HAL open science

CLIMALEG: Adaptation des productions légumières au changement climatique. Rapport de synthèse

Nabil Touili, Christine Aubry, Kevin Morel

To cite this version:

Nabil Touili, Christine Aubry, Kevin Morel. CLIMALEG: Adaptation des productions légumières au changement climatique. Rapport de synthèse. INRAE. 2023. hal-03986180v2

HAL Id: hal-03986180

https://hal.inrae.fr/hal-03986180v2

Submitted on 15 Feb 2023

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

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

CLIMALEG

Adaptation des productions légumières au changement climatique

Rapport de synthèse

La démarche adoptée et les résultats seront décrits et discutés en détails dans des publications scientifiques à venir. Ce document a pour objectif de fournir une synthèse brève des principaux éléments du projet.

Auteurs :
Nabil Touili, Christine Aubry, Kevin Morel

UMR SADAPT, INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay

En collaboration avec la Chambre d'Agriculture, le Groupement d'Agriculture Biologique d'Ile-de-France et avec l'association Terre et Cité.

Le projet CLIMALEG a été financé par le programme LEADER du plateau de Saclay de l'Union Européenne, le Conseil Départemental de l'Essonne et le LabEx BASC.

Table des matières

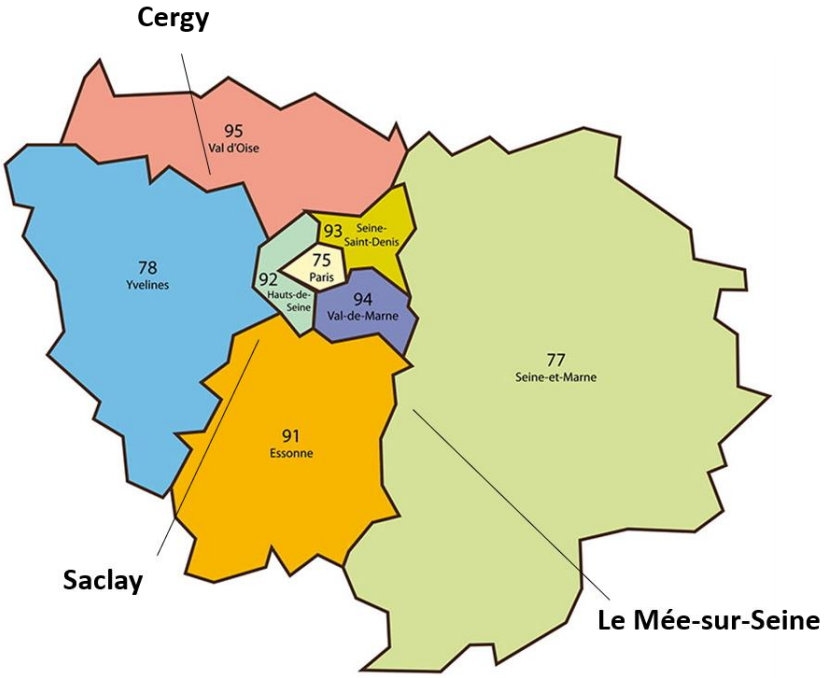
Contexte et objectifs 3
Une démarche participative 4
Exemples des projections climatiques pour la zone de Saclay 7
Points de vigilance par rapport aux projections climatiques 9
Résultats clés du projet 10
Impact du changement climatique sur les dimensions clés pour les producteurs de légumes en Ile-de-France 10
Perspectives et priorité d'adaptation pour les producteurs de légumes 12
La suite : CLIMALEG-EAU 13
Ressources associées 14
Remerciements 14

Contexte et objectifs

Ce document restitue la méthodologie adoptée et les principaux résultats du projet CLIMALEG, mené sur 2021-2022 sur trois territoires d'Ile-de-France : le plateau de Saclay (91), la plaine de Cergy (95) et le territoire du Mée-sur-Seine dans la Brie (77).

Les objectifs de ce projet étaient de :

- Identifier les facteurs climatiques auxquels les productions de légumes sont vulnérables et construire des indicateurs adaptés permettant aux producteurs de légumes de se projeter dans des scénarios climatiques futurs.
- Modéliser l'impact de scénarios climatiques futurs (horizons 2040, 2060) à partir de ces indicateurs et à une échelle jugée pertinente par les producteurs de légumes.
- Discuter les scénarios climatiques futurs avec des producteurs de légumes pour réfléchir à des stratégies d'adaptation au changement climatique dans le futur et les priorités de recherche, de développement ou d'actions publiques adaptées.



Carte des trois zones d'étude

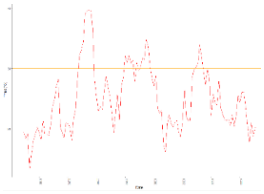
Une démarche participative

Le projet a été mené en collaboration avec la Chambre d'Agriculture et le Groupement d'Agriculture Biologique d'Ile-de-France et avec l'association Terre et Cité. La démarche était participative et a impliqué les producteurs de légumes à différentes étapes.

