



Étude prospective sur les impacts des changements climatiques en termes d'activités, de métiers, d'emplois et de compétences pour les exploitations agricoles

– RAPPORT N°1 –
CHANGEMENT CLIMATIQUE : EVOLUTIONS ET
IMPACTS SUR L'AGRICULTURE

Avril 2022

Rédacteurs :

- + Cécile BARLIER, cecile.barlier@ceresco.fr
- + Bertrand OUDIN, bertrand.oudin@ceresco.fr



TABLE DES MATIERES

| | |
|---|-----------|
| TABLE DES MATIERES..... | 1 |
| INTRODUCTION | 2 |
| 01 | 4 |
| 1. TRAJECTOIRE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE | 4 |
| 1.1 Le changement climatique déjà à l'œuvre depuis 60 ans | 4 |
| 1.2 Les trajectoires possibles pour le futur | 6 |
| 2. LES PRINCIPALES EVOLUTIONS CLIMATIQUES A L'HORIZON 2050..... | 7 |
| 2.1 Augmentation des températures | 7 |
| 2.2 Augmentation du stress hydrique | 9 |
| 2.3 Episodes climatique extrêmes..... | 12 |
| 2.4 Evolution de la pression biotique | 16 |
| 2.5 Principales évolutions à l'horizon 2050 : synthèse..... | 18 |
| 3. FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE : QUELS LEVIERS MOBILISER ET QUELS CHANGEMENTS DE PRATIQUES ENVISAGER ? | 19 |
| 3.1 Adaptation et atténuation : de quoi parle-t-on ? | 19 |
| 3.2 Les stratégies d'adaptation dans chaque secteur | 20 |
| 3.3 Les stratégies d'atténuation dans chaque secteur | 29 |
| 4. SCENARIOS PROSPECTIFS : ADEME « TRANSITION(S) 2050 » | 37 |

INTRODUCTION

• Éléments de définition – quelle approche du changement climatique ?

Le **changement climatique** est défini par la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (UNFCCC en anglais) comme « des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale, et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables ». **Le changement climatique est donc causé par l'accumulation de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère du fait des activités humaines.** Ces gaz, en retenant une partie du rayonnement solaire, causent un excès d'énergie dans le système terre, qui se traduit notamment par un réchauffement et un dérèglement climatique.

Enfin, pour aborder la question du changement climatique et de son évolution dans le futur, il est important de considérer les éléments de cadrage suivants :

- **Le changement climatique ne conduit pas vers un état climatique stable** à l'échelle de la vie humaine : nous ne passons pas d'un état stable initial à un autre état stable projeté, mais plutôt par une succession d'états climatiques non linéaires, avec des ruptures possibles dans les tendances observées.
- Ainsi, **des projections climatiques existent**, mais elles comportent **une forte part d'incertitudes** et ne permettent souvent pas d'appréhender la variabilité interannuelle et les ruptures de linéarité dans l'évolution.



Figure 1 : illustration de la différence possible entre les projections et la réalité

- De plus, l'évolution du climat peut prendre des **directions divergentes selon les territoires considérés**, ce qui limite l'étude du changement climatique à une échelle trop large.

À l'échelle de la France, de grandes tendances peuvent toutefois être dégagées à l'horizon 2050, et mises en comparaison aux moyennes des 50 dernières années.

• Contexte et objectifs de l'étude

L'agriculture est à la fois une des activités à l'origine du changement climatique (en France, l'agriculture représente 19% des émissions de GES (rapport SECTEN - CITEPA, 2021)), **et un des secteurs les plus directement touchés** par les dérèglements climatiques en cours, les activités agricoles étant fortement dépendantes du climat. **Les écosystèmes forestiers et paysagers** sont également très concernés, car ils subiront des perturbations directes et car la forêt constitue un secteur clé pour contribuer au stockage de carbone et ainsi limiter les causes du changement climatique.

Les impacts du changement climatique sur l'activité agricole, l'activité forestière et l'activité paysagère seront donc multiples. Ils pourront relever à la fois de **mécanismes d'adaptation** (réduire sa vulnérabilité face au changement climatique, s'adapter aux contraintes et en optimiser les effets bénéfiques) et de **mécanismes d'atténuation** (limiter la source du changement climatique, en réduisant les émissions de GES et favorisant le stockage de carbone). *Ces aspects seront abordés de manière plus approfondie dans les tableaux d'analyses partie 3- « Face au changement climatique : quels leviers mobiliser et quels changements de pratiques envisager ? »*

Ces impacts seront différents suivant les secteurs de productions et suivant les régions. Grâce aux projections climatiques disponibles, une partie des évolutions climatiques peuvent être anticipées et seront présentées dans cette étude, tandis que d'autres seront plus difficilement prévisibles ou quantifiables en amont : c'est le cas par exemple de l'apparition de pathogènes ou de la migration de ravageurs vers de nouvelles zones, qui restent impossible à quantifier.

Les changements de pratiques et de systèmes de production mis en place par les agriculteurs pour faire face à ces évolutions du climat induisent ainsi une **transformation des métiers de l'agriculture, du secteur forestier et du secteur paysager**, se traduisant non seulement par une mutation des métiers, mais également par une redistribution des volumes d'emplois. Pour accompagner les salariés des exploitations agricoles dans cette transition, la formation est donc un levier majeur. C'est dans cette dynamique qu'OCAPIAT souhaite, à travers cette étude, **analyser les mutations induites par le changement climatique sur les métiers de l'agriculture, de la forêt et du paysage**.

L'**horizon 2050** est une borne importante pour l'enjeu climatique. En effet, c'est à cette échéance que sont pris la plupart des engagements de **neutralité carbone**. Pour y parvenir, les politiques de transition devraient déjà être initiées. Cependant, l'**horizon 2030** peut également être une temporalité opportune pour le déclenchement d'actions de transformation de l'économie et de la société face à ce défi. L'évolution des compétences (et ses besoins en formation induits) rentre complètement dans le champ de cette transformation.

- **Déroulé de l'étude**

L'objectif global de cette étude est d'analyser les mutations des métiers de l'agriculture induites par le changement climatique, en structurant la réflexion en 3 étapes :

1. **Description des changements climatiques** à venir et de leurs impacts directs sur l'activité agricole, forestière et paysagère ;
2. Description et anticipation des **impacts sur les emplois, les métiers et les compétences**
3. **Identification des leviers d'actions** prioritaires et formulation de préconisations pour chaque secteur métier

Ce **premier rapport d'étude** a pour objectif de **décrire de manière synthétique les évolutions climatiques** à prévoir à l'horizon 2050, d'identifier **les principaux impacts** qui en découlent sur les systèmes de productions agricoles, forestiers et paysagers, et **d'anticiper les stratégies d'adaptation et d'atténuation** qui seront mises en œuvre par les professionnels du secteur pour faire face à ces changements de conditions climatiques.

Remarque : Ce premier rapport d'étude s'attachera à décrire les impacts directs du climat sur l'agriculture, la forêt et le secteur paysager, néanmoins un ensemble d'impacts indirects sont aussi à anticiper (hausse du prix des intrants, baisse des disponibilités, évolution des flux mondiaux et des politiques publiques...).

01

1. TRAJECTOIRE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE

1.1 LE CHANGEMENT CLIMATIQUE DEJA A L'ŒUVRE DEPUIS 60 ANS

Le réchauffement climatique est déjà en cours et va continuer à impacter de plus en plus le secteur agricole, qui est par essence, climato-sensible.

L'outil « Climat^{HD} » de Météo France synthétise les différents travaux et observations des climatologues, regroupant les mesures de températures et de pluviométrie pour la période de 1959 à 2018. Ainsi, **sur les 60 dernières années, on relève :**

- Une augmentation de la température moyenne annuelle d'environ 1.5°C à la fin des années 2010 par rapport à la référence 1961-1990, et globalement une augmentation continue de la température depuis 1900 ;
- Une augmentation en fréquence et en intensité, depuis 1980, des années avec des fortes chaleurs (y compris des canicules). Ainsi, parmi toutes les vagues de chaleur recensée depuis 1947, les quatre plus longues (1983, 2006, 2003, 2018) et trois des quatre épisodes les plus sévères (2003, 2006, 2018) se sont produits après 1983 ;
- Une stabilité de la pluviométrie en cumul au niveau national depuis les années 60, mais une diminution marquée pour le tiers sud de la France. En parallèle, les pluies extrêmes sont devenues de plus en plus fréquentes sur le pourtour Méditerranéen.
- Une augmentation de la surface nationale touchée annuellement par des sécheresses, la moyenne décennale passant de 5% de la surface dans les années 60 à 10% de nos jours

Ces évolutions au niveau national cachent **de fortes disparités régionales**.

Ainsi, l'évolution de la pluviométrie comporte des **différences marquées entre les deux tiers nord du pays**, où le cumul annuel de précipitation a augmenté depuis 1960, **et la partie sud** (en particulier sud-est), où celui-ci a diminué (Figure 1).

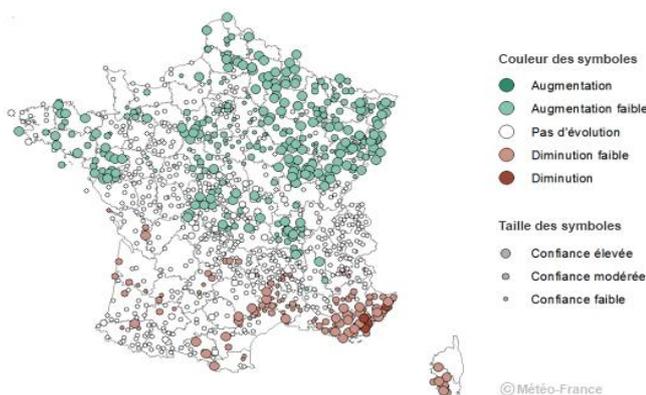


Figure 2 : évolution du cumul annuel de précipitations sur la période 1959-2009 (source : Climat^{HD})

D'autre part, les précipitations extrêmes (cumul quotidien supérieur à 200 mm) sont de plus en plus fréquentes sur le pourtour méditerranéen (Figure 3)

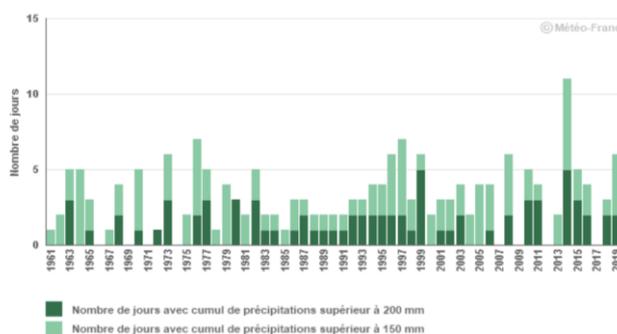


Figure 3 : Nombre de jours annuels de précipitations extrêmes en région méditerranéenne (source : Climat^{HD})

A cette disparité régionale s'ajoute une forte variabilité des événements d'une année à l'autre.

Les effets de ces changements climatiques sur l'agriculture sont déjà visibles.

A titre d'exemple, l'Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC) utilise entre autres comme indicateur **la date des vendanges**, dont on observe qu'elles ont lieu **en moyenne 18 jours plus tôt qu'il y a quarante ans** (d'après le site du Ministère de la Transition écologique).

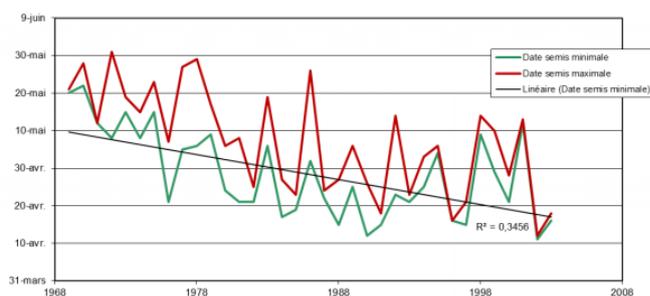


Figure 4 : Evolution des dates de semis du Maïs ensilage à l'UE de Mirecourt (source : ORACLE Grand-Est)

L'ONERC utilise également comme indicateur les dates de semis de différentes cultures dans différentes régions françaises, comme par exemple l'évolution des dates de semis du maïs dans l'unité expérimentale INRAE de Mirecourt (Grand-Est) (figure 2).

1.2 LES TRAJECTOIRES POSSIBLES POUR LE FUTUR

Pour évaluer l'intensité et la nature des changements climatiques à venir, les experts du GIEC ont défini **quatre trajectoires possibles** d'émissions et de concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère afin de déterminer quelle sera l'énergie solaire reçue par la Terre (on parle de « forçage radiatif »)¹. Ces trajectoires sont baptisées RCP : « Profils représentatifs d'évolution de concentration »

Ces trajectoires vont du **RCP 2.5** (la plus optimiste, intégrant les politiques d'atténuation permettant de limiter le changement climatique) au **RCP 8.5** (le plus pessimiste, si aucune mesure n'est prise, menant à un réchauffement global de +5°C d'ici la fin du siècle).

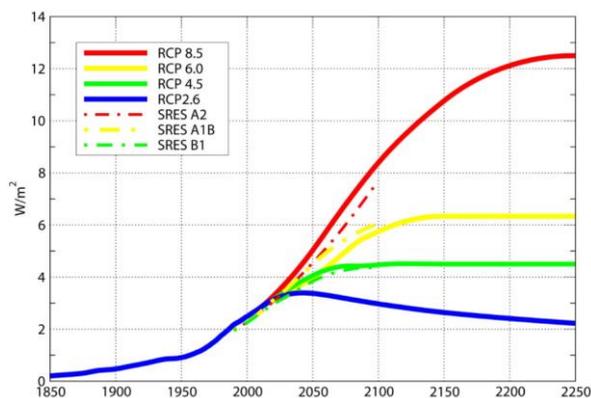


Figure 5 : forçage radiatif prévisionnel (W/m²) pour les différents scénarii RCP et SRES (Météo France, 2021)

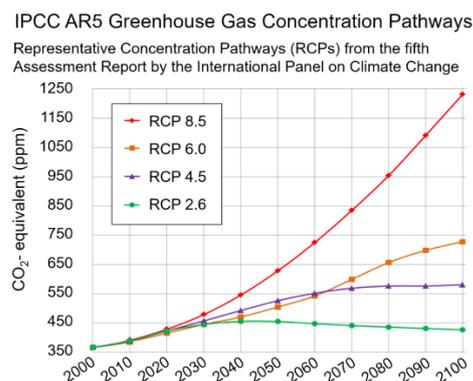


Figure 6 : Evolution de la concentration en GES de l'atmosphère suivant les différents scénarios RCP du GIEC

Pour la présente étude, nous nous référons donc à **la trajectoire RCP 8.5** comme référence de la situation climatique à horizon 2050. Il s'agit en effet de la trajectoire « tendancielle », qui traduit quelles seront les conditions climatiques si les émissions de GES continuent d'augmenter au rythme actuel.

