

Repérer des situations d'impact climatique vécues en systèmes maraîchers du Sud de la France : une étape indispensable pour initier une adaptation systémique au changement climatique

Amélie LEFÈVRE¹, Elie BOILLLOT¹, Léa HUSSON¹, Renan LE ROUX²

¹ INRAE, Unité expérimentale sur les systèmes maraîchers agroécologiques, Alénya, France.

² INRAE, Unité de service Agroclim, Avignon, France.

Correspondance : Amélie LEFÈVRE, amelie.lefevre@inrae.fr

Le changement climatique met les systèmes maraîchers du Sud de la France à l'épreuve, avec des conséquences déjà perceptibles sur les productions et leur fonctionnement. Pour concevoir des stratégies d'adaptation efficaces, il est indispensable d'identifier les situations concrètes dans lesquelles les aléas climatiques deviennent sources de dommages. En mobilisant les connaissances empiriques des acteurs des filières en Occitanie et Provence-Alpes-Côte d'Azur, les auteurs proposent une méthode originale pour caractériser ces situations d'impact et identifier des leviers d'adaptation adaptés aux réalités des exploitations.

Introduction

Les régions Occitanie et Provence-Alpes-Côte-d'Azur contribuent fortement à la production d'une diversité d'espèces de légumes frais au cœur des systèmes alimentaires de France métropolitaine. Ces régions réunissent 7 700 ha et 3 850 exploitations maraîchères et légumières (FranceAgriMer, 2025 ; Interfel PACA, 2023)¹ et occupent les premiers rangs en production de salade, melon, courgette, concombre et tomate notamment (DRAAF Occitanie, 2024 ; 2025 ; Interfel PACA, 2023)². Les emplois directs et indirects liés à ces filières sont stratégiques dans ces territoires (FranceAgriMer, 2025). Cette production importante et diversifiée de légumes frais est permise par la combinaison de différents facteurs réunis dans ces territoires méridionaux. La proximité de bassins de consommation et la présence d'infrastructures d'expédition et d'export stimulent la production répartie entre modes de culture sous serres et abris hauts chauffés ou non, en hors-sol ou pleine terre (photo ①), abris bas ou de plein air (dit « plein champ »). Les exploitations bénéficient d'infrastructures et réseaux pour l'irrigation indispensable à ces cultures. Enfin, le climat méditerranéen permet à la fois une précocité et une capacité de production sur l'ensemble de l'année.

Or, le changement climatique (CC) vient perturber ces conditions de production, à la fois en tendance et au travers d'événements extrêmes. En effet, le bassin méditerranéen subit, à l'instar des surfaces continentales de l'hémisphère nord, une augmentation des températures plus importante que le reste du globe. Même si les évolutions des cumuls de précipitations restent incertaines à l'échelle annuelle, les projections climatiques montrent une modification des régimes de précipitation avec une baisse souvent significative en période estivale (Marson *et al.*, 2024, Kypreos, 2024 ; MedECC, 2020)³. Alors que l'évapotranspiration va augmenter, la ressource en eau douce y sera moindre, avec des périodes accrues et plus fréquentes d'étiages faibles et de sécheresse éda-phique tendant dans certains territoires à un phénomène d'aridification.

Les exploitations maraîchères et leurs filières vont donc faire face à des impacts climatiques majeurs à court et moyen termes dans ces territoires. Pour identifier les principales sources de vulnérabilité de leurs systèmes au CC et développer leur capacité d'adaptation face à ces dérèglements, les acteurs du monde agricole ont besoin de repérer à quels aléas climatiques leurs systèmes seront exposés et dans quelles conditions cela produirait

1. Interfel PACA : Interprofession des fruits et légumes frais Provence-Alpes-Côte d'Azur.

2. DRAAF : Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt.

3. MedECC : Mediterranean Experts on Climate and environmental Change.

4. L'étude est centrée sur le maraîchage et en particulier sur les systèmes de pleine terre non chauffés. Le maraîchage est une forme intensive de la production légumière dont la destination est essentiellement la vente en frais ; la définition Agreste de « légumes frais » inclut le maïs doux, la fraise et le melon mais exclut les pommes de terre et la racine d'endive. La production hors-sol chauffée a été écartée de cette étude car réagissant de manière très différente aux conditions climatiques extérieures.

des effets dommageables ; ceci en considérant leur situation concrète d'action (Garin *et al.*, 2015 ; Graveline *et al.*, 2025 ; Touili *et al.*, 2024). Il est nécessaire de rendre compréhensibles les relations effectives entre variables climatiques (e.g. température, précipitation, rayonnement...) et composantes des systèmes, qu'il s'agisse d'une espèce cultivée, d'une pratique culturale ou de l'organisation du travail par exemple. Pour certaines espèces cultivées comme le blé, le maïs ou la vigne, la littérature scientifique réunit les informations requises pour établir précisément ces relations et ainsi, décrire les risques d'impacts sur ces productions, voire d'approcher les impacts à l'échelle de la filière dans le cas de filières monospécifiques. Cette démarche s'applique cependant mal aux systèmes maraîchers caractérisés par une diversité de production et un déficit de connaissances scientifiques (photo 1). En effet, parmi les publications scientifiques disponibles sur les effets attendus du CC sur les systèmes maraîchers, il convient de réunir les connaissances s'appliquant aux réalités de production des régions méridionales françaises. Dans cette étude, nous avons développé une méthodologie pour pallier au manque de connaissances à visée opérationnelle, afin de rendre concrets les risques d'impacts du CC sur la production de légumes frais dans ces territoires. Elle mobilise l'expertise et les connaissances empiriques et localisées d'acteurs de terrain (Raymond *et al.*, 2010) ; acteurs en capacité de détecter et restituer des situations anormales au regard de l'historique climatique et agronomique, de les contextualiser sur les plans technique et socioéconomique (Mesnage *et al.*, 2026).

Dans cet article, nous présentons une synthèse de la littérature scientifique que nous avons complétée par les connaissances empiriques dans une approche participative. Puis, nous rendons compte de situations d'impacts climatiques documentées et récemment observées sur des systèmes maraîchers⁴ d'Occitanie et PACA, en détaillant leur nature et en les contextualisant. Nous restituons également les pistes d'adaptation avancées par ces acteurs face à ces constats. Enfin, nous partageons les enseignements méthodologiques et soulignons l'enjeu d'une action systémique pour maintenir une production de légumes dans ces territoires face au CC.

Photo 1 – Production diversifiée sous tunnel maraîcher de pleine terre.
Source de la photo : © A. Lefèvre – 2021.



Les relations entre variables climatiques et systèmes maraîchers décrites de manière générique dans la littérature scientifique

Pour cerner les risques d'impacts du CC sur les systèmes maraîchers *via* la littérature scientifique, il convient de cerner le périmètre de ces recherches bibliographiques. En effet, la diversité des contextes de production maraîchère complexifie le choix d'espèces modèles. Repérer la vulnérabilité des agrosystèmes maraîchers suppose de considérer les risques d'exposition et la sensibilité sur les espèces cultivées, mais aussi de manière globale considérant les interactions entre pratiques, entre cultures ainsi que les multiples échelles spatiales et temporelles d'action du maraîcher. Une revue bibliographique systématique par espèce serait donc envisageable mais n'apporterait qu'une information partielle sur la vulnérabilité. Nous avons donc sélectionné des revues ou articles de recherche traitant des effets du CC dans des contextes français ou méditerranéens à l'échelle du système de culture voire de production, en écartant les articles ciblant une espèce ou un paramètre climatique.

