une densité élevée d'animaux. L'**accessibilité des abreuvoirs** est une autre option d'adaptation importante. Il n'est pas seulement question de leur nombre, mais aussi de les répartir judicieusement pour permettre aux animaux non dominants de boire. En période de canicule, la consommation d'eau va augmenter pour maintenir le confort des animaux à un certain niveau (en leur fournissant plus d'eau ou en facilitant leur accès) neutralisant ainsi partiellement la réduction de la production laitière présente pendant l'été en raison du stress climatique. L'**amélioration génétique** est également une option à plus long terme et plusieurs études portant sur la race frisonne (la plus utilisée) montrent des différences significatives en termes de sensibilité au stress thermique.



FIGURE 32. Exemple de ventilation passive.
Source : Calidad Pascual.



FIGURE 33. Ensilage d'orge. Source : FGN.

En ce qui concerne la vulnérabilité de la disponibilité alimentaire pour les animaux, les discussions avec les agriculteurs ont principalement porté sur la production de fourrage ainsi que la notion d'une **plus grande autonomie** sur les fermes, l'impact financier lié aux achats extérieurs étant jugé comme particulièrement critique par les agriculteurs en comparaison aux achats extérieurs de céréales. Sur plusieurs des fermes pilotes, la production fourragère est associée à la présence d'irrigation. La production de fourrage pluvial et une rotation plus diversifiée dans de telles conditions ont suscité plus d'intérêt. Les **cultures céréalières à double fin** ont constitué une réponse adaptée sur l'une des fermes évaluées. La culture d'orge peut par exemple être récoltée pour l'ensilage si la production des autres fourrages est menacée, ou à l'inverse peut être conservée jusqu'à la récolte en grain lorsque les stocks fourragers sont assurés. En régions

atlantiques, où les conditions de production de fourrage sont plus favorables, le défi consistait à **diversifier la production fourragère** nettement dominée par le maïs d'ensilage : la stratégie est d'obtenir des quantités élevées de fourrages, avec le risque d'être totalement dépendant de cette source unique de production.

Quelques bons exemples sont à retenir de l'expérience des fermes pilotes : le maïs ensilage peut être combiné à du ray-grass et des pois fourragers pour l'ensilage, ou même à la production de luzerne cultivée dans des conditions pluviales (avec des rendements plus faibles qu'en irrigué, tout en offrant une excellente source de fourrage en vert ou la possibilité de constituer des stocks par ensilage). Presque toutes les exploitations pilotes suivies disposent de **bonnes techniques d'ensilage** et de stockage, ce point étant essentiel pour améliorer leur autonomie. Les **ajustements des rations** sont également à l'honneur : les nutritionnistes de Calidad Pascual ont développé un outil de pilotage ambitieux pour améliorer l'efficacité des protéines et réduire le stress thermique en jouant sur la composition des rations, la teneur en fibres, en graisse et en protéines afin de réduire l'extra-chaleur résultant de la digestion en période de vagues de chaleur.

Enfin, le secteur de l'élevage est en attente de **meilleurs modèles d'assurance** permettant de couvrir les impacts du changement climatique, qui commencent maintenant à être bien cernés. Un système basé sur une évaluation objective, avec la détermination de seuils pour les événements climatiques critiques et un impact mesurable permettrait aux agriculteurs de couvrir les événements climatiques exceptionnels qui affectent leur production agricole et le bien-être des animaux.

4.3.2. Calendrier de pâturage et « Keyline Design » à El Baldío · ESPAGNE

DEHESA: élevage extensif, système agroforestier associé à des prairies naturelles.



Toujours en Espagne, il est temps maintenant de s'intéresser aux impacts du changement climatique rencontrés dans un système d'élevage extensif. Nous sommes à Talaván, un village situé dans la région d'Estrémadure, à l'ouest de l'Espagne. La Fundación Global Nature possède ici une dehesa (exploitation agricole) de 232 ha, valorisée par un élevage extensif de races bovines et ovines locales. La ferme dispose d'une forêt de chênes ouverte en bonne santé, mais le sol est très pauvre, avec une grande proportion de sol nu, d'où un risque élevé d'érosion et une faible capacité à retenir l'eau.

Les principaux défis climatiques de cette ferme sont les sécheresses, la diminution du nombre de jours de pluie, la désertification, la dégradation des sols, les températures extrêmes (vagues de chaleur), des attaques plus fréquentes de parasites et de maladies et la perte de biodiversité due aux conditions de plus en plus extrêmes.



FIGURE 34. Vaches de race Blanca Cacereña, El Baldío.
Source : FGN.