A partir de cette trajectoire, Météo France a réalisé des études prospectives qui permettent d'estimer quelles seront les conditions climatiques à l'horizon 2050 (température, précipitations, événements climatiques extrêmes...).

A partir de ces résultats, les paragraphes suivants détaillent :

- quels sont les changements de conditions climatiques à prévoir à l'horizon 2050
- quels sont les principaux impacts induits par chacun de ces changements
- des exemples d'impacts spécifiques par secteur de production (céréales, arboriculture, élevage...)

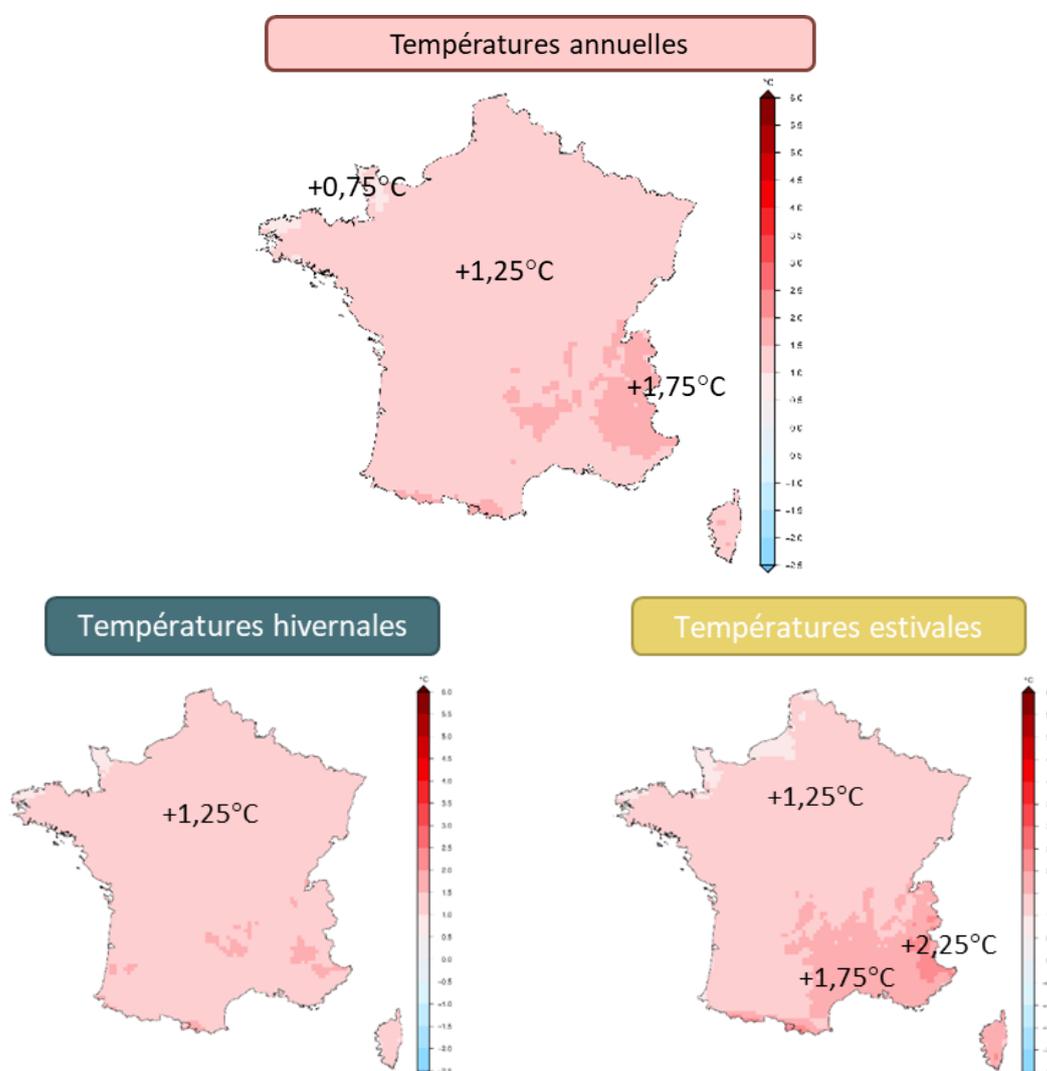
¹ <http://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/175>

2. LES PRINCIPALES EVOLUTIONS CLIMATIQUES A L'HORIZON 2050

Le présent paragraphe vise à **décrire les principales évolutions des conditions climatiques envisagées à l'horizon 2050** : augmentation des températures, augmentation du stress hydrique, augmentation de la fréquence des évènements climatiques extrêmes, évolution de la pression biotique.

Pour chaque type de changement identifié, nous décrivons succinctement les impacts globaux induits sur les systèmes agricoles, forestiers et paysagers (cf encadrés oranges en fin de paragraphes). Une analyse plus détaillée de ces impacts par secteur de production, et des leviers d'atténuation et d'adaptation possibles sera réalisée dans la partie « Face au changement climatique : quels leviers mobiliser et quels changements de pratiques envisager ? ».

2.1 AUGMENTATION DES TEMPERATURES



Une **augmentation des moyennes annuelles de l'ordre de 2 degrés** devrait être observée à l'horizon 2050, par rapport à la référence 1976-2005. L'augmentation sera plus importante dans le quart sud-est

du territoire, et légèrement tamponnée par l'influence océanique dans le quart nord-ouest. On note en particulier que le réchauffement sera plus important dans les Alpes et le Massif central.

Sur la période estivale, l'augmentation des températures sera plus marquée dans le quart sud-est de la France, et **en particulier dans les Alpes** où l'augmentation des températures serait de l'ordre de 2 à 2.5°C, (soit une augmentation quasiment double, par rapport au reste du territoire).

→ Hausse des températures : les principaux impacts sur les systèmes

Pour les productions végétales, l'augmentation de température pourrait induire :

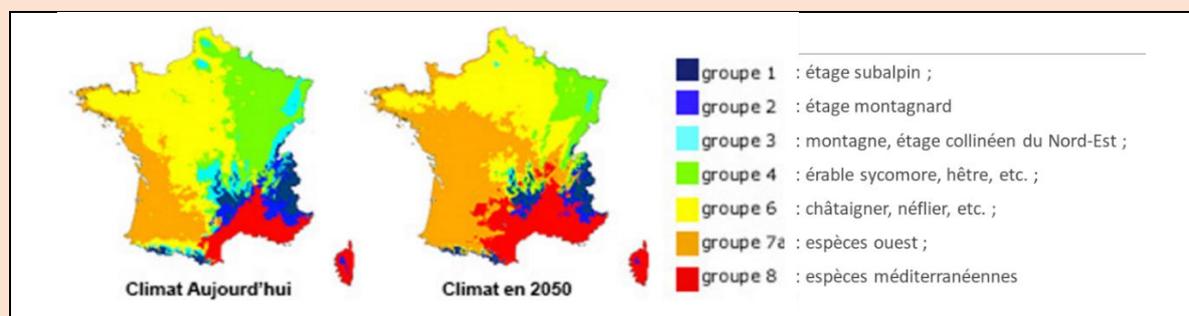
- un **décalage des cycles de cultures** (floraison, débourrement, récoltes plus précoces)
- un **raccourcissement des cycles de culture**, dû à une accélération du rythme de développement des végétaux, qui pourrait rendre possible la mise en place de cultures intermédiaires entre 2 cultures principales.
- un déplacement **des bassins de production** (extension, réduction voire délocalisation complète) et la possibilité **d'introduire de nouvelles cultures** du fait de température plus favorables.

Pour les productions animales, les températures élevées pourraient induire :

- une diminution du **confort**, de **l'efficacité alimentaire** des animaux (refus alimentaire, lactation moins productive) et de **l'efficacité de reproduction** (chaleurs silencieuses, fertilité réduite, gestations compliquées, animaux plus chétifs...)
- une **baisse de l'immunité** et une **croissance ralentie**, donc des cycles de production plus long
- une **plus faible disponibilité en fourrage l'été** et une **pousse de l'herbe plus importante au printemps**

L'augmentation des températures serait d'autant plus **marquée en zone de montagne**, ce qui modifierait d'une part la **période d'enneigement** et d'autre part la **répartition des étages de végétation** (progression vers des altitudes de plus en plus élevées).

Pour le secteur forestier, la hausse des températures pourrait induire un **allongement de la saison de végétation** (débourrement plus précoce, et chute des feuilles plus tardive), qui augmenterait d'autant les besoins en eau des végétaux, tandis que le déficit hydrique tendra justement à s'accroître². A partir de ces éléments, l'INRA a modélisé ce que pourrait être le **déplacement des aires géographiques de distribution forestière à l'horizon 2050** (Figure 8). En France, l'évolution des conditions climatiques pourrait conduire au repli voire à terme à la disparition de certaines essences. (Chêne sessile, hêtre, épicéa commun...).



² Réseau français pour l'adaptation des forêts au changement climatique

Figure 8 : Evolution des aires géographiques forestières (INRA, 2011)

Le secteur du paysage serait directement concerné par la hausse des températures, car la végétalisation et la désartificialisation des sols en milieu urbain joue un rôle important pour limiter la température en ville et l'effet d' « îlot de chaleur ».

Enfin, pour tous les secteurs, l'augmentation des températures aurait de nombreux impacts induits sur le **cycle de l'eau** (évaporation des sols accrue, sécheresse...) ou encore sur la **dynamique des populations de ravageurs (maladies, insectes, champignons...)**, qui seront abordés spécifiquement dans les paragraphes suivants.

2.2 AUGMENTATION DU STRESS HYDRIQUE

- Précipitations annuelles

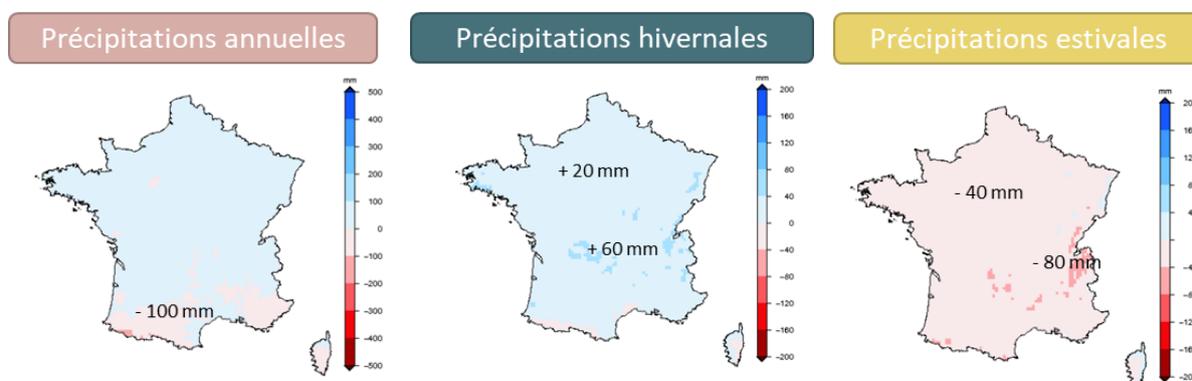


Figure 9 : écart du cumul annuel (a), hivernal (b) et estival (c) de précipitation avec la référence, à l'horizon 2050 suivant le RCP 8.5 (Météo France, 2021)

Les chiffres indiqués correspondent aux médianes, ils sont explicités à titre indicatif pour faciliter la lecture de la carte

Quel que soit le scénario considéré, les projections climatiques montrent **peu d'évolution des précipitations annuelles** en France métropolitaine d'ici la fin du XXI^e siècle. Cette absence de changement annuel, en moyenne sur le territoire métropolitain, masque cependant des contrastes régionaux (diminution des précipitations plus importante dans le tiers sud de la France) et/ou saisonniers (baisse marquée des précipitations estivales, en particulier dans les massifs montagneux).

- Sécheresses météorologiques et agricoles

Au sens météorologique, la sécheresse correspond à un déficit prolongé de précipitations. Comme observé au paragraphe précédent, **le cumul de précipitations en été** diminuera significativement sur l'ensemble du territoire (estimation à - 40 mm par rapport à la période de référence) **accentuant les phénomènes de sécheresses estivales**. En effet, les projections Météo France à l'horizon 2050 (Figure 10) montrent une généralisation des périodes de sécheresse sur le territoire, et notamment une progression depuis la façade méditerranéenne vers le nord (les flèches rouges indiquent les fronts de progression en comparaison à la période de référence).

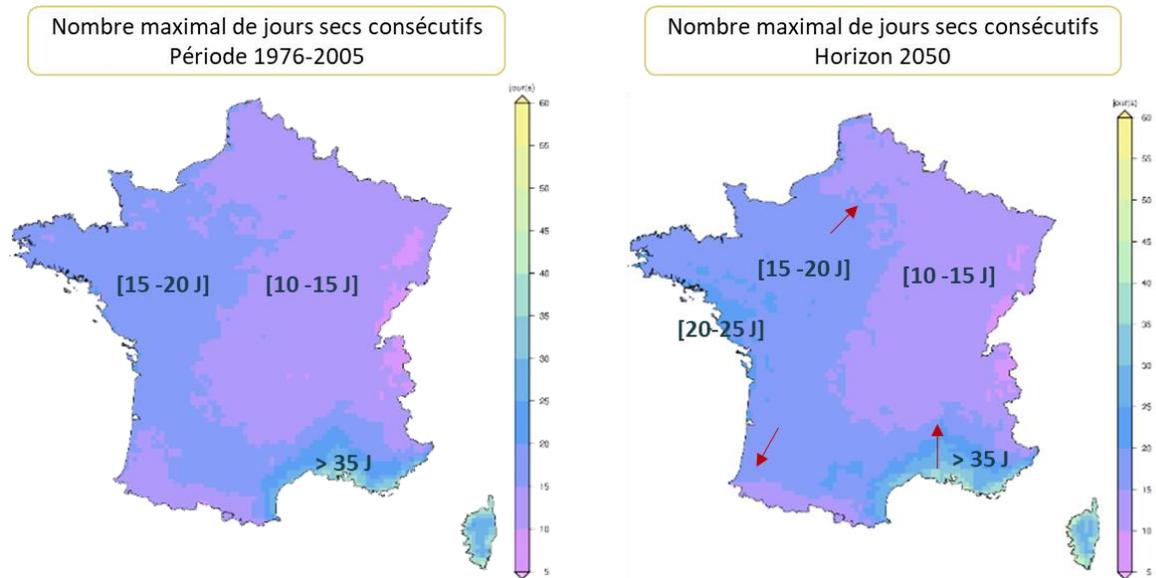


Figure 10 : Nombre maximum de jours secs consécutifs en été sur la période de référence (à gauche), à l'horizon 2050 (à droite, RCP 8.5) (Météo France, 2021)

Au sens agricole, la sécheresse correspond à un **déficit en eau des sols superficiels** (entre 1 et 2 m de profondeur), suffisant pour affecter le développement de la végétation. Cette notion tient compte des précipitations, mais aussi de l'évaporation des sols et de la transpiration des plantes (l'eau puisée par les racines et évaporée au niveau des feuilles). L'indicateur permettant d'étudier le niveau de sécheresse des sols est le Soil Wetness Index (SWI) ou « Indice d'Humidité des Sols », qui traduit le pourcentage d'eau du sol disponible pour la végétation.