Des ateliers préparatoires avec une dizaine d'experts agricoles des structures partenaires ont permis de mettre en lumière les principales variables dont la modification avec le changement climatique pourrait être un facteur de vulnérabilité pour la production de légumes. Ce travail préliminaire a permis de pré-identifier un premier jeu d'indicateurs climatiques potentiels pour différentes variables : températures excessives, hivers plus doux, risques de gelées, faible hygrométrie, faibles précipitations, sécheresses, canicules, inondations, vents, pression accrue en bioagresseurs (**Tableau 1**).

Pour la suite du projet, nous avons écarté les variables suivantes :

- Vents et grêle : les modèles dont nous disposions ne permettaient pas de faire des projections sur ces variables à l'échelle qui intéressait les agriculteurs. Par exemple, les modèles dont nous disposions permettent d'estimer la force du vent moyenne sur la journée. Or ce qui intéressait principalement les maraîchers étaient de prédire les pics de vent, ce qui demanderait un travail très spécifique en dehors de notre champ de compétences.
- Pression en bioagresseurs : les dynamiques de populations des bioagresseurs sont des paramètres très complexes qui intègrent de multiples paramètres (et pas uniquement climatiques) et sont très variables selon les bioagresseurs. Essayer de modéliser le futur des populations de bioagresseurs est un exercice qui dépassait largement nos compétences et le cadre de ce projet.



Nous avons ensuite réalisé des **projections climatiques** sur les trois zones d'étude jusqu'à l'horizon 2060.

Choix du modèle

Pour les projections climatiques, nous avons utilisé le modèle climatique régional CLMcom-CCLM4-8-17, disponible sur le portail DRIAS[1] appliqué à des zones de 8*8km. Nous avons considéré le scénario d'émissions RCP 4.5[2]. Ce scénario est le scénario « intermédiaire » du GIEC ni très optimiste ni très pessimiste en termes de niveau d'émissions de gaz à effet de serre. Comme pour tout modèle les projections présentent une part d'incertitude et doivent être pris avec un recul critique.

[1] http://www.drias-climat.fr/
[2] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Fiche_scenarios_evolution_GES_GIEC.pdf

Tableau 1 : indicateurs climatiques préliminaires identifiés avec les experts agricoles à partir de la vulnérabilité des légumes

Variables climatiques	Effets principaux sur les cultures de légumes	Indicateurs climatiques pré-identifiés
Températures excessives	Les cultures sous serre en été (ex : tomates, concombres, aubergines) peuvent souffrir de brûlures sur feuilles et fruits à partir d'une température extérieure supérieure à 30-33°C (jusqu'à 50°C sous abri). A partir de 5-6 jours de hautes températures successives, les plantes végètent et fatiguent (perte de production).	Températures maximales mensuelles (entre juin et septembre) ; Nombre de jours/an avec une température supérieure à 30°C ; Nombre de jours successifs avec une température supérieure à 30°C (entre mai et novembre)
	Les cultures du printemps en plein champ (ex : blettes, fenouil, céleri) peuvent monter en graines (si températures excessives au printemps et cultures sensibles à la montaison).	
	Les cultures semées en mai-juin en plein champ, surtout avec petites graines (carottes, betterave, fenouil, oignon) peuvent présenter des problèmes de levée si températures excessives en juin et si elles manquent d'irrigation.	
Hiver doux	Des hivers plus doux peuvent induire les producteurs à avancer les cultures de printemps (surtout pour des marchés primeurs). Cela peut mener à des floraisons précoces qui peuvent être risquées en cas de gel de printemps (perte de qualité et de rendement, par exemple sur les fraises).	Températures mensuelles moyennes de novembre à mars
Gelées	Risque de gel sur les cultures gélives, particulièrement sensibles au stade plantule 5-7 feuilles), en particulier au printemps, d'autant plus si les maraîchers tentent de semer plus tôt pour gagner en précocité avec les hivers doux.	Températures minimales entre mars et mai ; Nombre de jours de gel (entre novembre et mai) ; Nombre de jours de gel par an.
Faible hygrométrie	Toutes les cultures sous abri et en plein champ sont sensibles à une faible hygrométrie (humidité de l'air), sauf certaines cultures rampantes comme les melons et pastèques. En dessous de 60%, cela bloque la croissance en particulier sur températures élevées.	Nombre de jours successifs avec une hygrométrie inférieure à 60%
Forte hygrométrie	La forte hygrométrie peut entraîner un risque accru de maladie. Cumulé à des températures basses en hiver, elle peut induire des problèmes de croissance des plantes.	Nombre de jours successifs avec une hygrométrie supérieure à 90%
Faibles précipitations	Tous les légumes y sont sensibles si pas d'irrigation.	Cumul annuel de précipitations ; Cumul mensuel de précipitations
Sécheresses	Les légumes feuilles (ex: épinard, salade, herbes etc.) et les légumes fruits (à enracinement superficiel) sont particulièrement sensibles à la sécheresse. Un manque d'eau pendant 5 à 6 semaines (sans irrigation ni précipitation) peut impacter fortement la production, en particulier au printemps.	Nombre de jours secs successifs ; Nombre de jours successifs avec une différence entre Précipitations et Evapotranspiration potentielle (P-ETP) négative (seuil critique à partir de 4-6 semaines)
Canicules	Les levées des semis d'hiver sont particulièrement sensibles aux canicules d'été en particulier les petites graines (ex ; carottes, betteraves, fenouil).	Nombre de jours successifs avec température maximale supérieure à 30-32°C et température minimale supérieure à 18°C (pendant au moins 4 jours successifs)
Inondations	Toutes les cultures peuvent être détruites par les inondations, en particulier pendant les inondations de printemps.	Cumul de précipitations pendant plusieurs jours successifs supérieur à un seuil à définir ultérieurement.
Grêle	Endommage les légumes en plein champ (surtout feuille) et les abris.	Jours de grêle dans l'année.
Vents	Les vents violents lors des tempêtes peuvent endommager les cultures et les abris. Les vents d'est secs peuvent contribuer à dessécher les sols et baisser l'hygrométrie.	Valeurs d'intensité et orientation des vents.
Bioagresseurs	Le changement climatique (températures et hygrométrie) semble augmenter les pressions en bioagresseurs à certaines périodes (remontée de virus du sud comme Tuta absoluta sur les tomates ; pression en altises supérieure ; mildiou ; croissance des adventices).	Pas d'indicateur climatique simple, mais intérêt soulevé de se rapprocher des bulletins de santé du végétal ou modélisation des populations de bioagresseurs)