Des effets sur les processus écophysologiques ou sanitaires

Plusieurs articles scientifiques pointent de manière générique et tendancielle, divers effets et risques attendus du CC sur les légumes. Les effets les plus documentés concernent l'incidence des paramètres « température », « précipitation », « concentration de CO₂ » sur des processus écophysologiques ou sanitaires. La croissance des plantes légumières peut être impactée par une amélioration ou dégradation de la photosynthèse en lien avec les conditions climatiques (température, taux de CO₂ atmosphérique, manque ou excès d'eau) (Bisbis *et al.*, 2018 ; Parajuli *et al.*, 2019), ou par des arrêts de croissance en conditions extrêmes (Giordano *et al.*, 2021 ; Parveen *et al.*, 2024). Avec une forte variabilité selon les espèces et génotypes, le zéro végétatif des espèces légumières est en général élevé et la résistance aux températures hautes est faible, surtout en phase végétative (Zhou *et al.*, 2024). De fortes températures peuvent également empêcher la germination des graines et affecter la phase reproductive de floraison et fructification de nombreuses espèces (Parveen *et al.*, 2024). Di Bene *et al.* (2022) illustrent qu'en Italie, la production de certaines espèces (courgette, tomate, fenouil) pourrait croître, même si d'autres, comme l'artichaut, y manqueraient de cumul de froid. L'occurrence de stress hydrique par sécheresse ou saturation en eau impacte la physiologie des plantes et la capacité de production (Zhou *et al.*, 2024). En outre, l'augmentation de la concentration en CO₂ pourrait stimuler les processus conduisant au rendement, mais uniquement en l'absence de stress abiotique notamment hydrique ou thermique (Dong *et al.*, 2020). Les bioagresseurs déjà présents sont susceptibles de trouver des conditions plus favorables à leur développement (Abewoy, 2018 ; Cacciola and Gullino, 2019 ; Parajuli *et al.*, 2019 ; Gruda *et al.*, 2019 ; Morel et Cartau, 2023). Des bioagresseurs émergents pourraient se développer en introduisant de nouveaux virus potentiellement absents des territoires actuels (Miller *et al.*, 2024 ; Pugliese *et al.*, 2024 ; Hullé *et al.*, 2010). De manière

variable selon les couples « culture-pathosystème », l'augmentation de la température et de la concentration en CO₂ de l'air modifierait favorablement ou défavorablement l'incidence et la sévérité des pathogènes (Miller *et al.*, 2024; Pugliese *et al.*, 2024) et impacterait l'efficacité de produits de biocontrôle (Pugliese *et al.*, 2024). Les flores adventices pourraient évoluer en termes de composition, aires de répartition et dynamiques de développement en fonction de mécanismes d'adaptation de ces plantes, par exemple à la sécheresse et l'augmentation de température. Des risques de rémanence d'herbicides pourraient s'amplifier dans certains contextes (Karkanis *et al.*, 2018). La biologie des organismes bénéfiques serait également perturbée, avec un risque d'échec de certaines stratégies de lutte biologique face aux nouvelles conditions climatiques et aux pressions accrues en bioagresseurs (Abewoy, 2018).

D'importants effets liés aux stress hydriques

Le manque d'eau ou à l'inverse, la saturation en eau dans la rhizosphère ou les températures élevées sont des paramètres qui impactent la qualité des produits à la récolte, avec d'importants dégâts directs tels que coups de soleil, nécrose apicale, défauts de nouaison (Bisbis *et al.*, 2018; Parajuli *et al.*, 2019; Gruda *et al.*, 2019) et une influence variable sur la qualité nutritionnelle des produits (Scheelbeek *et al.*, 2018; Zhou *et al.*, 2024). Cela conduit à de possibles pertes de revenus par des prix moindres sur le volume commercialisé. Les épisodes de sécheresse seront concomitants de vagues de chaleur amplifiant les impacts négatifs sur l'ensemble du système maraîcher. Dans le pourtour méditerranéen, la production de légumes est particulièrement dépendante de l'accès à l'eau pour l'irrigation – en culture sous abri comme en plein champ. Le manque de ressource en eau est déjà visible dans certains territoires [dans les Pyrénées-Orientales : Kypreos *et al.* (2020), Kypreos (2024); en Espagne : Martínez-Valderrama *et al.* (2024), Serrano *et al.* (2024)], comme son excès par épisodes de pluies extrêmes ou d'inondations qui peuvent anéantir la production voire l'outil de production (Zhou *et al.*, 2024).

Des effets socio-économiques, au-delà du développement des plantes

L'organisation et la réalisation des activités sur l'exploitation seront rendues difficiles par ce CC qui peut aussi conduire à amplifier la quantité de travail requis (Morel et Cartau, 2023). Enfin, le CC influence les durées de cycles de culture et impacte la planification des calendriers culturels, affectant le fonctionnement de l'exploitation en lien avec les circuits de commercialisation (Gruda *et al.*, 2019; Parajuli *et al.*, 2019; Morel et Cartau, 2023; Graner *et al.*, 2025). L'extension des périodes propices à la production d'espèces jusqu'ici limitées par les températures cardinales locales pourrait faciliter le fonctionnement de l'exploitation et la commercialisation (Pulighe *et al.*, 2024). *A contrario*, les fortes perturbations climatiques peuvent conduire à l'effondrement des filières de légumes vendus frais en affectant la planification des cultures et récoltes prévues intra- et interbassins de production (Graner *et al.*, 2025).

Ce panorama d'intérêt ne permet cependant pas de spécifier les risques d'impacts au regard des particularités des systèmes tels que pratiqués en PACA ou Occitanie.

Les observatoires scientifiques et participatifs d'évolution des stades phénologiques des organismes vivants (tel que TEMPO : <https://tempo.pheno.fr>) constituent une source de données plus située pour appréhender les effets du climat sur la physiologie des plantes cultivées et les risques d'impacts du CC (García de Cortázar-Atauri *et al.*, 2025). Malheureusement, les cultures de légumes sont très peu traitées jusqu'à présent dans ces observatoires. Cela tient à la difficulté méthodologique d'instruire la diversité botanique (espèces, variétés), commerciale (types et morphotypes, calendriers de récolte et de commercialisation) et de conditions de production de cultures dont les cycles végétatifs et reproductifs sont courts, voire accélérés sous bâche ou abri.

Les connaissances scientifiques disponibles sur les effets attendus du CC sur les systèmes maraîchers se révèlent ainsi lacunaires, théoriques et surtout peu connectées aux réalités opérationnelles de production des régions méridionales françaises.

Mobiliser l'expertise des acteurs de terrain pour appréhender les risques d'impact au plus proche des situations d'action

Pour expliciter les relations entre conditions climatiques et systèmes maraîchers, nous avons cherché à identifier puis caractériser des situations d'impacts vécus au cours des quatre années antérieures à l'étude, dans les exploitations de PACA et Occitanie. Pour cela, nous avons adopté une démarche combinant différentes ressources et méthodes d'explicitation de connaissances expertes, empiriques et parfois distribuées entre différents acteurs. Par un itinéraire méthodologique en deux phases (encadré 1), nous avons sollicité des acteurs proches de

Encadré 1 – Itinéraire méthodologique mobilisant les experts des systèmes maraîchers en deux phases et soutenu par le Groupement d'intérêt scientifique pour la production intégrée en cultures légumières.