Le graphique ci-dessous (Figure 11) compare le cycle annuel d'humidité du sol sur la France entre la période de référence climatique 1961-1990 (courbes orange, bleue et marron) et l'horizon 2050, selon un scénario tendanciel RCP 8.5 (courbe verte).

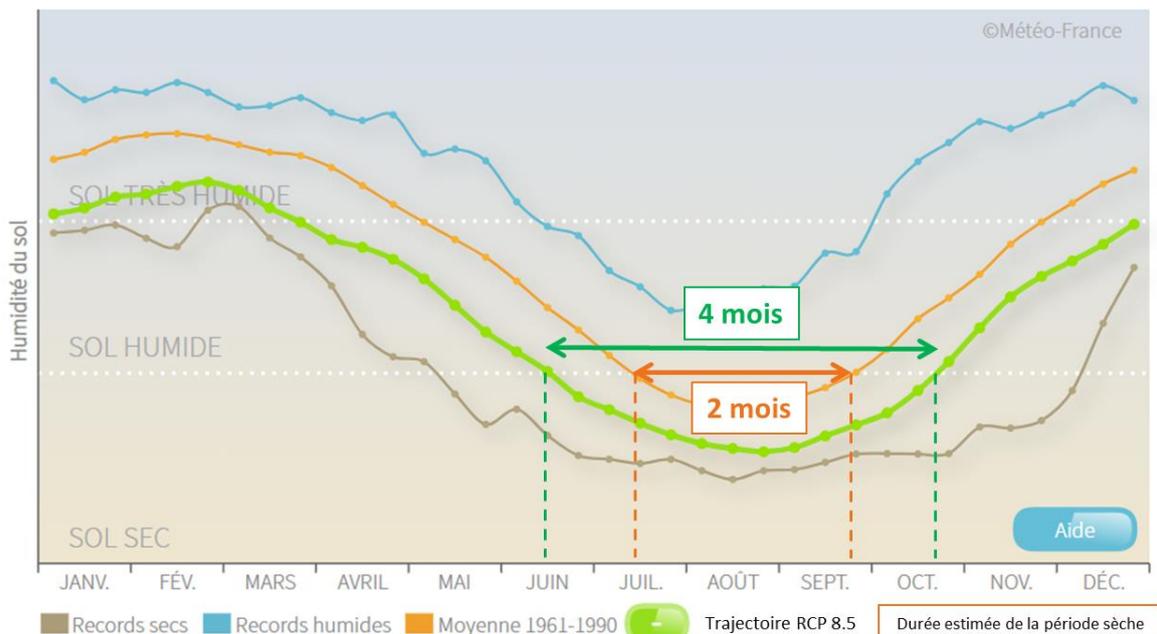


Figure 11 : Cycle annuel d'humidité du sol, records et simulations climatiques à l'horizon 2050 par rapport à la référence 1961-1990 (Météo France, 2021)

Les simulations Météo France montrent qu'à l'horizon 2050, **les sols seront significativement plus secs en toute saison**, se rapprochant des records de sécheresse d'aujourd'hui. Cela induira en particulier un

allongement de la période de sécheresse du sol (SWI inférieur à 0,5) : alors que la période de sol sec s'étendait en moyenne de mi-juillet à mi-septembre (2 mois, segment orange), les simulations estiment qu'elle sera de l'ordre de 4 mois (segment vert). En parallèle, la période humide (SWI supérieur à 0,9) se réduit dans les mêmes proportions.

• Débits fluviaux

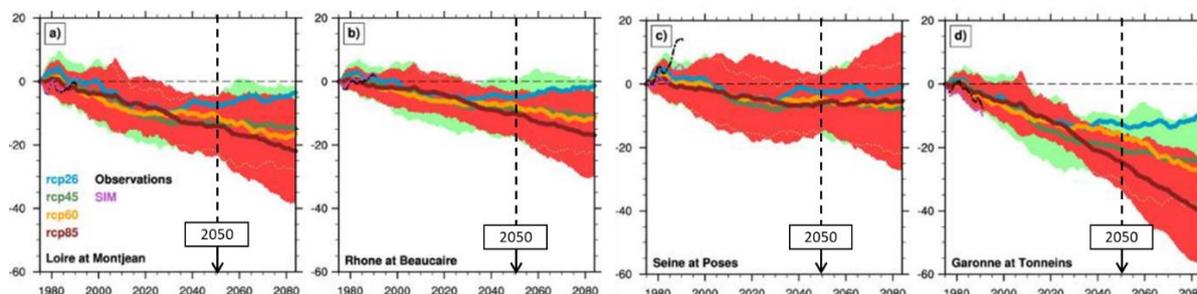


Figure 12 : Variations de débit par rapport à la référence 1976-2005 suivant les différentes trajectoires RCP (Davon, 2018)

Selon les simulations réalisées sur le réseau hydrographique français, en suivant le scénario RCP 8.5 (courbe rouge Figure 12), le débit des fleuves majeurs devrait diminuer d'ici à 2050. Il est important de noter que les diminutions seront plus accentuées pour certains fleuves : on note une baisse de débit de l'ordre de - 5% pour la Seine, de - 10% pour le Rhône, - 15% pour la Loire, et de plus de - 20% pour la Garonne.



A noter : une aggravation du déficit hydrique par la consommation de foncier agricole

La compétition entre le foncier agricole et urbain pourra accentuer les problèmes de déficit hydrique à l'horizon 2050 : en effet, les « bons sols » avec une réserve utile importante se trouvent souvent à proximité des cours d'eau, et sont également les terrains les plus prisés lors de l'étalement urbain, notamment pour le développement de zones d'activités (terrains plats plus faciles à aménager). L'agriculture ne pouvant rivaliser avec les prix du foncier urbain, on observe un recul vers des terres plus « sèches ».

L'Etat s'est cependant fixé un objectif « Zéro artificialisation nette » à travers le plan biodiversité de 2018, qui devrait permettre, s'il est réellement appliqué, de freiner le phénomène à court terme voir de l'arrêter à plus long terme (France stratégie, 2019).

➔ Déficit hydrique : les principaux impacts sur les systèmes

Pour les productions végétales, l'augmentation du stress hydrique pourrait entraîner :

- des **baisse de rendements** (notamment dues à un déficit hydrique en fin de cycle), pouvant conduire à de fortes pénuries de production certaines années.
- un **recours à l'irrigation** pour de plus en plus de cultures (céréales à paille, colza, vigne...), dans un contexte de baisse des débits d'étiage et des niveaux des nappes phréatiques.
- de ce fait, une **compétition sur la ressource en eau** et des **conflits d'usage** accentués, en particulier dans les zones du sud de la France où la baisse des précipitations et la baisse du débit des fleuves sera la plus marquée.
- enfin, le **développement de nouvelles cultures** plus résistantes au stress hydrique et moins consommatrices d'eau (sorgho par exemple)

Pour les productions animales, le principal impact du déficit hydrique serait une **plus faible disponibilité en fourrage** l'été, induisant une forte contrainte sur l'alimentation du bétail.

Pour le secteur forestier, le déficit hydrique et les périodes de sécheresse prolongées contribueraient à fragiliser les arbres, pouvant entraîner le dépérissement de plusieurs essences forestières. Il s'agit du principal facteur responsable de **l'évolution des aires de distribution des essences** (cf encadré « Augmentation des températures : les principaux impacts sur le secteur agricole et forestier »).

Enfin, pour le secteur paysager, le déficit hydrique pourrait induire une orientation vers des **espèces ornementales plus résistantes au sec** et un **fort conflit d'usage pour la ressource en eau** (espèces non productives), pouvant impliquer une refonte des systèmes d'approvisionnement en eau des espaces végétalisés (recyclage des eaux de pluies, systèmes d'arrosage plus efficaces...)

2.3 EPISODES CLIMATIQUE EXTREMES

- Vagues de chaleur

Une vague de chaleur correspond à une période de 5 jours consécutifs pendant laquelle la température est supérieure de + 5°C par rapport aux températures normales de référence pour la zone.

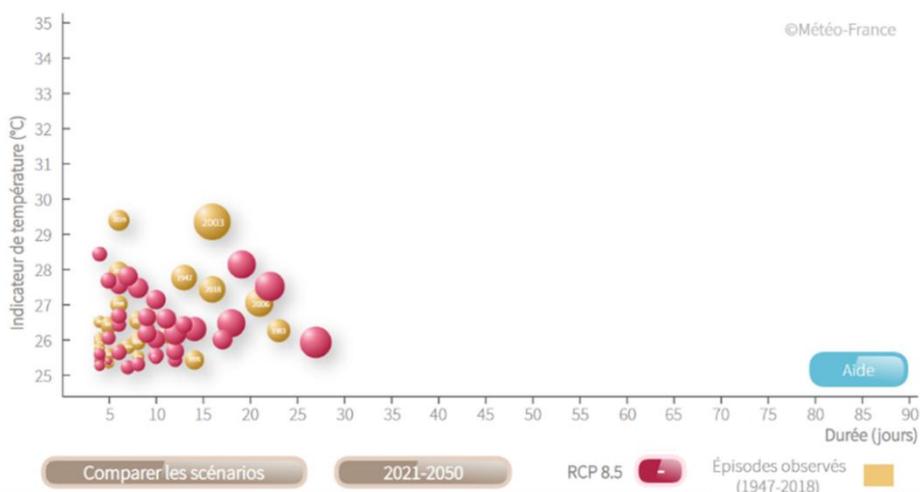


Figure 13 : Comparaison des épisodes de vagues de chaleur (durée et sévérité) entre les épisodes passés et un scénario RCP 8.5 à l'horizon 2050 (Météo France, 2021)

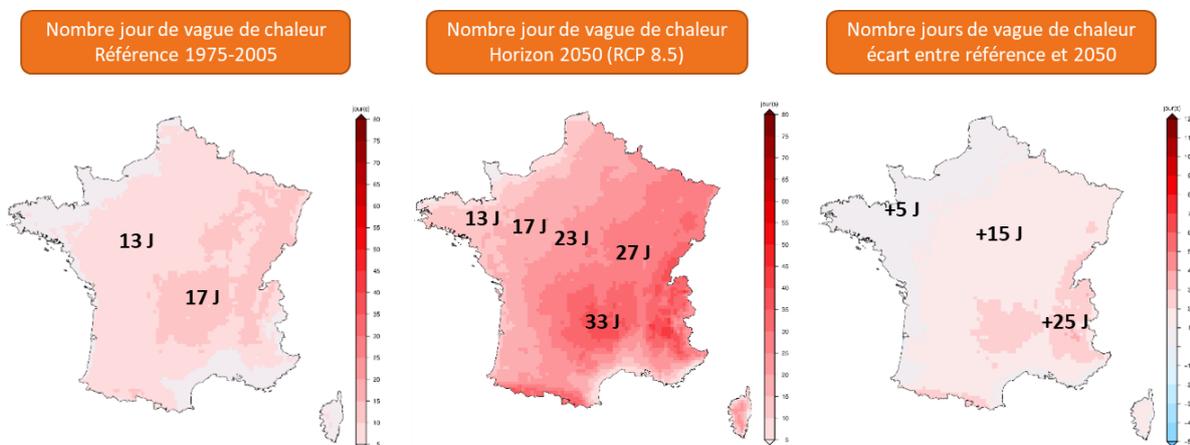


Figure 14 : Nombre de jours de vagues de chaleur sur la période de référence (a), à l'horizon 2050 (b) et écart entre 2050 et la période de référence (c) (Météo France, 2021)

Les chiffres indiqués correspondent aux médianes, ils sont explicités à titre indicatif pour faciliter la lecture de la carte

Rappel : les vagues de chaleurs sont les jours de $5^{\circ}\text{C} >$ à la normale de référence, ce qui explique le moindre nombre de vague de chaleur sur le pourtour méditerranéen, les températures de références de cette zone étant déjà élevées.

Sur la Figure 13, les projections de Météo France indiquent que **la fréquence** (nombre de bulles) et **la sévérité** (taille des bulles) **des vagues de chaleur augmenteront d'ici à 2050**, quel que soit le scénario considéré (ici RCP 8.5). On note également une tendance à des épisodes plus longs.

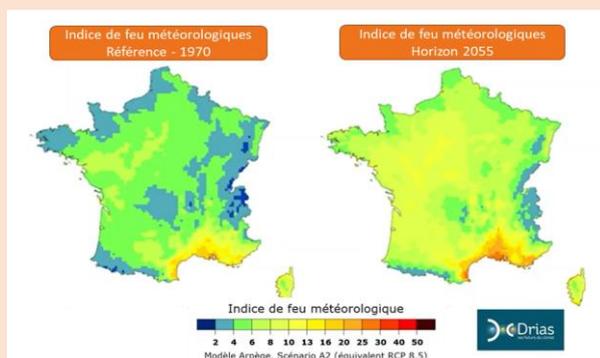
A l'échelle de la France (Figure 14), le nombre annuel de jours de vague de chaleur augmentera sur l'ensemble du territoire, avec un effet légèrement tamponné sur les littoraux (+ 5 jours seulement) mais une hausse **beaucoup plus marquée en montagne** (de l'ordre de + 25 jours dans les Alpes et le Massif Central)

→ Vagues de chaleur : les principaux impacts sur les systèmes

Les vagues de chaleurs amplifieront les phénomènes de **sécheresse** et le **déficit hydrique** des sols (cf impacts décrits dans l'encadré « *Déficit hydrique : les principaux impacts sur le secteur agricole* »).

Pour le secteur forestier, en complément des impacts liés au déficit hydrique, les épisodes de vagues de chaleur accentueraient le **risque d'incendie** et donc de destruction brutale de massifs forestiers.

Figure 15 : Evolution du risque de feu météorologique, période de référence et à l'horizon 2050



Dans les massifs montagneux, où l'augmentation sera particulièrement marquée, les vagues de chaleur accentueront l'effet global de la hausse des températures sur la **fonte de la neige** (cf encadré « *Augmentation des températures : les principaux impacts sur le secteur agricole* »).

