

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

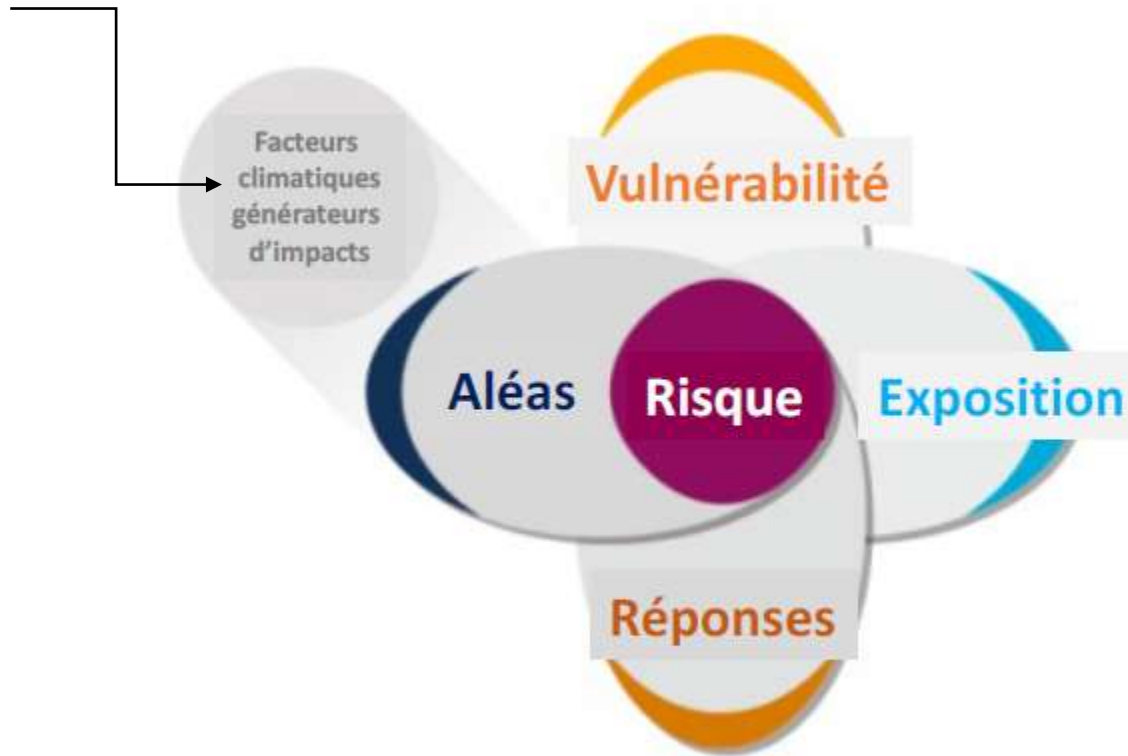
Octobre 2023

Léa Husson – Chargée de Mission GIS PIClég – SICA Centrex/INRAE UE Maraîchage

Amélie Lefèvre – amelie.lefevre@inrae.fr – INRAE UE Maraîchage

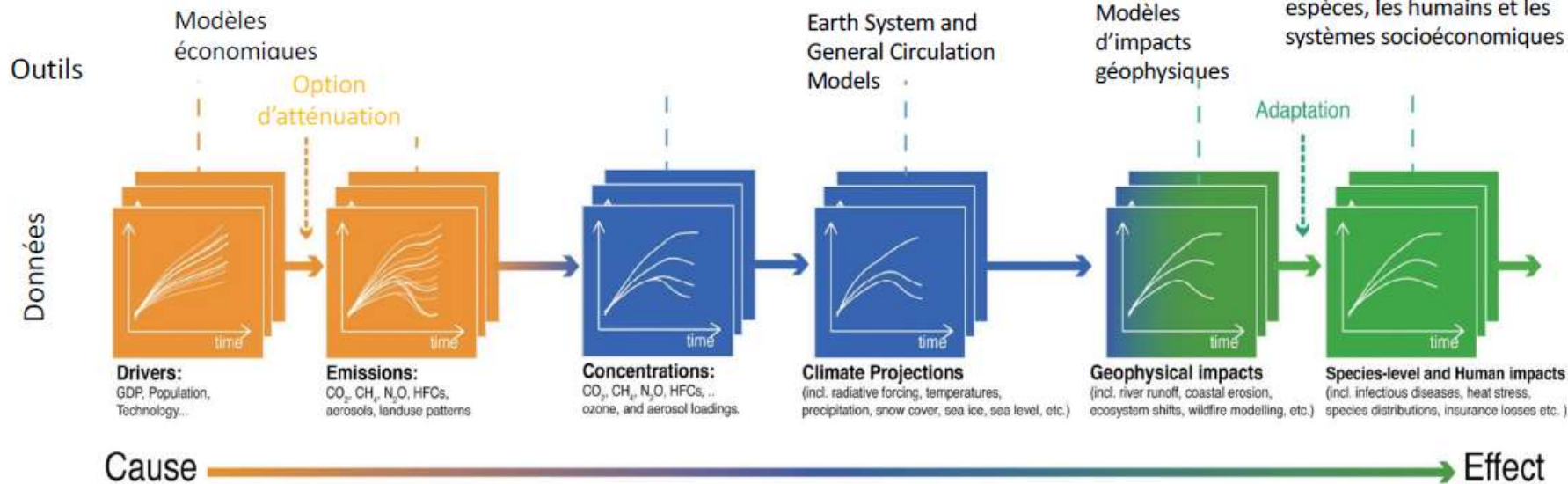
➤ Comment identifier les impacts du changement climatique et les pistes d'adaptation ?

De quoi parle-t-on?



➤ Définir le changement climatique

Définitions de trajectoires socio-économiques



GIEC



INRAE

Etude changement climatique

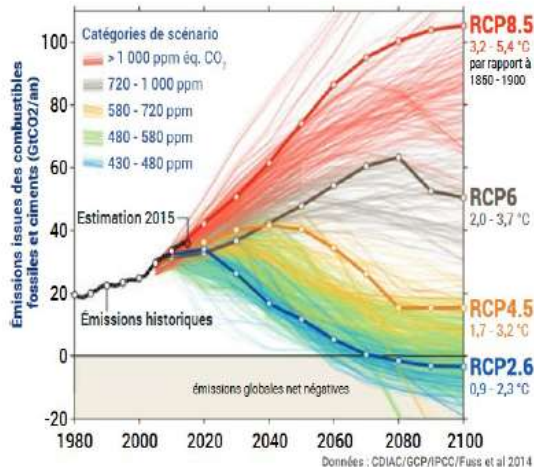
Présentation des résultats / octobre 2023



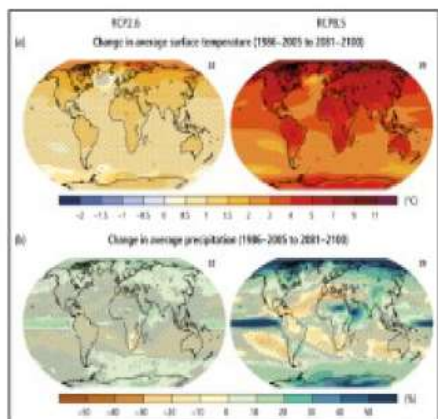
➤ Définir le changement climatique

Les étapes de la modélisation : les projections régionales

Les scénarios d'émissions (RCP)