Ces projections climatiques ont été présentées et discutées lors de **3 ateliers participatifs** (un par zone) **avec 25 producteurs** représentant une diversité de systèmes de production de légumes sur les trois zones d'étude (agriculture conventionnelle et biologique ; exploitations de tailles variables mais aux productions diversifiées vendues principalement via une pluralité de circuits courts). Ces ateliers ont permis de recueillir les premières réactions des agriculteurs par rapport au changement climatique et de préciser les indicateurs climatiques et les échelles temporelles pertinentes pour nourrir une réflexion sur les stratégies possibles d'adaptation au changement climatique des producteurs de légumes.

En termes d'indicateurs climatiques, ces ateliers ont permis de préciser les besoins suivants :

- Plutôt que de visualiser des courbes présentant l'évolution d'un seul facteur (par exemple la température), les producteurs de légumes **veulent visualiser en même temps les différents facteurs** car c'est la combinaison de ces facteurs qui leur permet d'évaluer la situation. C'est la raison pour laquelle par la suite nous avons choisi de présenter les projections climatiques sous formes de tableaux agrégeant différents facteurs.
- Les **indicateurs climatiques** pré-identifiés au départ **ont été enrichis, simplifiés et/ou précisés**. En particulier la question de l'hygrométrie (humidité relative de l'air) a été abandonnée car les maraîchers trouvaient plus pertinents d'avoir des projections sur l'humidité des sols. Dans les projections climatiques, nous avons donc rajouté **l'indice d'humidité des sols** (SSWI) développé par le projet CLIMSEC[3].
- Plutôt que de présenter les projections climatiques à l'échelle du mois, du jour ou de l'année, il est pertinent en maraîchage de **raisonner par saison** (printemps, été, automne, hiver). **Le raisonnement annuel est malgré tout souhaité pour le cumul des précipitations et le bilan P-ETP.**
- Pour les projections futures et les stratégies d'adaptation, il est intéressant de **distinguer un futur proche** (2021-2040) **et un futur lointain** (2041-2060).
- Pour réfléchir à des perspectives d'adaptation, il est pertinent de montrer des projections médianes (qui arrivent **1 an sur 2**) et un peu plus rares (qui arrivent **1 an sur 5**). Cependant, il n'a pas été retenu de présenter des projections pour des événements peu fréquents (1 an sur 10) car la fréquence de ces événements n'a pas été jugée suffisamment importante par les maraîchers pour changer leurs stratégies.
- Les producteurs de légumes ont manifesté l'intérêt de pouvoir connaître des **espaces analogues**, c'est-à-dire les zones qui présentent actuellement les conditions climatiques futures en Ile-de-France, afin de pouvoir mieux se projeter. Cette perspective est intéressante mais a été abandonnée au cours du projet par manque de temps et car des espaces qui ont le même climat peuvent avoir des conditions pédologiques et commerciales très différentes, ce qui peut compliquer le fait de s'en inspirer.

[3] http://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/187

Sur la base de ces différents retours des producteurs de légumes nous avons réalisé pour chaque zone d'étude un **tableau synthétique annuel (pour les précipitations et bilans hydriques)** et **un tableau synthétique par saison** (pour tous les indicateurs retenus). Ces tableaux permettent aux producteurs de légumes de visualiser les projections climatiques de la manière la plus pertinente pour eux.