• Episodes de gel

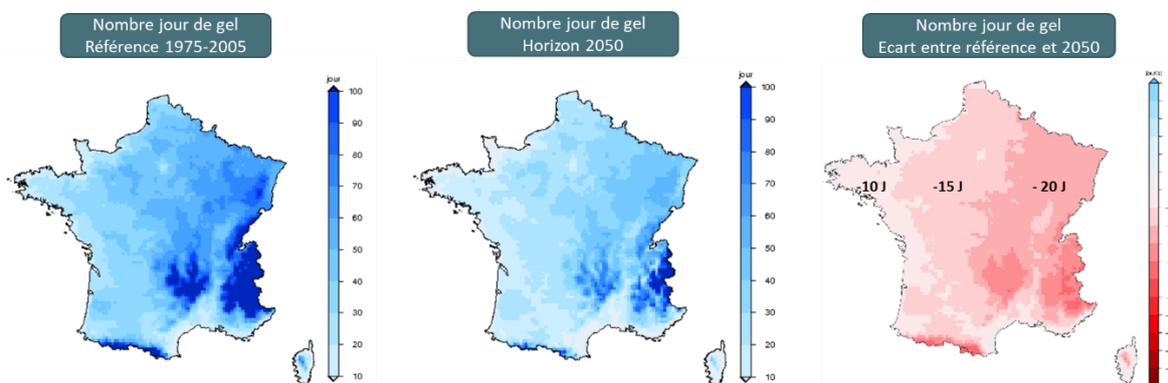


Figure 16 : Nombre de jours de gel : référence 1976-2005 et horizon temporel 2050 selon RCP 8.5 (Météo France, 2021)
Les chiffres indiqués correspondent aux médianes, ils sont explicités à titre indicatif pour faciliter la lecture de la carte

Quel que soit le scénario considéré, les projections climatiques montrent une **diminution du nombre annuel de jours de gel** sur l'ensemble du territoire métropolitain, en lien avec la poursuite du réchauffement. En moyenne, cette diminution serait de l'ordre de - 10 jours (ouest) à - 20 jours (est et

montagne) par rapport à la période 1976-2005. On constate en particulier **une forte diminution des jours de gel sur le quart nord-est**, là où les conséquences agronomiques seront potentiellement plus importantes, et sur les **massifs montagneux**.

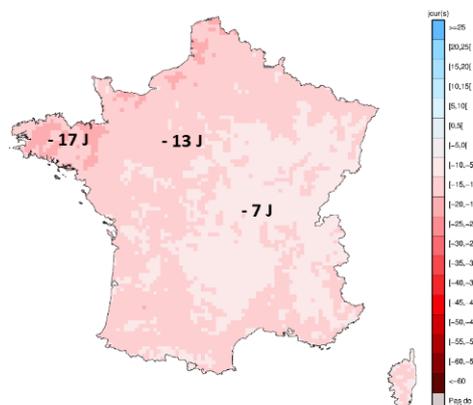


Figure 17 : Ecart de la date de la dernière gelée entre la période de référence et l'horizon 2050 (RCP 8,5) (Météo France, 2021)
Les chiffres indiqués correspondent aux médianes, ils sont explicités à titre indicatif pour faciliter la lecture de la carte

Les dernières gelées se produiront en moyenne plus tôt sur le territoire, avec un écart suivant un gradient est-ouest. Les dernières gelées devront se produire aux alentours du 24 mars dans l'est, fin février début mars dans l'ouest et fin janvier dans le sud.

→ Gel : les principaux impacts sur les systèmes

La diminution du nombre total de jours de gel et l'avancement de la date des dernières gelées réduirait le risque de gels létaux pour certaines cultures d'hiver (type colza), ce qui pourrait induire une **extension des zones de cultures** vers le nord et le nord-est. Cela rendrait également possible des **semis plus précoces de certaines espèces**, induisant un avancement des calendriers culturaux (par exemple en blé).

A l'inverse, la réduction des périodes de gel **ne permettra plus l'élimination de certaines adventices gélives**.



A noter : des gels tardifs plus dangereux

A moyen terme, des épisodes de gel tardif pourront toujours avoir lieu et risquent de causer beaucoup plus de dégâts sur les cultures, du fait de l'avancement des cycles culturaux (cultures déjà fleuries, vigne débourrée dès le printemps...) et que les variétés soient moins résistantes au gel.

- Episodes de fortes précipitations

Ces 50 dernières années, Météo France a observé que les épisodes de précipitation extrêmes (cumul quotidien supérieur à 200 mm) étaient devenus de plus en plus fréquents, notamment sur le pourtour méditerranéen.

Pour caractériser l'évolution future des épisodes de précipitations intenses, les modèles de simulations climatiques régionales EURO-CORDEX se sont intéressés à la **durée de retour** des épisodes de pluie intense. La durée de retour d'un événement extrême correspond à l'intervalle de temps moyen entre 2 réalisations de cet événement : une pluie décennale correspond à une pluie dont la durée de retour est de 10 ans, c'est-à-dire qu'il survient une pluie de ce niveau d'intensité par décennie (en probabilité).

Les simulations (Figure 18) montrent toutes une diminution de la durée de retour des épisodes de pluie intense, soit une augmentation de la fréquence des pluies intenses. A l'échelle nationale, les modèles estiment qu'en moyenne, les précipitations aujourd'hui décennales se produiront tous les 4,5 ans, alors que les précipitations aujourd'hui vicennales, se produiront tous les 7 ans et les précipitations aujourd'hui cinquantennales, tous les 11 ans.

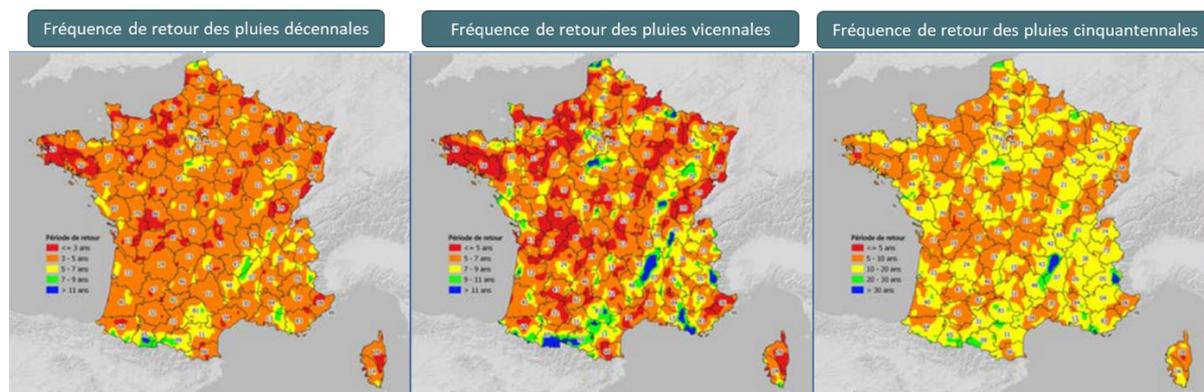


Figure 18 : Evolution de la fréquence annuelle de dépassement de seuils de précipitations journalière à l'horizon 2050 (RCP 8.5) (approche multi-modèles climatiques EURO-CORDEX, COVEA - Risk Weather Tech, 2020)

En conséquence, les simulations prévoient des inondations plus fréquentes sur l'ensemble du territoire français : plus élevées sur les 2/3 Nord du territoire en moyenne annuelle, et plus rares mais plus intenses sur un grand quart Sud-Est.

➔ Précipitations intenses : les principaux impacts sur le secteur agricole

Les épisodes de pluies intenses peuvent avoir :

- des **conséquences directes** sur les cultures : couchage au sol des épis (verse), saturation du sol en eau bloquant la respiration racinaire (anoxie), altération de la qualité des productions...
- des **conséquences indirectes** : tassement des sols, impraticabilité des parcelles engendrant des retards de récolte ou de chantiers agricole, pic de maladie...

De plus, ces épisodes de pluie intenses conduisent à une saturation rapide des sols en eau, qui ne permettent donc pas d'enrichir la réserve utile, et entraînent un fort ruissellement accélérant l'érosion des sols agricoles.

Enfin, les exploitations agricoles et les domaines forestiers pourront être exposés à des pertes plus importantes et généralisées lors des inondations que peuvent générer ces épisodes de précipitations intenses : destruction bâtiments ou matériel, pertes de cheptel, destruction de cultures, arrachement des couches superficielles des sols, chute d'arbres...

A noter : les exploitations agricoles sont aussi des acteurs importants pour limiter le risque d'inondation sur le territoire.

- Episodes de grêle

L'évolution de la fréquence des orages de grêle peut être estimée en étudiant les conditions atmosphériques qui sont à l'origine de la formation de grêle : on étudie l'indice de soulèvement « Lift Index » et le cisaillement vertical du vent.

Sur la base des projections EURO-CORDEX, les analyses de ces deux index montrent **une augmentation des situations orageuses grêligènes à l'échelle de la France, de l'ordre de 40 %**. Pour les 2/3 Nord du pays, l'évolution du nombre de jours de grêle par an est significative, avec entre 1 et 4 jours de plus que pour la période de référence, tandis que dans le Sud, déjà fortement impacté, les évolutions ne sont pas considérées comme significatives (approche multi-modèles climatiques EURO-CORDEX, COVEA - Risk Weather Tech, 2020).

→ Grêle : les principaux impacts sur les systèmes

Sur les cultures végétales, les chutes de grêles peuvent entraîner des pertes de production, touchant directement la récolte (fruits ou graines), mais pouvant aussi affecter le reste de la plante (feuilles déchirées, fleurs détruites, cultures couchées, blessures propices aux maladies...)

Toutes les cultures sont sensibles à la grêle, et les cultures pérennes (vignes et vergers) en subissent généralement les plus lourds dommages, en raison leur fragilité physiologique : fruits tendres et peu protégés.



A noter : des incertitudes sur l'évolution du risque de tempêtes

Le 5e rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) indique qu'il est probable que les trajectoires des tempêtes de l'hémisphère Sud se déplacent légèrement vers le pôle Sud. En revanche, il n'accorde qu'un faible degré de confiance à la projection de l'évolution des trajectoires des tempêtes dans l'hémisphère Nord.

Cette forte incertitude se confirme à l'échelle de la France métropolitaine puisque les études actuelles ne permettent pas de mettre en évidence une tendance future notable sur l'évolution du risque de vent violent lié aux tempêtes. Les projections ne montrent en effet aucune tendance significative de long terme sur la fréquence et l'intensité des tempêtes que ce soit à l'horizon 2050 ou à l'horizon 2100 » (Météo France, 2020)

2.4 EVOLUTION DE LA PRESSION BIOTIQUE

Le changement des conditions climatiques (température, humidité des sols, diminution du gel...) aura **une incidence certaine sur les cycles de développement des champignons, des maladies ou des ravageurs** qui affectent les cultures, les animaux d'élevage, les arbres et les plantes ornementales.

Si l'on peut affirmer que la pression biotique sur les systèmes agricoles et forestiers évoluera, il reste très difficile d'estimer quelle sera l'évolution de la pression des pathogènes, des maladies fongiques et des ravageurs à l'horizon 2050.

Les différentes études menées sur la question pour plusieurs productions ne permettent pas de dégager de prédictions précises quant à la disparition ou l'apparition de pathogènes, mais la bibliographie concorde sur le fait que l'agriculture devra faire face à une **hausse du niveau d'incertitude** et un **environnement biotique de plus en plus changeant et imprévisible**.

On pourrait assister :

- à des importations de pathogènes exotiques et à leur acclimatation du fait de nouvelles conditions plus favorable en France ;
- à une accélération de l'évolution de certaines populations indigènes (fusariose des céréales, phoma du colza), du fait d'hiver plus doux favorisant leur développement ;
- à la diffusion des pathogènes à l'intérieur du territoire ;
- à une réduction de l'impact de certaines maladies fongiques, les températures trop élevées et les sécheresses étant défavorable aux champignons (INRA, 2018) ;
- à une diminution de certaines populations de parasites, du fait d'un hiver plus doux qui limiterait leur conservation dans les sols ;
- à une augmentation des épidémies dans les cheptels ;

- à une sensibilité à de nouveaux agresseurs, du fait d'un calendrier cultural décalé (avec des semis précoces, les maladies ont davantage de temps pour s'installer et se développer) (INRA, 2018)

Dans tous les cas, la recherche et les possibilités de prédiction semblent peu avancés et les conséquences sont largement imprévisibles.

Pour le secteur forestier et paysager, on peut considérer que les arbres seront particulièrement sensibles à ce risque biotique. En effet l'exposition aux fortes chaleurs et aux sécheresses sont des facteurs risqué d'affaiblir les arbres, qui seront ainsi plus sensible aux attaques de ravageurs et donc au dépérissement, pouvant conduire à la disparition complète de certaines essences.

→ Évolution de la pression biotique : les principaux impacts sur les systèmes

Pour réduire leur vulnérabilité face à des risques biotiques nouveaux, potentiellement accrus, et surtout **imprévisibles**, les systèmes de cultures, d'élevage, forestiers et paysagers devront évoluer pour être plus résilients : sélection de variétés, d'essences et de races plus résistantes, diversité d'espèces plus importante, mise en place de mesures préventives pour limiter le développement de parasites...



Forêt : une capacité d'adaptation naturelle remise en cause

Les forêts ont une capacité d'adaptation naturelle des essences forestières au changement climatique, qui s'appuie sur différents mécanismes (adaptation du port et du développement racinaire, migration, sélection naturelle...). Mais la rapidité et brutalité des changements climatiques en cours est susceptible de dépasser cette capacité naturelle des forêts à s'adapter. Ces chocs peuvent engendrer des problématiques sanitaires difficiles à contrôler (ex : dégâts dus aux scolytes). Une intervention artificielle devient alors envisageable

2.5 PRINCIPALES EVOLUTIONS A L'HORIZON 2050 : SYNTHESE

La carte ci-dessous synthétise les principales évolutions climatiques se dégageant à l'horizon 2050 (scénario RCP 8.5) en France :

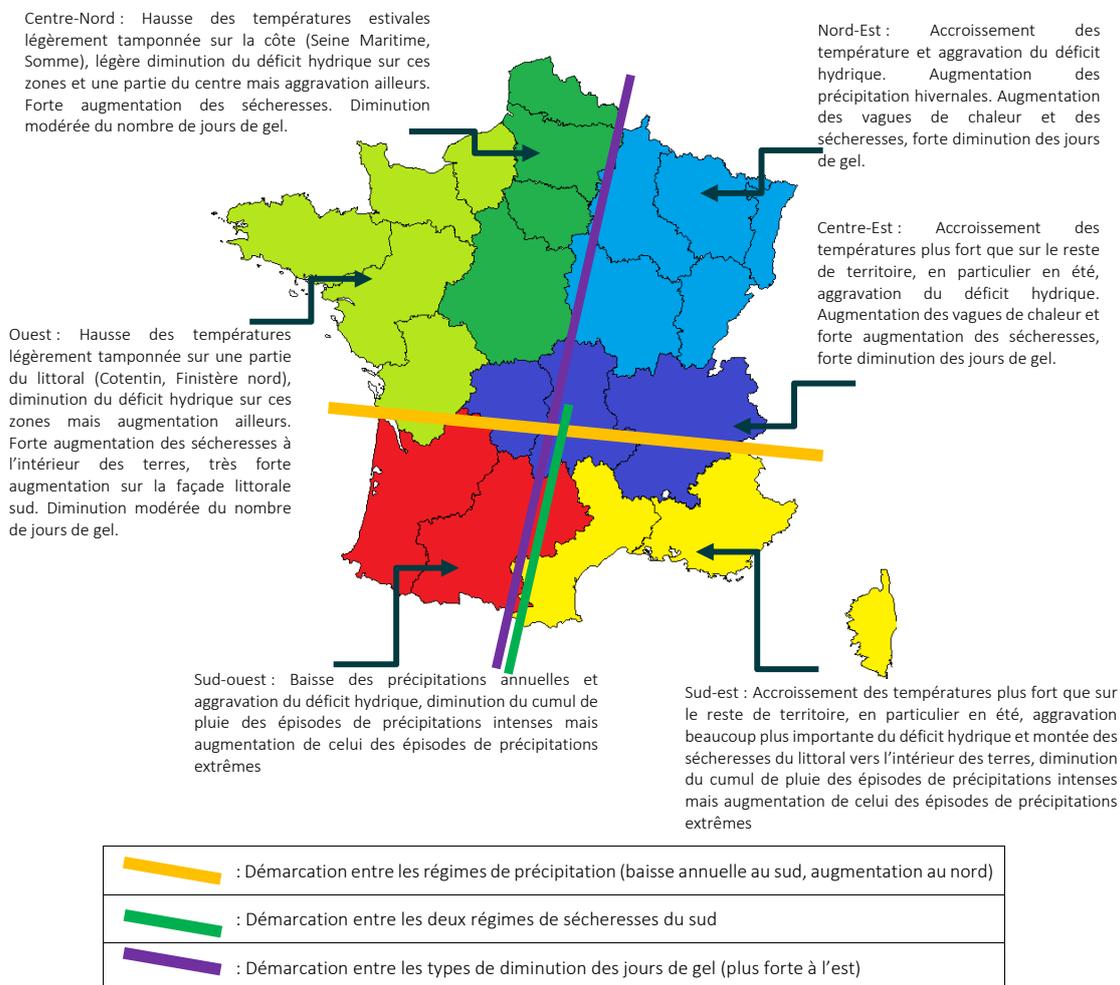


Figure 19 : Synthèse des principales évolutions climatiques à l'horizon 2050 et différences par région (CERESCO, 2021).