La première phase a associé huit experts – conseillers techniques, expérimentateurs ou scientifiques agronomes – autour de l'étude collective d'un système de culture typique et représentatif de leurs terrains d'action. Ce collectif a précisé l'exemple support pour valider son réalisme et sa représentativité locale (choix des cultures, calendriers, contexte de l'exploitation...). C'est un système de pleine terre sous abri de type tunnel froid situé proche d'Avignon disposant d'un accès non contraint à l'eau d'irrigation. La succession culturale sur trois ans est composée de deux à trois cultures de rente ou de service par an (tomate, melon, aubergine l'été; salades, blette l'automne hiver).

Deux agronomes en charge de l'étude ont animé et tracé les séquences successives en juin puis juillet 2023 : un échange d'une heure en visioconférence et un atelier de quatre heures en présentiel à Avignon (Husson et Lefèvre, 2023). Ces séquences collaboratives ont consisté à (i) partager connaissances et données sur le changement climatique et ses projections appliquées à la région d'étude et le recueil des réactions à ces éléments, (ii) repérer différentes sources de vulnérabilité du système étudié dans un contexte climatique probable de 2045, en faisant expliciter les raisonnements ou arguments des participants, (iii) explorer un système alternatif potentiellement moins vulnérable dans ce contexte.

La seconde phase a consisté à détecter une large gamme de situations d'impact issues de territoires maraîchers des régions PACA ou Occitanie pour les documenter. Nous avons alors recueilli par enquête, les témoignages individuels d'acteurs ayant récemment constaté sur le terrain des situations d'aléa climatique affectant un ou plusieurs systèmes maraîchers. Après une phase de prospection ouverte pour repérer des cas, un agronome en charge de l'étude a collecté ces récits sur des situations d'impacts climatiques potentiels auprès de neuf expérimentateurs ou conseillers techniques entre avril et octobre 2024 (Boillot *et al.*, 2025a; 2025b; Lefèvre et Boillot, 2025).

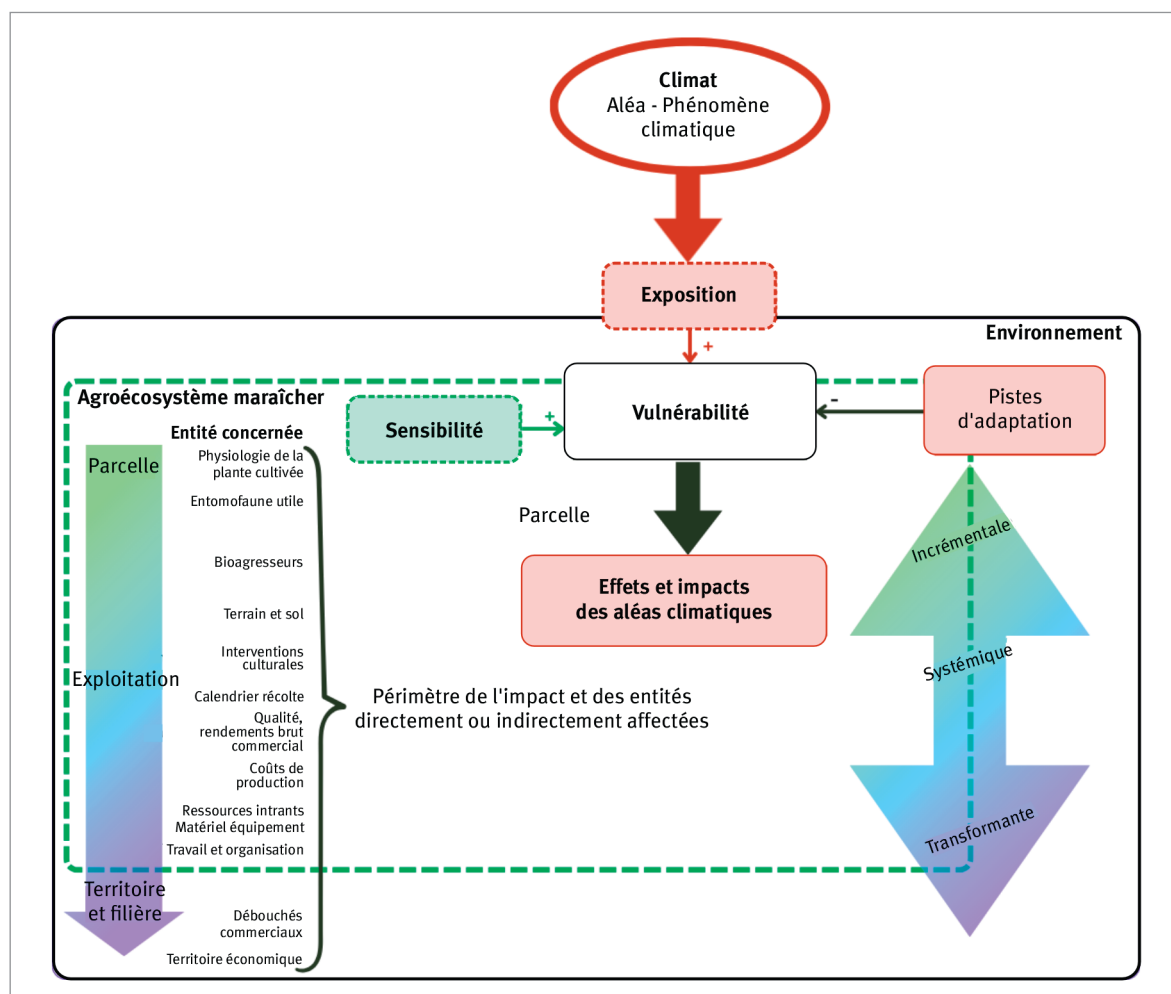
l'action opérationnelle dont les missions sont le suivi et l'accompagnement technique des exploitations maraîchères dans ces territoires ou la conduite d'expérimentations agronomiques en situations de production. Dans cet itinéraire exploratoire, nous n'avons pas sollicité de maraîchers bien que *de facto* proches de l'action et des impacts, pour mieux les associer aux suites de l'étude, une fois la démarche consolidée. Les experts mobilisables étaient nombreux, divers de par leurs métiers, employeurs, systèmes et territoires d'activité dans les deux régions. La relation de ces acteurs au sein du GIS PICLég⁵ – initiateur et financeur de l'étude – a facilité leur sollicitation. Avec eux, nous avons conduit des interactions essentiellement collectives en première phase et individuelles en seconde phase (encadré 1).

Chaque situation d'impact identifiée a été caractérisée par (i) l'aléa climatique en cause, (ii) l'entité du système maraîcher exposée et affectée, (iii) la nature de l'impact et des conditions de survenue (figure 1). L'entité concernée correspond à la composante de gestion spatio-temporelle, la pratique ou le processus relatifs au sens large à la production des légumes. Elle peut être au niveau

de la parcelle cultivée, de l'exploitation ou de l'environnement territorial et commercial lié à l'exploitation (metteurs en marché, fournisseurs d'intrants, organisation des filières). Nous avons également collecté les pistes d'adaptation suggérées pour réduire l'impact, en les classant selon qu'elles relèvent d'une modification incrémentale (réponses ponctuelles d'ajustement pour faire face aux aléas qui se présentent), systémique (changement du système de culture voire de production pour augmenter sa résilience) ou transformante (modification en profondeur les systèmes de production y compris dans leur nature et répartition) (Debaeke *et al.*, 2025).

Dans cette étude, chaque situation est caractérisée par : (a) l'**exposition** à l'aléa ou au phénomène climatique renvoyant à la présence de l'agroécosystème maraîcher dans un lieu, une temporalité ou un contexte où survient tout événement ou évolution des paramètres climatiques impliqués (température, rayonnement, précipitation...); (b) l'**impact** renvoie à la survenue de conséquences (en général préjudiciables) pour le système ou sa composante du fait de la survenue de l'aléa et de sa sensibilité à celui-ci; (c) les pistes d'**adaptation**, en tant que

Figure 1 – Schématisation de la grille de caractérisation des situations d'impact climatique étudiée.



