



MODÉLISATION DE LA DYNAMIQUE DES ASPERGERAIES

FIN DE STAGE

Marie-Alix RENAUD

→ Construction d'un outil d'aide à la décision pour prévoir la **précocité** de la récolte et l'intensité du ou des **pics de production**

EQUIPE ENCADRANTE

Daniele Bevacqua : Encadrant modélisateur  - Avignon



Emilie Casteil : Encadrante collecte de données

Romain Warneys : Encadrant physiologie de l'asperge



Stage financé par le GIS PIClèg



PROJET MODÉLISATION : OBJECTIFS

Modéliser la dynamique de production des aspergeraies dans le but d'anticiper :

- ⇒ le **changement climatique**,
- ⇒ la gestion de la **main-d'œuvre** dédiée à la récolte des asperges,
- ⇒ **l'organisation** en station de conditionnement,
- ⇒ la **communication professionnelle** pour un positionnement optimum des ouvertures des lignes et des actions de promotion.



Un projet sur 5 à 6 ans.

=> Première étape : Stage de M2

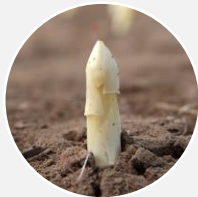
CYCLE DE LA PLANTE

Ce que l'on veut déterminer :

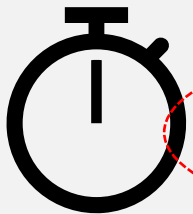


Le ou les pic(s) de production

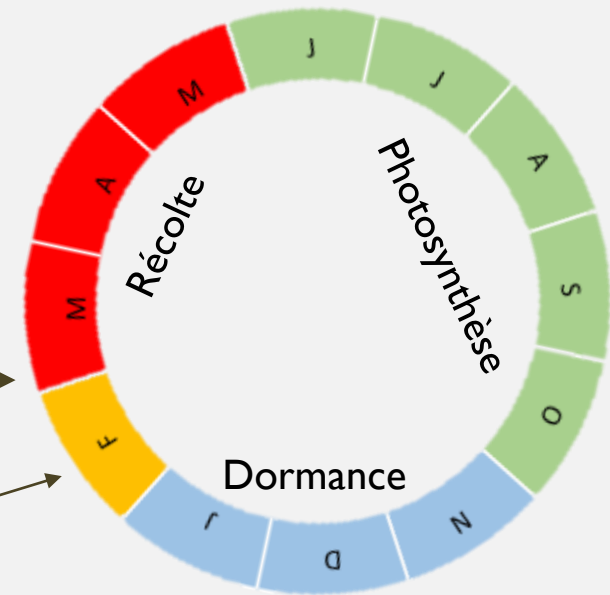
L'amplitude du pic



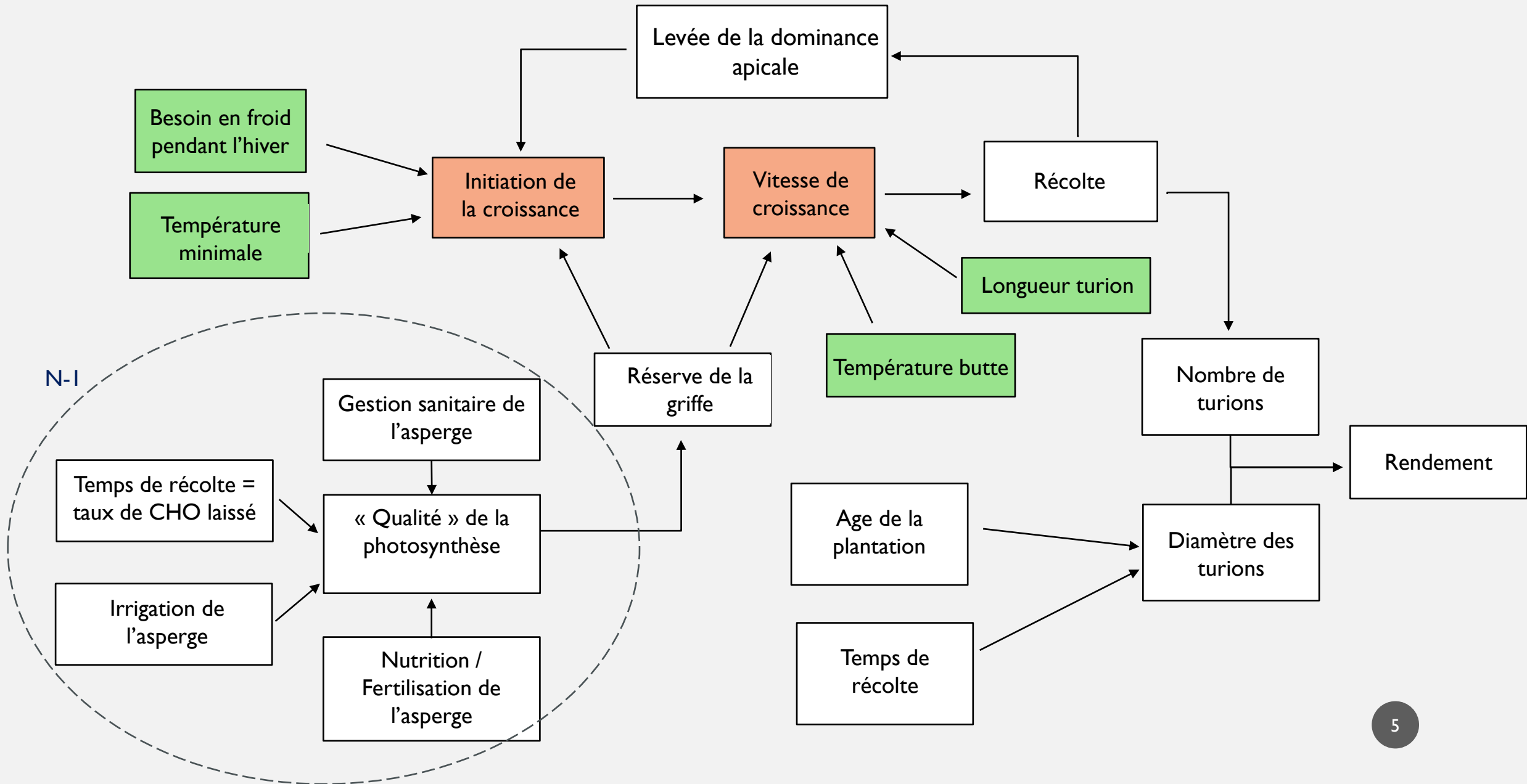
Le début de récolte

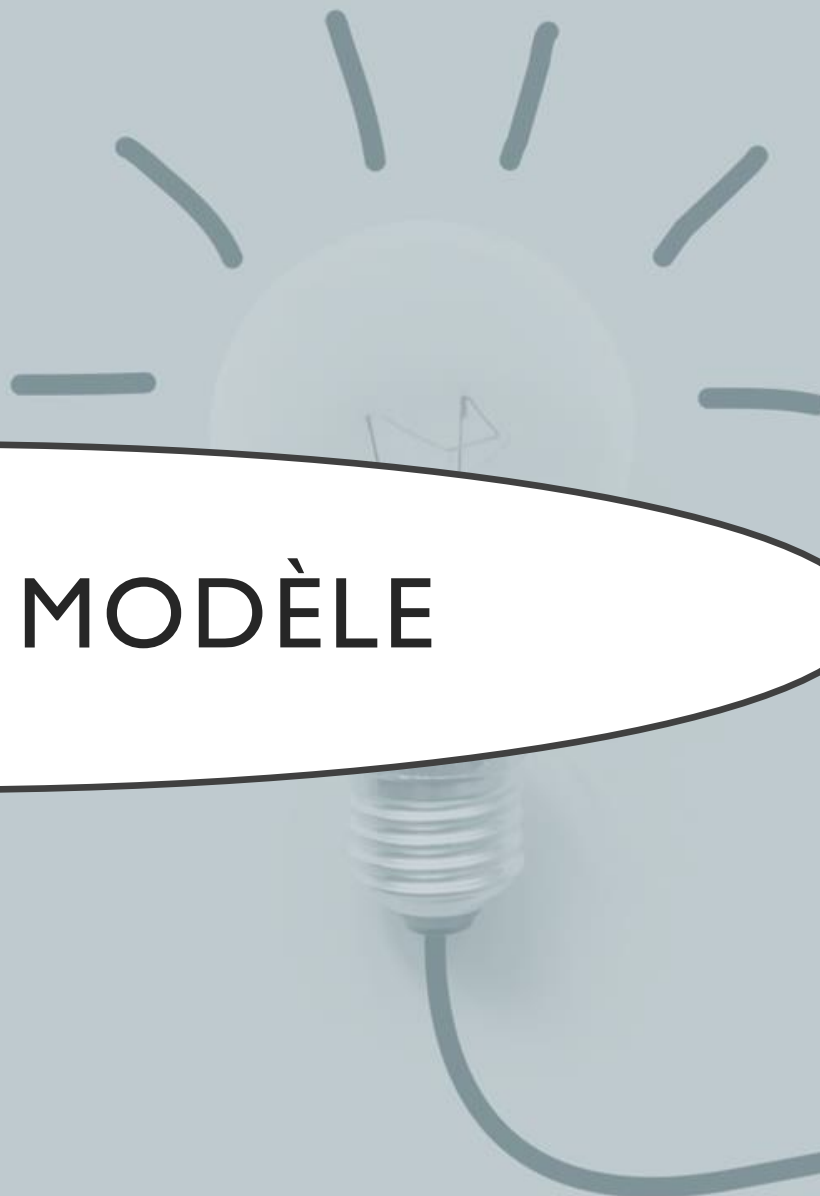


L'initiation des turions



LES VARIABLES BIOLOGIQUES





DESIGN DU MODÈLE

METHODE

Modèle en 3 grandes étapes:

- I - Transformation de la température de l'air en température de l'air sous baches plastiques : facultatif



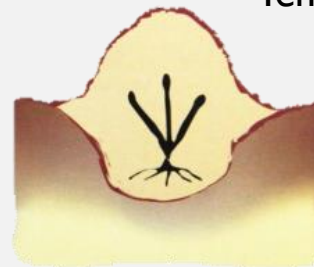
Température de l'air à 2m



Température de l'air sous le plastique

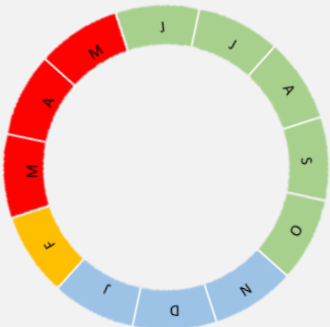
De février à juillet (calibration Nouvelle – Aquitaine)

- II - Transformation de la température de l'air en température du sol à plusieurs profondeurs



Température de l'air (sous plastique ou non)

Température du sol (à 10cm en hiver, 20cm dès février)



- III- Etape de la phénologie de l'asperge



I-UTILISATION DE PLASTIQUE

Transformation de la température de l'air à 2m en température de l'air sous le plastique (profondeur 0cm).