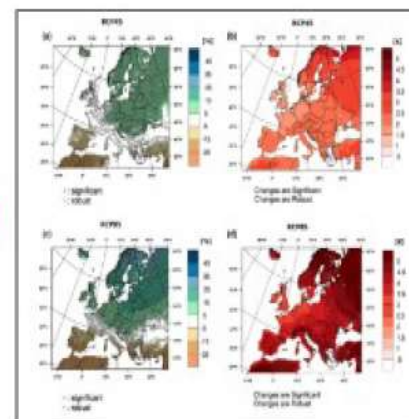
Les modèles globaux (CMIP5)



Source : Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects

Résolution = 100 à 150 km

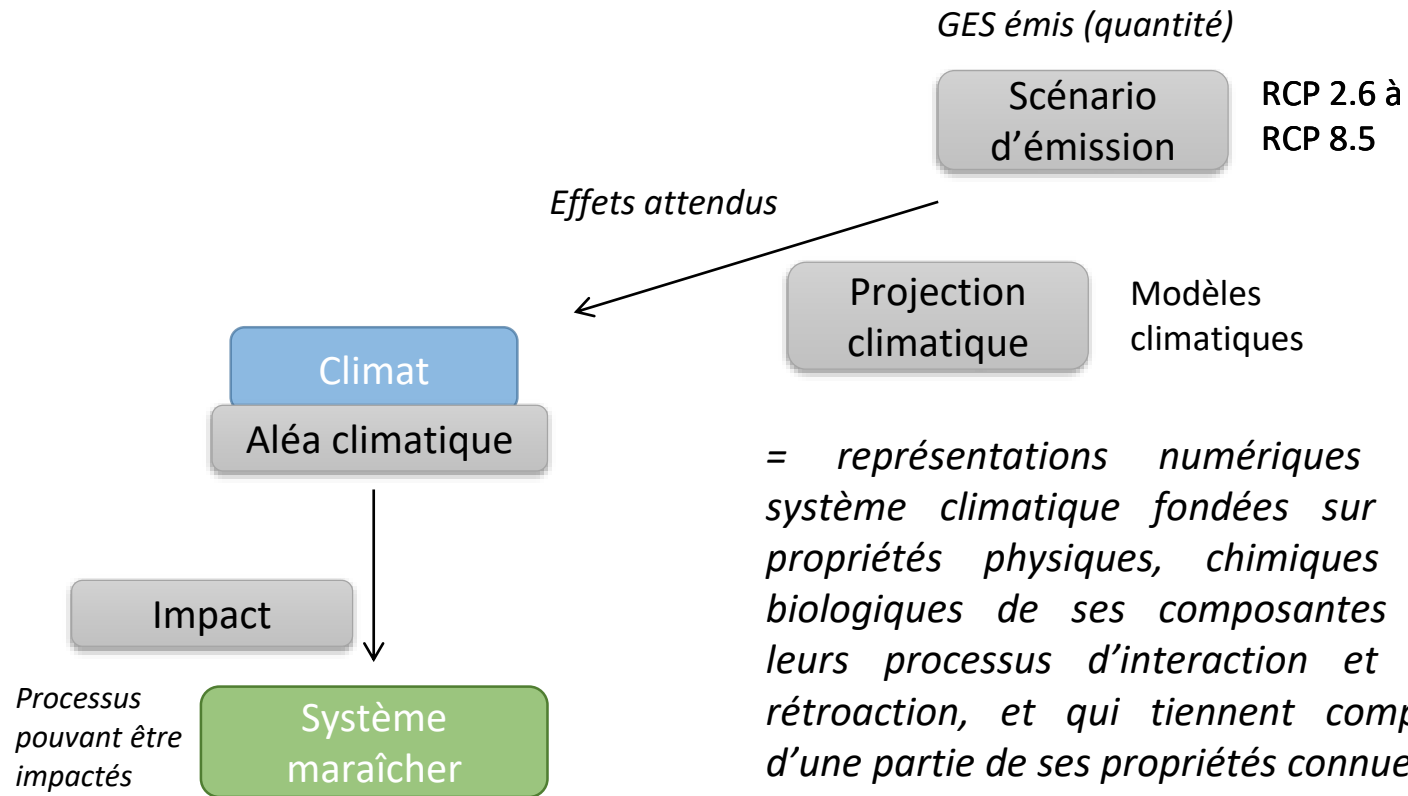
Les modèles régionaux (EURO-CORDEX)