Figure 20 : Le climat en France en 2050 - synthèse Fiche "DRIAS, les futurs du climats", par Météo France, 2021)

3. FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE : QUELS LEVIERS MOBILISER ET QUELS CHANGEMENTS DE PRATIQUES ENVISAGER ?

3.1 ADAPTATION ET ATTENUATION : DE QUOI PARLE-T-ON ?

Pour faire face aux impacts du changement climatique, deux voies d'action sont possibles : **l'atténuation** et **l'adaptation** au changement climatique. Ces deux voies doivent être complémentaires et menées en cohérence.

On considère qu'une action relève de **l'adaptation au changement climatique** lorsqu'elle permet de **limiter les impacts négatifs du changement climatique** sur un secteur ou d'en optimiser les effets bénéfiques. Le secteur agricole et forestier étant directement exposé aux variations du climat, l'adaptation au changement climatique constitue un enjeu central pour cette profession, afin de limiter les impacts sur la production et sur les peuplements.

En parallèle, on considère qu'une activité contribue à **l'atténuation du changement climatique** si elle permet de **stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre (GES)** dans l'atmosphère, et ainsi de **limiter la perturbation du système climatique**³. Il peut s'agir d'activités qui :

- réduisent ou limitent les émissions de gaz à effet de serre ;
- améliorent le stockage des GES dans des puits et réservoirs (ex. forêts et sols)

L'atténuation constitue un enjeu tout aussi fort pour le secteur agricole, car ce dernier contribue directement aux émissions de GES responsables du changement climatique (en France, le secteur agricole est la source de près de 20% des émissions de GES (SECTEN - CITEPA, 2021)), mais aussi car les surfaces agricoles et forestières peuvent constituer un puit de carbone important pour séquestrer des GES.

Les tableaux suivants présentent **les leviers d'adaptation et d'atténuation** que les acteurs de **chaque secteur de production** pourront activer pour faire face aux impacts du changement climatique : changements de pratiques, changement d'organisation, changement de système, voir délocalisation des productions...

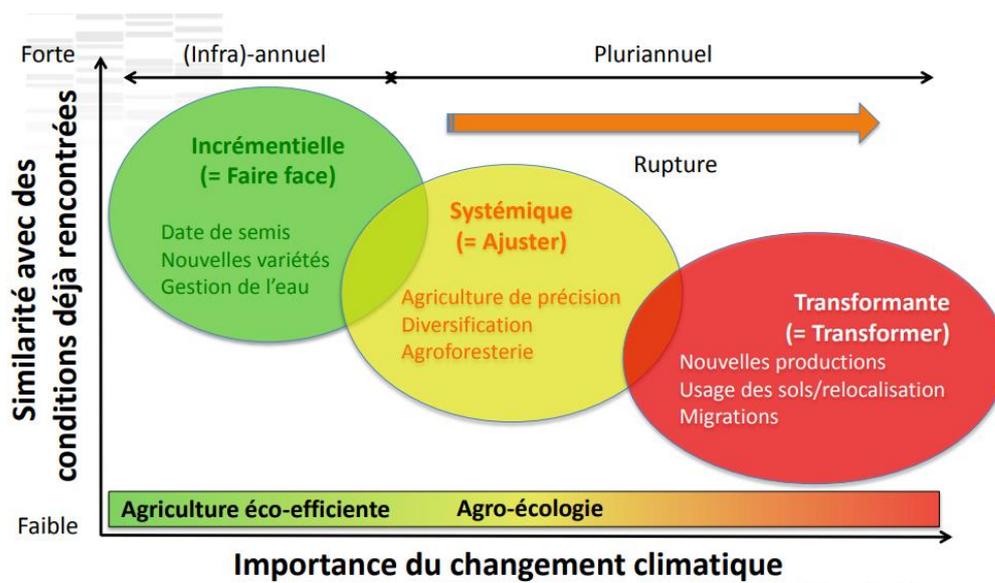
Ces tableaux ne visent pas à expliciter de manière détaillée tous les changements de pratiques qui pourront intervenir dans chaque secteur, mais a avant tout pour objectif **d'identifier, regrouper et classer les grands types de leviers d'adaptation et d'atténuation** pouvant être mis en œuvre, afin de construire une typologie représentative et opérante pour la suite de l'étude.

En effet, identifier ces changements de pratiques dans les systèmes agricoles, forestiers et paysagers permettra de comprendre dans un deuxième temps quelles seront les nouvelles compétences mobilisées dans ces secteurs.

³ ADEME, 2021, <https://www.ademe.fr/expertises/changement-climatique/quoi-parle-t/lattenuation-ladaptation>

3.2 LES STRATEGIES D'ADAPTATION DANS CHAQUE SECTEUR

L'adaptation au changement climatique peut consister en une simple modification des pratiques, une réorganisation plus large du système agricole, jusqu'à une délocalisation totale des productions (Figure 21). Les agriculteurs ont d'ores et déjà commencé à mettre en œuvre des adaptations (dates de récolte avancées, cultures d'espèces moins sensibles au stress hydrique...) et les pratiques seront amenées à évoluer encore d'avantage dans le futur.



(d'après Thornton, 2014) - GIEC

Figure 21 : Différents niveaux d'adaptation sont possibles face au changement climatique (INRA, 2014)

Pour chaque secteur de production, le tableau suivant explicite les leviers d'adaptation que pourront activer les professionnels pour faire face aux impacts du changement climatique, et les changements de pratiques induits. Le tableau est construit de la manière suivante :

- Colonne 1 : mentionne si le levier relève d'un mécanisme d'adaptation et/ou d'atténuation
- Colonne 2 : précise face à quel impact du changement climatique ce levier est mis en œuvre
- Colonne 3 : présente le type de stratégie d'adaptation pouvant être mise en place par les professionnels pour limiter ces impacts + Colonne 4 : apporte des explications complémentaires sur les mécanismes mis en œuvre à travers chaque stratégie
- Colonne 5 : traduit les changements pratiques et opérationnels induit par ces stratégies d'adaptation sur l'activité des professionnels de chaque secteur

C'est à partir des évolutions de pratiques décrit dans cette colonne 5 que pourront être déduits les changements de compétences, de métiers et d'emploi pour chaque profession.

| | Objectif visé | Stratégie d'adaptation | Explications et précisions sur la stratégie d'adaptation | Exemples de changement opérationnels |
|---|--|---|--|--|
| PRODUCTIONS VEGETALES ANNUELLES : grandes cultures, maraichage | | | | |
| Adaptation | Déplacement global des bassins de production | Recomposition agroclimatique | Développement de nouvelles cultures, plus adaptées aux nouvelles conditions climatiques du milieu <u>Exemples :</u> - Remplacer du maïs par du sorgho - Blé tendre : recul des zones de cultures des régions méridionales vers le nord (voir disparition) - Tournesol : extension de l'aire de culture vers le nord - Colza : extension de l'aire de culture vers le nord-est | - Introduction de nouvelles cultures : --> nouveaux itinéraires techniques à maîtriser --> nouveaux cycle biologique et cycle des bioagresseurs à connaître --> évolution du matériel agricole - Réorganisation de l'assolement |
| Adaptation | Limiter le stress hydrique et l'impact de la sécheresse | Adaptation du calendrier | Semis précoce : possibilité de semer plus tôt du fait du climat plus doux, et ainsi décaler le cycle pour éviter les stress hydriques de fin de cycle <u>Exemple :</u> maïs précoce | - Réorganisation des calendriers de travail |
| Adaptation | Limiter le stress hydrique et l'impact de la sécheresse | Recours à l'irrigation | - Développement de l'irrigation pour des nouvelles régions et des nouvelles cultures - Développement de systèmes d'irrigation optimisés pour faire face aux stress hydriques dans un contexte de concurrence pour l'usage de l'eau | - Utilisation des systèmes d'irrigation efficaces : micro-irrigation, outils de pilotage de l'irrigation (capteurs et horaires) |
| Adaptation | Limiter le stress hydrique et l'impact de la sécheresse Limiter le risque biotique (ravageurs, maladies...) | Sélection génétique | Maintien des mêmes espèces cultivées, mais choix de nouvelles variétés | - Utilisation de variétés tolérantes à la sécheresse - Utilisation de variétés à cycles courts (stratégie d'esquive = décaler les stades sensibles d'une culture) - Utilisation de variétés moins sensibles (stratégie d'évitement = réduction de la transpiration par fermetures stomatiques, développement racinaire...) - Utilisation de variétés résistantes aux maladies / aux pathogènes - Utilisation de variétés anciennes, qui ont une meilleure diversité génétique intra-espèces et donc une meilleure résilience face à la pression biotique |
| Adaptation Atténuation | Limiter le risque d'échaudage Stocker du CO2 dans les arbres | Développement de l'agroforesterie et des haies | Permet d'apporter de l'ombre et réguler le microclimat à l'échelle d'une parcelle Permet de stocker du C dans le bois de l'arbre | - Implantation d'agroforesterie sur les parcelles (association cultures / arbres) - Adaptation des pratiques culturales - Evolution du matériel agricole - Entretien des haies |

| | | | | |
|----------------------------------|---|---|---|--|
| Adaptation Atténuation | <p>Limiter le risque biotique (ravageurs, maladies...)</p> <p>Limiter l'exposition aux aléas climatiques (précipitations intenses, inondations...)</p> <p>Stocker du C dans les parcelles</p> | Diversification des productions et des espèces cultivées | <p>Une trop grande spécialisation augmente le risque d'impact en cas d'aléas climatique ou d'attaque de bioagresseurs : diversifier l'assolement est un levier intéressant pour limiter ce risque.</p> | <p>- Introduction de nouvelles cultures : --> nouveaux itinéraires techniques à maîtriser --> nouveaux cycle biologique et cycle des bioagresseurs à connaître --> évolution du matériel agricole - Implantation de cultures intermédiaires (= semées entre deux cultures de vente) dans les rotations - Allongement des durées de rotation</p> |
| Adaptation | <p>Limiter le risque biotique (ravageurs, maladies...)</p> <p>Limiter l'exposition aux aléas climatiques (précipitations intenses, inondations...)</p> <p>Réduire les émissions de N2O</p> | Association de cultures | <p>Développer des associations de cultures et utiliser les complémentarités entre espèces pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> - lutter contre les bio agresseurs - réduire la vulnérabilité aux aléas climatiques - limiter la fertilisation en associant des légumineuses | <p>- Méthode de culture en association à maîtriser, semis sur mulch vivant etc...</p> <p>- Evolution itinéraires techniques</p> <p>- Evolution du matériel agricole (récolte notamment...)</p> |
| Adaptation | Irrégularité des rendements | Accroître les capacités de stockage à la ferme | Permet d'être plus résilient face à l'imprévisibilité des récoltes et la volatilité des cours agricoles | <p>- Gestion opérationnelle du stockage</p> <p>- Surveillance de la qualité du stockage</p> |
| Spécificités maraîchage : | | | | |
| Adaptation | <p>Limiter le stress hydrique et l'impact de la sécheresse</p> <p>Limiter le risque biotique (ravageurs, maladies...)</p> | Adaptation des pratiques culturales | <u>Maraîchage - plein champs</u> : développement du paillage : recouvrir le sol avec des matériaux organiques (ou du plastique), pour retenir l'eau et limiter la levée d'adventices | - Méthode de paillage à maîtriser |
| Adaptation | Limiter le risque d'échaudage | Adaptation des bâtiments et équipement | <u>Maraîchage - serres</u> : adapter les équipements pour limiter la température et réguler l'humidité sous abri | <p>- Mise en place de systèmes d'aération / ventilation</p> <p>- Mise en place de systèmes de brumisation</p> |
| Adaptation | Limiter la température | Recours à des solutions techniques de protection | | - Mise en place d'équipements d'ombrage (filets, ombrage végétal, blanchiment des plastiques des serres) |