A la vue des différentes projections climatiques mobilisées sur cette ferme, des mesures d'adaptation durable semblent clairement nécessaires. Dans le cadre de l'expertise agro climatique réalisée pour cette ferme, un ensemble, un ensemble de mesures d'adaptation ont été proposées et certaines d'entre elles sont déjà en cours de mise en œuvre.

Principaux Indicateurs Agro-Climatiques (IACs), projections pour le FP (FP) et impact														
N°	IACs	CALENDRIER												FP
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	PRÉCIPITATIONS < 159mm													↑ 5%
02.	PRÉCIPITATIONS < 97mm													↑ 18%
03.	PRÉCIPITATIONS < 25mm													↑ 21%
04.	SÉCHERESSE (nb de séquences de 12 jours consécutifs sans pluie)													↑ 30%
05.	TEMPÉRATURE MOYENNE < 8°C													↓ 12%
IMPACTS:														
		IAC 1: affecte la pousse d'automne, soit l'équivalent de 25% de la production totale annuelle.												
		IACs 2 et 3: affecte la pousse de l'herbe au printemps, soit 75% de la production totale annuelle. La période de croissance pour les prairies diminue par la combinaison de précipitations en baisse associées à une hausse des températures.												
		IAC 4: affecte la qualité fourragère des prairies. Les légumineuses ont besoin de précipitation régulières pour assurer leur croissance en raison d'un système d'enracinement peu profond – la surface du sol doit être assez humide.												
		IAC 5: affecte positivement la production de biomasse des prairies, mais au détriment de la qualité du fourrage en lien avec les difficultés de vernalisation (accumulation en froid) des graines de légumineuses.												

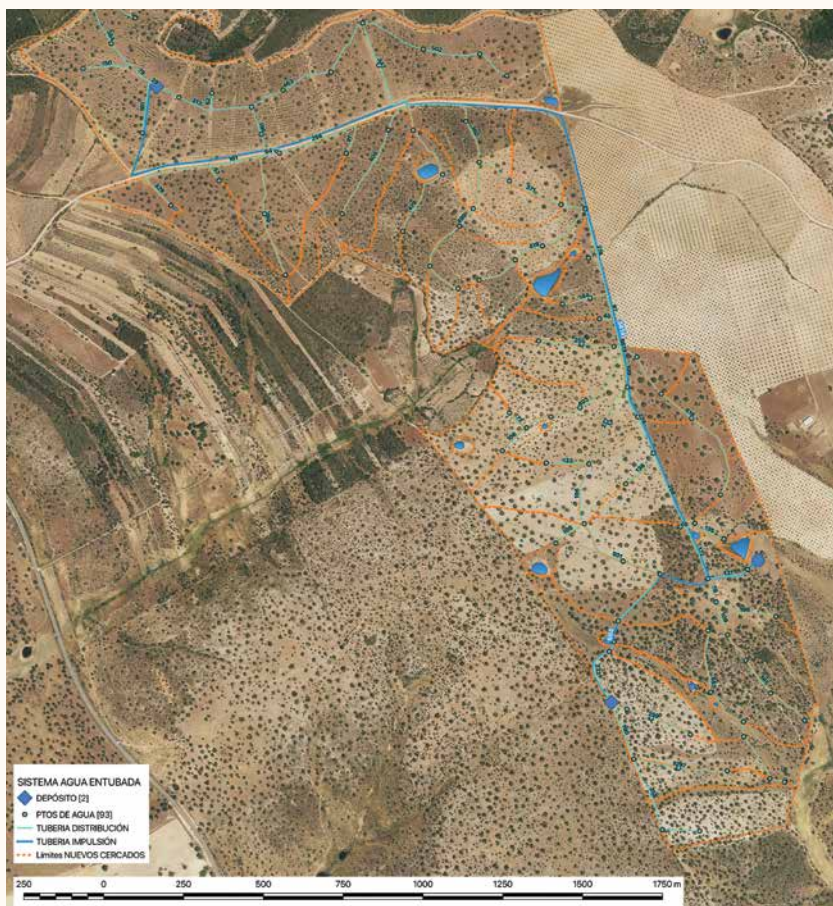


FIGURE 35. Système de paddocks et aménagement de points d'eau sur la ferme d'El Badio.
Source : FGN.

L'une des premières mesures à avoir été adoptée consistait à améliorer les performances du sol et le cycle de l'eau grâce au concept de « **Keyline Design** ».

Le Keyline Design est une technique d'aménagement paysager visant à maximiser l'utilisation des ressources en eau sur l'ensemble des superficies de l'exploitation agricole. L'idée centrale du Keyline Design est de conserver l'eau à la plus haute altitude possible sur le parcellaire puis d'assurer sa distribution aux parties les plus sèches par gravité. L'objectif est de maximiser le temps de présence de cette eau sur la ferme en la distribuant uniformément, évitant ainsi les pertes induites par son ruissellement. Ce concept s'appuie sur une analyse topographique exhaustive et sa mise en œuvre est basée sur des lignes de labour précises, réalisées avec un équipement spécifique - la charrue Yeoman's - une sous-soleuse avec une dent très fine et droite.