Source : Jacob et al., 2013

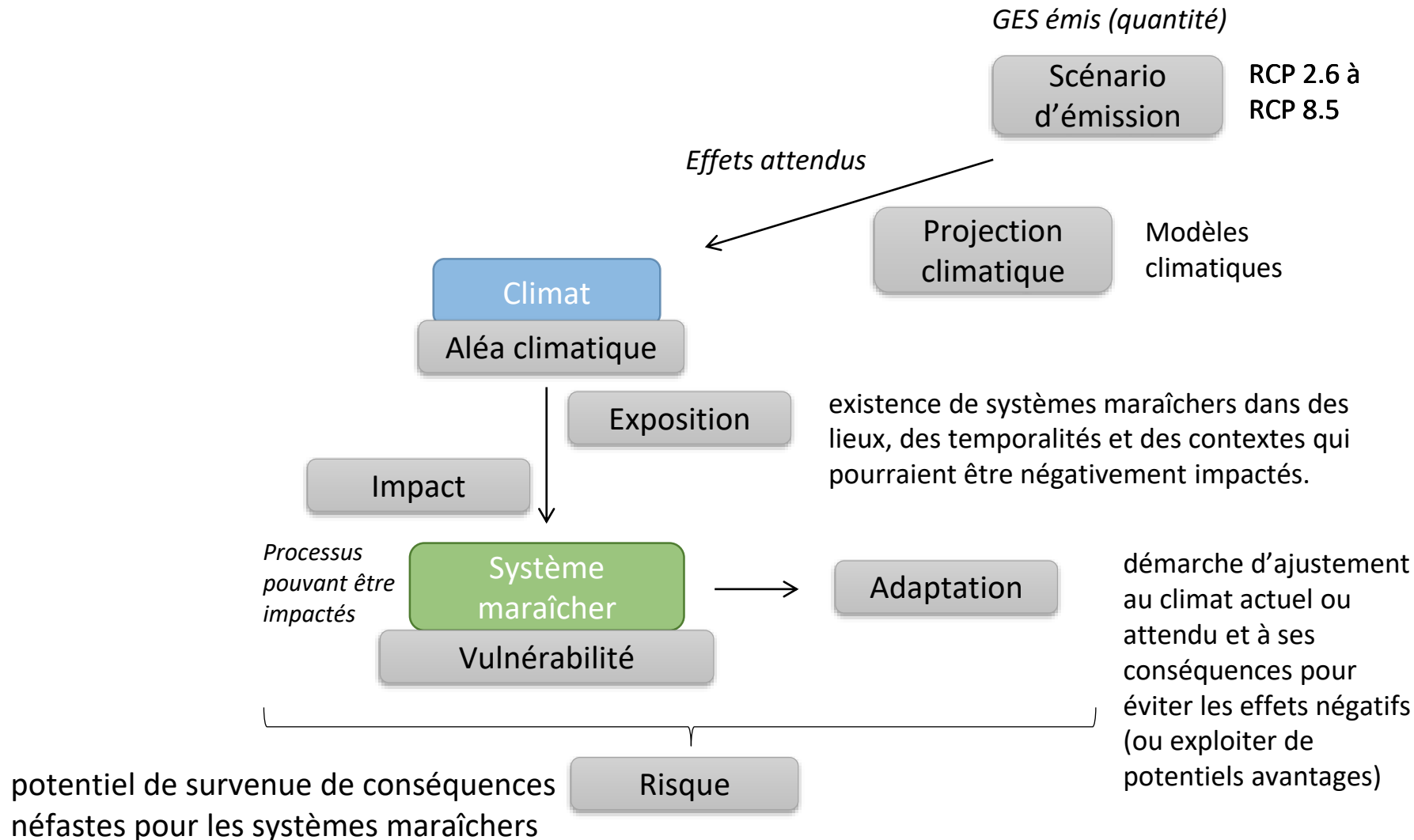
Résolution = 12km

➤ Définition des termes

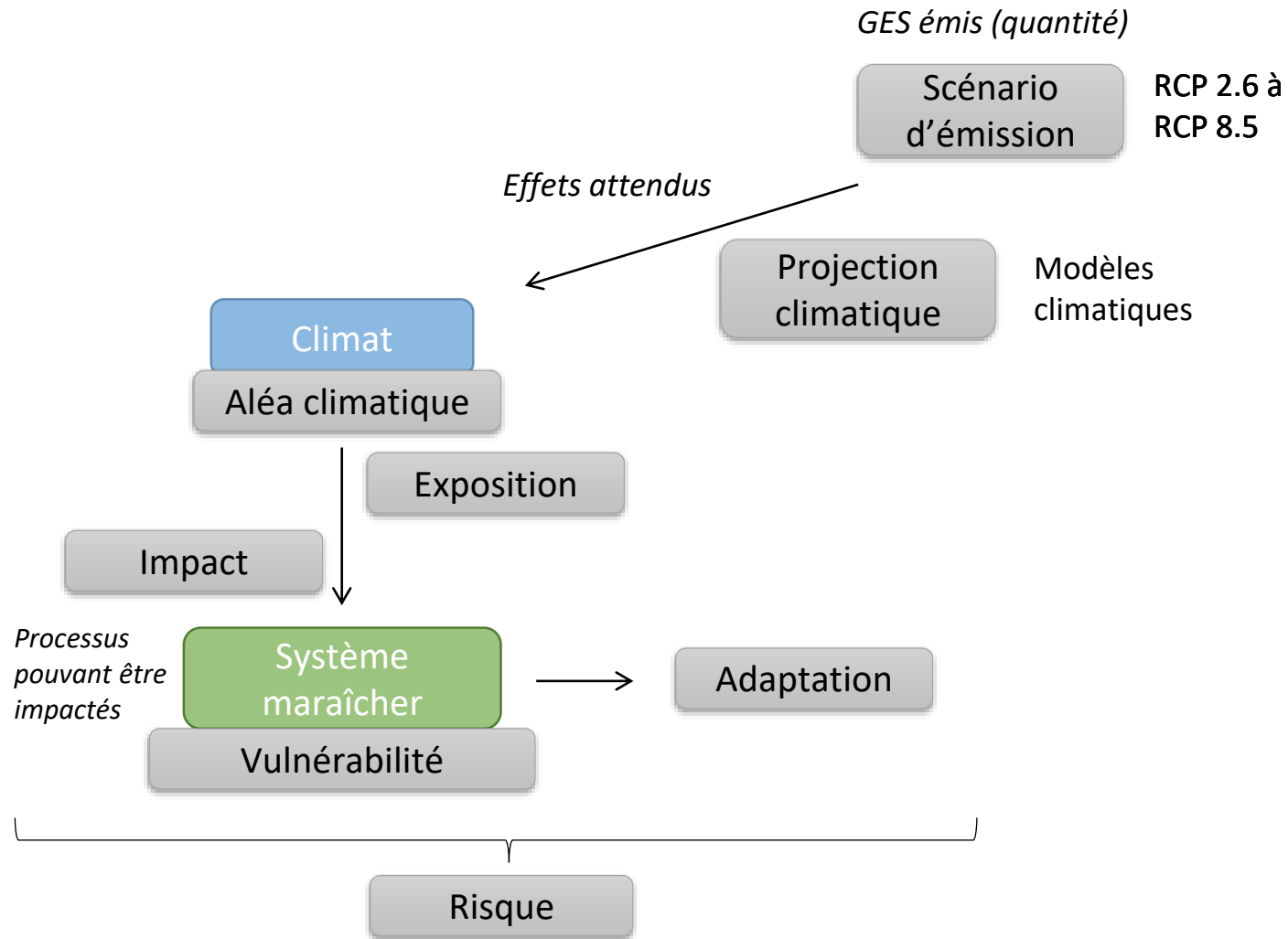


= représentations numériques du système climatique fondées sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques de ses composantes et leurs processus d'interaction et de rétroaction, et qui tiennent compte d'une partie de ses propriétés connues.

➤ Définition des termes



➤ Définition des termes



> Contexte et objectifs de l'étude

Outiller les acteurs concernés par le changement climatique en maraîchage

- **partager des connaissances** sur le CC et ses impacts sur les systèmes maraîchers,
- définir la vulnérabilité des différents systèmes sur lesquels ils interviennent
- imaginer des pistes d'adaptations au plus proche des systèmes et de l'état futur du climat.
 - Phase 1 : Production de connaissances sur les données climatiques/indicateurs/impacts attendus
 - Phase 2 : Production d'une méthode pour évaluer la vulnérabilité, réfléchir aux pistes d'adaptation et cerner les risques
- Initier une démarche partenariale sur ce thème au sein du GIS

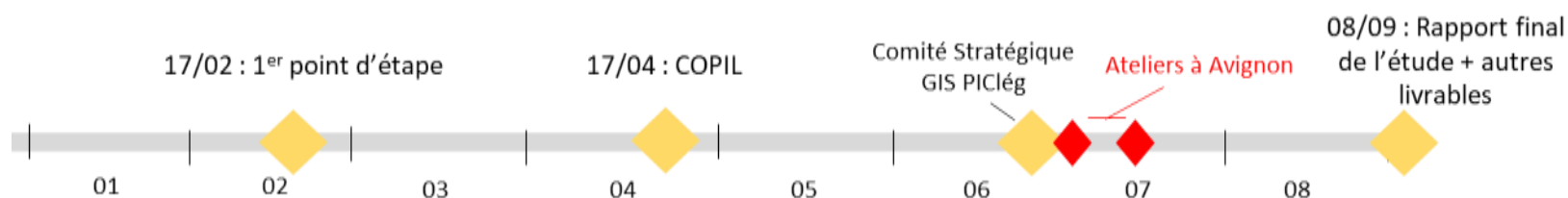
Systèmes étudiés : maraîchage (abri ou PC), pas hors-sol ni légumes d'industrie
Focus sur la production
8 mois d'étude