Utilisation de données de température sous un plastique Noir/blanc 200µm



Pas de précision retournement de plastique.
Approximation.

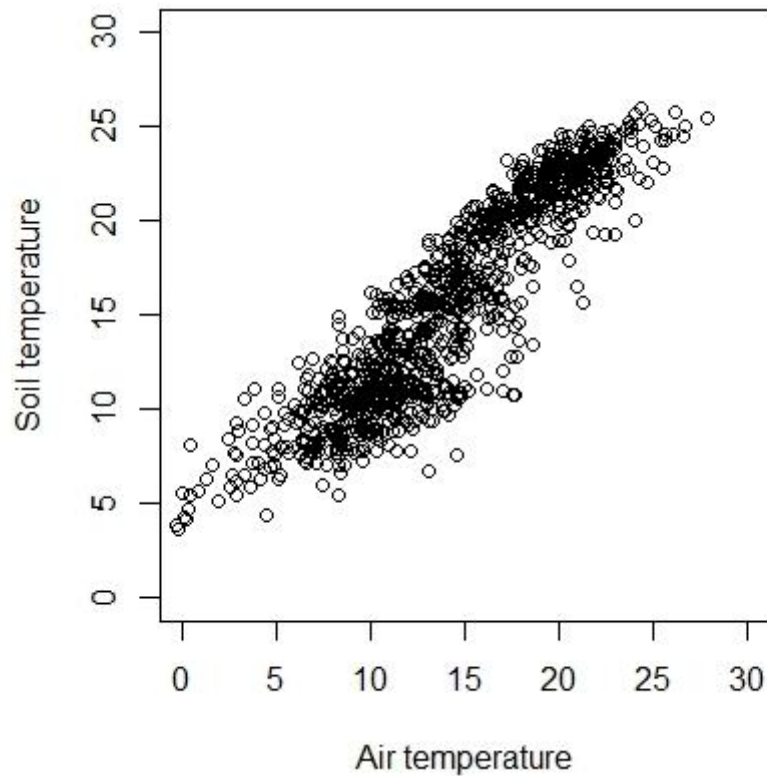
Simple régression :

$$A_p = 1.1 * A + 5.5$$

P-value <0.001 ***

II-TEMPÉRATURE DE L'AIR ET DU SOL

Températures observées à 10cm



Températures observées à 50cm

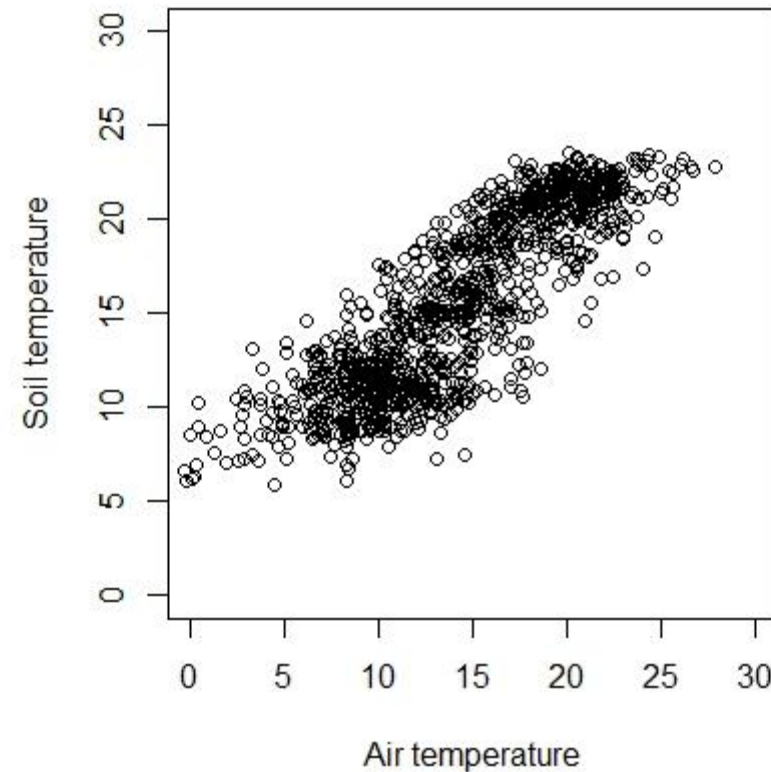


Figure 1 : Températures observées aux profondeurs 10cm et 50cm, station INRAE Saint-Martin de Hinx. L'échantillon à 1111 observations par variable (température journalière, température aux profondeurs 10cm et 50cm). Les valeurs sont collectées du 01/11/2018 au 22/11/2021.

TRANSFORMATION DE LA TEMPERATURE DE L'AIR EN TEMPERATURE DE SOL

Moyenne de la température de l'air sur un nombre de jour (nbmean) en fonction de la profondeur.

1) $nbmean = 0.225 * depth + 7.75$

2) $minTs = 0.05 * depth + 2.5$

3) $maxTs = -0.05 * depth + 26.5$

4) $b = 0.000625 * depth + 0.21955$

5) $Lb=13.1$

Sigmoïdale représentant la température du sol:

$$Ts = minTs + \frac{(maxTs - minTs)}{1 + e^{-b*(Tef-lb)}}$$

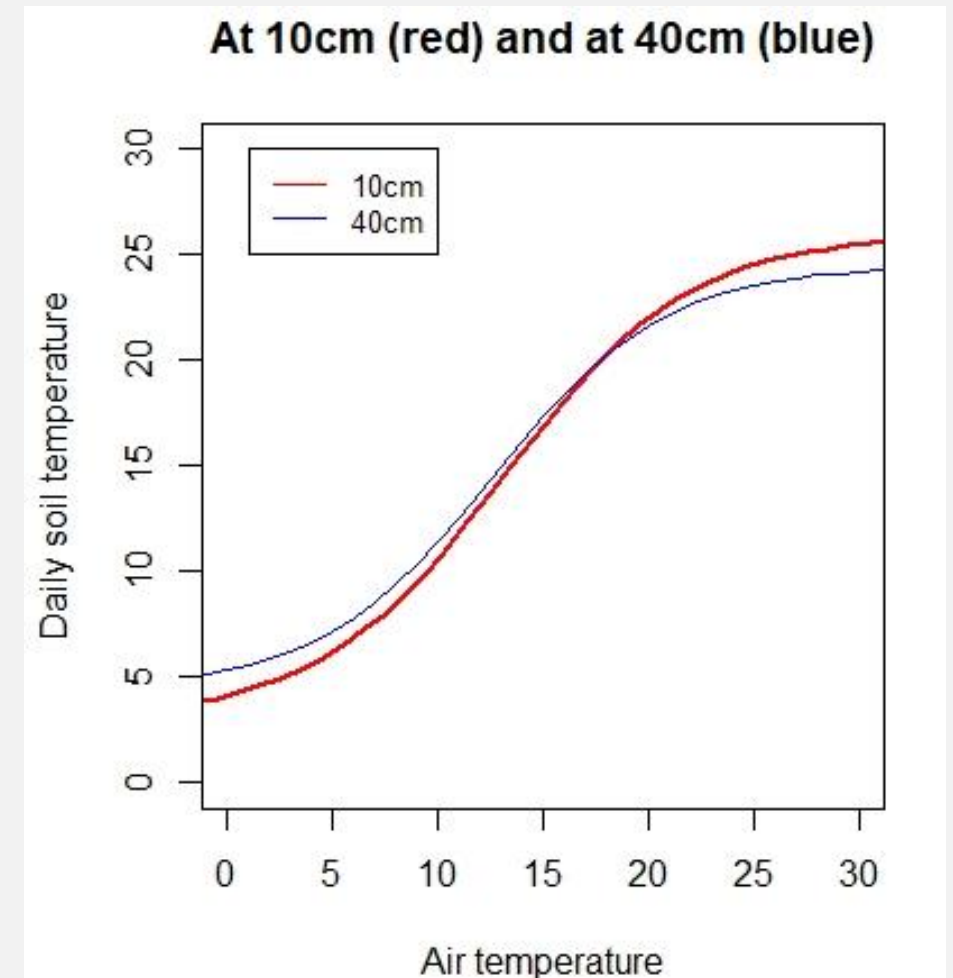


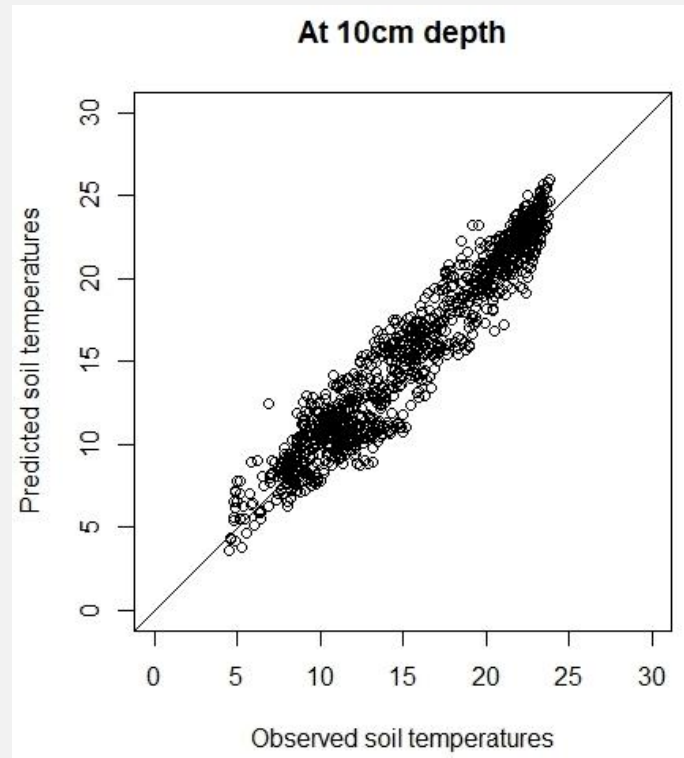
Figure 2 :Simulation des températures de sol à 10 et 40cm. Nbmean = 10 à 10cm et Nbmean= 17 at 40cm