Seconde action, un **calendrier de pâturage** a également été adopté - ce plan vise à réduire la taille des parcelles où les animaux s'alimentent et se reposent (davantage de parcelles) et gérer leur temps de présence sur place.

Ces périodes de pâturage plus courtes sur une surface plus petite engendrent un impact significatif sur les prairies, mais cela sur un laps de temps court et contrôlé, ce qui entraîne ensuite une meilleure réponse de l'herbe, moins de problèmes de maladie (les parasites nécessitent généralement sept jours pour terminer leur cycle de vie) et ont impact positif sur les animaux (moins de compactage). Enfin, un temps de récupération suffisant doit être programmé pour toutes les parcelles après cette période de pâturage.

4.3.3. Sorgho ensilage, méteils fourragers et focus sur l'adaptation des vaches laitières · FRANCE

ELEVAGE: vache laitière, bovin viande, fourrages et céréales.



Depuis l’Espagne, nous sommes voyageons à nouveau plus au nord, dans le sud-ouest de la France. M. Assemat et son fils possèdent une ferme d’élevage de 360 ha de SAU. Actuellement, ils élèvent 240 vaches laitières (produisant 2,3 millions de litres de lait par an) ainsi que 80 vaches à viande. En plus des 145 ha consacrés aux prairies permanentes, ils effectuent des rotations culturales sur le reste du parcellaire à base de maïs ensilage irrigué (80 ha), de méteil (60 ha), de blé tendre (60 ha) et de prairies temporaires (35 ha). Chaque année, 2 000 m³/ha sont utilisés pour l’irrigation du maïs ensilage, ce qui représente au total 170 000 m³. L’exploitation en agriculture conventionnelle est ainsi intégralement autosuffisante en ce qui concerne la production de fourrages. Récemment, une unité de méthanisation a été mise en place pour diversifier les revenus de la ferme (vente d’énergie) tout en valorisant les déjections produites par l’élevage.

Les projections à horizon 2035 utilisées comme support de l’évaluation des risques climatiques montrent que l’exploitation va devoir faire face à des précipitations plus faibles (-6% par an, dont une baisse de 66 mm en été), des



FIGURE 36. Unité de méthanisation. Source : Solagro.

températures plus élevées (+0,3 °C chaque décennie pour la température moyenne annuelle, une température moyenne d’environ 20 °C pendant l’été), un déficit hydrique plus élevé (+ 24%) et des vagues de chaleur plus fréquentes (le nombre de jours au-dessus de 25 °C par an devrait doubler).

Principaux Indicateurs Agro-Climatiques (IACs), projections pour le FP (FP) et impact														
N°	IACs	CALENDRIER												FP
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	DÉFICIT HYDRIQUE (P-ETP)													22%
02.	T MAX > 25°C (Nb de jours)													67%
03.	T MAX > 32° C (Nb de jours)													167%
04.	PRÉCIPITATIONS AU PRINTEMPS													15%
05.	STRESS THI (nb de jours par an)													68%
IMPACTS: IACs 1, 2 et 4: maturité plus précoce, moins de biomasse, réduction de la taille des grains et rendement en baisse. IACs 1, 3 et 4: floraison, grain phases de développement et de remplissage des grains compromises. IACs 1 et 4: production d'herbe pouvant réduire de 10%. IACs 2 et 3: arrêt de croissance marque en période estivale. IAC 5: le THI correspond est une évaluation du stress induit par les fortes température, synonyme de perte de production laitière et parfois aussi d'une dégradation de qualité.														



En tendance, la quantité de biomasse fourragère produite annuellement à partir des prairies permanentes et temporaires va diminuer dans un futur proche, principalement en raison du stress climatique au cours de la période printemps-été. C'est pourquoi l'une des mesures d'adaptation envisagées serait de réduire ou supprimer progressivement le cheptel bovin viande. Cela donnera plus de souplesse pour assurer les besoins en fourrages des vaches laitières par augmentation de la part du pâturage. Du fait de la variabilité plus importante des quantités et qualités de fourrages obtenues (impact climat), les agriculteurs peuvent désormais valoriser les fourrages excédentaires et de moindres qualité en énergie (unité de méthanisation). De plus, des stratégies pour éviter les sols nus sont développées via des cultures intermédiaires pour la valorisation énergétique, qui protègent à la fois le sol de l'érosion et améliorent sa fertilité. Compte tenu également des problèmes liés aux besoins en eau pour la conduite du maïs ensilage, l'agriculteur songe à remplacer progressivement cette culture **par du sorgho fourrager** moins gourmand en eau.