5. Groupement d'intérêt scientifique pour la production intégrée des cultures légumières. Créé en 2007, le GIS PICLég vise depuis 2017 à « Permettre le développement d'une production légumière et maraîchère en France à l'horizon de 15-20 ans, tenant compte des attentes sociétales, qui concilie qualité des produits, performances environnementales, rentabilité des exploitations et exigences sociales, en coordonnant un programme pluridisciplinaire de recherche - développement et en valorisant les acquis auprès de tous les acteurs de la filière » – <https://www.picleg.fr/>

démarche d'ajustement au climat actuel ou aux possibles climats futurs et aux conséquences, en vue d'éviter les effets négatifs ou d'exploiter de potentielles opportunités. Ces pistes de changements peuvent concerner le système et son environnement et être d'ordre incrémental, systémique ou transformant. La vulnérabilité est la résultante de l'exposition, la sensibilité et les possibilités d'adaptation mises en œuvre pour y remédier.

Les impacts climatiques constatés sur les systèmes maraîchers méridionaux sont variés et multi-niveaux

L'étude a révélé une diversité de situations d'impacts observés sur des systèmes maraîchers d'Occitanie ou PACA et liés à différents aléas et phénomènes climatiques.

En première phase, les participants ont décrit vingt-deux risques d'impacts s'appliquant au seul système de culture triennal étudié (figure 2). En termes de manifestation du CC, les aléas majoritairement cités sont relatifs aux températures excessives que ce soit ponctuelles notamment estivales, ou en tendance. Les experts redoutent également de plus fortes variations de la température au cours d'un cycle cultural, une faible hygrométrie de l'air ou la baisse des précipitations.

Les effets attendus de ces aléas isolés ou concomitants s'appliquent majoritairement à l'entité de gestion « parcelle » et ses composantes avec quinze impacts s'appliquant à l'échelle d'un cycle cultural. Plusieurs exemples sont cités. La salade d'automne exposée en début de son cycle à une température trop douce et une faible hygrométrie sera affectée sur le plan écophysologique, ce qui aura une incidence immédiate sur la productivité : défauts de pomaison, poids insuffisant, réduction du rendement commercialisable et écart à la qualité commerciale attendue (impact n° 3 – figure 2). Les températures estivales élevées impactent les pollinisateurs nécessaires sous abri à la nouaison en tomate ou melon, affectant le rendement et les coûts de production dès lors qu'il faut substituer par du vibrage manuel (n° 6). Le stress thermique et le manque d'accès à l'eau d'irrigation pour installer un couvert d'interculture agronomiquement convenable impacte la santé du sol (n° 15). En revanche, moins d'années avec un sol trop humide et froid en fin d'hiver réduit les risques de verticilliose de l'aubergine (n° 11). Sept autres impacts cités englobent l'ensemble du système de culture et du fonctionnement l'exploitation agricole. Par exemple, les augmentations excessives de température sont incompatibles avec l'application de certains produits phytosanitaires de synthèse ou biologiques dont l'efficacité ou le risque de phytotoxicité sont dépendants de la température et hygrométrie pendant et les heures suivant l'application (n° 17). Les pics de chaleur et canicules impactent les conditions du travail sous serre, exposant à des conditions à risque dans toute l'exploitation, sous abri ou en plein champ (n° 20).

Par ailleurs, neuf de ces risques d'impacts concernent plusieurs entités à la fois, illustrant des effets en cascade à l'échelle de l'exploitation, voire de la mise en marché. Par exemple, les variations de la température moyenne en automne-hiver peuvent raccourcir les durées de

cycle de salade, conduire à une récolte plus précoce que prévue ce qui peut affecter la très fine planification de commercialisation de ces produits ultra-frais en circuit long (n° 5). De manière générale, les perturbations de calendriers de récolte et donc de mise en marché de légumes frais peuvent très rapidement désorganiser une exploitation, le bassin de production et ses filières (n° 19).

La seconde phase a donné lieu à l'identification de seize situations d'impacts climatiques potentiels recensées en PACA ou Occitanie. Neuf cas d'étude constatés dans les bassins maraîchers du Gard, du Var et des Bouches-du-Rhône ont été consolidés avec des données météorologiques (figure 3). Ces cas résultent de plusieurs types d'aléas climatiques extrêmes survenus au moins une fois depuis 2021 et/ou dont la fréquence semble augmenter : pic de forte température sur un à quelques jours (figure 3 : E1, E3, E4), température moyenne plus élevée que la normale durant plusieurs jours à plusieurs semaines (E2, E6, E9), défaut de précipitations (E5) ou événements de précipitations extrêmes (E7, E8). Six cas sur neuf relatent des impacts d'abord à l'échelle « parcelle » ou ses composantes. Il s'agit de détériorations du légume et/ou de la plante entière par perturbations écophysologiques (melon E1⁶, fraise E4), de détériorations combinées à un autre processus (activité des pollinisateurs, tomate E3 ; pression bioagresseurs, légumes feuilles E9) ou de modifications des durées de phases phénologiques accélérant les cycles culturaux (melon E2, courge E6). Dans les trois autres cas, c'est l'exploitation agricole qui est impactée dans son ensemble, en termes de disponibilité des ressources de production (eau, E5), de dommages sur le terrain de production (E7) ou sur le matériel et équipement (E8). Les récits des acteurs enquêtés révèlent souvent des impacts concernant plusieurs entités là aussi en cascade entre « parcelle », « exploitation », voire « territoire et filière ». Par exemple, pour des variétés précoces de melon de plein champ dans le Gard (E2), des températures plus élevées lors d'une phase du cycle modifie la physiologie de la plante et induit l'accélération des phases phénologiques, donc l'anticipation de maturité et de récolte. Cela a des effets en cascade majeurs : superposition de calendriers de récolte, pic et surcharge de travail, débouchés commerciaux saturés et baisse des prix du marché d'expédition.

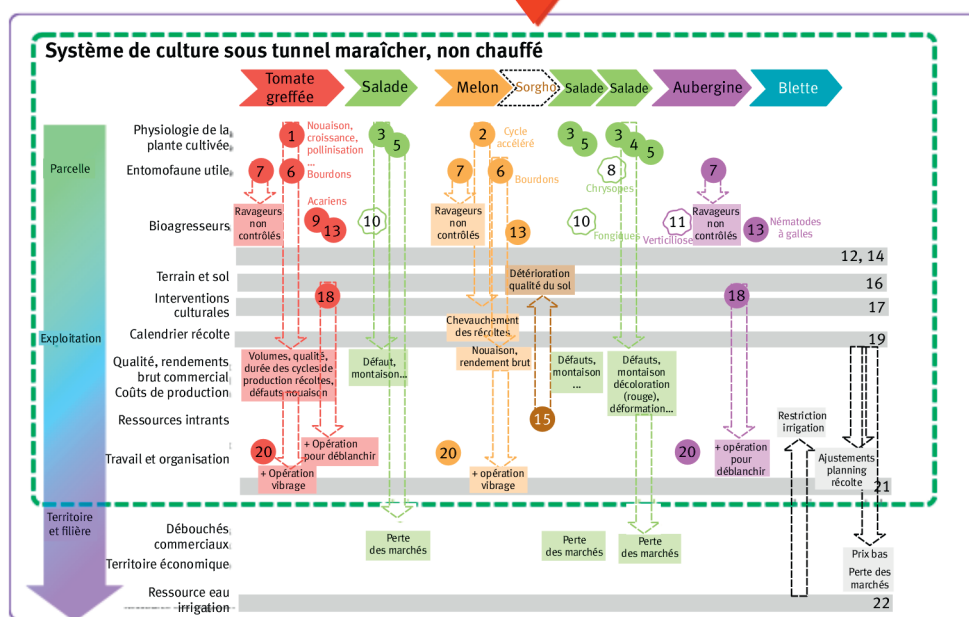
Combiner différents niveaux d'adaptation pour faire face

L'étude a également permis de consigner une gamme variée de pistes visant à adapter les systèmes maraîchers en place afin de les rendre moins vulnérables aux impacts climatiques identifiés. Nous regroupons ces adaptations citées par le niveau de changement qu'elles nécessitent : incrémentiel, systémique puis transformant.