PARAMÉTRISATION

Station INRAE de Saint_Martin de Hinx

Valeurs observées = Températures air à 2m, températures sol à 10cm et 50cm

SSE = 2382.87
Erreur moyenne = 1.17°C
Sd=0,87



SSE = 1228.68
Erreur moyenne = 0.81°C
Sd = 0,67

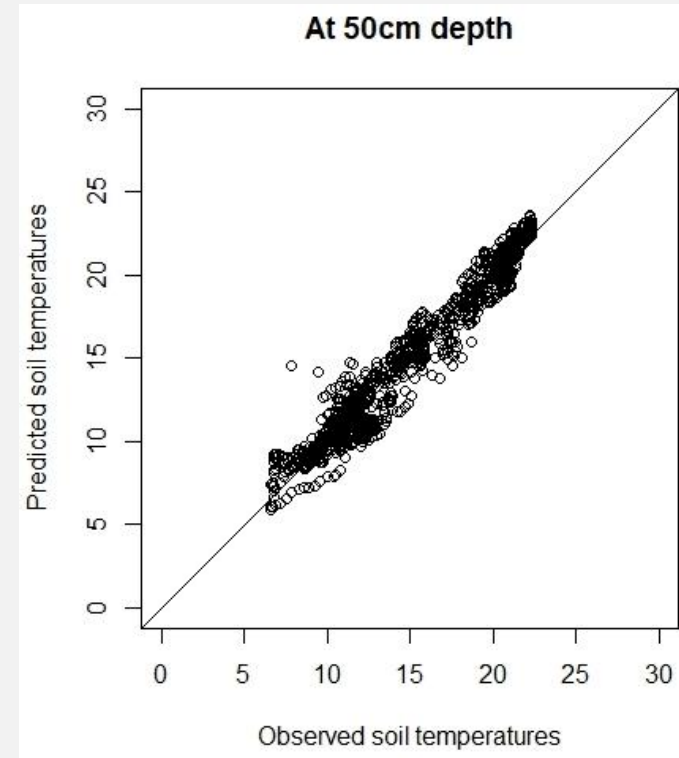
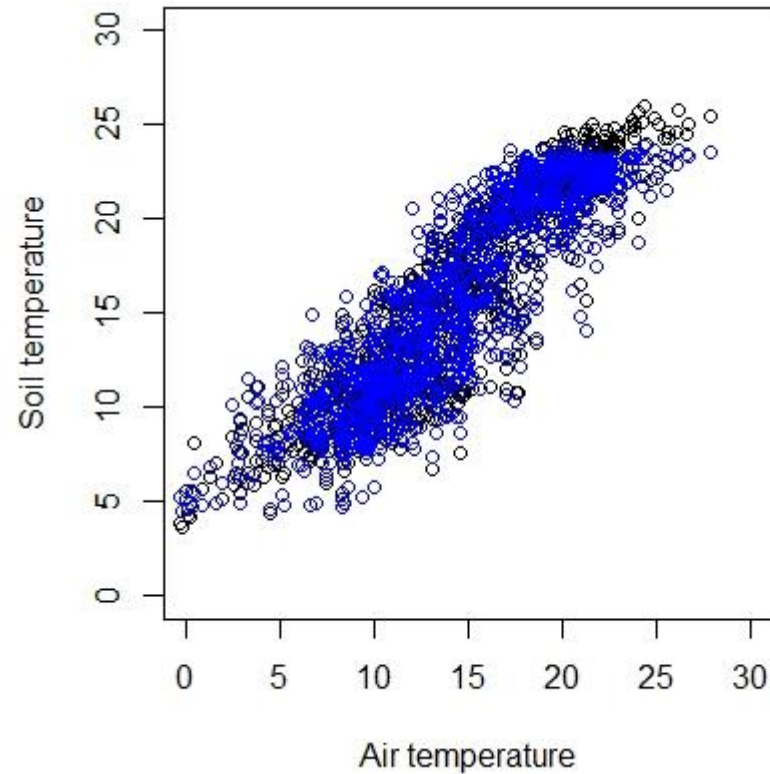


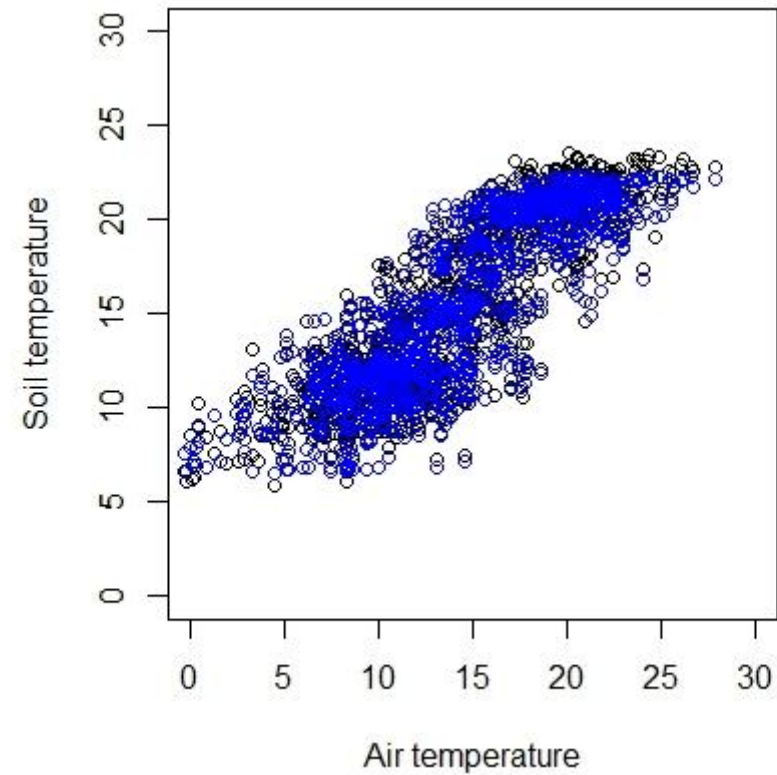
Figure 3 : Comparaison entre les températures de sol prédites et les températures observées, au profondeur 10cm et 50cm. L'échantillon à 1111 observations par variable (température journalière, température aux profondeurs 10cm et 50cm). Les valeurs sont collectées du 01/11/2018 au 22/11/2021.