Par ailleurs, une surface en maïs moins importante signifie une réduction des besoins en eau globalement sur la ferme. A l'avenir, en réduisant sa surface dédiée à l'irrigation, la ferme espère garantir la couverture des besoins en eau des cultures céréalières, sécurisant ainsi des niveaux de rendements et de dépendance vis-à-vis des achats extérieurs en aliments du bétail.

A propos d'alimentation animale et de rendement en lait et en viande, les protéines sont un facteur clé sur les fermes d'élevage. Par conséquent, **substituer du blé tendre par du méteil** (avec une teneur plus élevée en protéines) assurera une meilleure alimentation du troupeau.

Enfin, en ce qui concerne la détérioration tendancielle du confort thermique des vaches en raison de l'augmentation de la fréquence des vagues de chaleur (ITH, index de température-humidité), il a été décidé d'améliorer la ventilation du bâtiment par **des brasseurs d'air** ou **des ventilateurs**, ainsi que des **systèmes de brumisateurs** pour réduire l'impact sur le bétail (perte de lait, baisse de fertilité), d'autant plus que le prix du lait est plus élevé en période estivale ! De même, les agriculteurs porteront une plus grande attention à la gestion du troupeau pendant ces périodes critiques (alimentation de nuit et adaptation du contenu énergétique de la ration).



FIGURE 37. Vache laitière. Source : Solagro.

4.3.4. Confort amélioré et plus grande durabilité de la production de fourrages dans le Bodenseekreis · ALLEMAGNE

ELEVAGE: bovin lait, production de fourrages.



VACHE



CEREALES



MAÏS



PRAIRIES

Nous nous dirigeons maintenant en Allemagne dans une ferme située dans la région de Bodenseekreis, à environ 460 m d'altitude. Cette ferme de 100 ha de SAU est spécialisée en l'élevage bovin lait. Elle compte environ 115 vaches laitières (race Fleckvieh) et la production laitière moyenne est d'environ 8 600 litres de lait / vache / an. La totalité de la SAU est utilisée pour la production de fourrage, avec une couverture des sols presque toute l'année. L'assolement est par ordre d'importance : maïs ensilage (plusieurs variétés cultivées), blé et orge d'hiver (une seule variété pour chaque espèce). Les sols présentent un faible risque d'érosion, une bonne capacité de stockage de l'eau et une teneur moyenne à élevée en matière organique. 40% de la SAU est labourée (préparation des sols avant de semer le maïs) et le reste de la SAU (y compris les cultures dérobées) est gérée par un travail du sol réduit (cultivateur et déchaumeur à disques). 25% du parcellaire est constitué de prairies humides, tandis que le reste des terres présentent un sol profond sableux et limoneux.



FIGURE 38. Buvée d'un veau sur la ferme de Markus Ziegler. Source : Lake Constance Foundation.

Principaux Indicateurs Agro-Climatiques (IACs), projections pour le FP (FP) et impact

N°	IACs	CALENDRIER												FP
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	DÉFICIT HYDRIQUE (P-ETP)													↑ 132-160%
02.	T MAX > 25°C (Nb de jours)													↑ 70%
03.	T MAX > 28°C (Nb de jours)													↑ 122%
04.	TEMPÉRATURE MOYENNE													↑ 17%
05.	PRÉCIPITATIONS													↓ 8-15%
06.	STRESS THI (nb de jours)													↑ 325% 9 jours



IMPACTS:

IACs 1 et 2: maturité plus précoce, graines plus petites, rendement en baisse.
IAC 4: allongement de la période de croissance, augmentation des ravageurs, maladies et pression adventice.



IACs 1, 3 et 5: phases de floraison, de développement et de remplissage du grain peuvent être compromises.
IAC 4: extension of growth period, but also increase in pest, disease and weed pressure.



IACs 1, 3 et 5: impact négatif sur la croissance avec de possibles échecs de récoltes.
IAC 4: allongement de la période de croissance, augmentation des ravageurs, maladies et pression adventice.



IAC 6: stress lié aux fortes températures en augmentation, avec pour conséquence une diminution de la production laitière.

Depuis 2017, la ferme s'est diversifiée avec une nouvelle source de revenu grâce à la vente directe et l'installation d'une machine en libre-service. Cette machine propose différents produits pour les clients (lait, saucisses, viande, miel, œufs ...). Les principaux défis climatiques pour la ferme sont l'augmentation de la température moyenne annuelle, l'augmentation du nombre de jours chauds (au-dessus de 25°C) et la dégradation du déficit hydrique (P ETP).