Projections climatiques et tableaux de synthèse : mode d'emploi

La procédure pour réaliser des projections climatiques dans d'autres localisations à partir du portail DRIAS et le code (script R) permettant de facilement construire des tableaux synthétiques sont disponibles gratuitement au lien suivant : https://doi.org/10.57745/0BWBPD

Exemples des projections climatiques pour la zone de Saclay

Les tableaux synthétiques sont disponibles pour les 3 zones d'étude (**cf. Ressources**).

Vous trouverez ci-dessous l'exemple des deux tableaux synthétiques pour la zone de Saclay.

Tableau 2 : synthèse des projections climatiques annuelles pour les précipitations et bilan hydrique (exemple de la zone de Saclay) pour la période de référence (1990-2020), le futur proche (2021-2040) et le futur lointain (2041-2060)

	1 an sur 2			1 an sur 5		
	1990 2020	2021 2040	2041 2060	1990 2020	2021 2040	2041 2060
Cumul de précipitations annuelles (mm)	658	659	682	Années les plus humides 816	780	718
				Années les plus sèches 571	576	492
Bilan P-ETP (mm)*	-37	-61	-96	Années les plus humides 170	76	18
				Années les plus sèches -166	-200	-314

Les valeurs « 1 an sur 2 » correspondent à des valeurs médianes. Les valeurs « 1 an sur 5 » correspondent à l'année la plus sèche ou la plus humide qui peut arriver sur une période de 5 ans.

*P-ETP correspond à la différence entre Précipitations et Evapotranspiration potentielle (ETP) qui donne une estimation des conditions hydriques.

Tableau 3 : synthèse des projections climatiques saisonnières (exemple de la zone de Saclay) pour la période de référence (1990-2020), le futur proche (2021-2040) et le futur lointain (2041-2060)

	Hiver[1]						Printemps						Eté						Automne					
	1 an sur 2			1 an sur 5			1 an sur 2			1 an sur 5			1 an sur 2			1 an sur 5			1 an sur 2			1 an sur 5		
	1990 2020	2021 2040	2041 2060	1990 2020	2021 2040	2041 2060	1990 2020	2021 2040	2041 2060	1990 2020	2021 2040	2041 2060	1990 2020	2021 2040	2041 2060	1990 2020	2021 2040	2041 2060	1990 2020	2021 2040	2041 2060	1990 2020	2021 2040	2041 2060
Température[2] (en °C)																								
Température moyenne	4,4	5,4	6	5,3	6,1	6,4	10,4	11,5	11,4	11,3	12,1	12,1	19,3	20,5	21,5	20,2	21	22,5	11,9	13,3	13,5	12,8	13,8	14,4
Température maximale (Tmax)	14,4	15,7	15,9	16,1	16,1	16,7	25,4	25,9	26,4	27,7	29,8	29,5	33	34,7	38,2	35,9	37,6	40,5	26,7	31,2	30,9	29	33,2	33,3
Nb de jours avec Tmax>=30°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	11	18,5	10	15	26,2	0	2,5	1	0	5	5,2
Cumul des jours de canicule[3] *(Tmax>=30°C et Tmin>=18°C pendant 3 j successifs)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	12,5	6	9,4	18,2	0	0	0	0	0	0,6
Durée maximale des canicules (en j)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	6,5	5	6,2	9,2	0	0	0	0	0	0,6
Température minimale (Tmin)	-6,3	-4	-4,2	-9,3	-8,7	-6,4	-1,2	-0,5	-0,2	-2,3	-1,7	-1	8,8	9,8	10,6	7,2	8,9	8,3	-0,4	-0,5	-1	-2,2	-2,1	-2,4
Amplitude thermique maximale entre jour et nuit *(Tmax-Tmin)*	10,3	10,4	10,1	12	12	13,1	13,4	13,4	13,5	14,5	14,9	14,2	14,2	14,2	16	14,9	16,2	17,3	13,3	15,4	15,2	14,7	16,5	16,1
Gel[4]																								
Nb de jours de gel (Tmin<=0°C)	24	17	14	33	22	19	2	2	1	5	4	2	0	0	0	0	0	0	2	1	2	5	4	4
Nb de jours de gel (Tmin<=-2°C)	11	5	4	15	8	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Décalage des premières gelées d'automne[5] (Tmin<=0°C)																			0	+1j	+1j	0	+6j	+7j
Décalage des dernières gelées de printemps[6](Tmin<=0°C)							0	-17j	-15j	0	-14j	-17j												
Précipitation et sécheresse*																								
Cumul de précipitations (P) (mm)	170	191	182	201 139	241 169	236 128	165	184	166	247 131	226 131	216 117	171	143	131	225 112	186 95	179 84	173	158	153	209 116	189 111	180 96
Max de cumul de précipitations en 3 jours (mm)	28	27	30	35	33	36	28	35	28	36	42	41	39	37	37	59	49	52	32	36	34	45	44	47
P-ETP[7] (mm)	123	145	133	157 97	196 127	189 88	-33	-17	-45	66 -99	39 -91	27 -95	-148	-215	-250	-105 -252	-155 -266	-155 -309	55	25	23	96 -6	68 -20	53 -51
Indicateur d'humidité des sols [8]	-0,5	-0,8	-1,1	0,1 -1,1	-0,2 -1,1	-0,7 -1,5	-0,2	-0,4	-1,6	0,6 -1,8	0,9 -0,5	0,4 -2,5	-0,7	-0,5	-1,2	-0,1 -1,2	-0,1 -1,3	-0,7 -1,8	-0,4	-0,7	-1,1	0,9 -1,7	-0,1 -1,9	-0,4 -1,5