TEMPÉRATURE DE L'AIR ET DU SOL

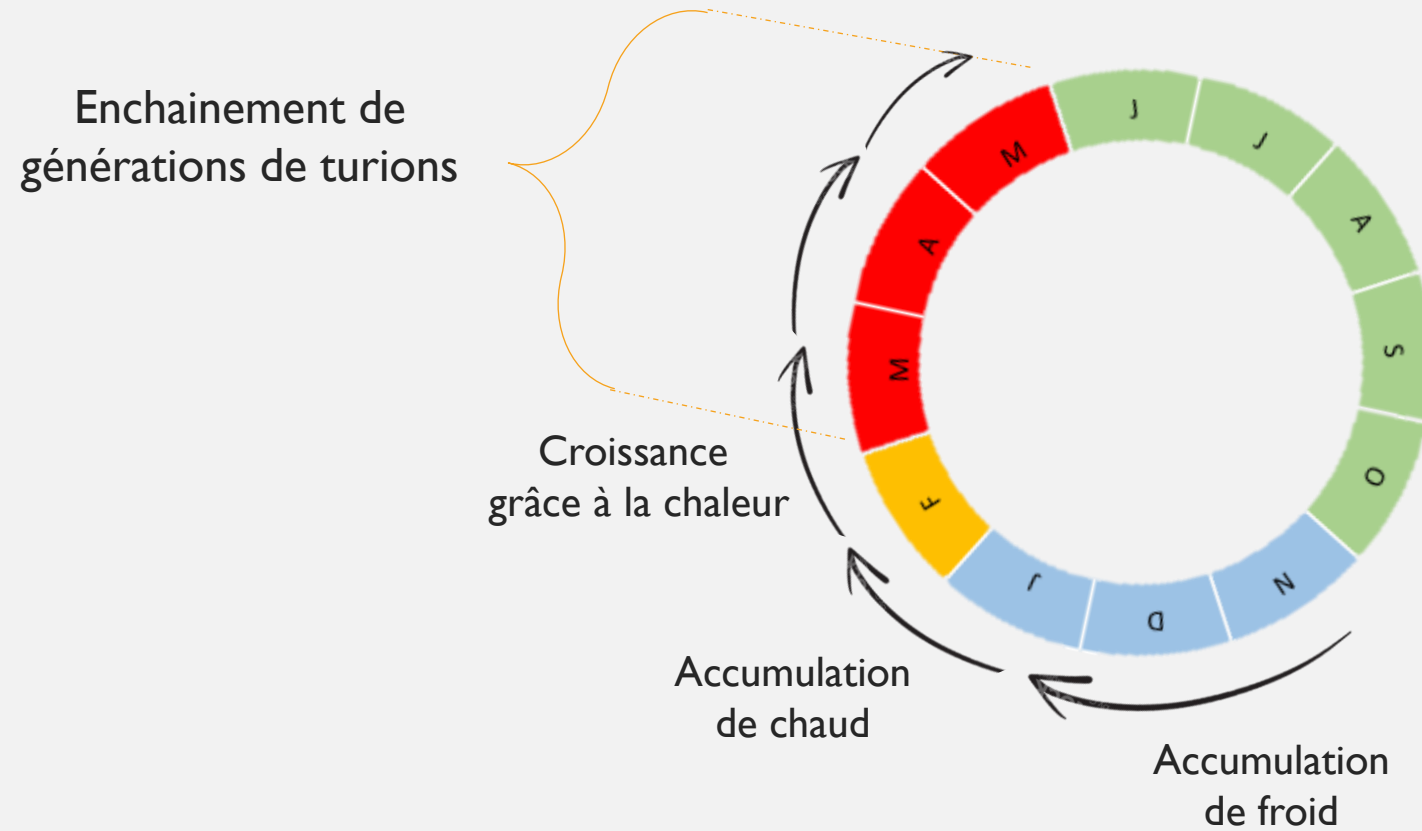
Températures observées à 10cm



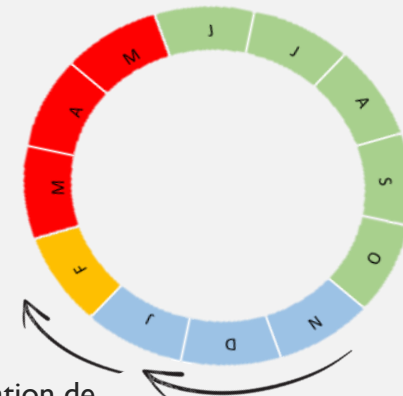
Températures observées à 50cm



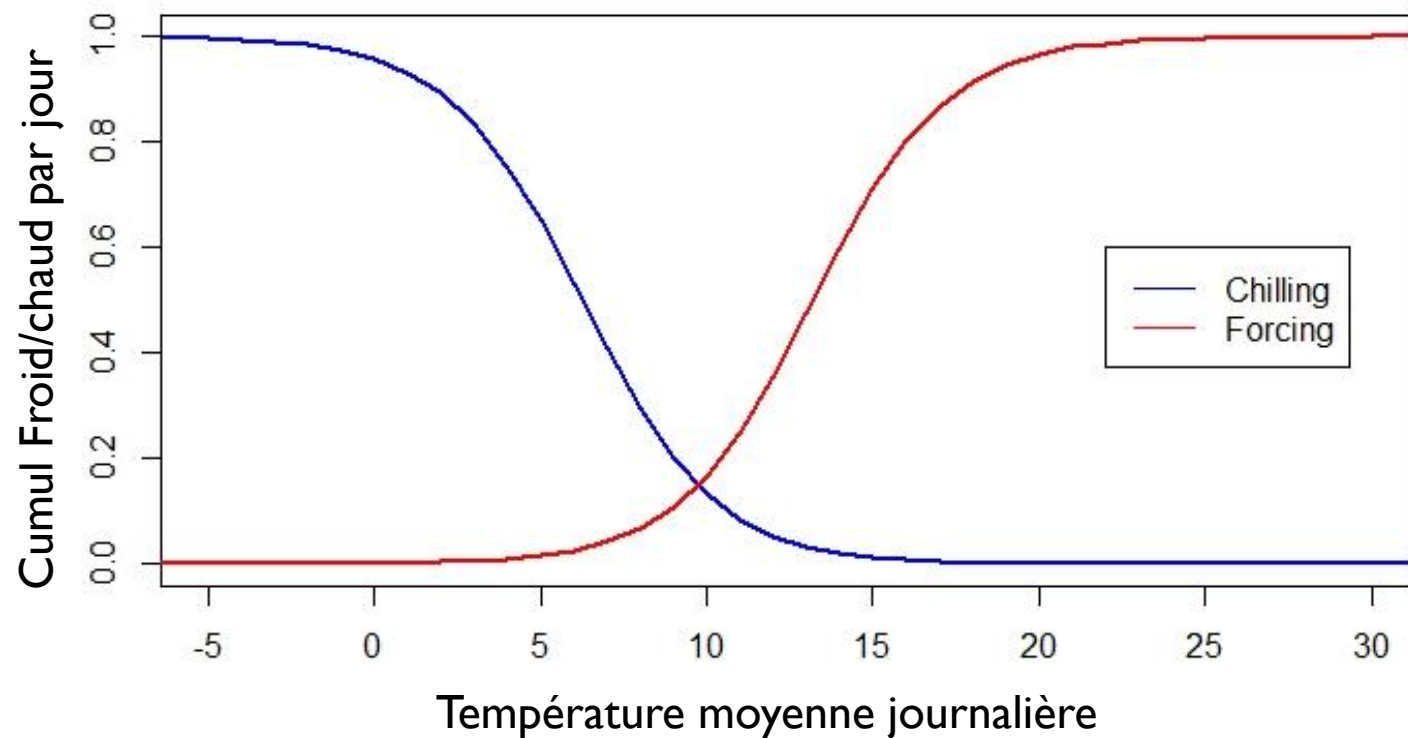
III-CYCLE DES PHÉNOMÈNES PHYSIOLOGIQUES



ACCUMULATION DE FROID PUIS DE CHAUD



Courbes d'accumulation de froid et de chaud



Source : Courbes réalisées par D. Bevacqua et M. Renaud

Accumulation de “point” chaque jour.

Hypothèses des paramètres en concordance avec la littérature scientifique.

Les points de froid sont ajoutés au fil des jours jusqu’à une valeur critique = l’accumulation de froid est satisfaite. PUIS les points de chaud sont ajoutés au fil des jours jusqu’à une autre valeur critique = l’accumulation de chaud est satisfaite

→ Initiation des turions !

DEUX VALEURS CRITIQUES



Une valeur critique pour satisfaire le besoin en froid : un nombre de point de froid à atteindre.

Puis valeur critique pour satisfaire le besoin en chaud : un nombre de point de chaud à atteindre.

Deux valeurs inconnues



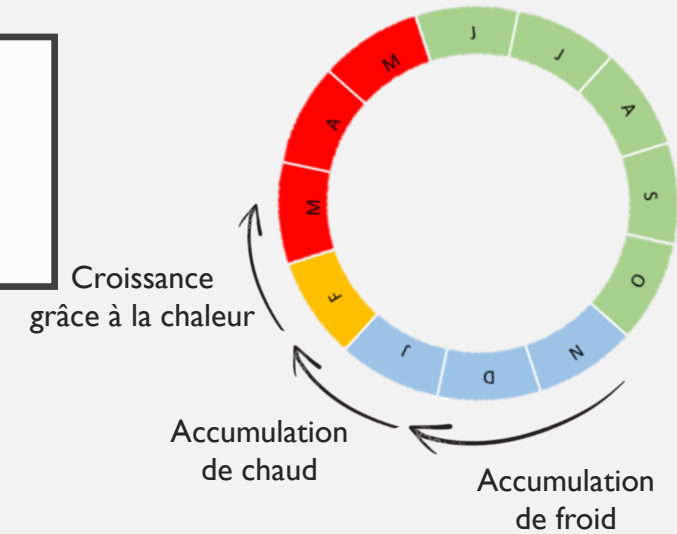
Ces valeurs sont optimisées par le modèle pour que nos résultats soit en adéquation avec les données rendements des adhérents asperges de France :

Point de froid : $C^*=8.72$

Point de chaud : $F^*=51.52$

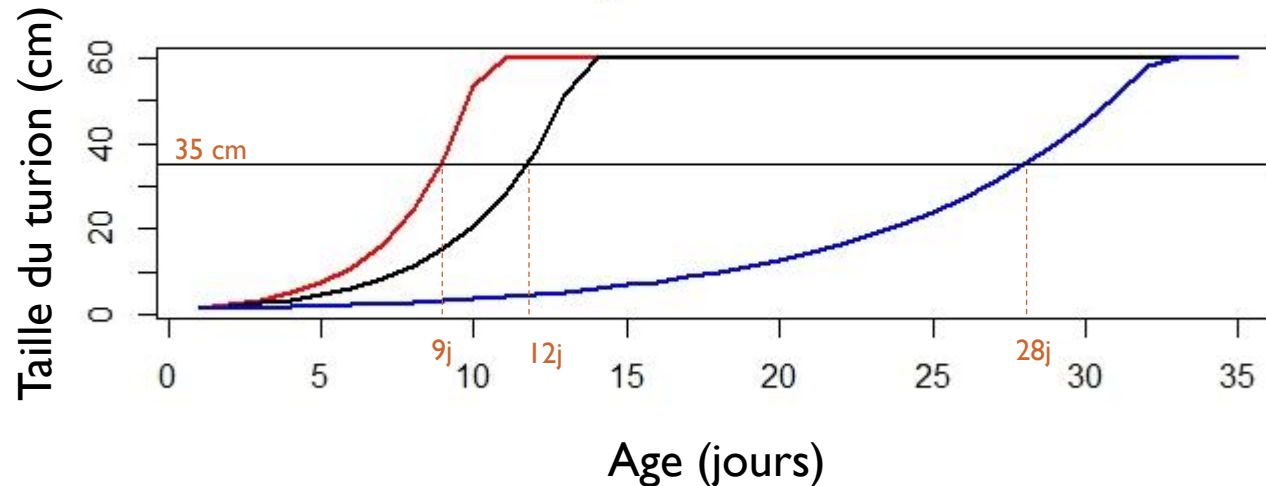
Ces valeurs pourront être évaluées de manière expérimentale dans le futur.