Zone géographique : Sud de la France en priorité +
2ème secteur Grand Ouest si possible

➤ Démarche générale de l'étude

Méthode de travail : connaissances scientifiques et techniques + expertise collective

Question de travail	Connaissances scientifiques	Expertise collective
Quels paramètres climatiques impactent la production maraîchère ?	Revue de littérature (publications scientifiques et techniques, littérature grise, presse)	Enquête auprès des membres des groupes thématiques du GIS PIClég
Quel est l'état actuel de ces paramètres, et comment le climat va-t-il évoluer dans la zone d'étude ?	Données de projections climatiques et indicateurs	Atelier méthodologique 6 avril, Alénya Webinaire du 29 juin : présentation de la méthode
Quels systèmes sont vulnérables face à cette évolution ? Comment sont-ils vulnérables ?	Revue de littérature (publications scientifiques et techniques, littérature grise, presse)	Atelier - 12 juillet, Avignon : diagnostic de vulnérabilité d'un système cas d'étude
Quelles sont les pistes d'adaptation existantes ou à inventer pour réduire cette vulnérabilité ? Que manque-t-il pour s'adapter ?	Revue de littérature + recensement des projets en cours	Atelier - 12 juillet, Avignon : comment rendre moins vulnérable le système cas d'étude ?



➤ Des acquis agronomiques et méthodologiques

- Une **démarche utilisable par différents acteurs (pas forcément scientifiques)** pour répondre à ces questions dans leur territoire et pour leurs systèmes.
- **Des résultats produits** par la mise à l'épreuve de cette démarche appliquée à des zones et des systèmes **cas d'étude**.

Sur les trois questions :

- ✓ Quel climat demain dans la zone d'étude ?
- ✓ Impacts et vulnérabilités des systèmes maraîchers du Sud de la France face au changement climatique
- ✓ Comment réduire les vulnérabilités ?

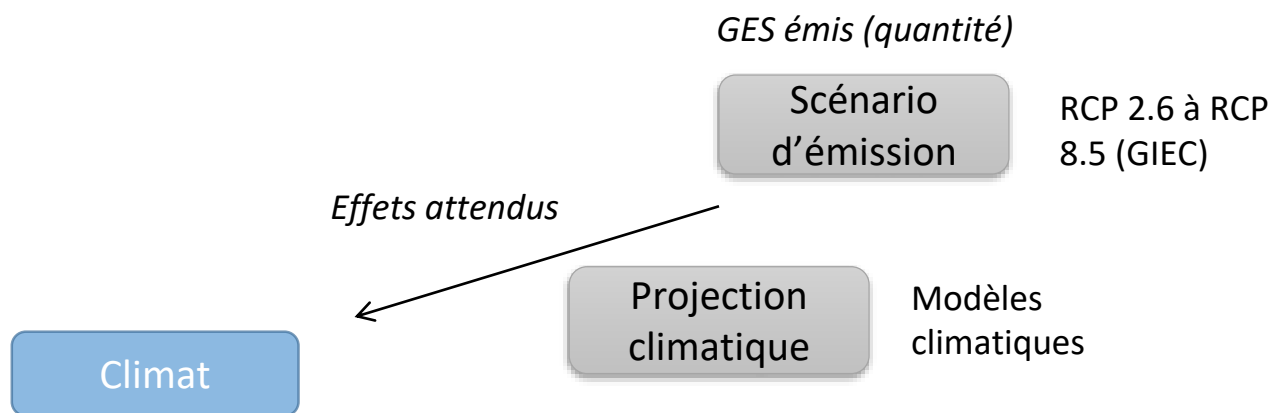
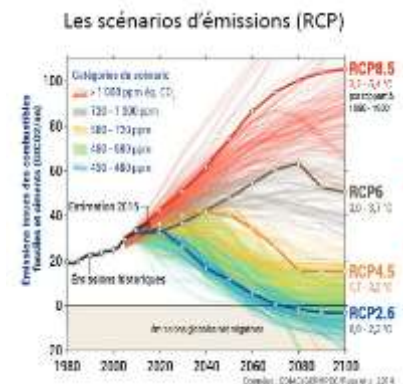
➤ Projections climatiques 2031-2060 :
comment va évoluer le climat de la zone
d'étude ?

Evolution tendancielle du climat

Evolution de la fréquence des évènements extrêmes

➤ Projections climatiques : généralités

- Les projections climatiques visent à simuler la réponse du système climatique face à un scénario d'émission de gaz à effet de serre
- Simulation par **modèle climatique**



Résultat : projection de l'évolution **tendancielle** du climat (données disponibles jusqu'à 2100)

⚠ Ne permet pas de prédire la survenue d'évènements extrêmes

➤ Projections climatiques : évolution tendancielle

Objectif : produire un jeu de données climatiques caractérisant le climat futur de la zone d'étude

Données brutes : issues de modèles, disponible sur DRIAS-les futurs du climat, portail Météo France. Données **journalières** de l'évolution du climat jusqu'à 2100. Ici modèle CNRM – CM5 / Aladin 63

Variables : température (min, moy, max), précipitations, ETP, rayonnement, vent, CO2

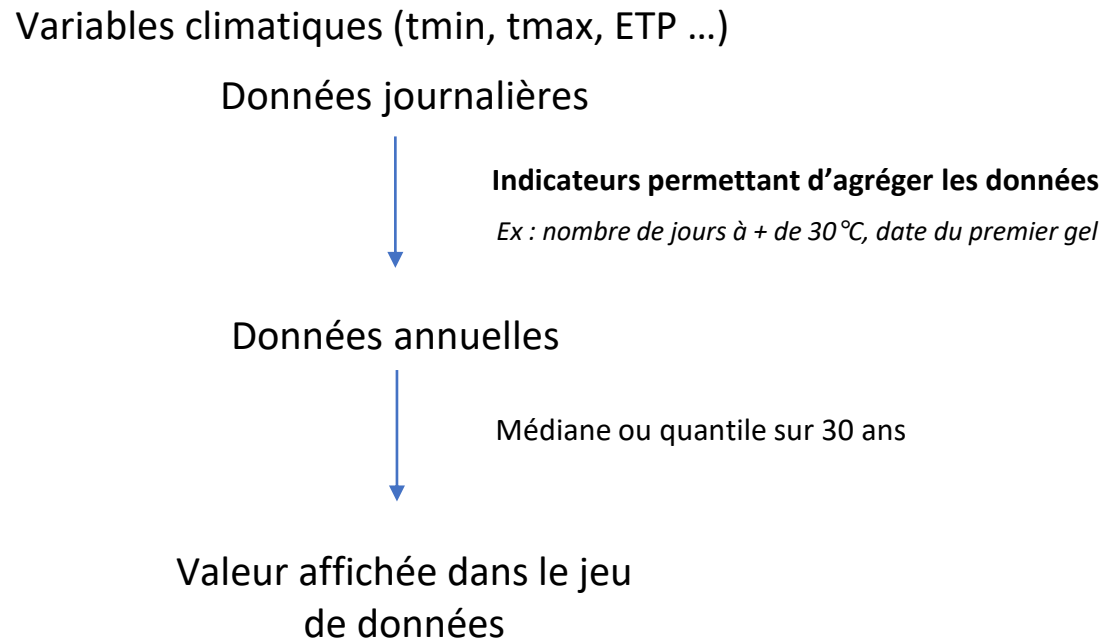
Période d'étude :