Afin de faire face à ces impacts, les agriculteurs pensent tout d'abord **introduire du trèfle** pour allonger la rotation : il améliore la fertilité et la teneur en matière organique du sol. Le trèfle résiste bien dans la région aux effets du changement climatique ce qui sera favorable à la résilience de la ferme.

Un **développement de la réduction du travail du sol** sur une plus grande superficie de la ferme pourrait aider à protéger la structure du sol, les microorganismes du sol et améliorer la capacité de rétention en eau. Certaines des zones de pâture les plus sèches ont aussi été semées ou sur-semées avec des espèces et des variétés tolérantes à la sécheresse.

Une autre mesure d'adaptation mise en place sur la ferme consiste à utiliser des variétés de céréales **résistantes à la sécheresse et plus précoces** afin de réduire le stress thermique en juillet/août. Le maïs est semé **plus précocement au printemps** avec le recours à des **variétés plus tardives** pour réduire les impacts des stress hydriques et thermiques pendant les phases les plus vulnérables de la culture.



FIGURE 39. Installation de ventilateurs. Source : AgriAdapt.

Concernant le confort des animaux, l'installation additionnelle **de ventilateurs** pour les vaches en production et de **sprinklers** pour les veaux seront mis à leur disposition. De même, le troupeau aura accès à des **zones extérieures** (dont des pâtures) pour éviter l'effet de confinement. Enfin, les **apports en minéraux (+20%) et en sel** seront augmentés durant les vagues de chaleur.

4.3.5. Nouveau bâtiment d'élevage et développement du stockage dans la région de Valgamaa · ESTONIE

ELEVAGE: bovin viande.



Pour la dernière étape de ce périple, nous terminons par l'Estonie.

Nous visitons une ferme bio, où sont élevés des bovins viande depuis une vingtaine d'années. Située au sud de l'Estonie (proche de la frontière lettonienne) cette ferme de 1 200 hectares comprend 600 ha de prairies semi-naturelles (dont 100 ha classées Natura 2000) et 57 ha de forêts. Le bétail comprend 160 vaches Hereford (une race avec des cornes considérables) et 7 chevaux (animaux de trait). La plupart des terres sont situées dans la zone de protection du paysage de Koiva-Mustjõe, qui est recouverte de rivières, bordées de prairies et de forêts. Les prairies de la zone protégée sont le résultat de fauchages et de pâturages séculaires. « **La protection des zones naturelles est notre activité principale et notre objectif final, la production de bœuf étant une activité secondaire** », déclare le producteur.



FIGURE 40. Arbres et arbustes · environnement typique de pâturage pour les bovins viande.
Source : Estonian University of Life Sciences.

D'après l'évaluation des risques réalisée, il ressort que les principaux enjeux prégnants pour cette exploitation seront liés à l'augmentation de la température annuelle et à l'augmentation du nombre de jours chauds. Lors des crues printanières et des fortes pluies, les prairies bordant les rivières deviennent trop humides. Les indicateurs agro-climatiques ont été répertoriés ci-dessous.

Principaux Indicateurs Agro-Climatiques (IACs), projections pour le FP (FP) et impact														
N°	IACs	CALENDRIER												FP
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01.	TEMPÉRATURE MOYENNE													↑ 14%
02.	T > 25° C (Nb de jours)													↑ 11%
03.	DATE DE MISE À L'HERBE													↓ 5 jours plus tôt
04.	PRÉCIPITATIONS INTENSES													↑ 11%
05.	ITH													↑ Pics

IMPACTS:
IACs 1 et 2: influence positive sur la croissance en prolongeant le cycle de croissance et en augmentant la production.
IAC 3: mise à l'herbe plus précoce, augmentation du potentiel productif des prairies (économies du poste alimentation : fourrages et concentrés).
IAC 4: es zones inondées entraînent une perte importante de rendement, des interruptions de pâturage et de récolte.
IACs 1, 2 et 5: les valeurs THI restent stables, mais intervention de pics considérables affectant le confort des vaches et donc la production de lait.



Les conditions climatiques sont plus favorables pour la production de biomasse des prairies et permettent d'avancer le premier pâturage. Les éleveurs envisagent donc d'agrandir le troupeau bovin viande.

L'utilisation d'une **densité d'animaux** plus élevée pâturant sur une **surface plus petite** pendant une **période plus courte**, suivie d'une période de **récupération plus longue** augmente la quantité d'herbe produite dans les pâturages et de ce fait, affecte la qualité de production de fourrage. Cette durée de récupération améliore également la profondeur et la qualité des racines du couvert prairial, ce système étant adapté à la fois pour la conservation de l'habitat tout en améliorant la rentabilité économique de la ferme.