[1]Hiver : décembre-février ; Printemps : mars-mai ; Eté : juin-août ; Automne : septembre-novembre. **Les valeurs « 1 an sur 2 » correspondent à des valeurs médianes. Les valeurs « 1 an sur 5 » correspondent à l'année la plus extrême qui peut arriver tous les 5 ans concernant l'indicateurs concerné.**

[2] Les températures présentées correspondent à des températures classiques des prédictions météorologiques (1,5 m du sol sous abri), localement et en plein soleil les températures peuvent donc être plus extrêmes (à la fois pour les valeurs maximales et les conditions de gel). Pour les valeurs extrêmes (1 an sur 5), les années les plus chaudes sont présentées pour la température moyenne, la température maximale, le nb de jours avec Tmax>=30°C, le cumul des jours de canicule, la durée maximale de canicule. Les années les plus froides sont présentées pour la température minimale. Pour les amplitudes thermiques, ce sont les années avec la plus forte amplitude qui sont présentées.

[3] Il s'agit du cumul des jours de canicule sur toutes les périodes de canicules de l'année, ainsi si on a une canicule de 4 jours et une de 3 jours, le cumul est de 7 jours au total.

[4] Pour le nombre de jours de gel, les valeurs « 1 an sur 5 » correspondent aux années les plus froides.

[5] Le décalage des dates de gel est exprimé par rapport à la période de référence (1990-2020). Ainsi « +6j » signifie qu'un an sur 5 les premières gelées d'automne arriveront 6 jours plus tard que pendant la période de référence. Pour les premières gelées d'automne, les valeurs extrêmes (1 an sur 5) sont données pour les années les plus douces.

[6] Le décalage des dates de gel est exprimé par rapport à la période de référence (1990-2020). Ainsi « -17j » 1 an sur 2 signifie qu'en médiane les dernières gelées arriveront 17 jours plus tôt dans l'année que la période de référence. Pour les dernières gelées de printemps, les valeurs extrêmes (1 an sur 5) sont données pour les années les plus fraîches.

[7] P-ETP correspond au bilan entre Précipitations et Evapotranspiration potentielle (ETP) qui donne une estimation des conditions hydriques.

[8] Standardized Soil Wetness Index (SSWI) issu du projet CLIMSEC http://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/187

*** Pour les indicateurs de précipitations, sécheresses et humidité, les valeurs « 1 an sur 5 » sont à la fois données pour les années plus humides (au-dessus) et plus sèches (en dessous).**

Légende pour Indicateur d'humidité des sols

Indice	Catégorie	Couleur
≥ 1,75	Extrêmement humide	
1,28 à 1,75	Très humide	
0,84 à 1,28	Modérément humide	
-0,84 à 0,84	Autour de la normale	
-1,28 à -0,84	Modérément sec	
-1,75 à -1,28	Très sec	
≤ -1,75	Extrêmement sec	

Points de vigilance par rapport aux projections climatiques

Comme déjà explicité plus haut, nos projections ont été réalisées à partir du modèle climatique régional CLMcom-CCLM4-8-17, disponible sur le portail DRIAS[4], en considérant un scénario climatique intermédiaire en termes de dynamique des émissions de gaz à effet de serre (scénario RCP 4.5[5]). **Comme pour tout résultat de modèle, ces projections présentent une part d'incertitude.** La première source d'incertitude est liée au modèle en lui-même (tout modèle simplifie la réalité).

Pour vérifier la robustesse du modèle, nous avons pu comparer pour les 3 zones d'étude les résultats annuels et saisonniers des projections du modèle sur la période 1990-2020 avec les données réelles issues des stations météorologiques (pour les données de comparaison détaillées, **cf. Ressources**).

Globalement, il faut retenir qu'à quelques nuances près (projections présentant des saisons légèrement plus marquées en températures ; des printemps et été humides un peu plus pluvieux), **le modèle choisi rend bien compte des données réelles à la fois à l'échelle annuelle et dans leurs variations saisonnières.** **Le gros point de vigilance** est que ce modèle sous-estime légèrement le nombre de jours de gel en hiver et présente **des décalages des dates de premières et dernières gelées** jusqu'à 1 à 2 semaines par rapport au réel sur la période 1900-2020. C'est la raison pour laquelle dans les tableaux saisonniers, nous avons fait le choix de ne pas indiquer les dates de premières et dernières gelées dans l'absolu mais le décalage possible par rapport à la période de référence (voir **Tableau 3).** Etant donné que les gelées sont aussi fonction de nombreux paramètres microclimatiques et géographiques, il appartient donc d'être très prudent quant à l'interprétation de ces résultats qui mériteraient d'être approfondis.