| | Objectif visé | Stratégie d'adaptation | Explications et précisions sur la stratégie d'adaptation | Exemples de changement opérationnels |
|--|---|--|--|--|
| PRODUCTIONS VEGETALES PERENNES : arboriculture, viticulture | | | | |
| Adaptation | Modification des bassins de production | Recomposition agro-climatique | Développement de nouvelles espèces dans de nouvelles zones <i>Exemples :</i> <i>Olivier : extension vers le nord</i> <i>Agrumes : extension vers les nord</i> | Introduction de nouvelles espèces : --> nouveaux itinéraires techniques à maîtriser --> nouveaux cycle biologique et cycle des bioagresseurs à connaître --> évolution du matériel agricole |
| Adaptation | S'adapter à l'accélération / précocité des cycles des arbres fruitiers et de la vigne | Adaptation du calendrier | Du fait de la hausse des températures les cycles sont raccourcis : développement plus rapide, floraisons plus précoces, vendanges plus précoces | - Réorganisation des calendriers de travail - Taille tardive (février / mars) pour retarder le débourrement et ainsi retarder la maturation |
| Adaptation | Exposition aux aléas climatiques (grêle, gel de printemps...) Limiter la perturbation des teneurs en sucres provoquée par la chaleur en fin de cycle Stress hydrique accru, sécheresse Limiter le risque biotique (ravageurs, maladies...) | Sélection génétique | Maintien des mêmes espèces mais changement de variétés et/ou de porte greffes : plus tolérants au stress thermique, au stress hydrique et aux maladies <i>Exemple viti : remplacer le Merlot par du Cabernet-Sauvignon</i> <i>(!) - en arbo et viti-culture, la sélection variétale est plus longue</i> <i>(!) impact vinification (titre alcoolique, cépages...)</i> | - Utilisation de variétés / cépages plus résistants à la chaleur, la sécheresse, ou aux maladies - Utilisation de porte-greffe retardant la maturation des fruits |
| Adaptation Atténuation | Limiter le risque biotique (ravageurs, maladies...) Limiter le stress hydrique et l'impact de la sécheresse Réduire les émissions N2O Stocker du CO2 dans les parcelles cultivées | Association de cultures | Introduire des cultures intercalaires ou des bandes enherbées inter-rang en vigne et en vergers peut permettre de : - favoriser la rétention d'eau - empêcher la levée d'adventices - limiter l'exposition aux bioagresseurs - limiter la fertilisation en associant des légumineuses - séquestrer du carbone (sol couvert) | - Méthodes de culture en association appliquée à la vigne et l'arboriculture ; méthode de culture inter-rang - Evolution des itinéraires techniques - Evolution du matériel agricole |
| Adaptation | Limiter le stress hydrique et l'impact de la sécheresse | Recours à l'irrigation | Développement de systèmes d'irrigation optimisés pour faire face aux stress hydriques dans un contexte de concurrence pour l'usage de l'eau | - Utilisation des systèmes d'irrigation efficaces : micro-irrigation, outils de pilotage de l'irrigation (capteurs et horaires) |
| Adaptation | Limiter le risque d'échaudage | Adaptation des pratiques culturales | Des méthodes de taille de la vigne ou de l'arbre peuvent accroître la couverture foliaire pour mieux protéger les fruits des brûlures du soleil. Autrement la pulvérisation d'argiles (kaolinite) peut assurer une protection physique. | - Mise en place de nouvelles méthodes de taille - Maîtrise de nouveaux équipements de pulvérisation - Evolution matériel agricole |

| | | | | |
|------------------------|--|--|---|---|
| Adaptation | <p> limiter le risque d'échaudage</p> <p> limiter l'exposition aux aléas climatiques (précipitations intenses, inondations...)</p> | <p>Recours à des solutions techniques de protection</p> | | <ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'écrans filtrant les UV-B, - Mise en place d'ombrières (+ limite les pertes de chaleur en hiver) - Mise en place de filets ou canons anti-grêle - Mise en place d'éoliennes antigel - Mise en place de brasseurs d'air / de chauffeurs - Mise en place d'arrosage : créer un manchon de glace qui protège le bourgeon |
| Adaptation Atténuation | <p> limiter le risque d'échaudage</p> <p> Stocker du CO2 dans les arbres</p> | <p>Développement de l'agroforesterie et des haies</p> | <p> Permet d'apporter de l'ombre à la vigne et réguler le microclimat à l'échelle d'une parcelle</p> <p> Permet de stocker du C dans le bois de l'arbre</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Entretien des haies - Implantation d'agroforesterie sur les vignes (association vigne / arbres) - Adaptation des pratiques culturales - Evolution matériel agricole |
| Adaptation | <p> limiter le risque biotique (ravageurs, maladies...)</p> | <p>Adaptation des pratiques culturales</p> | <p> Démarche de biosécurité végétale</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Surveillance accrue des phytopathologies - Adoption de schémas et procédures de biosécurité végétale - Méthodes préventives pour limiter les maladies (taille...) |

| | Objectif visé | Stratégie d'adaptation | Explications et précisions sur la stratégie d'adaptation | Exemples de changement opérationnels |
|-----------------------------|--|---|--|--|
| PRODUCTIONS ANIMALES | | | | |
| Adaptation | Limiter l'impact de la chaleur sur les animaux (baisse de productivité) | Adaptation des bâtiments et équipements | Limiter la chaleur en bâtiment en réalisant des aménagements | - Ventilation des bâtiments - Brumisation des bâtiments -> <u>Ruminants</u> : incompatible ovins (laine) -> <u>Monogastriques</u> : déjà assez développé en porc |
| Adaptation Atténuation | Limiter l'impact de la chaleur sur les animaux (baisse de productivité) Stocker du CO2 dans les arbres | Développement de l'agroforesterie et des haies | Permet d'apporter de l'ombre aux animaux et limiter la chaleur au pré ou dans le parcours | - Implantation d'arbres dans les prairies ou les parcours (choix des essences etc...) |
| Adaptation | Limiter l'impact de la chaleur sur les animaux (baisse de productivité) | Sélection génétique | <u>Ruminants</u> : Races plus résistantes à la chaleur, plus résilientes face au manque de fourrage, et moins sensibles aux maladies <i>Exemple</i> : Rouge des prés adaptée aux climats secs avec faible disponibilité d'herbe. <u>Monogastriques</u> : Races thermotolérantes et productives malgré des vagues de chaleur <i>Exemple</i> : mécanismes connus en poulets (peau nue, dissipation par crête) | <u>Ruminants / porc</u> : - Conversion progressive du cheptel vers nouvelles races - Croisements 3 voies <u>Volailles</u> : - Changement de race possible d'un lot au suivant |
| Adaptation | Limiter l'impact de la chaleur sur les animaux : focus perturbation de la prise alimentaire | Adaptation de la conduite d'élevage | Faciliter la prise alimentaire et l'hydratation | - Fractionnement des repas, distribution aux heures moins chaudes - Modification de la ration alimentaire (protéines, fibres, minéraux, complément levures...) de façon à limiter la production de chaleur métabolique dans l'appareil digestif - Affouragement en vert : apporter de l'herbe fraîche à l'auge, pour favoriser l'hydratation des animaux |
| Adaptation | Limiter l'impact de la chaleur sur les animaux (baisse de productivité) : focus baisse de l'immunité naturelle | Adaptation des bâtiments et équipement | Biosécurité | - Mise en place de SAS, pédiluves etc... - Modification des flux et sens de circulations dans l'exploitation |
| Adaptation | Limiter le risque biotique (épizooties plus fréquentes) | Adaptation de la conduite d'élevage | Biosécurité | - Adoption de schémas et procédures de biosécurité - Surveillance accrue du troupeau - Mise en place de mesures de prophylaxie - Mise en place de soins alternatifs (huiles essentielles, homéopathie...) |

| | | | | |
|------------------------|--|---|--|--|
| Adaptation | Faire face à la faible disponibilité en fourrage pendant la période estivale (« second hiver ») Réduire les émissions de N2O | Réduction permanente du nombre d'animaux / élevage | Un niveau de chargement (UGB/ha) plus réduit, pour mieux correspondre aux capacités de productions fourragères | <i>Pas de changement opérationnel</i> |
| Adaptation | Faire face à la faible disponibilité en fourrage pendant la période estivale (« second hiver ») Limiter l'impact de la chaleur sur les animaux (baisse de productivité) | Adaptation du calendrier | Afin de limiter le chargement en été où les ressources sont moindres, il est possible de : > raccourcir les cycles, avec des animaux abattus plus jeunes (veaux au lieu de broutard etc...) > décaler les dates de vêlages pour éviter les pics de chaleur d'été | Réorganisation des calendriers de travail : - Cycles de développement plus courts - Décalage des dates de vêlage - Synchronisation des chaleurs pour des vêlage groupés |
| Adaptation Atténuation | Faire face à la faible disponibilité en fourrage pendant la période estivale (« second hiver ») | Diversification des productions et des espèces cultivées | Diversification des espèces dans les prairies pour maximiser la production en été | - Introduction de nouvelles espèces fourragères dans les prairies (luzerne etc...) - Introduction de légumineuses dans les prairies - Mélanges d'espèces fourragères |
| Adaptation | | | Implantation de cultures intermédiaires pendant la période d'interculture, désormais possible du fait de la précocité des cycles et du climat plus doux en hiver | - Réorganisation des calendriers de travail - Valorisation des cultures intermédiaires dans la ration alimentaire |
| Adaptation | | Adaptation de la conduite d'élevage | <u>Ruminants</u> : valorisation de surfaces additionnelles : pâturage sur cultures, sylvopastoralisme | - Maîtrise du sylvopastoralisme (pâturage en forêt) - Maîtrise du pâturage des cultures |
| Adaptation | Optimiser l'utilisation de la production importante d'herbe au printemps et à l'automne | Adaptation du calendrier | <u>Ruminants</u> : valorisation des surfaces en herbe sur une plus longue période (plus tôt dans l'année, car climat plus doux), pour économiser du fourrage l'été | - Mise à l'herbe plus tôt dans la saison, et plus tard en automne - Pratique du pâturage hivernal - Fauche d'herbe possible à l'automne |
| Adaptation | | Adaptation de la conduite d'élevage | <u>Ruminants</u> : mise en place de pâturage tournant dynamique : pâturage de petites parcelles (< 1ha) pendant une courte durée (1 ou 2j), pour maximiser l'utilisation de l'herbe | - Pratique du pâturage tournant dynamique (maîtrise : timing, gestion des clôtures, des points d'eau) |

| | Objectif visé | Stratégie d'adaptation | Explications et précisions sur la stratégie d'adaptation | Exemples de changement opérationnels |
|------------------------------------|---|---|--|---|
| PAYSAGISME ET ESPACES VERTS | | | | |
| Adaptation Atténuation | Prise de conscience de la nécessité d'adapter les pratiques Compréhension des mécanismes liés au changement climatique | Connaissance des principaux enjeux d'adaptation | Le secteur du paysage et des espaces verts, tous les opérateurs ne subissent pas directement les impacts et tous n'ont pas encore pris conscience des enjeux à s'adapter | - Comprendre les changements en cours et à venir - Identifier les enjeux clés dans son secteur d'activité - Identifier les leviers d'actions |
| Adaptation | limiter le stress hydrique et l'impact de la sécheresse | Recomposition agro-climatique | Utilisation d'espèces plus résilientes aux évolutions du climat : privilégier des espèces natives de la région, qui s'adapteront mieux à l'évolution de leur biotope Utilisation d'espèces plus résistantes à la sécheresse et aux maladies, moins consommatrices d'eau, et moins sensible à la casse (chute branches) <i>Exemple</i> : introduction d'espèces méditerranéennes | - Utilisation de nouvelles espèces et nouvelles essences --> nouveaux cycles de végétaux à maîtriser |
| Adaptation | limiter le risque biotique (ravageurs, maladies...) limiter l'exposition aux aléas climatiques (précipitations intenses, inondations...) | Diversification des productions et des espèces cultivées | Afin de créer des écosystèmes plus stables et plus résilients en cas d'aléas il est possible de : - diversifier les espèces plantées et les strates végétales (mousses, herbacée, arbustive, arborescente...) - adopter une gestion différenciée des espaces verts , plus proche du fonctionnement naturel des végétaux | - Implantation d'espèces complémentaires - Compréhension des complémentarités entre espèces et entre strates - Adoption d'un mode de gestion différenciée : interventions d'entretien moins fréquentes mais plus techniques et précises |
| Adaptation | | Adaptation des pratiques culturales | Pour ne pas fragiliser les plantes, il faut être particulièrement attentif aux exigences écologiques des espèces lors de leur implantation : composition et pH du sol, exposition au soleil et au vent, date d'implantation, distance de plantation... | - Adaptation précise des conditions d'implantation aux besoins des plantes |
| Adaptation | | Recours à l'irrigation | Développement de systèmes d'arrosage intelligents, qui adaptent l'eau selon l'humidité du sol ; récupération et utilisation des eaux pluviales (voire des eaux grises) | - Utilisation des systèmes d'arrosage efficaces : micro-irrigation, outils de pilotage (capteurs et horaires) - Utilisation de systèmes de collecte / réutilisation des eaux de pluie |
| Adaptation | limiter le stress hydrique et l'impact de la sécheresse | Adaptation des pratiques culturales | Favoriser le développement de racines profondes --> jouer sur les conditions d'implantation de l'espèce Favoriser la rétention d'eau dans le sol | - Implantation des arbres dans des fosses profondes - Limiter l'arrosage pour favoriser le développement de racines profondes - Développement du paillage, des apports de matière organique pour favoriser la rétention d'eau |
| Adaptation | limiter le risque biotique (ravageurs, maladies...) | Adaptation des pratiques culturales | Biosécurité et surveillance | - Surveillance accrue des phytopathologies - Utilisation de plateformes de signalement - Méthodes préventives pour limiter les maladies (taille en vert...) |

| | Objectif visé | Stratégie d'adaptation | Explications et précisions sur la stratégie d'adaptation | Exemples de changement opérationnels |
|--------------|--|---|---|---|
| FORÊT | | | | |
| Adaptation | | Recomposition agroclimatique | Des mécanismes naturels d'extension / repli des essences induisent une évolution progressive des peuplements Des stratégies de renouvellement (plantation) peuvent accélérer volontairement cette évolution des peuplements en faveur d'essences moins sensibles à la sécheresse, aux aléas, voire moins inflammables (risque incendie) <i>Exemples :</i> - <i>Pin maritime</i> : surtout présent en région méditerranéenne, pourrait être stimulé par le réchauffement dans la moitié nord de la France. - <i>Hêtre</i> : présent à peu près partout dans l'hexagone aujourd'hui, pourrait se replier vers les massifs montagneux et le Nord-Est de la France - <i>Epicéa</i> : pourrait se replier dans l'étage subalpin, sur seulement un dixième de la surface qu'il occupe actuellement | - Utilisation d'outil de diagnostic et d'aide à la décision pour choisir les essences à favoriser (BIOCLIMSOL, FORRECAST, Climessences...) |
| Adaptation | Eviter le dépérissement d'arbres limitant : - le stress hydrique et l'impact de la sécheresse | | | - Plantation, introduction d'essences plus adaptées - Migration assistée : déplacer artificiellement des arbres d'une zone à une autre - Coupes et éclaircies favorisant les essences les plus adaptées déjà présentes sur la parcelle |
| Adaptation | - le risque biotique - l'exposition aux aléas climatiques | Diversification des productions et des espèces cultivées | Les parcelles en mélanges d'essences ont une consommation en eau plus équilibrée, une sensibilité moindre aux problèmes sanitaires, et sont moins sensibles au risque incendie | - Plantation, introduction d'essences plus diversifiées - Coupes et éclaircies favorisant la diversité d'essences sur la parcelle |
| Adaptation | - le risque incendie | Adaptation des pratiques de gestion | Adopter un mode de gestion en futaie irrégulière : privilégier la coexistence d'arbres de différents âges, tailles et diamètres, pour garantir une mixité de peuplement | - Prélèvements et coupes ponctuels et localisés - Travaux forestiers de moindre ampleur mais plus fréquents et plus délicats |
| Adaptation | | | Bonnes pratiques en futaie régulière afin de consommer moins d'eau et de former des arbres moins fragiles en cas d'aléas - réduire la densité d'arbres - coupes sur de plus petites surfaces | - Détourage, diminution de la densité d'arbres / ha - Débroussaillage pour limiter la concurrence vis-à-vis de l'eau - Coupes réalisées sur de plus petites surfaces à la fois - Plantation sous abri (semer sous d'autres arbres pour limiter l'exposition des jeunes plants au soleil) |
| Adaptation | | Adaptation du calendrier | Lors de crises (aléas climatiques, pb sanitaire...), le fort dépérissement au sein des massifs induit une récolte de bois concentrée sur une même période | - Imprévisibilité des calendriers de travail - Forte disponibilité sur des périodes concentrées |
| Adaptation | Limiter le risque incendie | Adaptation des pratiques de gestion | Généraliser la sylviculture préventive au risque d'incendie à de nouvelles zones (DFCI) | - Mise en place de tranchées et passages coupe-feu - Débroussaillage par broyage du sous-bois - Débroussaillage par pratique du pastoralisme - Coupes de discontinuités (limite la propagation), bandes non boisées |