La ferme augmente ses capacités de stockage des fourrages pour pouvoir y recourir lors des plus longues périodes de sécheresse estivales. Les réserves fourragères sont également nécessaires plus fréquemment au printemps et à l'automne, lorsque les prés bordant les rivières sont affectés par les fortes pluies ou les inondations.

Même si les températures tendent à augmenter dans le futur proche, disposer d'une **véritable étable** aidera à abriter les animaux durant l'hiver et lorsque les conditions climatiques deviennent extrêmes, ce qui favorisera l'augmentation de la prise de poids quotidienne en hiver et, par conséquent, la rentabilité de la ferme.

La **période de mise bas** devrait également être reprogrammée pour le début du printemps, lorsqu'il n'y a pas beaucoup de mouches du cheval et autres ectoparasites.



FIGURE 41. Augmentation des capacités de stockage de la ferme. Source : Estonian University of Life Sciences.





05 Conclusion

et orientations : Mesures d'Adaptation Durables (MAD)

Il existe de nombreux autres exemples d'adaptation durable, mais l'idée est déjà bien retranscrite au travers de ces différents cas d'études : une adaptation durable au changement climatique est nécessaire en Europe, quelle que soit la région concernée, et c'est le devoir du secteur agricole d'anticiper cela, pour la stabilité des quantités produites, la viabilité des exploitations agricoles et plus largement pour contribuer à la sécurité alimentaire. Le secteur agricole jouera sûrement un rôle clé pour faire face aux défis économiques, sociaux et environnementaux induits par le changement climatique.

Bien qu'il existe des différences dans la manière dont le changement climatique affectera chaque région à risque climatique en Europe, des similitudes ressortent en matière de mesures d'adaptation durable (MAD) avec toutefois quelques spécificités selon la région, l'exploitation ou le système agricole en question. Ce constat permet de proposer des démarches et mesures d'adaptation durables applicables pour toute l'Europe, facilitant ainsi le processus d'adaptation en concentrant les efforts.

Fondamentalement, les mesures d'adaptation durables couvrent sept composantes essentielles de l'adaptation : la gestion des sols, la gestion de la fertilisation, la gestion de l'eau, la gestion des parasites et des maladies, les rendements et économie des exploitations, les risques et le confort des animaux :

- **GESTION DES SOLS** : les sols jouent un rôle clé dans la nutrition des plantes, le stockage de l'eau et la santé des cultures. Par conséquent, sa structure, son contenu en matière organique et sa biodiversité (champignons, bactéries, arthropodes, etc.) doivent être soigneusement entretenus et améliorés. Les sols vivants contenant une grande quantité de matière organique peuvent absorber et stocker l'eau plus efficacement et sont capables de résister davantage aux contraintes climatiques.
- **GESTION DE LA FERTILISATION** : les nutriments sont essentiels au bon développement des plantes. Cependant, la fertilité du sol ne doit pas être réduite à la seule utilisation des engrais de synthèse, mais être envisagée de manière globale. La matière organique (couverts végétaux,

résidus de cultures ou amendements organiques, etc.), la biodiversité du sol ainsi que sa structure répondent positivement à cet objectif de nutrition des plantes.

- **GESTION DE L'EAU** : l'eau est une ressource fondamentale, rare et vulnérable. En raison du changement climatique et de la demande croissante en eau des différents secteurs (agriculture, tourisme, industrie), il est essentiel de rendre moins dépendant les systèmes agricoles de nos territoires. La gestion de l'eau ne se limite pas à la seule question de l'irrigation. Il faut aussi élargir la réflexion aux techniques visant à réduire les besoins en eau, à améliorer la rétention et le stockage de l'eau dans le sol et à améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau.

- **LUTTE CONTRE LES PARASITES ET LES MALADIES** : depuis la « révolution verte », les produits phytosanitaires ont été considérés comme la solution pour de meilleurs rendements et résultats économiques sur les exploitations agricoles. Mais leur utilisation implique aussi des risques de développement de résistances par de nombreux ravageurs et maladies, ainsi qu'une diminution importante de la faune auxiliaire des cultures. L'objectif devrait donc être de limiter au maximum le recours à l'utilisation de ces produits.

- **RENDEMENT ET ÉCONOMIE** : en raison du changement climatique, des coûts de production supplémentaires seront nécessaires pour maintenir ou améliorer les rendements. Cependant, ces mesures peuvent aussi être source de co-bénéfices (par exemple, économies d'eau, d'engrais ou de main-d'œuvre, etc.), et doivent donc être appréciées de manière globale.