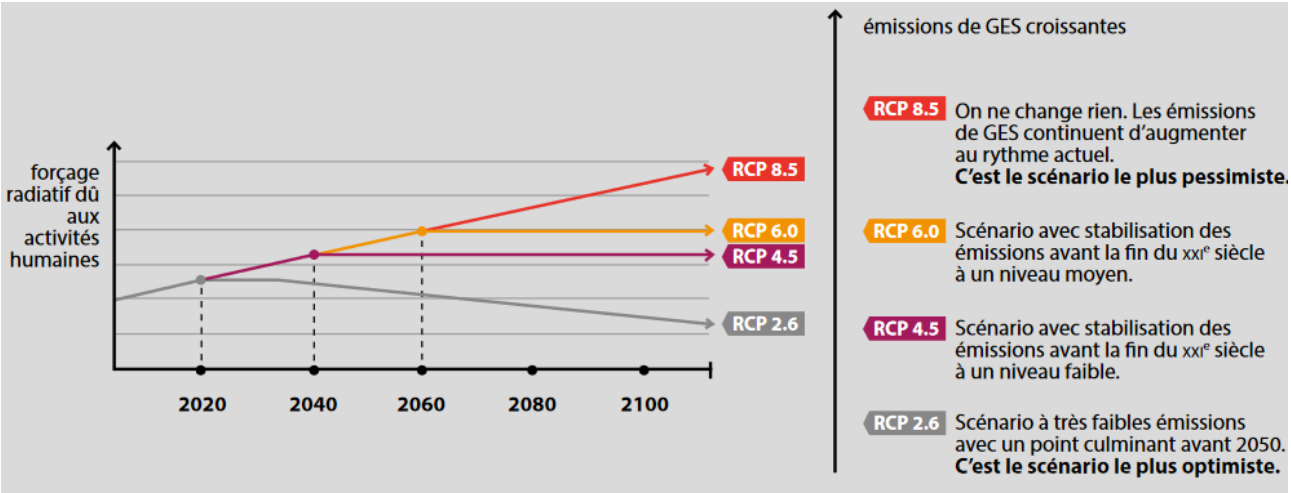


Figure 1 : les différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre. Dans nos projections, nous avons choisi le scénario RCP 4.5. Source : https://www.ecologie.gouv.fr

[4] http://www.drias-climat.fr/
[5] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Fiche_scenarios_evolution_GES_GIEC.pdf

L'autre part d'incertitude concerne le scénario d'émissions de gaz à effet de serre. Le scénario RCP 4.5 correspond à une stabilisation des émissions de gaz à effet de serre avant la fin du XXIème siècle à un niveau faible. C'est un scénario intermédiaire (**Figure 1**). En cas de volonté politique forte et globale de réduire les émissions, le scénario pourrait être plus optimiste (RCP 2.6). **Dans le cas de faibles efforts internationaux, les scénarios pourraient être plus extrêmes (RCPP 6.0 et 8.5). Ainsi, les impacts sur le changement climatique et les productions agricoles seraient plus marqués que ce que montrent nos projections.**

Résultats clés du projet

Impact du changement climatique sur les dimensions clés pour les producteurs de légumes en Ile-de-France

La synthèse des projections climatiques saisonnières sur les trois zones d'étude se trouve dans le **Tableau 4.** Il est intéressant de noter que selon les projections, **le cumul des précipitations semble relativement stable dans le futur au niveau annuel.** Cependant la **répartition saisonnière est modifiée** avec des hivers globalement plus pluvieux et des étés globalement moins pluvieux. Etant donné que les températures de chaque saison augmentent, le niveau d'évapotranspiration sera plus élevé avec donc plus de **déficit hydrique annuellement** malgré un niveau de précipitations annuel proche.

Les projections climatiques ont été discutées et présentées aux producteurs de légumes à différentes étapes du projet :

- 3 ateliers collectifs sur base des premières projections avec des discussions larges sur les perspectives d'adaptation (**25 producteurs**)
- 1 atelier en ligne, 1 questionnaire en ligne et des entretiens individuels sur base des tableaux synthétiques finalisés après retour des premiers ateliers en demandant aux participants de prioriser précisément différentes stratégies d'adaptation (**18 producteurs)**

Ces discussions ont été riches et vives. Nous présentons en page 12 seulement les points clés des échanges.