3.3 LES STRATEGIES D'ATTENUATION DANS CHAQUE SECTEUR

L'atténuation du changement climatique dans le secteur agricole et forestier s'appuie sur plusieurs types de stratégie :

- La réduction des émissions des gaz à effet de serre (GES) :

Les émissions de GES en agriculture se font sous forme de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O). Ces deux derniers sont des gaz à fort pouvoir de réchauffement climatique, respectivement 25 fois et 298 fois supérieur à celui du CO₂, et constituent donc la cible prioritaire dans la stratégie d'atténuation du changement climatique. Les principales activités à l'origine de ces émissions sont :

- › **l'élevage de ruminants**, qui représente environ un quart des émissions de GES en raison des **émissions de CH₄**, liées à la fois aux phénomènes de fermentation entérique des ruminants et aux modes de stockage et de traitement des déjections ;
- › **la fertilisation des cultures (N₂O)**, qui représente environ la moitié des émissions de GES en agriculture, notamment du fait de la volatilisation lors de l'épandage des engrais ;
- › **la consommation d'énergies fossiles (CO₂)**, qui représente près de 15% des émissions du secteur.

- Le stockage de carbone :

Le mécanisme de photosynthèse permet aux cultures et aux arbres de capter et utiliser le CO₂ de l'atmosphère. Le carbone est ainsi séquestré et stocké dans le végétal (tiges, tronc, feuilles et racines), puis dans le sol après la mort du végétal. **La biomasse végétale et le sol peuvent ainsi constituer des puits de carbone** et contribuer à réduire la concentration en CO₂ dans l'atmosphère, selon les pratiques mises en œuvre. En effet, les choix d'affectation des sols, de modes de gestion et de pratiques agricoles peuvent augmenter ou au contraire réduire le taux de carbone stocké.

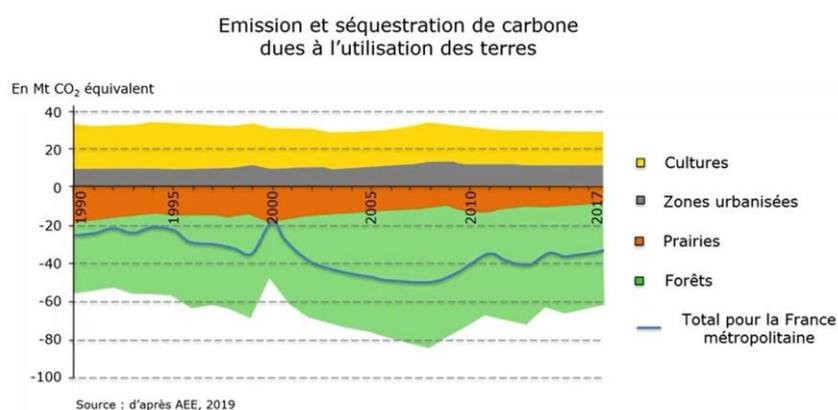


Figure 22 : Comparaison des capacités de séquestration des principaux puits de carbone

En France **la forêt représente un puits de carbone important**, car elle absorbe du CO₂ par photosynthèse plus qu'elle n'en émet par respiration. On estime ce stockage à -65 Mteq-CO₂/an (MTES, 2018), soit l'équivalent d'environ 20% des émissions de CO₂ en France.

- **La production d'énergie renouvelable d'origine agricole :**

Afin de limiter les émissions de gaz à effet de serres générées par la production et l'utilisation d'énergies fossiles, la production d'énergie renouvelable d'origine agricole est un enjeu clé pour l'atténuation. Les types d'énergies renouvelables pouvant être produites sont multiples (éolien, solaire, biocarburants...), cependant notre étude ne ciblera que les énergies dont le développement aurait un impact direct sur les pratiques et les métiers du secteur agricole, à savoir :

- › **La méthanisation** : production de biogaz par fermentation de matières organiques agricoles (effluents d'élevage, biomasse végétale...)
- › **L'agrivoltaïsme** : production d'électricité à partir de panneaux photovoltaïques mis en place **sur les parcelles agricoles** (le PV sur bâtiments est exclu).

- **La production de matériaux biosourcés (bioéconomie)**

L'utilisation de bois ou de matériaux d'origine agricole (chanvre, lin, biomolécules...) en industrie (notamment construction et chimie verte) permet :

- › **Une prolongation du stockage de carbone** : le carbone accumulé pendant la vie du végétal est désormais stocké dans les produits réalisés (bois construction, laine de chanvre, meubles, papier...); la durée de stockage varie selon la durée de vie de ces produits ;
- › **Un effet de substitution** : l'usage de biomatériaux ou biomolécules en remplacement de matières premières non renouvelables, permet de limiter les émissions de gaz à effet de serres qui auraient été générées pour leur production.

Pour chaque secteur de production, le tableau suivant explicite les leviers d'atténuation que pourront activer les professionnels pour limiter l'ampleur du changement climatique, et les changements de pratiques induits. Le tableau est construit de la manière suivante

- **Colonne 1** : mentionne si le levier relève d'un mécanisme d'adaptation et/ou d'atténuation
- **Colonne 2** : précise face dans quel objectif d'atténuation ce levier est mis en œuvre
- **Colonne 3** : présentent les types de stratégies d'atténuation pouvant être mises en place + **Colonne 4** : explications complémentaires sur les mécanismes mis en œuvre à travers cette stratégie d'atténuation
- **Colonne 5** : traduit les changements pratiques et opérationnels induit par ces stratégies d'atténuation sur l'activité des professionnels de chaque secteur

C'est à partir des évolutions de pratiques décrit dans cette colonne 5 que pourront être déduits les changements de compétences, de métiers et d'emploi pour chaque profession.

| | Objectif visé | Stratégie d'atténuation | Explications du mécanisme d'atténuation en jeu | Exemples de changements opérationnels |
|---|---|---|--|---|
| PRODUCTIONS VÉGÉTALES ANNUELLES : grandes cultures, maraichage | | | | |
| Atténuation | Réduire les émissions de tous GES | Connaissance des principaux postes d'émission | | <ul style="list-style-type: none"> - Être sensibilisé, comprendre les changements en cours et à venir - Réaliser et/ou participer à un diagnostic climat de son exploitation - Savoir traduire les résultats d'un diagnostic climat |
| Atténuation | Réduire les émissions N ₂ O | Adaptation des pratiques culturales | <p>Limiter les apports de la fertilisation</p> <p>Limiter les pertes par volatilisation des engrais minéraux et organiques</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Adapter les doses de fertilisations aux besoins des plantes - Fractionner les apports - Enfourir immédiatement dans le sol les apports d'azote |
| Atténuation | Réduire les émissions N ₂ O | Diversification des productions et des espèces cultivées | <p>Limiter la fertilisation minérale en favorisant la fertilisation organique</p> <p>Limiter la fertilisation minérale en introduisant des légumineuses dans la rotation</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Développer l'association cultures / élevage - Favoriser les synergies avec des éleveurs à l'échelle du territoire - Evolution du matériel agricole - Introduire des légumineuses (riches en azote) dans la rotation |
| Atténuation | Réduire les émissions CO ₂ | Réduction de la consommation d'énergie fossile | Réduction de l'utilisation des machines agricoles, limiter la consommation de carburant | <ul style="list-style-type: none"> - Réduire le nombre d'interventions - Coupler les traitements, 1 seul passage pour plusieurs interventions - Réduire le travail du sol, mise en place de techniques TCS / non labour - Réduire la consommation du parc matériel existant (puissances, meilleur entretien...) |
| Atténuation | Réduire les émissions CO ₂ | Réduction de la consommation d'énergie fossile | Réduction de la consommation pour le chauffage / refroidissement en bâtiment agricole (serres, élevage, stockage fruits et pomme de terre...) | <ul style="list-style-type: none"> - Mise en place de systèmes de chauffage plus efficaces - Mise en place de système de froid plus efficaces |
| Atténuation | Réduire les émissions de tous GES | Changement de système de production | Les systèmes en AB ont des taux d'émissions globaux à l'hectare inférieurs de 48 % à 66 % à ceux des systèmes conventionnels. | - Conversion à un système en agriculture biologique (multiples changements sous-jacents) |
| Atténuation | Stocker du CO ₂ dans les parcelles cultivées | Adaptation des pratiques culturales | Développer les techniques culturales sans labour pour stocker du carbone dans le sol | - Réduire le travail du sol, mise en place de techniques TCS, non labour ou semis direct |
| Atténuation | Stocker du CO ₂ dans les prairies | Diversification des productions et des espèces cultivées | Accroître les surfaces en prairie, optimiser la gestion des prairies pour favoriser le stockage de carbone ; plusieurs études ont montré que le stockage de C en prairies pâturées était supérieur à celui de prairies fauchées. | <ul style="list-style-type: none"> - Augmenter la part de prairies dans l'assolement - Prairies temporaires : introduire des prairies temporaires dans les rotations - Prairies permanentes : augmenter la durée de conservation des prairies - Favoriser l'exploitation par pâturage plutôt que par fauche (allonger les périodes de pâturage) |

| | | | | |
|-------------|--|--|--|---|
| Atténuation | Développer les énergies renouvelables <u>d'origine agricole</u> (PV simple et éolien exclus) | Développement de la production de biogaz - méthanisation | Production de gaz à partir de fermentation de matières organiques en milieu anaérobie | <ul style="list-style-type: none"> - Introduire des cultures énergétiques dans la rotation (CIVE, etc...) --> nouveaux itinéraires techniques à maîtriser --> nouveaux cycle biologique et cycle des bioagresseurs à connaître --> évolution du matériel agricole - Utiliser et gérer un méthaniseur : équilibre des apports, gestion digestat, surveillance quotidienne, réglementation... |
| Atténuation | | Développement de l'agrivoltaïsme | Mise en place de panneaux photovoltaïques sur les parcelles cultivées | <ul style="list-style-type: none"> - Introduction de cultures compatibles à la culture sous panneaux (maraichage, ppam...) - Evolution du matériel agricole |
| Atténuation | | Développement de la production d'agrocarburant | Production de carburants de 1ère génération à partir de colza, betterave, maïs, blé... | <i>Même cultures, peu de changements opérationnels</i> |
| Atténuation | Développer la bioéconomie d'origine agricole | Développement de la production d'agromatériaux et de biomolécules | Utilisation de matière première agricole pour remplacer des matériaux (construction, isolation, fibres techniques...) ou des produits pétrosourcés (bioplastique, emballages, encres...) | <ul style="list-style-type: none"> - Introduire des nouvelles cultures dans la rotation (lin, chanvre...) --> nouveaux itinéraires techniques à maîtriser --> nouveaux cycle biologique et cycle des bioagresseurs à connaître --> nouveau matériel agricole |

| | Objectif visé | Stratégie d'atténuation | Explications du mécanisme d'atténuation en jeu | Exemples de changements opérationnels |
|--|---|--|---|---|
| PRODUCTIONS VEGETALES PERENNES : arboriculture, viticulture | | | | |
| Atténuation | Réduire les émissions de tous GES | Connaissance des principaux postes d'émission et de séquestration | | <ul style="list-style-type: none"> - Être sensibilisé, comprendre les changements en cours et à venir - Réaliser et/ou participer à un diagnostic climat de son exploitation - Traduire les résultats d'un diagnostic climat |
| Atténuation | Réduire les émissions NO ₂ | Adaptation des pratiques culturales | <p>Limiter les apports de la fertilisation</p> <p>Limiter les pertes par volatilisation des engrais minéraux et organiques (ammoniac gazeux)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Adapter les doses de fertilisations aux besoins réels des plantes (OAD) - Fractionner les apports |
| Atténuation | Réduire les émissions NO ₂ | Diversification des productions et des espèces cultivées | <p>Limiter la fertilisation minérale en favorisant la fertilisation organique</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Développer l'association cultures / élevage - Favoriser les synergies avec éleveurs à l'échelle du territoire - Evolution utilisation matériel agricole |
| Atténuation | Réduire les émissions CO ₂ | Réduction de la consommation d'énergie fossile | <p>Réduction de l'utilisation des machines agricoles, limiter la consommation de carburant</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Réduire le nombre d'interventions - Coupler les traitements, 1 seul passage pour plusieurs interventions - Réduire la consommation du parc existant (puissances, meilleur entretien...) |
| Atténuation | Réduire les émissions de tous GES | Changement de système de production | <p>Les systèmes en AB ont des taux d'émissions globaux à l'hectare inférieurs de 48 % à 66 % à ceux des systèmes conventionnels.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Conversion à un système en agriculture biologique (multiples changements sous-jacents) |
| Atténuation | Stocker du CO ₂ dans les arbres | Développement de l'arboriculture | <p>La plantation d'un verger sur une terre non cultivée actuellement pour cet usage est reconnu comme une pratique permettant de stocker du carbone (Label Bas Carbone)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Plantation de vergers, installation d'arboriculteurs |
| Atténuation | Développer les énergies renouvelables d'origine agricole (PV simple et éolien exclus) | Développement de l'agrivoltaïsme | <p>Mise en place de panneaux photovoltaïques sur les parcelles cultivées</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place des panneaux photovoltaïques / ombrières pour la vigne |