- Comparaison de la période 2031-2060 (futur proche/moyen) avec la référence Météo France (1991-2020)

Scénario GIEC : intermédiaire (RCP 4.5)

Zone géographique : Maille de 8 km * 8 km sur tout le territoire français (maillage DRIAS(2020))

➤ Indicateurs d'agrégation des données journalières



Les **indicateurs** choisis peuvent être :

- Des indicateurs **climatiques** : vision du climat sur la période choisie
- Des indicateurs **agroclimatiques** : vision du climat par rapport à des seuils correspondant à des processus ou pratiques agronomiques

➤ Choix des indicateurs agroclimatiques

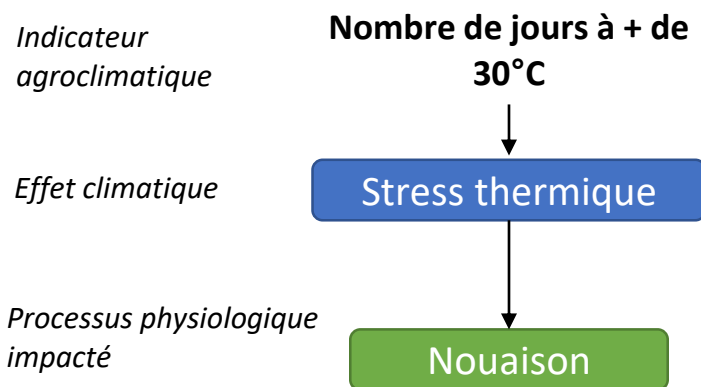
Indicateur agroclimatique : outil permettant de quantifier un effet climatique sur un processus physiologique ou une pratique culturale en maraîchage



- Base : liste issus du projet Climaleg → maraîchers diversifiés Île-de-France
- Enquête en ligne pour compléter la liste d'indicateurs pour la zone Sud et en fonction de processus ciblés → résultats limités (5 réponses)
- Identification d'indicateurs supplémentaires à partir de notre expertise et de la bibliographie



- Mise en discussion avec un collectif “maraîchage sous abri” le 6/04 pour affiner la liste/les seuils



Source : GETARI



➤ Liste des indicateurs

- **Température**
 - Températures moyennes, minimale et maximale atteinte
 - Nombre de jours à + de 30°C et + de 35°C (+ dates de premier et dernier jour dans l'année)
 - Amplitude jour/nuit
 - Nombre de jours avec risque de gel à 0°C et à -2°C (+ dates de premier et dernier jour)
- **Précipitations/humidité**
 - Nombre de jours de pluie
 - Cumul de précipitations (et max en 3 jours)
 - Cumul ETP + déficit hydrique climatique (précipitations – ETP)
 - Humidité moyenne de la journée
- **Humidité des sols (projet CLIMSEC)**
 - Indice d'humidité des sols (SWI \approx taux de remplissage de la RU)
 - Nombre de jours où le sol est sec (SWI < 0,4)
- **Indicateurs spécifiques maraîchage**
 - Nombre de jours avec humidité relative > 80%
 - Date du premier jour avec risque de vol de puceron ($t_{min} > 12^{\circ}\text{C}$)
 - Nombre de jours d'hiver chauds ($t_{max} > 20^{\circ}\text{C}$)
 - Nombre d'heure de froid (*températures horaires estimées à partir de t_{min} et t_{max}*)
- **Indicateurs écartés : rayonnement, vent (modélisation pas assez fiable)**

➤ Comment lire le tableau ?

Valeur de l'indicateur pour l'année médiane sur la période

		Période de référence Météo France	
		Scénario 4.5	
		Janvier	Janvier
		1990-2020	2031-2060
1	Température moyenne	5,4	7
2	Température moyenne - années chaudes	6,4	8
3	Température maximale atteinte	15,2	16,6
4	Température maximale atteinte - années chaudes	17,4	17,9

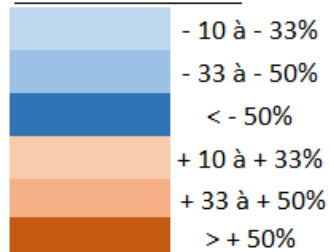
Valeur de l'indicateur pour la 4/5^{ème} année*
(ex : température moyenne de la 24^{ème} année
la plus chaude sur la période 2031-2060)

*ou 1/5^{ème} année ou les deux, selon l'indicateur

Exemple de lecture :

La température maximale atteinte en janvier sera en 2031-2060 autour de 16,6°C la plupart des années, et autour de 17,9°C les années les plus chaudes

Ecart à la référence



➤ Evolution du climat : évènements extrêmes

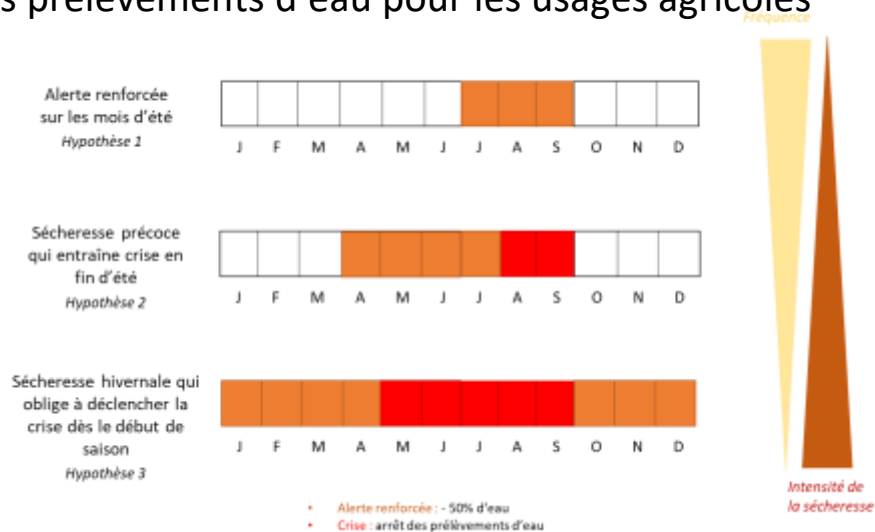
Evènements non modélisables : grêle, orages et tempêtes, canicules, sécheresses, inondations...