LA CROISSANCE DU TURION



Taille du turion en fonction de son âge et de la température

Température : 30°C, 20°C, 10°C



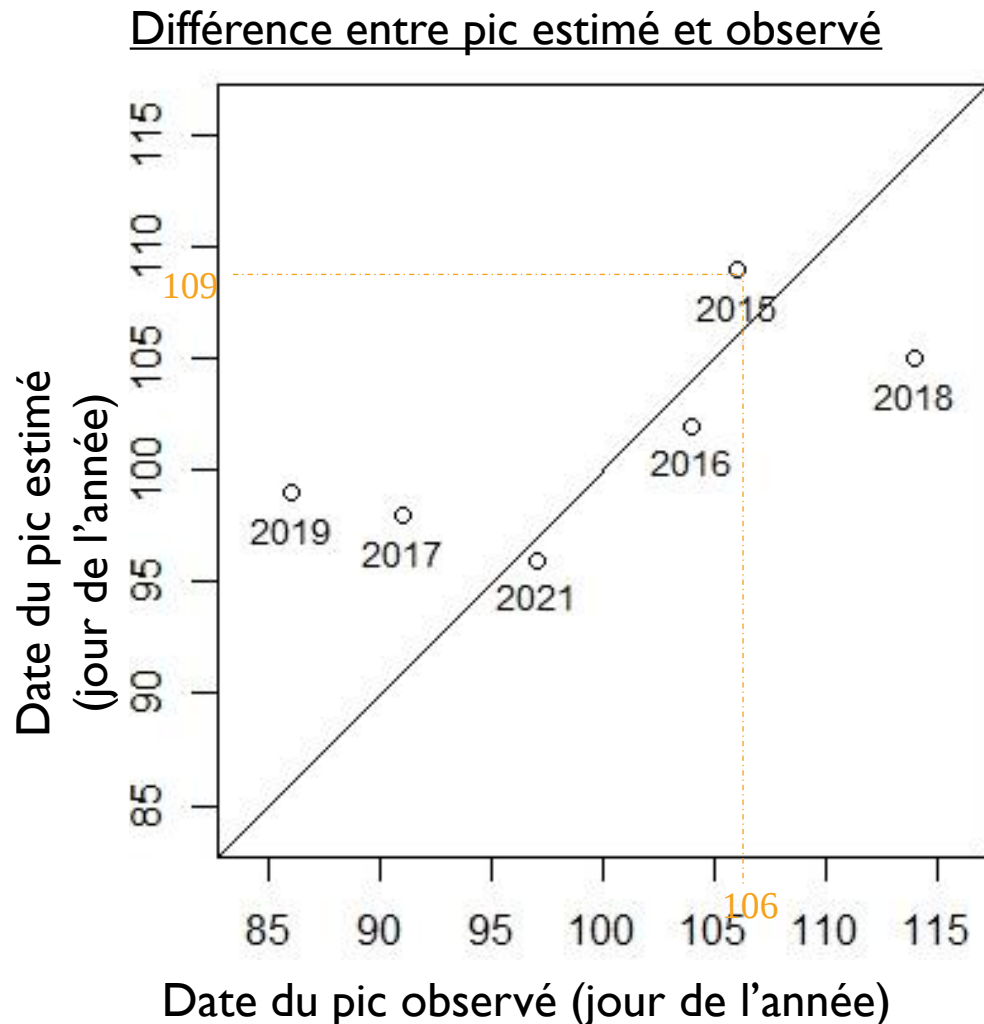
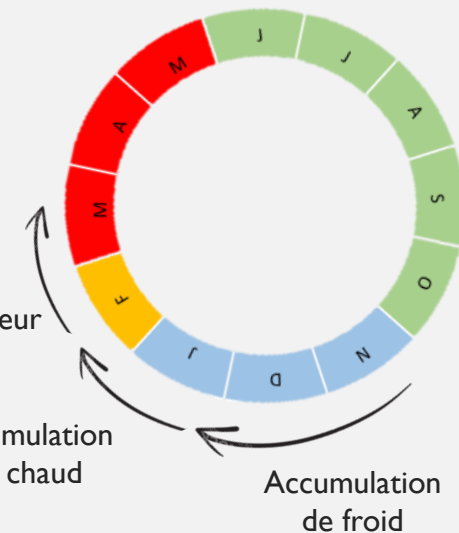
La croissance du turion est en fonction de la température et de la longueur de celui-ci.

Plus la température est élevée et plus le turion est grand : plus la croissance sera rapide.

Selon notre simulation, à 30°C constant, un turion mettra 9 jours pour atteindre 35cm, soit la taille moyenne des asperges blanches à la récolte. Il mettra 12 jours à 20°C et 28 jours à 10°C.

Source : Courbe réalisée par D. Bevacqua et M. Renaud

CE QUE L'ON PEUT FAIRE AUJOURD'HUI



Simulation des dates de chaque étape pour un turion moyen

Pour l'instant, l'arrivée à 35cm de ce turion est imaginée être le premier pic de production. On optimise les valeurs critiques pour rapprocher le pic estimé et le pic observé.

Figure 6 : Comparaison entre le pic de récolte prévu et observé en jour de l'année en Nouvelle Aquitaine. L'erreur moyenne est de **5,83 jours**, l'erreur maximale est de 13 jours (2019) et l'erreur minimale est de 1 jour (2021)

CARTES CLIMAT SOUS 2 SCÉNARIOS

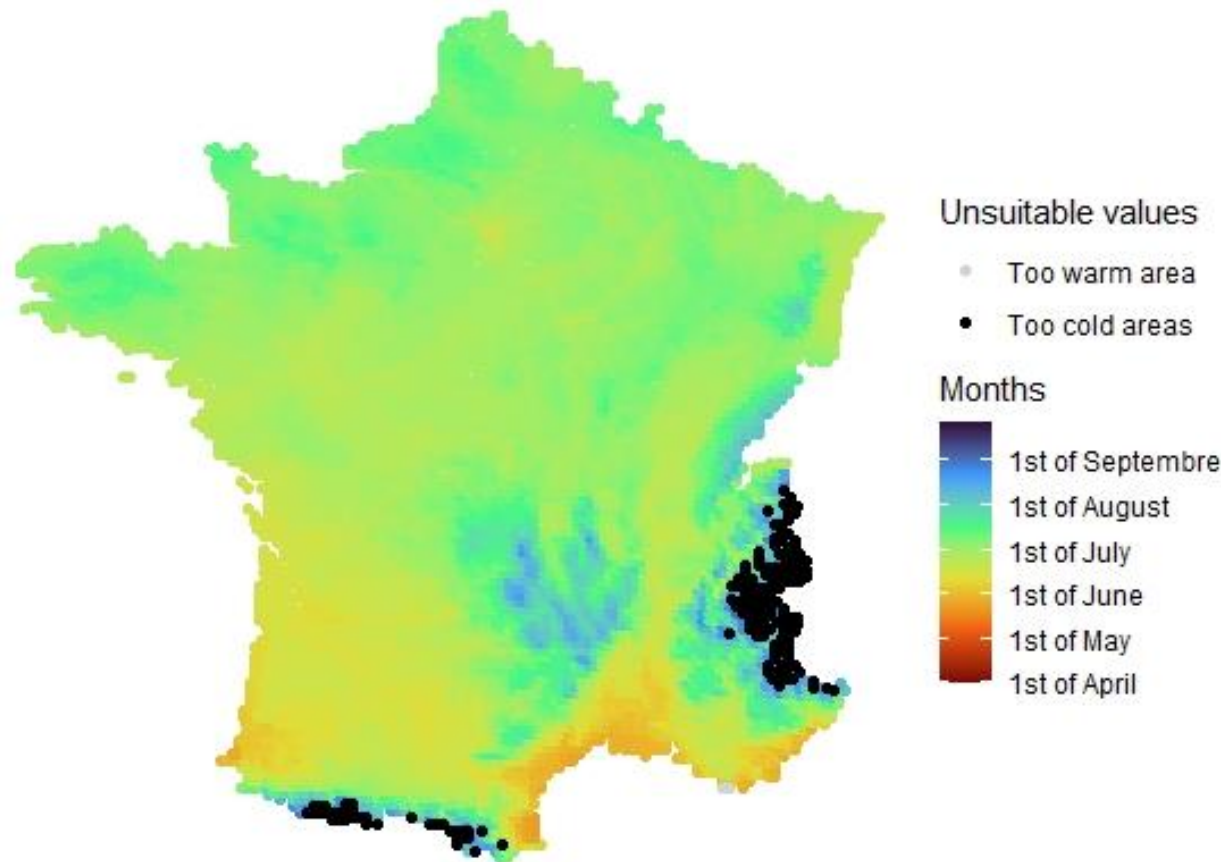
Les émissions
actuelles suivent
RCP 8.5

Effort to curb emissions	Energy generation	New technology	Transport	Temperature 2081-2100 (average increase relative to 1986-2005)	Sea level 2081-2100 (average rise relative to 1986-2005)	Extreme weather 2081-2100	Adaptation required
Low	Coal-fired power		Cars, trucks	RCP 8.5 3.7 °C	0.63 m	Large increase	High level at high cost
Medium	Mix		Mix	RCP 6.0 2.2 °C	0.48 m	Moderate increase	Medium level at medium cost
Medium	Renewable		Mix	RCP 4.5 1.8 °C	0.47 m	Moderate increase	Medium level at medium cost
High	Renewable	Emissions capture	Bicycles, public transport	RCP 2.6 1.0 °C	0.4 m	Small increase	Low level at low cost

2°C est le seuil
reconnu de
dangerosité du
changement
climatique

HISTORIQUE

Dates des pics de production des aspergeraies, moyenne sur la période 2011-2020. Sans plastique.