| | Objectif visé | Stratégie d'atténuation | Explications du mécanisme d'atténuation en jeu | Exemples de changements opérationnels |
|-----------------------------|--|--|---|--|
| PRODUCTIONS ANIMALES | | | | |
| Atténuation | Réduire les émissions de tous GES | Connaissance des principaux postes d'émission et de séquestration | | <ul style="list-style-type: none"> - Être sensibilisé, comprendre les changements en cours et à venir - Réaliser et/ou participer à un diagnostic climat de son exploitation - Traduire les résultats d'un diagnostic climat |
| Atténuation | Réduire les émissions CH ₄ | Adaptation de la conduite d'élevage | <u>Ruminants</u> : Modification de la ration alimentaire pour limiter la production de CH ₄ par les micro-organismes dans la panse des ruminants --> substituer des glucides par des lipides insaturés, ajout d'additifs, limiter les apports protéiques | <ul style="list-style-type: none"> - Modifier la composition de la ration alimentaire : lin, additifs etc... - Optimiser l'apport en fourrages |
| Atténuation | | Adaptation des bâtiments et équipement | | <ul style="list-style-type: none"> - Installer des technologies de captage du CH₄ (masques individuels) |
| Atténuation | Réduire les émissions de N ₂ O | Adaptation de la conduite d'élevage | Optimiser la quantité de protéines apportées aux animaux et améliorer la qualité de ces protéines (meilleur rendement d'utilisation) pour réduire la quantité d'N dans les effluents (notamment urée), sans affecter la productivité / la croissance --> <i>s'applique en particulier au systèmes bovins laitiers et porcins, qui sont d'importants consommateurs de protéines</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Optimiser la composition de la ration : réduire (modérément) les matières azotées, utiliser des tourteaux tannés qui limitent l'excrétion d'azote et favorisent son utilisation lors de la digestion. - Ajuster la ration selon les différentes phases de croissance (alimentation multiphase) - Apporter des acides aminés de synthèse (lysine par ex.) adaptés aux besoins de l'animal (possible en élevage porcin uniquement) |
| Atténuation | | | Changement de système de production | Les systèmes en AB ont des taux d'émissions globaux à l'hectare inférieurs de 48 % à 66 % à ceux des systèmes conventionnels. |
| Atténuation | | Réduire les émissions de CH ₄ et N ₂ O | Adaptation des bâtiments et équipement | La décomposition du fumier et lisier stocké produit du CH ₄ (conditions anaérobie) et du N ₂ O (conditions aérobie) > Optimiser le stockage des effluents : ne pas stocker à l'air libre > Récupérer et brûler le CH ₄ émis pour le transformer en CO ₂ : fosses couvertes avec torchère |
| Atténuation | Réduire les émissions de CO ₂ | Réduction de la consommation d'énergie fossile | Réduction de la consommation d'énergie en bâtiment agricole (serres, élevage, stockage fruits et pomme de terre...) | <ul style="list-style-type: none"> - Mise en place de systèmes de chauffage plus efficaces - Mise en place de système de froid plus efficaces |
| Atténuation | Stocker du CO ₂ dans les prairies | Adaptation de la conduite d'élevage | <u>Ruminants</u> : augmenter la part de l'herbe dans la ration pour augmenter la part de prairie dans l'assolement | <ul style="list-style-type: none"> - Réorganisation de l'assolement - Favoriser l'exploitation par pâturage plutôt que par fauche (allonger les périodes de pâturage) |

| | | | | |
|-------------|--|---|---|--|
| Atténuation | | Diversification des productions et des espèces cultivées | <u>Ruminants</u> : accroître les surfaces en prairie et optimiser la gestion des prairies pour favoriser le stockage de carbone | <ul style="list-style-type: none"> - Augmenter la part de prairies dans l'assolement - Prairies temporaires : introduire des prairies temporaires dans les rotations - Prairies permanentes : augmenter la durée de conservation des prairies (ne pas les retourner) - Favoriser l'exploitation par pâturage plutôt que par fauche (allonger les périodes de pâturage) |
|-------------|--|---|---|--|

| | Objectif visé | Stratégie d'atténuation | Explications du mécanisme d'atténuation en jeu | Exemples de changements opérationnels |
|------------------------------------|---|---|--|--|
| PAYSAGISME ET ESPACES VERTS | | | | |
| Atténuation | Limiter l'effet "îlot de chaleur" en ville | Développement des espaces végétalisés | Les espaces verts en ville apportent : - de l'ombre et de la fraîcheur (mécanisme d'évapotranspiration) - une dé-perméabilisation des sols (capter les pluies) | <ul style="list-style-type: none"> - Multiplication des zones végétalisées en ville - Utilisation d'espèces évapotranspirantes (<i>!! plus fort effet rafraichissant, mais plus forte conso d'eau</i>) - Développement de nouveaux types d'infrastructures (murs végétaux, toits végétaux, plantes grimpantes...) |
| Atténuation | Limiter l'imperméabilisation des sols Stocker du CO2 dans les arbres | | Limiter l'utilisations d'intrants (engrais, phytosanitaires, eau...) : S'adapter à l'interdiction des molécules phytosanitaires dans le secteur des espaces verts | <ul style="list-style-type: none"> - Utilisation des composts urbains / déchets verts - Adoption de méthodes de lutte intégrée |
| Atténuation | | Réduction de la consommation d'énergie | Réduire l'utilisation de carburant / énergies fossiles | <ul style="list-style-type: none"> - Réduction la fréquence de tonte, de taille etc... - Développement de l'écopâturage - Développement d'un parc matériel électrique |

| | Objectif visé | Stratégie d'atténuation | Explications du mécanisme d'atténuation en jeu | Exemples de changements opérationnels |
|--------------|---|--|--|--|
| FORÊT | | | | |
| Atténuation | Réduire les émissions de tous GES | Connaissance des principaux postes d'émission et de séquestration | | - Compréhension des mécanismes de stockage du carbone dans l'écosystème forestier - Utilisation de diagnostic type "label bas carbone" - Traduire les résultats d'un diagnostic climat |
| Atténuation | Stocker du CO ₂ dans les arbres / l'écosystème forestier | Reboisement | Limiter la destruction de parcelles forestières Reboisement de parcelles Reconstitution de forêts dégradées (suite à dépérissement, tempêtes, incendies etc...) | - Reboisement de friches - Reboisement de forêt dégradées suite à une crise |
| Atténuation | | Adaptation des pratiques de gestion | A priori, la coupe rase est défavorable au stockage de C dans le sol (conditions peu propices à la régénération naturelle, tassement des sols...) Cependant, il est encore difficile d'identifier des pratiques sylvicoles dont l'effet sur les stocks de carbone soient suffisamment avérés | - Limiter les coupes rases - Adoption d'un mode de gestion irrégulière |
| Atténuation | | | Limiter le tassement des sols pour préserver les sols et améliorer le stockage | - Limiter les engins très lourds (utilisés pour coupe rase) |
| Atténuation | Stocker du CO ₂ dans les produits bois Développer la bioéconomie d'origine agricole | Développement de la production d'agromatériaux | Lorsque le bois des arbres est coupé puis transformé, une partie du carbone absorbé pendant la croissance est stocké dans les produits réalisés (bois construction, mobilier, papier...). La durée de stockage varie selon la durée de vie de ces produits ; + Effet de substitution : utiliser le bois en remplacement de matériaux non renouvelables permet de limiter les émissions de GES qui auraient été générées | - Choix d'essences adaptées aux usages bioéconomie * Douglas --> mobilier / charpente |

A noter : Si l'on observe un consensus dans la bibliographie existante sur les stratégies théoriques permettant d'accroître le stockage de carbone dans les peuplements forestiers (préserver les stocks aériens, augmenter les stocks dans les produits bois...), plusieurs débats subsistent quant aux modes de gestion et aux pratiques sylvicoles opérationnelles pour atteindre cet objectif : modèles extensifs maximisant les stocks dans l'écosystème VS modèles intensifs avec fort taux de prélèvement.

Les évolutions liées au changement climatique induisent des **changements parfois incrémentaux** (notamment sur le volet adaptation), **mais aussi systémiques** (dans une logique de reconception complète). Sur ce dernier point, des facteurs externes puissants et disruptifs devront sans doute à l'œuvre pour conduire à des changements radicaux : une modification pérenne d'un microclimat (ex : sécheresse à répétition), des changements radicaux de politiques agricole etc...

Ainsi, **au-delà de l'effet sur les besoins en compétences** des salariés en place, ces évolutions de pratiques et de modèles de production pourront aller de la simple acquisition de nouvelles méthodes de production, jusqu'à la **disparition complète ou l'apparition de nouvelles filières**, induisant une évolution d'ensemble de l'activité et des « volumes métiers ».

Le travail sur la prospective pourra illustrer les impacts de tels schémas disruptifs.

4. SCENARIOS PROSPECTIFS : ADEME « TRANSITION(S) 2050 »

Dans le cadre des travaux « Transition(s) 2050. Choisir maintenant. Agir pour le climat », l'ADEME a réalisé un travail prospectif permettant de définir 4 scénarios aboutissant à la neutralité carbone à horizon 2050.



Figure 23 - Scénarios "Transition(s) 2050" (ADEME, 2020)

CERESCO, en partenariat avec Futuribles et Alim'Avenir, a réalisé la déclinaison de ce travail aux filières agricoles. Source : [Feuilleton Filières Proteines transitions2050 ADEME.pdf](#)

Deux scénarios en particulier ont été développés :

- **Scénario 1 – Génération frugale**

L'évolution du secteur agricole est pilotée par la sobriété de la consommation, avec une réduction très forte de la consommation de viande et un fort développement des systèmes de production à bas niveaux d'intrants. Dans ce contexte, l'élevage diminue de manière notable (quasi disparition des élevages intensifs de porcs et de volailles, baisse de 50 % des cheptels bovins par rapport à la situation actuelle) tandis que les surfaces en légumineuses s'accroissent significativement.

En 2050, les filières protéines ont :

- Relocalisé une majorité des productions à l'échelle des territoires, notamment en réallouant les surfaces/usages selon leur proximité avec des bassins de consommation (bio-régions). Cette situation entraîne un développement des outils de transformation au niveau territorial ;
- Intégré leurs activités dans des écosystèmes d'acteurs territoriaux
- Réalloué les terres libérées grâce à la diminution de la consommation de viande (- 63%) à d'autres activités (AH, forêts, biocarburants 1G...)
- Réalisé une montée en gamme qui permet de maintenir un tissu d'exploitation, et une main-d'œuvre qualifiée.
- Développé de grandes exploitations extensives pour les animaux en plein air ("ranchs") sur les terres à faible potentiel agronomique.
- Effectué une refonte des agrosystèmes : cultures associées, apport d'N via la fixation symbiotique, etc.
- Développé la polyculture élevage à l'échelle des territoire (micro-spécialisation)
- Repensé les chaînes logistiques pour intégrer l'association des cultures et de l'élevage, les circuits courts...

• Scénario 3 – Technologies vertes

Le scénario S3 mise davantage sur les innovations techniques pour optimiser les procédés de production. L'élevage connaît des évolutions contrastées : des élevages bovins plus extensifs, des cheptels bovins lait en baisse, des productions de porcs et volailles vers davantage de signes de qualité labellisés. L'augmentation des légumineuses est moindre que dans S1

En 2050, les filières protéines ont :

- Limité les déséquilibres entre les protéines animales, végétales et les nouvelles protéines (baisse de la consommation de viande d'un tiers environ, essor des protéines alternatives)
- Développé une approche d'hyper-segmentation et d'anticipation permanente des attentes des consommateurs, avec un hyper-éclatement de l'offre et une personnalisation des consommations.
- Amorcé une déspecialisation partielle des territoires pour un minimum de rééquilibrage des flux matières. Des métropoles qui cherchent à accroître leur autonomie alimentaire et sont en concurrence pour leur approvisionnement.
- Développé une hybridation entre filières longues et filières servantes au service des territoires.
- Mis en place des outils de quantification et marketing sur les impacts environnementaux, sociaux et santé de leurs productions.
- Accru les activités de méthanisation

• Evolution des activités

Pour chaque scénario, une modélisation de l'évolution des surfaces cultivées, des cheptels et de la production a été réalisée selon le Modèle SISAE, à horizon 2050. Ces chiffres sont repris et ramenés à horizon 10 ans (2030) dans le Tableau 1.

Tableau 1 Taux de décroissance de la production ramené à 10 ans (2030), selon chacun des scénarios. :

| | Contrefactuel | Génération frugale (S1) | Technologies vertes (S3) |
|-----------------------------|---------------|-------------------------|--------------------------|
| Grandes cultures | -5,8% | -8,5% | -6,8% |
| Légumes | 1,4% | 24,0% | 10,7% |
| Fruits | -3,1% | 50,2% | 14,5% |
| Boissons Alcooliques | -9,5% | -15,8% | -12,7% |
| Viande | -3,9% | -20,2% | -6,9% |
| <i>Bovins</i> | -3,7% | -19,8% | -6,1% |
| <i>Ovins et caprins</i> | -6,6% | -4,8% | 2,5% |
| <i>Porcins</i> | -12,6% | -24,1% | -14,0% |
| <i>Volailles</i> | 2,5% | -17,9% | -2,6% |
| <i>Oeufs</i> | -0,5% | 1,6% | 2,2% |
| Lait – hors beurre | -9,1% | -11,9% | -7,2% |

Hors production de légumes et de fruits, les scénarios Génération frugale et Technologie verte impliquent tous deux une **chute importante de la production à horizon 2030, qui concerne en particulier les filières animales**. Il est à noter que le scénario tendanciel est lui aussi synonyme d'une forte baisse de la production. **Les filières fruits et légumes voient en revanche leur production augmenter** dans les scénarios Génération frugale et Technologies verte mais pas dans le scénario tendanciel. Ces différences d'évolution peuvent s'expliquer par des changements de régime (ex : Génération Frugale), mais aussi par une réduction des importations dans certains scénarios (Technologies Vertes).

En conséquence, dans les trois scénarios, on peut s'attendre à des chutes de **chiffre d'affaires importantes dans les filières d'élevage**, aux niveaux agricoles mais aussi industriel. La valeur ajoutée, qui vient rémunérer les emplois, est proportionnelle au chiffre d'affaires et suivrait la même tendance, rendant une **chute du nombre d'emplois importante** vraisemblable. Cet impact social concernerait les trois scénarios même s'il est moins fort pour le S3 et le tendanciel.

Il est important de noter que ces estimations chiffrées ne tiennent pas compte des changements de mode de production (ou de transformation) qui peuvent être **plus intensifs en termes d'emplois** (familiaux et salariés), comme l'agriculture biologique.

A contrario, à ce stade, ils n'intègrent pas des **évolutions de productivité** (amélioration des techniques liées à sa généralisation, robotique, etc...) qui peuvent influencer sur les volumes d'emplois.

Des estimations plus fines seront réalisées ultérieurement pour tenir compte de ces facteurs, avec une déclinaison par métier et type de production.

Ces premiers éléments de prospectives mettent en avant des scénarios contrastés illustrant plusieurs futurs possibles pour la production agricole en France. A ce stade, il semble difficile d'anticiper à quel type de scénario serait mis en œuvre à horizon 2030. De plus, il ne semble pas réaliste que des évolutions structurelles se traduisent immédiatement (progression moins forte au début de la transition, temps de mise en place des changements...).

L'analyse de prospective sera approfondie en phase 2, afin d'appréhender plus particulièrement l'impact de chacun de ces scénarios sur l'emploi salarié dans chaque secteur de production.