Tableau 4 : synthèse des projections climatiques saisonnières en Ile-de-France

Hiver	Printemps	Eté	Automne
Températures			
Hausses des températures (surtout minimales et moyennes).	Hausse des températures (minimales, moyennes, maximales).	Hausse des températures (minimales, moyennes, maximales). Plus de jours chauds (supérieurs à 30°C). Canicules plus fréquentes et plus longues.	Hausse des températures (minimales, moyennes, maximales). Plus de jours chauds (supérieurs à 30°C). De plus fortes amplitudes thermiques (différence entre jour et nuit).
Gel			
Moins de jours de gel.	Moins de jours de gel et fin des dernières gelées plus tôt dans l'année (variable selon les zones et années mais jusqu'à 2-3 semaines).		Premières gelées plus tard dans l'année (variable selon les zones et lieux et années mais jusqu'à 10j).
Précipitations et bilan hydrique			
Hausse des précipitations.	Maintien de niveaux de précipitations proches du passé malgré une légère hausse possible sur le futur proche. Plus d'évapotranspiration donc globalement plus sec.	Des étés beaucoup plus secs avec moins de précipitations et une hausse de l'évapotranspiration.	Maintien de niveaux de précipitations proches du passé. Plus d'évapotranspiration donc globalement plus sec.
Humidité des sols			
Les sols peuvent devenir modérément secs à très secs certaines années (au moins 1 an sur 5).	Les sols peuvent devenir très secs à extrêmement secs certaines années (au moins 1 an sur 5). Cependant, certaines années peuvent également présenter des sols un peu plus humides si plus de précipitation au printemps mais uniquement dans un futur proche.	Les sols peuvent devenir très secs à extrêmement secs certaines années (au moins 1 an sur 5).	Les sols peuvent devenir très secs à extrêmement secs certaines années (au moins 1 an sur 5).

Ce tableau présente les grandes tendances mais il existe une variabilité entre les années et entre les zones. Cela vient d'un **modèle dont les hypothèses et limites sont détaillées plus haut (incertitudes) !** Pour plus de détails, voir les tableaux détaillés par zone (**cf. Ressources**).

Perspectives et priorité d'adaptation pour les producteurs de légumes

Les discussions avec les producteurs ont mis en lumière que pour beaucoup des évolutions du climat avaient déjà été notées ces dernières années et que les producteurs avaient commencé à s'adapter. Par exemple, de plus en plus de producteurs cultivent déjà une partie des légumes d'été, historiquement sous abri, en extérieur, comme les aubergines ou les tomates. Les agriculteurs adaptent également leurs calendriers de culture, en profitant par exemple des hivers doux pour gagner en précocité sur les cultures de printemps, ce qui peut être un avantage commercial. Néanmoins, cela peut s'accompagner d'un risque lié à des gelées tardives de printemps. Si la modification des calendriers de culture ou l'intégration de nouvelles cultures « exotiques » peut être réalisé, de tels changements sont toujours contraints par la demande des consommateurs de la région parisienne.

Le **tableau 5** présente les pistes d'adaptation selon leur niveau de priorité d'après 18 producteurs de légumes. Cette liste pourrait être une base pertinente pour des **actions de recherche, développement et formation futures.**

Tableau 5 : priorisation des pistes d'adaptation au changement climatique (18 producteurs répondants)

Pistes d'adaptation	Jugées prioritaires
Mieux gérer les ressources en eau via des pratiques agronomiques (structure du sol, couverts végétaux, paillage etc.)	17
Mieux gérer les ressources en eau via des systèmes d'irrigation ou d'aération plus efficients	16
Utilisation de variétés plus adaptées pour les cultures historiques	14
Développer des solutions de captage et stockage de l'eau (ex : bassins)	14
Intégration de nouvelles cultures plus adaptées (historiquement non présentes en Ile-de-France)	9
Approfondissement des connaissances sur la physiologie des plantes	8
Modification des calendriers de cultures	7
Associations de cultures	7
Agroforesterie	7
Approches techniques innovantes pour gérer la pression en bioagresseurs	5

Il est intéressant de noter que ces pistes d'adaptation combinent à la fois des stratégies *low-tech* (ex : pratiques agronomiques pour améliorer la rétention en eau des sols, associations de cultures, agroforesterie) et *high-tech* (ex : emploi d'abris avec des systèmes d'aération ou d'irrigation plus efficients). Certains maraîchers ont mis en avant qu'augmenter les surfaces d'abris avec des équipements innovants pouvaient être une solution centrale (abris hauts avec plus d'inertie thermique, équipements d'aération, de micro-irrigation, de brumisation). Ce recours à ces équipements innovants questionne à différents égards. Tout d'abord ils représentent un investissement conséquent, ce qui peut défavoriser les producteurs les moins solides économiquement. On peut penser qu'ils s'accompagnent également d'un coût

énergétique important. De plus, dans les régions périurbaines de l'Ile-de-France, les règles d'urbanisme semblent de plus en plus compliquer l'installation d'abris (perçus comme une gêne esthétique pour le voisinage). **Cela nécessiterait donc une meilleure sensibilisation et communication avec les élus et habitants.**

Les pistes d'action qui ont été soulevées comme majoritairement prioritaires concernent la gestion de la ressource en eau. En effet, les producteurs soulignent que l'augmentation des températures peut représenter des opportunités s'ils ont un accès à l'irrigation.