6. Voir les quatre fiches détaillant les situations « melon E1 », « melon E2 », « tomate E3 » et « fraise E4 » en annexe à Lefèvre et Boillot (2025) : <https://hal.inrae.fr/hal-05186119>

Figure 2 – Synthèse schématique des impacts climatiques identifiés par les experts sur un système de culture type d'Avignon à horizon 2045.

Aléas climatiques par saison redoutés pour un système sous abri dans le Vaucluse à horizon 2045	Printemps	Été	Automne	Hiver
01. Excès de température, pics de chaleur plus précoces				
02. Température plus douce				
03. Excès de température, faible hygrométrie en début de cycle cultural				
04. Risque de gel en fin de cycle				
05. Variation de la température moyenne				
06. Excès de température et pics de chaleur				
07. Excès de température, pics de chaleur avec trop faible hygrométrie				
08. Température plus douce				
09. Excès de température, pics de chaleur avec trop faible hygrométrie				
10. Moins de précipitations				
11. Moindre risque de sol froid en fin d'hiver et de stagnation de l'eau en début de cycle				
12. Absence de gel, moins de pics de froid, température hivernale moyenne plus douce				
13. Température du sol plus chaude				
14. Température moyenne plus douce, sans pic de froid				
15. Sécheresse prolongée, forte évapotranspiration, moindre ressource irrigation				
16. Excès de température, pics de chaleur prolongé et hausse de température du sol				
17. Excès de température, pic de chaleur				
18. Absence de pluies de fin d'été à début automne				
19. Récurrence de températures inhabituelles				
20. Excès de température et pics de chaleur				
21. Températures très excessives, fortes pluies, orages localisés...				
22. Déficit hydrique, sécheresse hydrologique et édaphique				



① Impact négatif à l'échelle de la culture

⑩ Impact positif à l'échelle de la culture

23 Impact négatif sur le système

A Impact(s)
B associé(s) à l'impact A

Le tableau de la partie supérieure recense les aléas par saison, numérotés en lien avec les impacts. Dans la partie inférieure, les impacts numérotés sont positionnés horizontalement selon qu'ils concernent une ou plusieurs cultures et verticalement selon l'entité impactée par l'aléa décrit au-dessus. Pour chaque impact cité, les flèches verticales pointent les entités associées; l'effet induit est décrit dans le texte surligné. La figure recense les vingt-deux impacts numérotés et distribués par espèce composant la succession ou pour l'ensemble du système en fonction des aléas tels que ciblés par les participants (le temps de l'atelier était insuffisant pour préciser les risques spécifiques en troisième année de succession culturale pour l'aubergine et surtout la blette).

Des pistes incrémentielles

Réduire la vulnérabilité climatique du système de culture étudié en première phase peut consister en certains leviers « simples » minimisant la sensibilité du système. En production sous tunnel, diverses techniques citées visent à moduler l'ambiance climatique, action stratégique en été pour écrêter les pics de température et augmenter l'hygrométrie : blanchir plus fréquemment les parois de l'abri, assurer une aération plus importante de l'abri en s'appuyant notamment sur des outils d'aide à la décision et au pilotage automatisé de l'abri, recourir dans une certaine mesure au bassinage ou la brumisation par le réseau d'aspersion, modifier la structure du peuplement cultivé en modifiant le mode de taille de certaines cultures palissées (préférer une conduite « en buisson ») ou augmenter la densité de plantation. Ce levier intervient notamment dans le confort des plantes, de l'entomofaune utile et aide à maîtriser certains ravageurs comme les acariens. Cependant, cela peut comporter une limite en favorisant certaines maladies fongiques.

D'autres adaptations incrémentielles concernent le matériel végétal à faire évoluer pour réduire les effets négatifs de certains aléas sur les plantes, avec des types

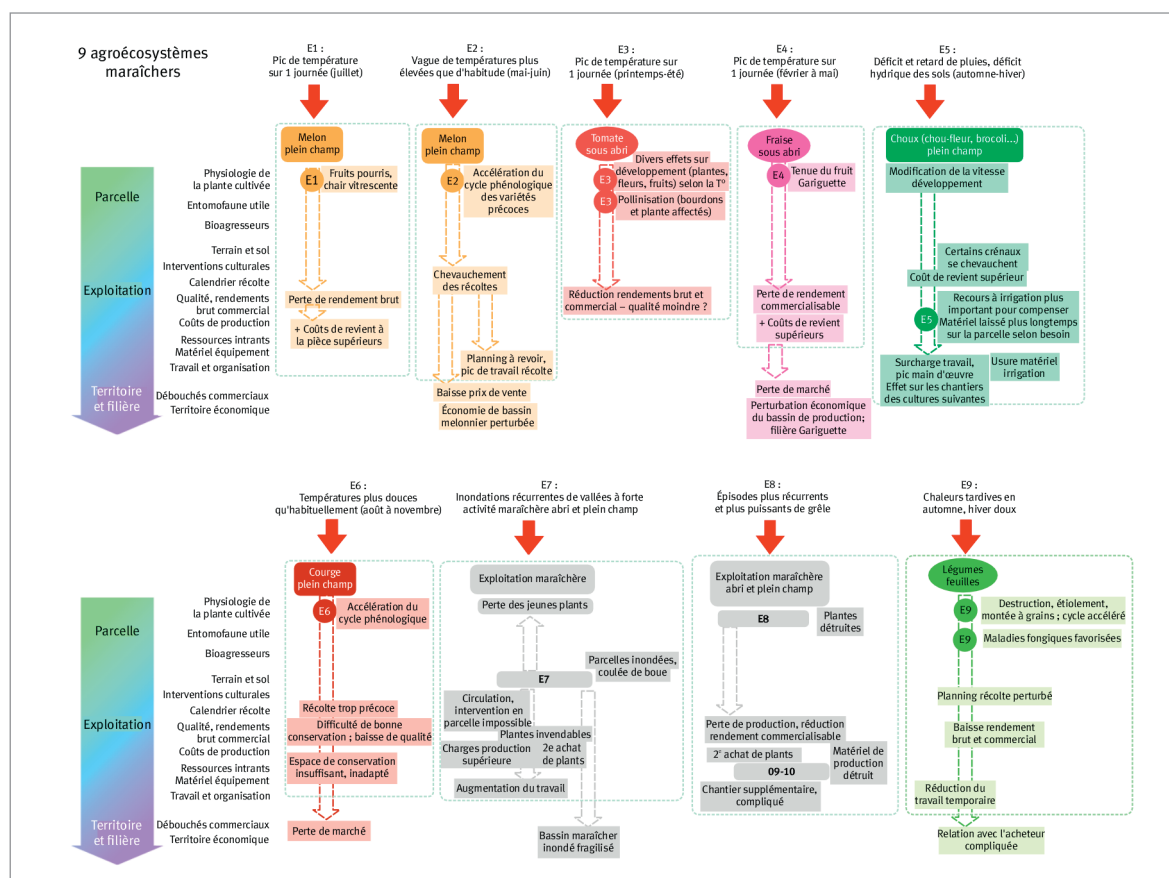
et des variétés plus adaptés aux créneaux et conditions climatiques problématiques. Cette innovation génétique est associée au greffage dans certains cas.