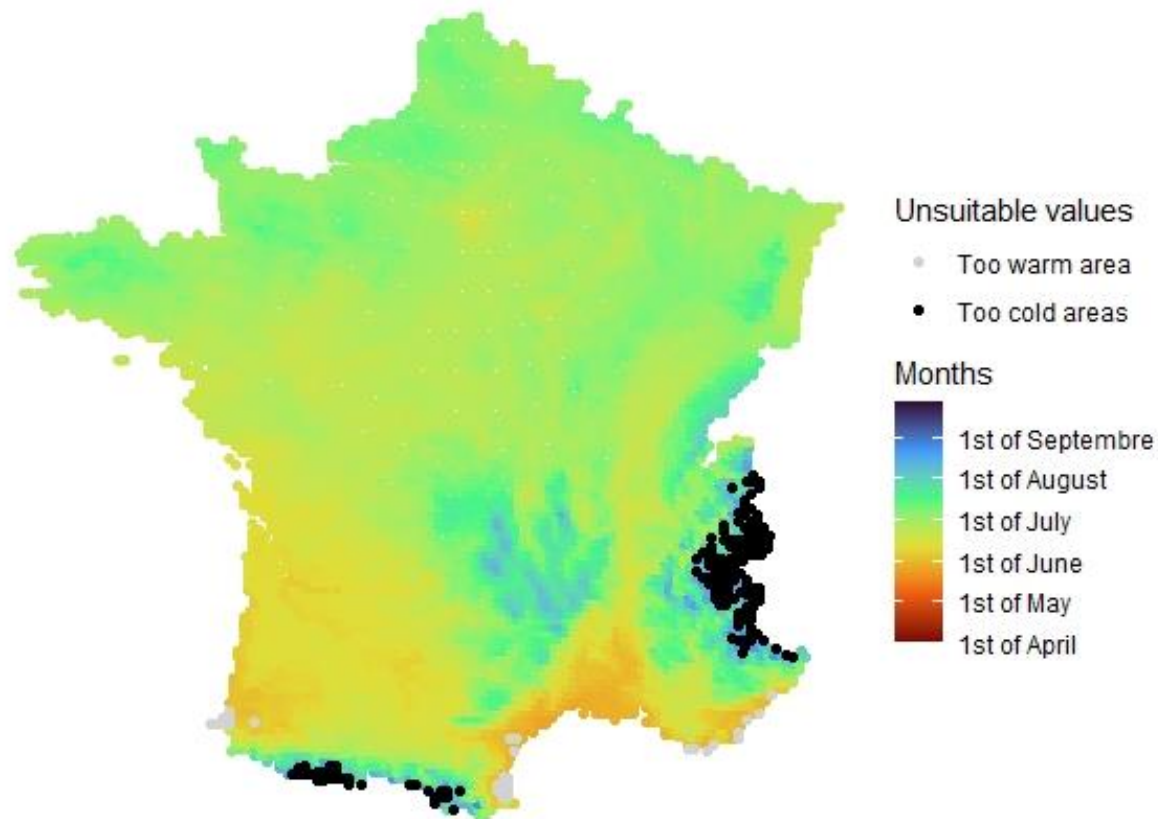


- Pas d'utilisation de plastique pour les cartes de France à cause des dates de poses différentes.
- 2 scenarios climat
- Points blanc = sortie de l'endo-dormance impossible, pas assez de froid.
- Points noir = sortie de l'eco-dormance impossible, pas assez de chaleur.

FUTURE PROCHE 2041-2050

RCP4.5

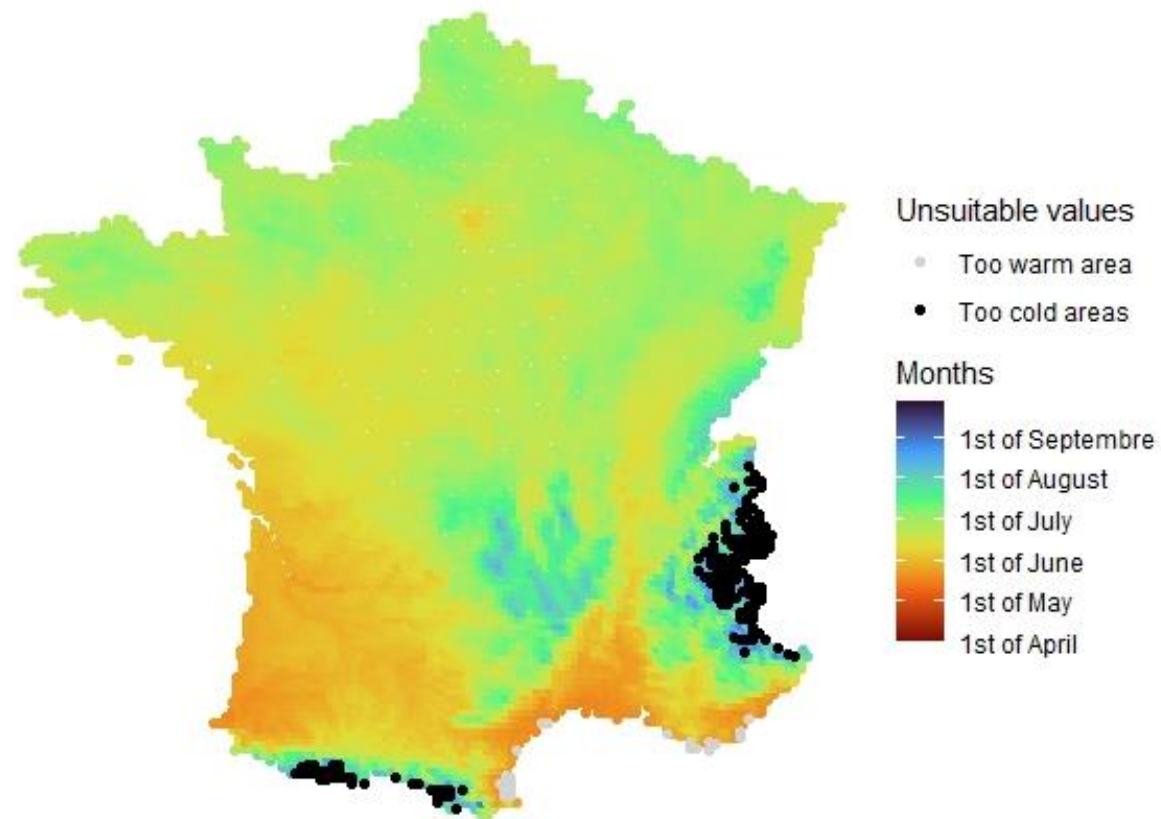
Asparagus harvest peak dates to be expected in the period 2041-2050, no plastic cover, using Rcp4.5



Différence moyenne avec l'historique = 3.67 j (sd = 1,50)
Point blanc NA, méditerranée

RCP8.5

Asparagus harvest peak dates to be expected in the period 2041-2050, no plastic cover, using Rcp8.5

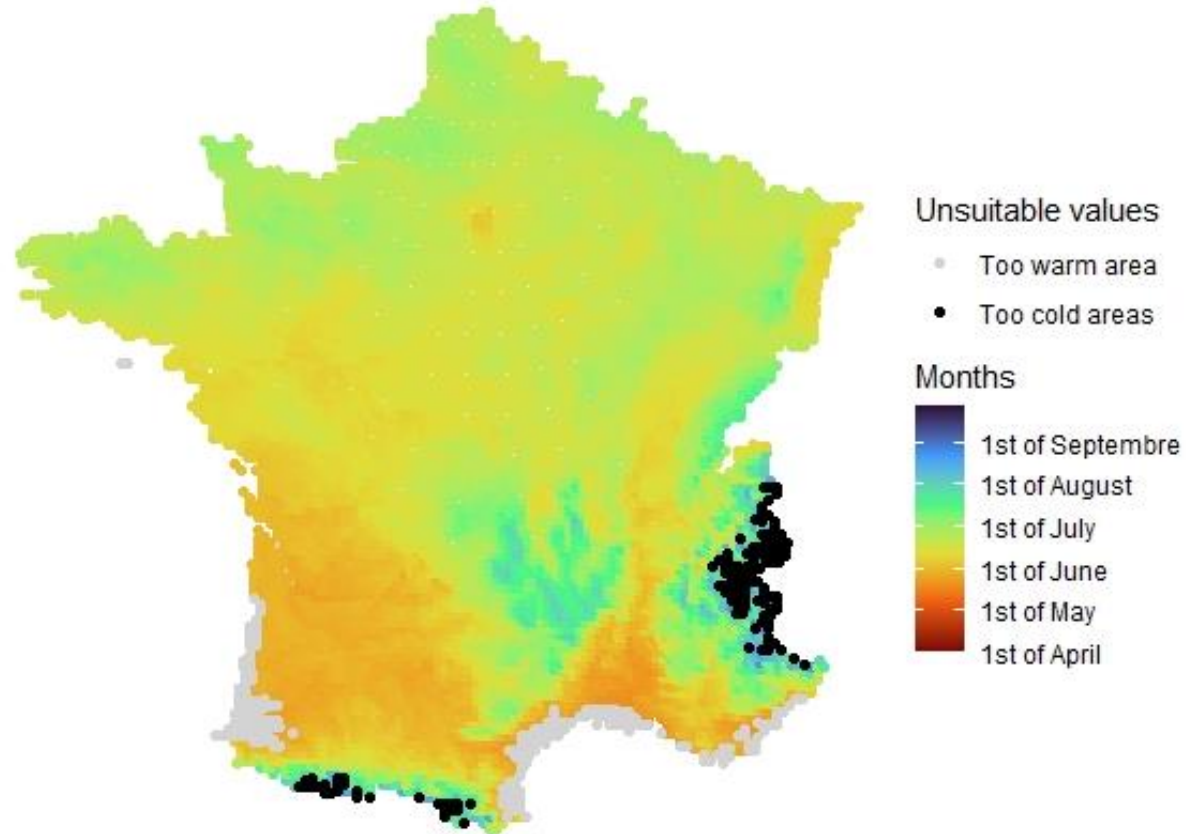


Différence moyenne avec l'historique = 10.20 j (sd = 3.45)
Pas de point blanc en Nouvelle Aquitaine