- ➔ Ces évènements ont un impact
- ➔ Leur fréquence va augmenter (GIEC, 2022), mais imprévisible
- ➔ Hypothèses de réflexion sur la sécheresse hydrologique

Sécheresse hydrologique en France ➔ mesures de restriction de la consommation d'eau / département

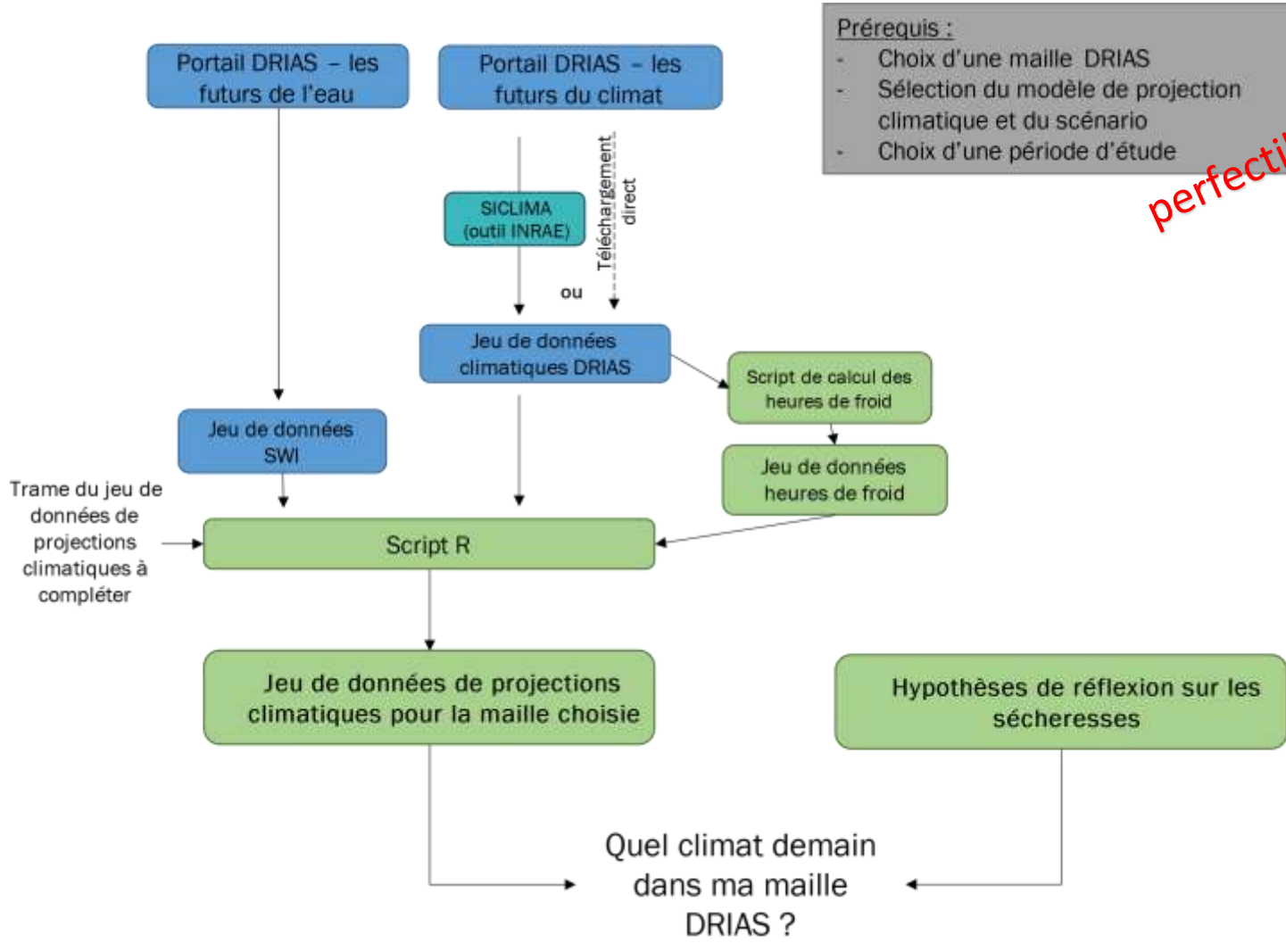
Deux niveaux de restrictions fortes :

- **Alerte renforcée** : - 50% d'eau pour les usages agricoles (en volume ou en jours d'irrigation)
- **Crise** : arrêt des prélèvements d'eau pour les usages agricoles



➤ Synthèse de la méthode

+ dictionnaire des variables
+ guide tutoriel



- Prérequis :**
- Choix d'une maille DRIAS
 - Sélection du modèle de projection climatique et du scénario
 - Choix d'une période d'étude

perfectible



➤ Démarche d'ateliers

Diagnostic de la vulnérabilité d'un système cas d'étude
Réduction de la vulnérabilité et pistes d'adaptations

➤ Pourquoi des ateliers ?

→ Identifier comment les connaissances produites aident à se préparer aux changements à venir, au plus proche de la réalité des systèmes

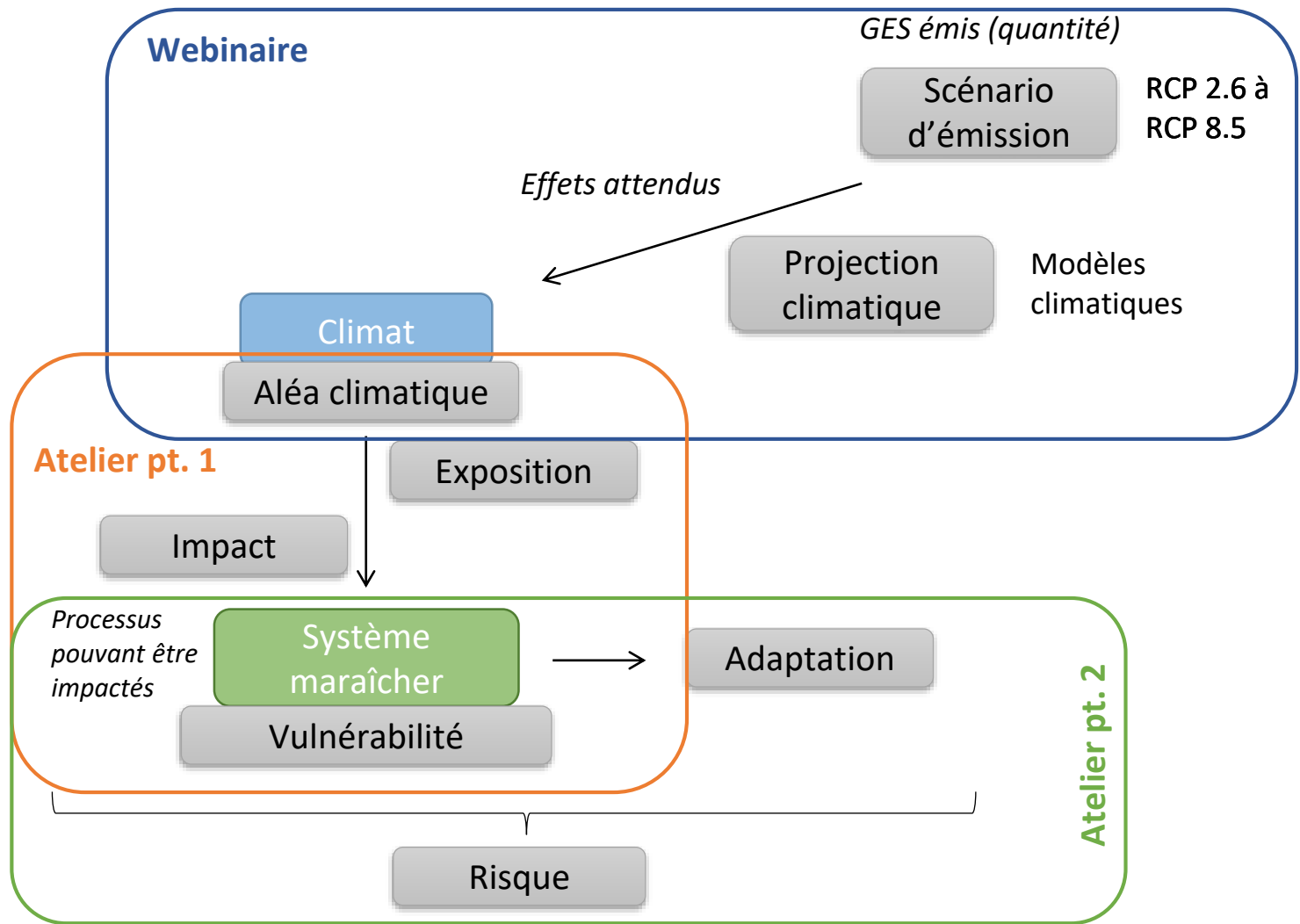
Objectifs :