Des pistes systémiques, voire transformantes

Sur le plan des adaptations plus systémiques pour obtenir une meilleure ambiance climatique sous abri, les experts ont évoqué le besoin de changer de type d'abri, orienté différemment, en introduisant dès sa conception diverses technologies notamment d'ombrage (structures et voiles d'ombrage amovibles, mobiles, tunnels à enroulements latéraux) et en agissant sur son environnement immédiat. Le choix de ces infrastructures installées pour plusieurs décennies est engageant financièrement et techniquement. Ainsi, la capacité d'investissement est discutée avec la pertinence et la flexibilité de l'abri, avec une attention à maintenir une capacité de production l'hiver pour un abri très ouvert, à l'image des « abris filets » courants au sud de l'Espagne ou au Maghreb.

Pour réduire l'exposition des cultures commerciales à des périodes extrêmes, il est possible en maraîchage de décaler les cycles culturaux pour éviter les périodes à risque (anticiper de quatre à six semaines la plantation de tomate et melon) ou d'allonger la durée de cycle des

Figure 9 – Représentation schématique des neuf situations d'impact climatique caractérisées par enquête auprès d'acteurs de terrain en Provence-Alpes-Côte d'Azur et Occitanie.



Les neuf impacts concernent une espèce en particulier (E1 à E6), un groupe d'espèces (E9) ou l'exploitation (E7, E8). L'entité affectée est repérée verticalement par le code E et l'impact est explicité en gras ; les flèches verticales pointent les entités associées. La figure présente les neufs cas d'impacts consolidés suite aux enquêtes ; ils couvrent quatre cas de production en plein champ (melon, choux, courge), trois cas de production sous abri (tomate, frais, légumes feuille) et deux cas d'impact à l'échelle de l'exploitation maraîchère.

espèces qui peuvent supporter ces conditions (aubergine). Cette révision de la succession et des calendriers culturels peut induire l'introduction d'engrais verts capables de croître en plein été et l'insertion d'une culture tardive et rapide comme la courgette en septembre avant le retour des températures trop fraîches. Une telle stratégie de modification des plantings et circuits de production ou la recherche de flexibilité à la récolte répondent en partie aux impacts observés en seconde phase : par exemple en melon (E2) ou en courge (E6). Cela implique une capacité des débouchés commerciaux et de la consommation à évoluer conjointement avec la production. De même, éviter les impacts croissants sur la tenue du fruit fraise (E4) peut supposer de changer de type génétique ; ceci impose des changements techniques et commerciaux impliquant tous les acteurs de la filière.

Substituer une variété, une culture ou une date de plantation pour une autre n'est pas seulement incrémental : sa faisabilité repose sur une révision de l'intégralité de la succession, des débouchés et de la consommation de ces produits frais. Cela correspond à des adaptations systémiques, voire transformantes. Ces possibles modifications s'accompagnent en outre de nouveaux risques potentiels : gel sur les créneaux anticipés de légumes d'été et donc de dommages sur la qualité des produits en cultures d'été précoces, échec des engrais verts estivaux ou impossibilité de les arroser par manque de ressource hydrique estivale, défaut en volume et diversité de la production estivale venant des systèmes sous abri et non complètement transposables en plein champ.

Enfin, des suggestions d'adaptations transformantes pour les exploitations et leurs filières sont évoquées par l'intégration de cultures nouvelles pour ces territoires à la fois sous abri et en plein champ. Ces alternatives telles que le gingembre, la cacahuète ou le curcuma sont cependant peu documentées techniquement et surtout jugées mineures dans leur contribution à la souveraineté alimentaire locale ou nationale.

Conclusion : engager dès maintenant les transitions

L'étude illustre en quoi les systèmes maraîchers en place dans les régions Occitanie et PACA sont déjà concrètement exposés à divers aléas climatiques dommageables. Les experts concèdent que si ces phénomènes et leurs effets ne sont pas nouveaux pour le maraîchage méridional, leur fréquence et intensité tend à augmenter. En outre, il ne s'agit pas seulement d'excès de températures estivales préjudiciables, mais plus largement de variations atypiques et extrêmes de la température en toute saison. Cela affecte l'ensemble des systèmes de production de légumes frais qui sont habituellement en production toute l'année dans ces secteurs méridionaux. Enfin, le CC ne se résume pas à la sécheresse momentanée ou pluriannuelle ; les acteurs évoquent aussi des phénomènes d'excès d'eau.

Les effets de ces aléas climatiques sur les systèmes prennent des formes diverses. Ils concernent des processus écophysologiques et l'accomplissement des stades phénologiques, mais aussi les traits de vie d'organismes nuisibles ou utiles, l'accès aux ressources de production (dont l'eau) ou encore l'efficacité des leviers et pratiques agroécologiques. D'autres effets sont également socio-économiques affectant le travail, les organisations ainsi que les débouchés commerciaux impliquant des perturbations du fonctionnement avec l'aval des filières. Ces impacts se rencontrent en cultures de plein champ comme sous abri, en cultures d'été mais aussi d'automne-hiver. Les acteurs repèrent des sources de vulnérabilité à plusieurs niveaux et composantes de la parcelle, l'exploitation et son environnement et en décrivent des conséquences en cascade.

La démarche a ainsi permis de documenter un premier panorama de situations spécifiques et locales d'aléas et impacts potentiels du CC qui peuvent perturber de manière croissante et peu prévisible, tout ou partie de tous modes de production ou filières maraîchères existant en PACA et Occitanie. Elle témoigne de la possibilité de s'appuyer sur l'expertise des professionnels de terrain et sur l'intelligence collective pour repérer des premiers aléas climatiques dommageables, identifier les risques d'impacts et analyser les sources de vulnérabilité au plus proche des réalités de production et commercialisation (encadré 2). Ces récits consolidés et croisés aux données ou connaissances scientifiques disponibles, peuvent être à l'origine de l'élaboration d'indicateurs de projection climatique aidant à appréhender les futurs climatiques possibles. En effet, en complément de récits incarnant des situations de vulnérabilité, les indicateurs climatiques sont une manière de révéler de manière compréhensible des processus complexes, ici le lien entre paramètre climatique et système maraîcher. La projection probabiliste de ces indicateurs sur plusieurs

Encadré 2 – Combiner récits de terrain, données et connaissances scientifiques pour produire des connaissances actionnables.

La démarche mobilisant l'expertise locale et distribuée a été opérante pour appréhender les relations entre climat et systèmes maraîchers au plus proche des réalités opérationnelles de production.

👍 Les connaissances empiriques ainsi partagées en **atelier multi-acteurs en première phase** ont permis d'identifier divers risques déjà associés au changement climatique pour un système maraîcher existant. De multiples impacts ont été étayés et situés en associant les conditions climatiques à leurs conséquences sur ce système agricole. Cela a en outre confirmé la possibilité de conduire des échanges avec les acteurs sur les questions du changement climatique sur différents types d'impacts.

⚠️ Cependant, la relation entre les paramètres climatiques (ex. : la température, l'humidité relative...) et la composante affectée du système (ex. : la pollinisation, les processus écophysologiques, les conditions de travail) est exprimée de manière synthétique et qualitative par cette méthode.