FUTURE LOINTAIN 2091-2100

RCP4.5

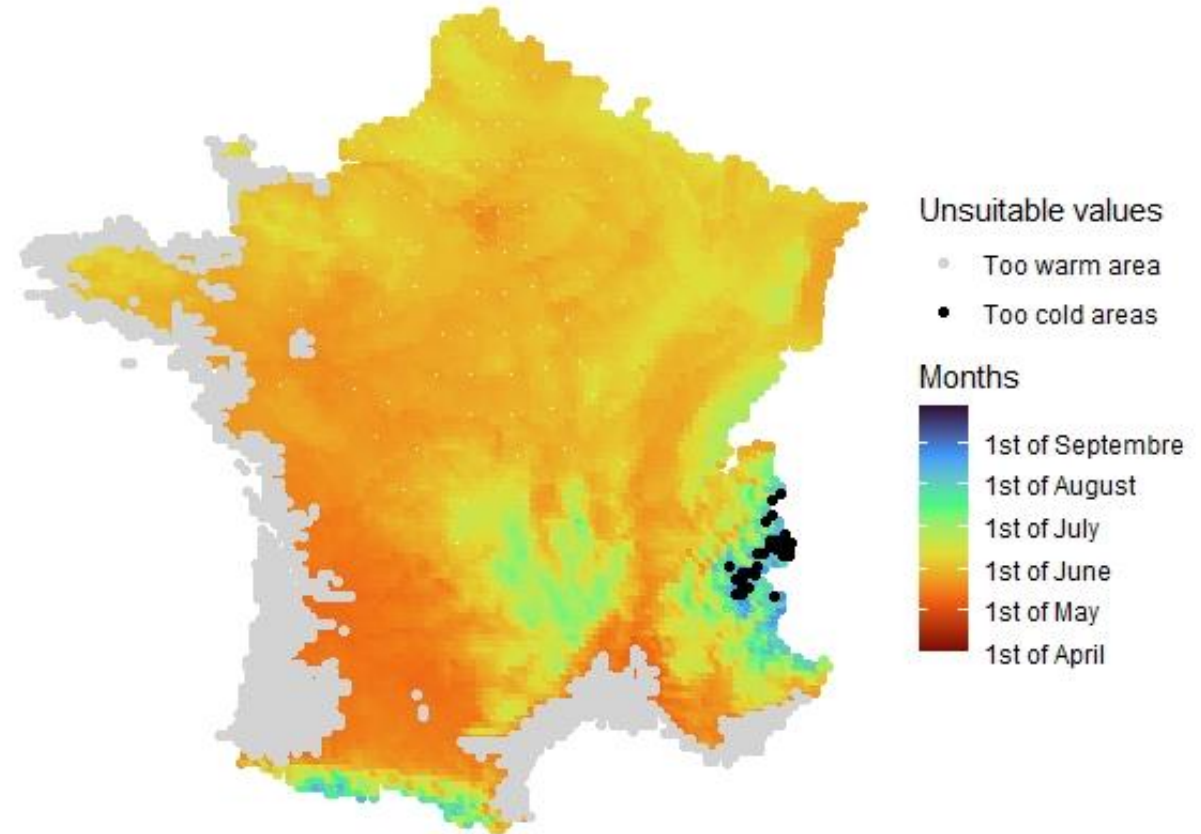
Asparagus harvest peak dates to be expected in the period 2091-2100, no plastic cover, using Rcp4.5



Différence moyenne avec l'historique = 14.98 j (sd =2.62).
Point blanc côtes NA, méditerranée

RCP8.5

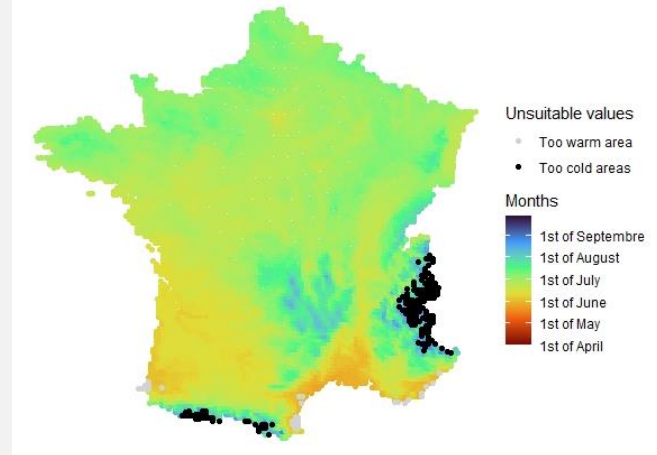
Asparagus harvest peak dates to be expected in the period 2091-2100, no plastic cover, using Rcp8.5



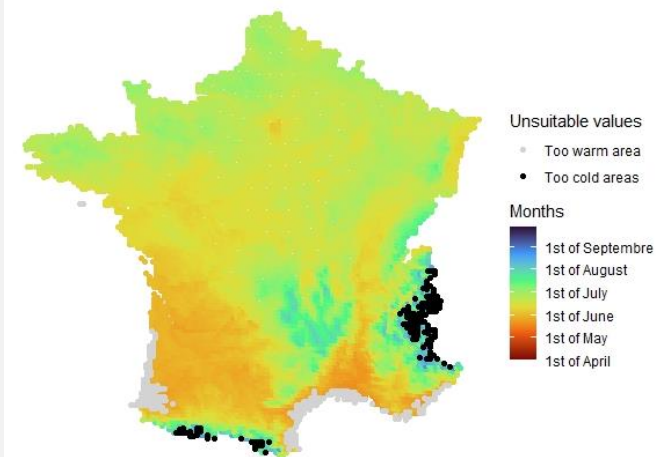
Différence moyenne avec l'historique = 33.98 j (sd=3.75).
Point blanc cotes jusqu'à la Normandie + à l'intérieur des terres

RCP4.5

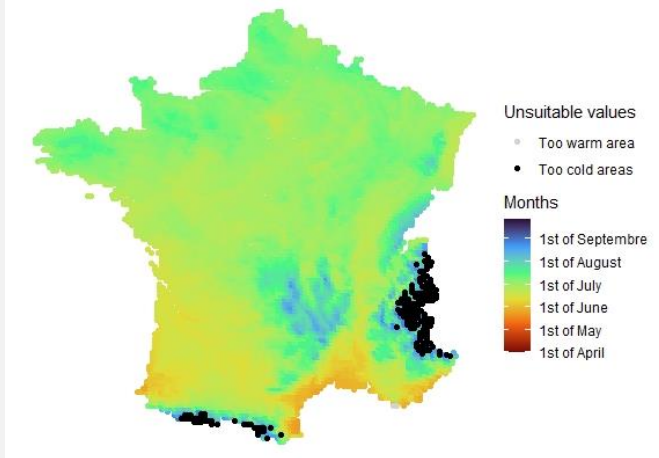
Asparagus harvest peak dates to be expected in the period 2041-2050, no plastic cover, using Rcp4.5



Asparagus harvest peak dates to be expected in the period 2091-2100, no plastic cover, using Rcp4.5

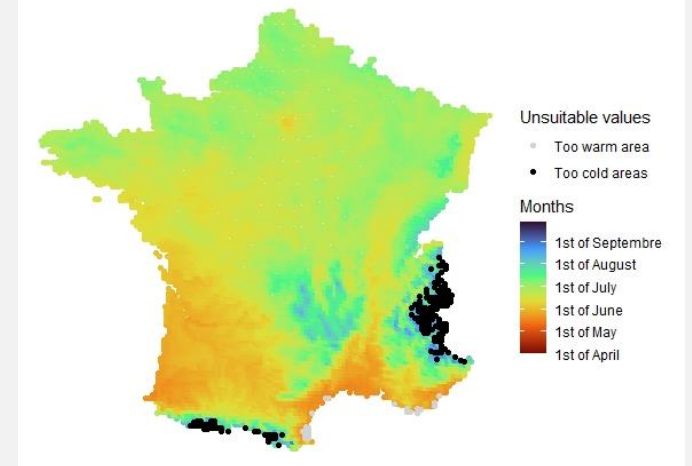


Asparagus harvest peak dates to be expected in the period 2011-2020, no plastic cover, using Rcp4.5

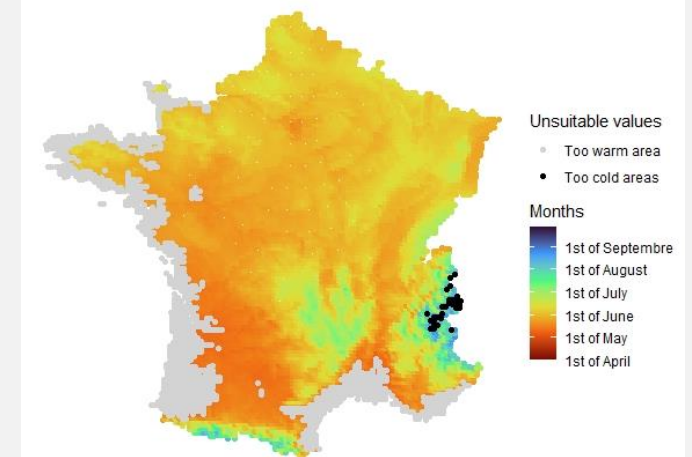


RCP8.5

Asparagus harvest peak dates to be expected in the period 2041-2050, no plastic cover, using Rcp8.5



Asparagus harvest peak dates to be expected in the period 2091-2100, no plastic cover, using Rcp8.5



Leviers possibles :

-Variétés.