- Méthodologiques :
 - Produire un prototype de méthode pour partager une vision des impacts du changement climatique sur un système de culture maraîcher et des pistes d'adaptation
- Agronomiques :
 - Cerner les **vulnérabilités** au plus proche des systèmes à partir d'une succession « cas d'étude » représentative des systèmes du territoire
 - Recenser des **pistes d'adaptation** à explorer et leur place dans ce système pour réduire la vulnérabilité + les trous de connaissances



Atelier-test (29 juin et 12 juillet) – INRAE Avignon
“Quelles **vulnérabilités** et quelles **adaptations** face au changement climatique pour un système maraîcher sous abri du bassin de production d'Avignon?”

Objectif des ateliers



➤ Atelier-test : cas d'étude



Typologie de l'exploitation

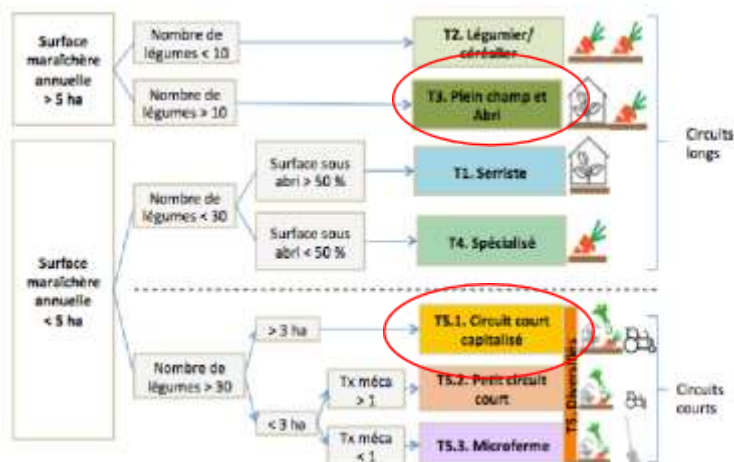


Figure 19: Typologie des fermes maraîchères de la région PACA (Tx méca = Taux de mécanisation)

- Diversifiée : >10 espèces produites
- >3 ha de SAU avec abri et plein champ
- Commercialisation circuit court/circuit long

Succession culturale proposée (sous abri)

	1					2				3				4				5				6				7				8				9				10				11				12																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52																				
Année n	Tomate (greffée)												Salade (1 seul tour)																																																											
Année n+1	Melon												Engrais vert				Salade 1																																																							
Année n+2	Salade 2					Aubergine				Blette																																																														
Année n+3																																																																								

➔ Succession retenue le 12/07



➤ Programme de l'atelier-test

29 juin : webinaire

- Contexte de l'étude
- Prise en main des documents supports pour l'atelier du 12 juillet
- Présentation du système cas d'étude

12 juillet : atelier en présentiel à l'unité Ecodéveloppement, INRAE Avignon

- Calibrage du système cas d'étude
- Imaginer le climat de 2045 à partir des données présentées en webinaire (~~« bulletin météo »~~)
- Evaluer la vulnérabilité du système cas d'étude
- Explorer les pistes d'adaptation

➤ Résultats de l'atelier-test (1/3)

~~Bulletin météo~~: quel climat demain ?

- Zone étudiée : maille DRIAS n°4812 (Avignon-Châteaurenard)
- Principales évolutions du climat entre 1991-2020 et 2031-2060 :
 - Été plus chaud et plus long
 - Hiver plus chaud avec moins de risque de gel
 - Automne plus chaud, sol plus sec, possiblement moins pluvieux
 - Printemps : augmentation ETP et sols secs en mai, moins de variation que les autres saisons