👍 La **seconde phase** a permis de documenter de manière plus précise une gamme de systèmes maraîchers des régions PACA ou Occitanie déjà affectés par divers impacts climatiques. Ces récits individuels d'acteurs qui ont constaté quand et en quoi le système a été visiblement en rupture, ont pu être croisés – si pertinent – aux données météorologiques pour élaborer des fonctions de relation quantitatives entre les paramètres climatiques et le système maraîcher. Ainsi, cette mobilisation des savoirs situés des acteurs professionnels a complété et apporté une illustration concrète à ce qui est répertorié de manière théorique par la littérature scientifique.

» Pour enrichir cette base de connaissances en restant proches des réalités de terrain, il pourrait être pertinent d'amplifier le repérage et la caractérisation de risques d'impacts par la prospection et capitalisation plus systématique de situations récentes, et cette fois en sollicitant aussi les maraîchers. Ces acquis pourraient ensuite être mis en discussion en collectif, afin de consolider et d'évaluer l'étendue de la survenue de ces impacts dans d'autres territoires et systèmes.

décennies et à des échelles spatiales adaptées aux enjeux territoriaux aide à visualiser et appréhender les risques climatiques (voir pour exemple les fiches dans Lefèvre et Boillot, 2025). Les perspectives à cette étude sont ainsi la co-construction de ces indicateurs sur mesure et leur représentation graphique commentée, permettant aux acteurs de repérer les risques potentiels pour leurs systèmes dans les futurs possibles à horizon 2040-2070 par exemple.

Plus largement, il est stratégique d'amplifier et rendre accessibles ces connaissances pour engager avec les acteurs concernés et leurs partenaires, les modifications combinant des leviers incrémentaux et des changements systémiques, voire transformants, en considérant les connexions entre la production, la distribution et la consommation des légumes frais (Quéré *et al.*, 2024). Du fait de la diversité et des spécificités des systèmes maraîchers, cet engagement semble indispensable pour maintenir une capacité de production de légumes frais depuis les régions méridionales face au changement climatique. ■

Encadré ⓘ – En savoir plus.

La page du GIS PIClég sur les actions « Changement climatique » : <https://www.picleg.fr/actions/>
L'enregistrement de la restitution de la démarche testée en deuxième phase, webinaire organisé par le GIS PIClég (mars 2025, Boillot Elie et Lefèvre Amélie) : https://youtu.be/FRoGt_46z-o
La plaquette synthétique présentant la démarche et le lien vers les quatre fiches d'exemples sur melon, frais et tomate : Lefèvre et Boillot (2025). Comment repérer les risques d'impacts du changement climatique sur les exploitations maraîchères pour les accompagner ? <https://hal.inrae.fr/hal-05186119>
Les suites de cette étude se déroulent dans le projet STARVEGS financé par INRAE Climae 2026-2027 : <https://ue-maraichage.isc.inrae.fr/projets-et-partenariats/projets-en-cours/starvegs>

REMERCIEMENTS

Nous remercions les acteurs partie-prenantes de cette démarche participative d'avoir consacré du temps et partagé leur expertise en atelier et/ou en entretiens. Nous remercions le GIS PIClég pour le soutien financier et les dynamiques qui ont permis cette étude ainsi que la SICA Centrex et l'APREL, partenaires des études 2023 et 2024 respectivement. Nous remercions Camille Billion, Mireille Navarrete, Marie Launay, Catherine Mignolet pour leur aide dans la mise en œuvre de cette étude et l'expression des résultats dans cet article.

RÉFÉRENCES

- Abewoy, D. (2018). Review on Impacts of Climate Change on Vegetable Production and its Management Practices. *Advances in Crop Science and Technology*, 6(1), 1-7. <https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000330>
- Bisbis, M. B., Gruda, N., & Blanke, M. (2018). Potential impacts of climate change on vegetable production and product quality – A review. *Journal of Cleaner Production*, 170, 1602-1620. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.224>
- Boillot, E., Lefèvre, A., Launay, M., Le Roux, R. (2025a). *Identification et caractérisation des risques d'impact du changement climatique en production légumière : méthodologie appliquée et cas d'étude de systèmes maraîchers méditerranéens plein champ et sous abri*. GIS PIClég. <https://hal.inrae.fr/hal-04984190>
- Boillot, E., Lefèvre, A., Launay, M., Le Roux, R. (2025b). Cas d'étude de Vulnérabilité climatique de systèmes maraîchers. Recherche Data Gouv. <https://doi.org/10.57745/6HJUCM>
- Cacciola, S. O., & Gullino, M. L. (2019). Emerging and re-emerging fungus and oomycete soil-borne plant diseases in Italy. *Phytopathologia Mediterranea*, 58(3), 451-472. <https://www.jstor.org/stable/26902522>
- Debaeke, P., Durand, J. L., & Ollat, N. (2025). Les leviers d'adaptation au changement climatique en production végétale. Dans P. Debaeke, N. Graveline, B. Lacor, S. Pellerin, D. Renaudeau, & E. Sauquet (dirs), *Agriculture et changement climatique. Impacts, adaptation et atténuation* (pp. 261-289). Éditions Quae. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-4012-8>
- Di Bene, C., Diacono, M., Montemurro, F., Testani, E., & Farina, R. (2022). EPIC model simulation to assess effective agro-ecological practices for climate change mitigation and adaptation in organic vegetable system. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(1), 7. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00745-5>
- Dong, J., Gruda, N., Li, X., Tang, Y., Zhang, P., & Duan, Z. (2020). Sustainable vegetable production under changing climate : The impact of elevated CO₂ on yield of vegetables and the interactions with environments-A review. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119920. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119920>
- DRAAF Occitanie. (2024). *La filière légumes en Occitanie, Agreste Études n°3, juin 2024*. DRAAF Occitanie, Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt. <https://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/la-filiere-legumes-en-occitanie-agreste-etudes-n03-juin-2024-a9153.html>
- DRAAF Occitanie. (2025). *Mémento de la statistique agricole d'Occitanie 2025*. DRAAF Occitanie, Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt. [2026/01/22]. <https://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/memento-de-la-statistique-agricole-d-occitanie-2025-a9377.html>
- FranceAgriMer. (2025). *Les chiffres-clés de la filière Fruits & Légumes frais et transformés en 2023*. <https://draaf.paca.agriculture.gouv.fr/chiffres-cles-de-franceagrimer-sur-la-filiere-fruits-et-legumes-a4488.html>
- García de Cortázar-Atauri, I., Aubry, M., Ceschia, E., Chuine, I., Courault, D., Furusho-Percot, C., Launay, M., Le Roux, R., (2025). Indicateurs et observatoires pour mettre en évidence et comprendre les impacts du changement climatique en France. Dans P. Debaeke, N. Graveline, B. Lacor, S. Pellerin, D. Renaudeau, & E. Sauquet (dirs), *Agriculture et changement climatique. Impacts, adaptation et atténuation* (pp. 59-82). Éditions Quae. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-4012-8>
- Garin, P., Rollin, D., Maton, L., Rinaudo, J.-D., Richard Ferroudji, A., & Caballero, Y. (2015). Prospective participative sur l'agriculture du Roussillon face au changement climatique. *Agronomie, Environnement & Sociétés*, 5(1), 57-66. <https://hal.science/hal-01299372>