- **RISQUES** : des conditions météorologiques extrêmes, en particulier coïncidant avec les stades de sensibilité critiques des cultures, peuvent entraîner d'énormes pertes de rendement. En ce sens, les mesures d'adaptation au changement climatique doivent également pouvoir équilibrer ces risques et, au cas où elles ne pourraient pas être suffisamment réduites uniquement par des pratiques d'adaptation des exploitations agricoles, un système d'assurance pourrait garantir une protection économique.

- **CONFORT DES ANIMAUX** : le stress thermique des animaux (notamment chez les bovins) entraîne une baisse de production de lait ou de viande et donc un impact négatif sur la santé des animaux. Ainsi, toute mesure destinée à réduire ce stress (diminuer la température et l'humidité) améliorera l'adaptation des animaux en tout en renforçant leur bien-être.

Pour conclure, ces mesures d'adaptation durable sont étroitement liées à une huitième composante d'adaptation : la biodiversité. La biodiversité peut être considérée comme le nombre et la diversité d'organismes partageant un écosystème (plantes, oiseaux, mammifères ou reptiles ; mais aussi de petits arthropodes, champignons, bactéries, de même les espèces cultivées dans nos champs). Elle peut aussi être partie intégrante de chacune des sept autres composantes citées précédemment : de meilleurs sols assurent un panel de micro-organismes bénéfiques pour les cultures, des couvert végétaux assurent une plus grande diversité d'organismes dans le sol, la diversification des cultures introduit plus d'espèces dans l'écosystème et une plus grande efficacité de l'irrigation en agriculture limite les risques d'assèchement pour l'environnement. C'est pourquoi cette huitième composante n'a pas été considérée comme un facteur isolé, mais comme un élément intégrateur des autres composantes.

Les études de cas présentées dans le dernier chapitre incluent différentes Mesures d'Adaptation Durable. Des mesures complémentaires sont proposées sur le site Web du projet LIFE AgriAdapt (www.agriadapt.eu), présentées

par régions et systèmes agricoles. Ces mesures peuvent être facilement consultées en ligne ou même téléchargées sous la forme de fiches techniques (pdf). Les différentes mesures sont illustrées de manière très pratique, ainsi que leurs avantages, la région européenne concernée, les aléas climatiques pour lesquels la ferme recherche une adaptation, le délai de mise en œuvre (court, moyen ou long terme), et enfin les impacts possibles (positif, neutre, négatif) sur différentes composantes éclairant la durabilité de l'action (émissions de gaz à effet de serre, le sol, la qualité de l'air, l'eau, la biodiversité, le bien-être animal, la viabilité socio-économique et la faisabilité technique pour l'agriculteur).

Pour illustrer ce type de description, les principales mesures sont rassemblées dans le tableau ci-dessous. Pour chaque mesure, les composantes d'adaptation sont décrites, ainsi que les systèmes d'exploitation concernés pour leur mise en œuvre. Bien généralement, la plupart des mesures peuvent avoir des liens avec un plusieurs composantes de durabilité, et certaines peuvent être déployées dans plusieurs systèmes agricoles.



FIGURE 42. Ferme d'élevage "El Baldio" (Espagne). Un pâturage amélioré avec une plus grande diversité d'espèces empêche l'érosion, favorise l'infiltration de l'eau dans le sol, assure une meilleure nutrition animale et améliore la faune auxiliaire (pollinisateurs, oiseaux, reptiles, arthropodes, champignons ou bactéries, etc.). De plus, ces grands chênes fournissent de l'ombre qui peut être utilisée par les animaux pour réduire leur stress thermique et par certaines espèces de prairies afin de continuer à croître pendant l'été malgré les températures élevées. La biodiversité est la clé ! Source : FGN.

Les 3 systèmes agricoles étudiés sont représentés dans la dernière colonne du tableau par un point rouge ● représentant les grandes cultures, ● le jaune pour les cultures permanentes et le bleu ● pour les bovins.