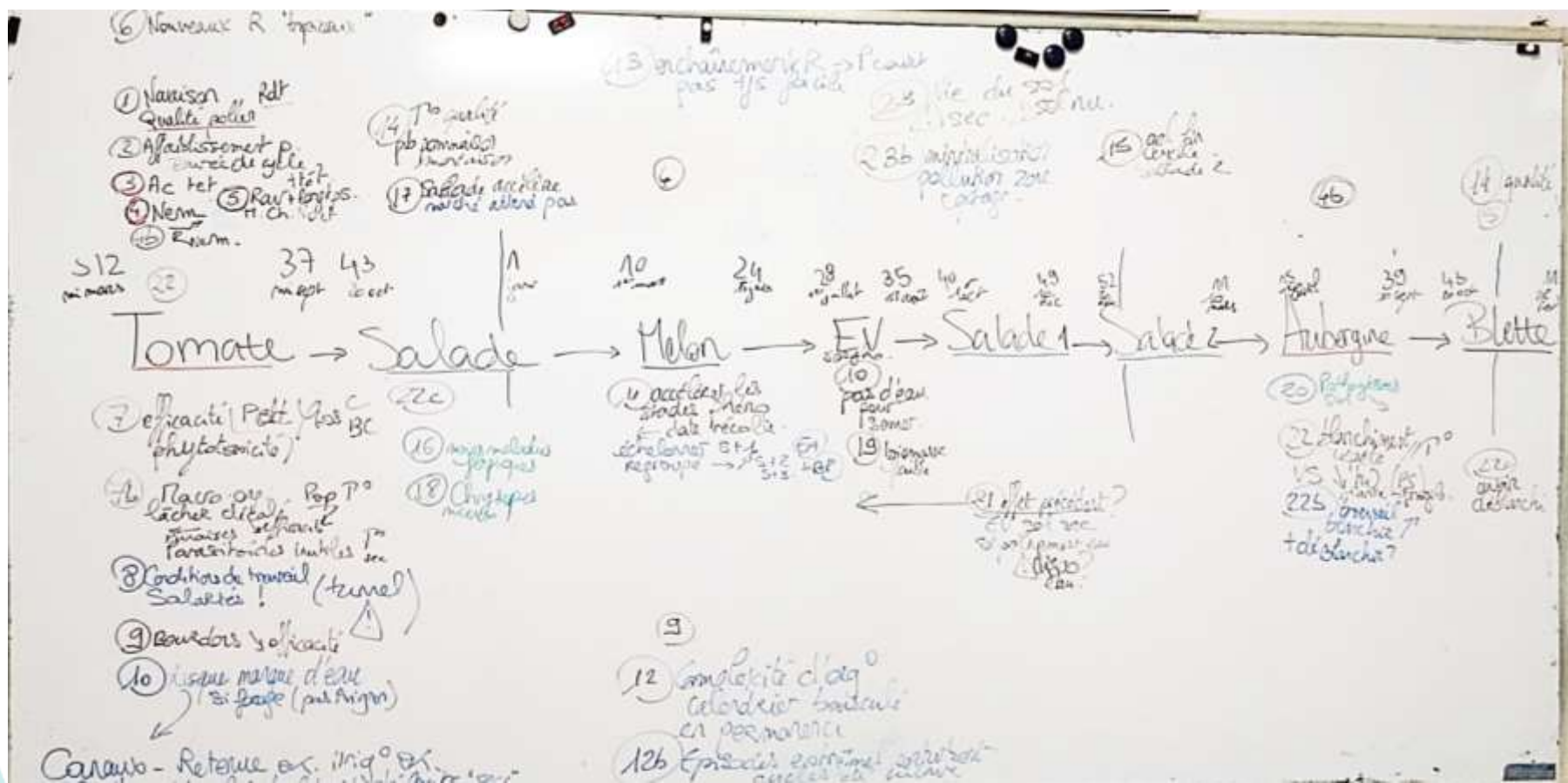
Maille DRIAS n°4812, source : SICLIMA

➤ Résultats de l'atelier-test (2/3)

Diagnostic de vulnérabilité

	1					2				3				4				5				6				7				8				9				10				11				12						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Année n											Tomate (greffée)																	Salade (1 seul tour)																								
Année n+1											Melon								Engrais vert								Salade 1																									
Année n+2	Salade 2					Aubergine																	Blette																													
Année n+3																																																				

Succession cas d'étude



➤ Résultats de l'atelier-test (2/3)

Diagnostic de vulnérabilité

	1					2				3			4				5				6			7				8			9				10				11				12									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Année n													Tomate (greffée)																Salade (1 seul tour)																							
Année n+1										Melon				Engrais vert				Salade 1																																		
Année n+2	Salade 2					Aubergine																Blette																														
Année n+3																																																				

Succession cas d'étude

- Vulnérabilités qui concernent **une espèce** de la succession (8) :
 - **Tomate** (3) : défauts de nouaison et pollinisation, croissance
 - **Melon** (1) : échelonnement des récoltes
 - **Salade** (4) : qualité (montaison, pommaison), croissance, commercialisation

- Vulnérabilités qui concernent **le système de culture ou l'exploitation** (14)
 - Bioagresseurs et organismes bénéfiques (6) : raccourcissement des cycles, baisse de mortalité hivernale, perte de résistance, apparition de nouvelles espèces
 - Fonctionnement et structure du sol (2) : place des engrais verts (disponibilité eau, choix espèces), risque pour la vie du sol (surminéralisation)
 - Disponibilité de l'eau (1) : augmentation de l'ETP donc des besoins
 - Fonctionnement de l'exploitation (5) : difficulté de trouver du personnel, difficultés à organiser les calendriers de production, problèmes liés au blanchiment

➤ Résultats de l'atelier-test (3/4)

Adaptation : réduire la vulnérabilité

Adaptations incrémentielles	Adaptations systémiques	Adaptations transformantes
<ul style="list-style-type: none"> • Gestion du climat : blanchiment aération, OAD • Amélioration des conditions climatiques sous abri : modes de taille différents (conduite en buisson), densité de plantation (<i>risques sanitaires</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion du climat : orientation et environnement des tunnels, méthodes d'ombrage alternatives (voiles d'ombrage amovibles, tunnels à enroulements latéraux) (<i>coût des méthodes</i>) • Changement de type d'abri (abris filets cf Espagne, Israël) (<i>cultures d'hiver impossibles</i>) • Complémentarité abri/plein champ • Revoir la succession culturale sous abri plastique * 	<ul style="list-style-type: none"> • Intégration de nouvelles cultures : cacahuète, gingembre, curcuma (<i>souveraineté alimentaire et manque de connaissance</i>)

*

	1		2				3				4				5				6				7				8				9				10				11				12									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Année n						Tomate (précoce)												Engrais vert ou solarisation								Salade																										
Année n+1						Melon												Engrais vert								Courgette ou concombre																										
Année n+2	quelle culture d'hiver ?					Aubergine ou poivron																																														
Année n+3	Engrais vert ou salade																																																			

Nouvelle succession proposée

➤ Résultats de l'atelier-test (4/4)

Trous de connaissances identifiés pour l'adaptation

- Faisabilité technique
 - Besoin de mieux connaître la physiologie des bioagresseurs/auxiliaires
 - Besoin de références sur de nouvelles techniques, variétés, espèces
 - Incertitude sur les événements extrêmes : frein à l'adaptation
- Volet économique
 - S'adapter = besoin de capacité d'investissement
 - Besoin de certitudes sur l'évolution des marchés
 - Complémentarité entre les bassins de production ?

Limites de l'atelier

- Temps d'échanges trop courts pour les pistes d'adaptation
- Ateliers à démultiplier dans d'autres contextes + autres expertises

> A retenir

Données climatiques

- Les modèles ne prévoient pas le futur mais aident à imaginer la tendance
- Les événements extrêmes ne sont pas modélisables, mais on peut faire des hypothèses
- Les données brutes de Météo France doivent être travaillées pour être opérationnelles :
 - Choix de la période d'étude, choix du mode d'agrégation des données journalières, choix d'indicateurs pertinents pour le cas d'étude (ici le maraîchage)
- Certains paramètres climatiques utiles pour imaginer le climat futur sont modélisés avec trop peu de fiabilité pour être utilisables (rayonnement, vent)
- La méthode présentée doit encore être améliorée (prise en compte de plusieurs modèles, test des outils produits pour d'autres systèmes)

Ateliers

- « Climat demain » efficace pour partager une vision du climat
- Première approche des vulnérabilités d'un système cas d'étude sous abri
- Pistes d'adaptation : besoin d'approfondir
- Ateliers à démultiplier dans d'autres contextes + autres expertises

> Perspectives (?)

Diffuser les livrables : rapport, script, bibliographie (tableau Excel)

Un prototype de démarche

opérant pour identifier les impacts du changement climatique sur les systèmes maraîchers et les pistes d'adaptation

couplant données, littérature et connaissances expertes :

à démultiplier dans d'autres contextes !

Pour aller plus loin : construire des allers-retours entre approches ciblées avec modèles, indicateurs fins par culture ET démarche globale à l'échelle du système de production / de culture

Biblio : Approfondir les pistes d'adaptation

Poursuivre la démarche dans une logique systémique