Cependant, l'accès à l'eau n'est pas forcément garanti dans le futur si les pressions sur les ressources en eau augmentent. Certaines solutions de captage d'eau (ex : bassins) pourraient également avoir des effets indirects potentiellement néfastes sur la ressource en eau.

Il apparaît donc qu'au-delà des stratégies d'adaptation individuelles qui peuvent mettre en place les producteurs de légumes, **il est nécessaire de mener une réflexion collective sur la gestion des ressources en eau à l'échelle régionale**. Par exemple, plusieurs producteurs de légumes soulignent que pour les projets d'installation en maraîchage, les autorisations de captage sont de plus en plus compliquées à obtenir alors même que les collectivités mettent souvent en avant l'envie d'installer des maraîchers pour relocaliser la production de légumes, ce qui peut sembler contradictoire. **Pour alimenter cette réflexion collective et des décisions politiques adaptées, il y a besoin d'informations précises sur les consommations actuelles en eau des maraîchers, leur évolution possible avec le changement climatique et l'évolution de la ressource en Ile-de-France.**

La suite : CLIMALEG-EAU

Un des principaux résultats du projet ClimaLeg renvoie à l'enjeu de la ressource en eau comme impact local du changement climatique à court et moyen terme. En effet, selon les projections climatiques et les résultats des ateliers participatifs, les volumes pluviométriques annuels qui resteraient globalement stables et forts contrastés entre saisons ne permettront pas de couvrir les hausses prévues des températures et de l'évapotranspiration. Cela est également indiqué par l'indice d'humidité/sécheresse des sols qui relève une tendance vers des sols secs, voire très secs, notamment en printemps et été. La disponibilité des ressources en eau est donc une question stratégique pour les cultures maraîchères qui ont sont très dépendantes. C'est dans ce cadre que le projet ClimaLeg-Eau a comme objectif principal d'estimer (et évaluer) les besoins supplémentaires en eau des systèmes légumiers et maraichers franciliens sous l'influence du changement climatique à l'horizon 2060.

En partenariat avec le BRGM, le projet ClimaLeg-Eau est co-financé par le LabEx C-BASC et la région Île-de-France, dans le cadre de l'émergence et amplification des Projets Alimentaires Territoriaux Île-de-France - France Relance 2020. Ce projet vise à développer :

- Des projections sur les demandes en eau à partir de bilans hydriques sur différentes cultures et types de sol ;
- Une comparaison entre ces bilans et les projections de niveau de la nappe sur le plateau de Saclay réalisés par le BRGM ;
- Des éléments de connaissance sur les gestions actuelles de l'eau et les problèmes actuels rencontrés par les maraichers et légumiers,

- Des éléments de débat avec les instances agricoles et les autorités en charge de l'eau sur la base de ces données concrètes.

La démarche de ce projet combine des enquêtes auprès des producteurs de légumes et maraichers, en vue d'estimer/quantifier/qualifier les consommations en eau dans le passé, avec des projections hydro-climatiques en vue d'explorer les évolutions de la ressource en eau au niveau du plateau de Saclay et de la plaine de Versailles.

Ressources associées

En plus de ce rapport, vous trouverez les documents associés (tableaux climatiques détaillés, procédures pour réaliser des projections climatiques dans d'autres zones) dans la même archive :

- **Donnees_brutes** : les données climatiques brutes pour les trois zones d'étude, à la fois les projections climatiques jusqu'à 2060 et les données réelles jusqu'à 2020 ;
- **Tableau_indicateurs_climatiques** : les tableaux de synthèse détaillés pour les 3 zones d'étude (annuels et saisonniers) ;
- **Procedure_DRIAS** : un document expliquant comment récupérer gratuitement des projections climatiques dans la zone de son choix à partir du portail DRIAS ;
- **Comparaison_reel_modele** : les données précises comparant les indicateurs calculés sur les projections climatiques et sur les données réelles pour la période 1990-2020.

Le code R pour générer les tableaux climatiques dans d'autres zones est disponible à : https://doi.org/10.57745/0BWBPD

Les différentes **publications scientifiques** associées se trouvent sur le site du projet : https://www6.versailles-grignon.inrae.fr/sadapt/Focus/CLIMALEG

Remerciements

Nous tenons à remercier tous les partenaires du projet : Stéphane Rolland, Yohan Trouspance, Audry Coulon, Pénélope Montagnat, Charlotte Buisine, Rémi Alberola, Dorian Spaak. Nous remercions aussi Paul Appert pour le soutien dans le design des tableaux climatiques et Nathalie de Noblet-Ducoudré pour son expertise concernant les projections climatiques. Et enfin, nous exprimons notre gratitude envers tous les producteurs de légumes qui ont accepté de s'impliquer dans cette démarche.