MESURES	GESTION DES SOLS	GESTION DES ENGRAIS	GESTION DE L'EAU	GESTION DES MALADIES ET RAVAGEURS	Rdts/ ÉCONOMIE	RISQUES	CONFORT DES ANIMAUX	SYSTÈME AGRICOLE
Rotations différenciées	●	●	●	●	●	●		● ●
Augmenter le nombre de cultures dans l'assolement	●	●	●	●	●	●	●	● ● ●
Infrastructures agroécologiques diversifiées (végétation au sol, arbres, haies, etc.)	●	●	●	●	●	●	●	● ● ●
Insérer de nouvelles cultures et variétés adaptées au nouveau climat (soja, tournesol)	●	●	●	●	●	●	●	● ● ●
Utiliser des variétés et cépages traditionnels et témoignant d'une certaine résilience	●	●	●	●	●	●	●	● ● ●
Priorité à la qualité plutôt qu'à la quantité	●	●	●	●	●	●	●	● ● ●
Adapter les dates de semis, de taille (pour la vigne) et la récolte	●	●	●	●	●	●	●	● ● ●
Taille en vert (ratio feuilles/fruits)	●	●	●	●	●	●	●	● ●
Éclaircissage des fruits/grappes	●	●	●	●	●	●	●	● ●
Mise en place de cultures intermédiaires, engrais verts, semis sous couvert etc. pour éviter les sols nus	●	●	●	●	●	●	●	● ● ●
Réduction du travail du sol	●	●	●	●	●	●	●	● ● ●
Apports de matières organiques au sol	●	●	●	●	●	●	●	● ● ●
Concept de Keyline Design	●	●	●	●	●	●	●	● ● ●
Techniques d'efficience de l'eau en irrigation	●	●	●	●	●	●	●	● ● ●
Substituer une partie des cultures irriguées	●	●	●	●	●	●	●	● ●
Utiliser des outils d'aide à la décision	●	●	●	●	●	●	●	● ● ●
Protections contre la grêle et le froid	●	●	●	●	●	●	●	● ● ●
S'approprier les progrès technologiques répondant aux enjeux d'adaptation	●	●	●	●	●	●	●	● ● ●
Densité des animaux en bâtiment adaptée (période chaude)	●	●	●	●	●	●	●	●
Renforcer le confort thermique des animaux en bâtiment (ventilation plus efficace, création d'ouvertures temporaires, ventilateurs et brasseurs d'air) et au pâturage (ombrage, abris)	●	●	●	●	●	●	●	●
Augmenter la capacité de stockage des fourrages	●	●	●	●	●	●	●	●
Renforcer le niveau d'autonomie en fourrages	●	●	●	●	●	●	●	●
Améliorer l'accessibilité aux points d'abreuvement	●	●	●	●	●	●	●	●
Améliorer la gestion du pâturage des prairies pour gagner en quantité et qualité	●	●	●	●	●	●	●	●
Améliorations génétiques (croisement de races, pollinisation croisées, greffes, etc.)	●	●	●	●	●	●	●	● ● ●

06 Contacts



Bodensee-Stiftung,
Lake Constance Foundation (Allemagne)
PATRICK TRÖTSCHLER
Fritz-Reichle-Ring 4
78315 Radolfzell am Bodensee, ALLEMAGNE
+49 (0) 7732 9995 40 · +49 (0) 7732 9995 49
p.troetschler@bodensee-stiftung.org
www.bodensee-stiftung.org



Eesti Maaülikool,
Estonian University for Life Sciences (Estonie)
RAGNAR LEMING
Kreutzwaldi 1,
Tartu 51006, ESTONIE
+372 731 3001
ragnar.leming@emu.ee
www.emu.ee



Fundación Global Nature (Espagne)
EDUARDO DE MIGUEL
C/Tajo, 2
28231, Las Rozas de Madrid, ESPAGNE
+34 91 710 44 55
vsanchez@fundacionglobalnature.org
www.fundacionglobalnature.org



Solagro (France)
NICOLAS MÉTAYER
75 Voie du TOEC
cs 27608 - 31076 Toulouse Cedex 3, FRANCE
+33 5 67 69 69 69
nicolas-metayer@solagro.asso.org
www.solagro.org

07 Remerciements

Les 4 partenaires du projet Life **AgriAdapt** souhaitent exprimer leurs sincères remerciements à tous les agriculteurs qui ont rejoint volontairement ce réseau de plus de 120 fermes pilotes en Allemagne, en France, en Estonie et en Espagne. Au cours de ces trois années, leur engagement a été essentiel pour mener des expertises agro-climatiques au sein de ces régions et systèmes agricoles très diversifiés. Leur intérêt et compréhension de la problématique ont favorisé des échanges très constructifs, aboutissant à la mise en œuvre de plans d'adaptation durable sur chaque exploitation, à la hauteur des enjeux climatiques attendus. Ces expériences permettent de diffuser ces apprentissages utiles à tous les agriculteurs et acteurs agricoles au sens large qui souhaitent initier une démarche d'adaptation au changement climatique.

Rédaction:

Partenaires du projet AgriAdapt

Conception, réalisation graphique, illustrations:

Natalia Martín Lago

Novembre 2019

©Agriadapt

France cofinanceurs:



Allemagne cofinanceurs:



LANDRATSAMT
BODENSEE KREIS



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM
UND VERBRAUCHERSCHUTZ

info@agriadapt.eu
www.agriadapt.eu



**Agri
Adapt**



LIFE15 CCA/DE/000072