RÉFÉRENCES

- Giordano, M., Petropoulos, S. A., & Roupheal, Y. (2021). Response and Defence Mechanisms of Vegetable Crops against Drought, Heat and Salinity Stress. *Agriculture*, 11(5), 463. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050463>
- Graner, A., Lesur-Dumoulin, C., Jeuffroy, M. H., Le Velly, R., & Hossard, L. (2025). Diversity of production planning adaptations of farmers in vegetable long supply chains. *European Journal of Agronomy*, 170, 127763. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2025.127763>
- Graveline, N., Hossard, L., Poulmarch, J., & Touzard, J. M. (2025). Accompagner les acteurs du monde agricole pour l'adaptation au changement climatique : Enjeux, postures, approches. Dans P. Debaeke, N. Graveline, B. Lacor, S. Pellerin, D. Renaudeau, & E. Sauquet (dirs), *Agriculture et changement climatique. Impacts, adaptation et atténuation* (pp. 317-335). Éditions Quae. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-4012-8>
- Gruda, N., Bisbis, M., & Tanny, J. (2019). Influence of climate change on protected cultivation : Impacts and sustainable adaptation strategies - A review. *Journal of Cleaner Production*, 225, 481-495. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.210>
- Hullé, M., Cœur d'Acier, A., Bankhead-Dronnet, S., & Harrington, R. (2010). Aphids in the face of global changes. *Comptes Rendus Biologies*, 333(6-7), 497-503. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.03.005>
- Husson, L., Lefèvre, A. (2023). *Comment identifier les impacts du changement climatique sur les systèmes maraîchers et les pistes d'adaptation ? Outils opérationnels et premiers résultats appliqués aux systèmes maraîchers du sud de la France*. GIS PIClég - INRAE UE Maraîchage. <https://hal.inrae.fr/hal-04266659>
- Interfel PACA. (2023). La filière des fruits et légumes frais en Provence-Alpes-Côte d'Azur. Interfel PACA. https://www.interfel.com/wp-content/media/2024/02/INTERFEL_COMITE_PACA_2023_6_web.pdf
- Karkanis, A., Ntatsi, G., Alemardan, A., Petropoulos, S., & Bilalis, D. (2018). Interference of weeds in vegetable crop cultivation, in the changing climate of Southern Europe with emphasis on drought and elevated temperatures : A review. *The Journal of Agricultural Science*, 156(10), 1175-1185. <https://doi.org/10.1017/S0021859619000108>
- Kypreos, V., Lacquement, G., Authier, F., & Ludwig, W. (2020). Changement climatique et diminution de la ressource en eau. *Études rurales*, (206), Article 206. <https://doi.org/10.4000/etudesrurales.24123>
- Kypreos, V. (2024). L'adaptation de l'agriculture à la diminution de la ressource en eau en Roussillon : Une approche par la géographie des risques. *Sciences Eaux & Territoires*, (44), 7974-7974. <https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2024.44.7974>
- Lefèvre, A., Boillot, E. (2025). *Comment repérer les risques d'impacts du changement climatique sur les exploitations maraîchères pour les accompagner ?* INRAE. <https://hal.inrae.fr/hal-05186119>
- Marson, P., Corre, L., Soubeyroux, J. M., & Sauquet, É. (2024). *Rapport de synthèse sur les projections climatiques régionalisées*. Recherche Data Gouv, V1. <https://doi.org/10.57745/PUR7ML>
- Martínez-Valderrama, J., Gartzia, R., Olcina, J., Guirado, E., Ibáñez, J., & Maestre, F. T. (2024). Uberizing Agriculture in Drylands : A Few Enriched, Everyone Endangered. *Water Resources Management*, 38(1), 193-214. <https://doi.org/10.1007/s11269-023-03663-1>
- MedECC. (2020). Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. Dans W. Cramer, J. Guiot, & K. Marini (dirs), *First Mediterranean Assessment Report* (Version 1). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4768833>
- Mesnage, C., Costa, S., & Delahaye, D. (2026). Dialoguer pour s'adapter : Croiser mesures de terrain et récits agricoles pour penser la résilience littorale. *Sciences Eaux & Territoires*, (49), 9554. <https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2025.49.9554>
- Miller, S. A., Testen, A. L., Jacobs, J. M., & Ivey, M. L. L. (2024). Mitigating Emerging and Reemerging Diseases of Fruit and Vegetable Crops in a Changing Climate. *Phytopathology*, 114(5), 917-929. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-10-23-0393-KC>
- Morel, K., & Cartau, K. (2023). Adaptation of organic vegetable farmers to climate change : An exploratory study in the Paris region. *Agricultural Systems*, 210, 103703. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103703>
- Parajuli, R., Thoma, G., & Matlock, M. D. (2019). Environmental sustainability of fruit and vegetable production supply chains in the face of climate change : A review. *Science of The Total Environment*, 650, 2863-2879. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.019>
- Parveen, N., Khan, A. H., Tahir, M., Aslam, R., Amin, E., Riaz, M., Aleem, S., Ghafoor, I., & Akbar, S. (2024). Understanding heat tolerance in vegetables : Physiological and molecular insights, and contemporary genomic approaches for enhancing heat stress resilience. *Journal of Horticultural Sciences*, 18(2). <https://doi.org/10.24154/jhs.v18i2.1672>
- Pugliese, M., Gilardi, G., Garibaldi, A., & Gullino, M. L. (2024). The Impact of Climate Change on Vegetable Crop Diseases and Their Management : The Value of Phytotron Studies for the Agricultural Industry and Associated Stakeholders. *Phytopathology*, 114(5), 843-854. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-23-0284-KC>
- Pulighe, G., Di Fonzo, A., Gaito, M., Giuca, S., Lupia, F., Bonati, G., & De Leo, S. (2024). Climate change impact on yield and income of Italian agriculture system : A scoping review. *Agricultural and Food Economics*, 12(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s40100-024-00317-7>
- Quéré, C. L., Soussana, J.-F., Guillou, M., Dubuisson-Quellier, S., & Masson-Delmotte, V. (2024, février 28). *Climat : Nos systèmes alimentaires peuvent devenir plus efficaces, plus résilients et plus justes*. The Conversation. <http://theconversation.com/climat-nos-systemes-alimentaires-peuvent-devenir-plus-efficaces-plus-resilients-et-plus-justes-224117>
- Raymond, C. M., Fazey, I., Reed, M. S., Stringer, L. C., Robinson, G. M., & Evelyn, A. C. (2010). Integrating local and scientific knowledge for environmental management. *Journal of Environmental Management*, 91(8), 1766-1777. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.03.023>
- Scheelbeek, P. F. D., Bird, F. A., Tuomisto, H. L., Green, R., Harris, F. B., Joy, E. J. M., Chalabi, Z., Allen, E., Haines, A., & Dangour, A. D. (2018). Effect of environmental changes on vegetable and legume yields and nutritional quality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(26), 6804-6809. <https://doi.org/10.1073/pnas.1800442115>
- Serrano, A., Cazarro, I., Martín-Retortillo, M., & Rodríguez-López, G. (2024). Europe's orchard : The role of irrigation on the Spanish agricultural production. *Journal of Rural Studies*, 110, 103376. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2024.103376>
- Touili, N., Morel, K., Aubry, C., & De Noblet-Ducoudré, N. (2024). What do vegetable farmers expect from climate services to adapt to climate change by 2060? A case study from the Parisian region. *Climate Services*, 34, 100474. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2024.100474>
- Zhou, R., Jiang, F., Liu, Y., Yu, X., Song, X., Wu, Z., & Cammarano, D. (2024). Environmental changes impact on vegetables physiology and nutrition – Gaps between vegetable and cereal crops. *Science of The Total Environment*, 933, 173180. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173180>