Utilisation de variété
ayant besoin de peu de
froid

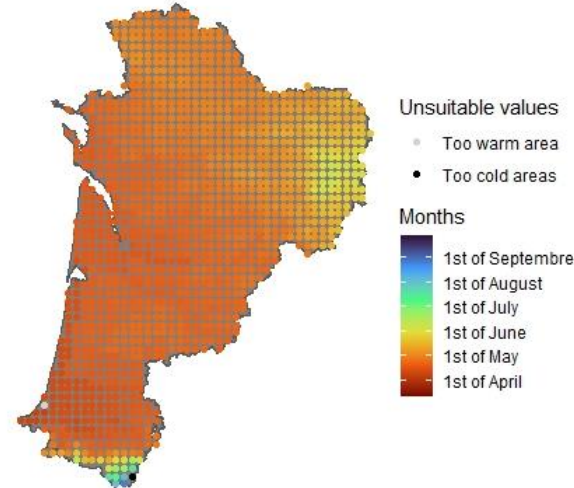
-Serres

Entrer en dormance par
l'arrêt d'irrigation
Possible que sur de
petites surfaces

ZOOM SUR LA NOUVELLE AQUITAINE

De nombreuses cellules sans
rupture d'endo-dormance (qui ne
le sont pas sans plastique).
→ Adapter la date de buttage et
des bâches plastiques

Asparagus harvest peak dates to be expected in the period 2011-2020,
using cover and Rcp4.5

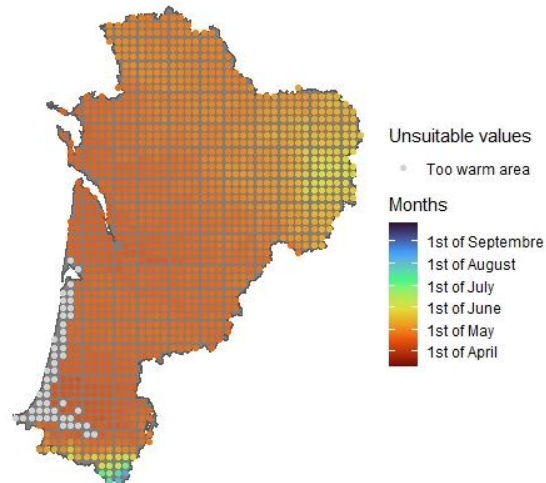


RCP4.5

Pose de plastique au 1er février

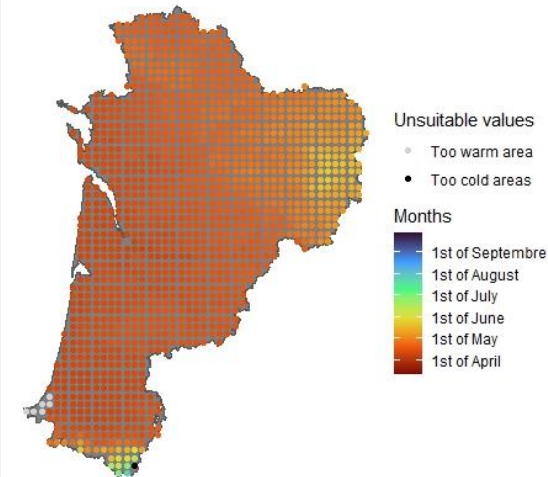
RCP8.5

Asparagus harvest peak dates to be expected in the period 2041-2050,
using cover and Rcp4.5



0.44 jours **plus tard** (en moyenne, sd=1.62)

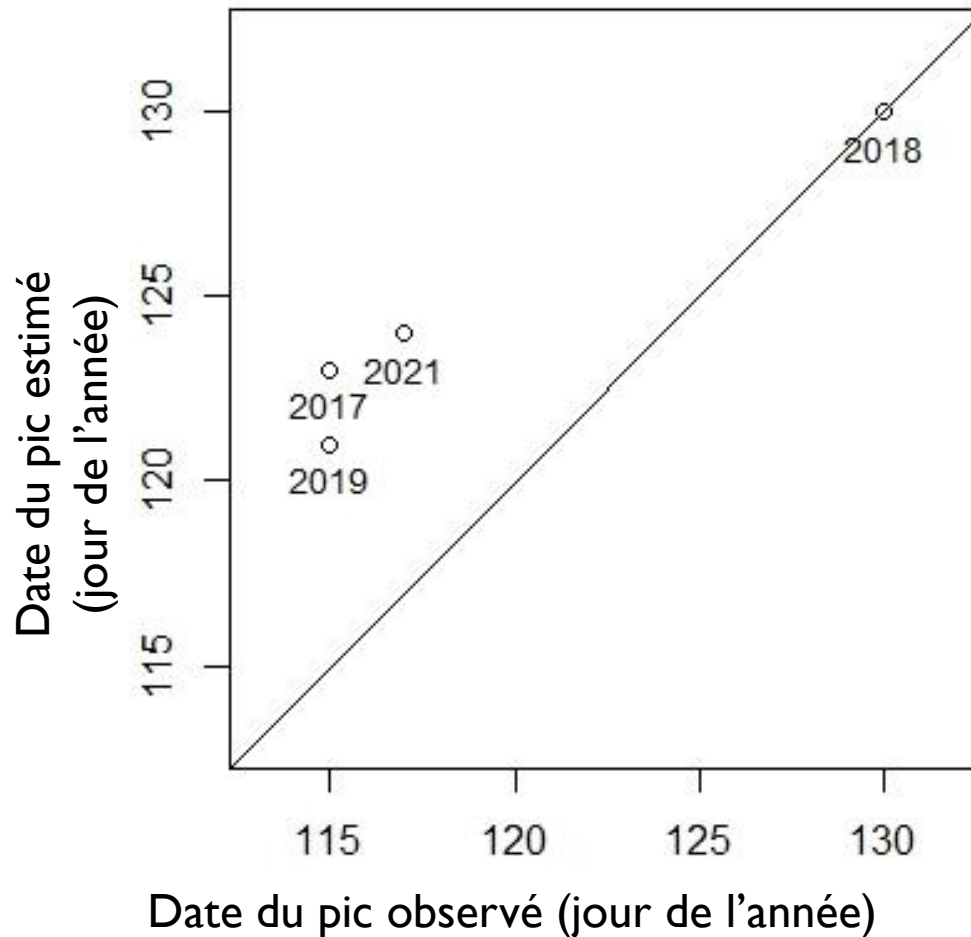
Asparagus harvest peak dates to be expected in the period 2041-2050,
using cover and Rcp8.5



7.74 jours **plus tôt** (sd=2.68)

PAYS DE LA LOIRE

Différence entre pic estimé et observé



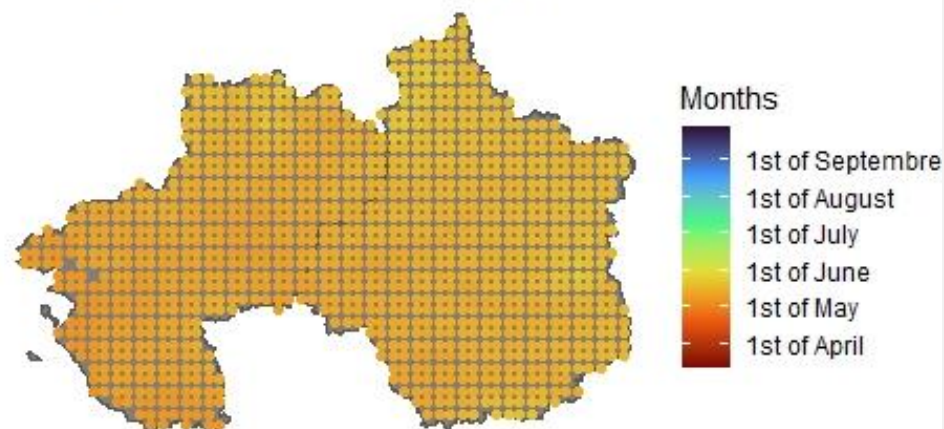
Pose plastique N/B le 1 mars

On estime toujours le pic trop tard

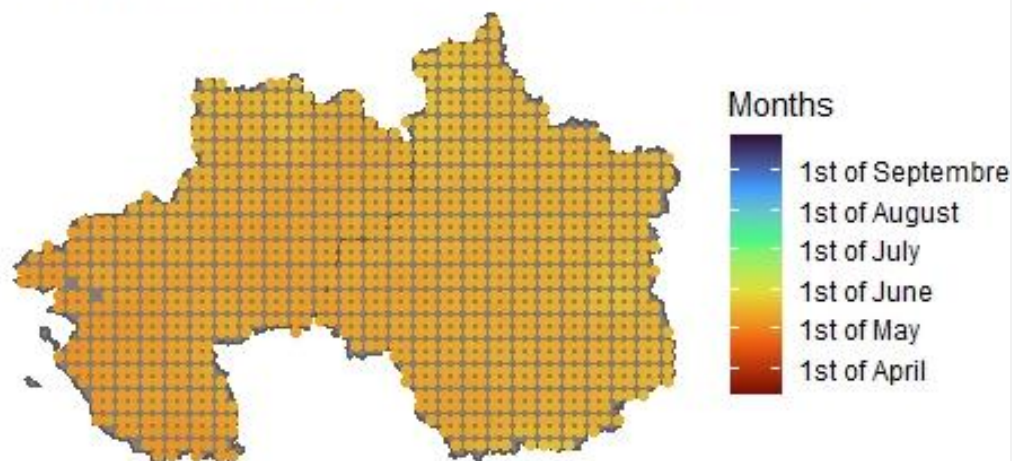
Erreur moyenne de 5,25j (min=0j, max=8j)

PAYS DE LA LOIRE ET CENTRE VAL DE LOIRE

Asparagus harvest peak dates to be expected
in the period 2011-2020, using cover and Rcp4.5

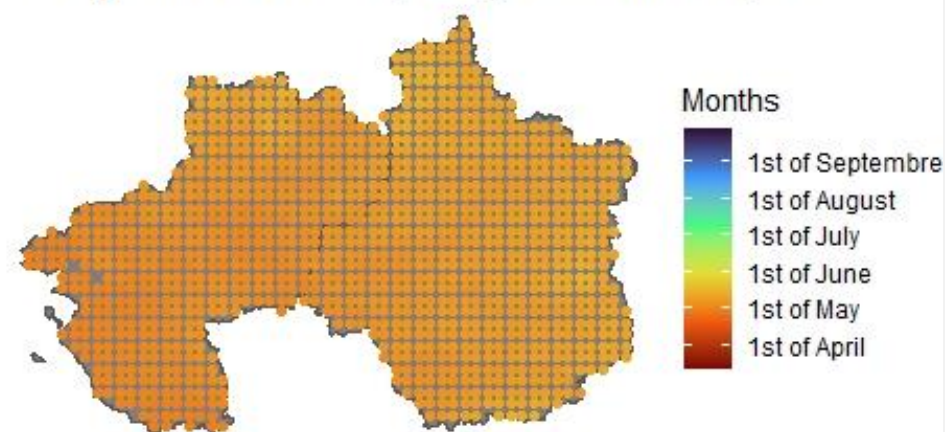


Asparagus harvest peak dates to be expected
in the period 2041-2050, using cover and Rcp4.5



1.55 jour en moyenne (sd = 0.52)

Asparagus harvest peak dates to be expected
in the period 2041-2050, using cover and Rcp8.5



7.25 jours en moyenne (sd=0.65)

DISCUSSION