

# - PHENOBLE -

## Outil idéal pour anticiper le développement d'une culture de froment

**Septembre 2021**

Présentation faite dans le cadre du lancement de la plateforme Agromet.be

Prof. Benjamin Dumont

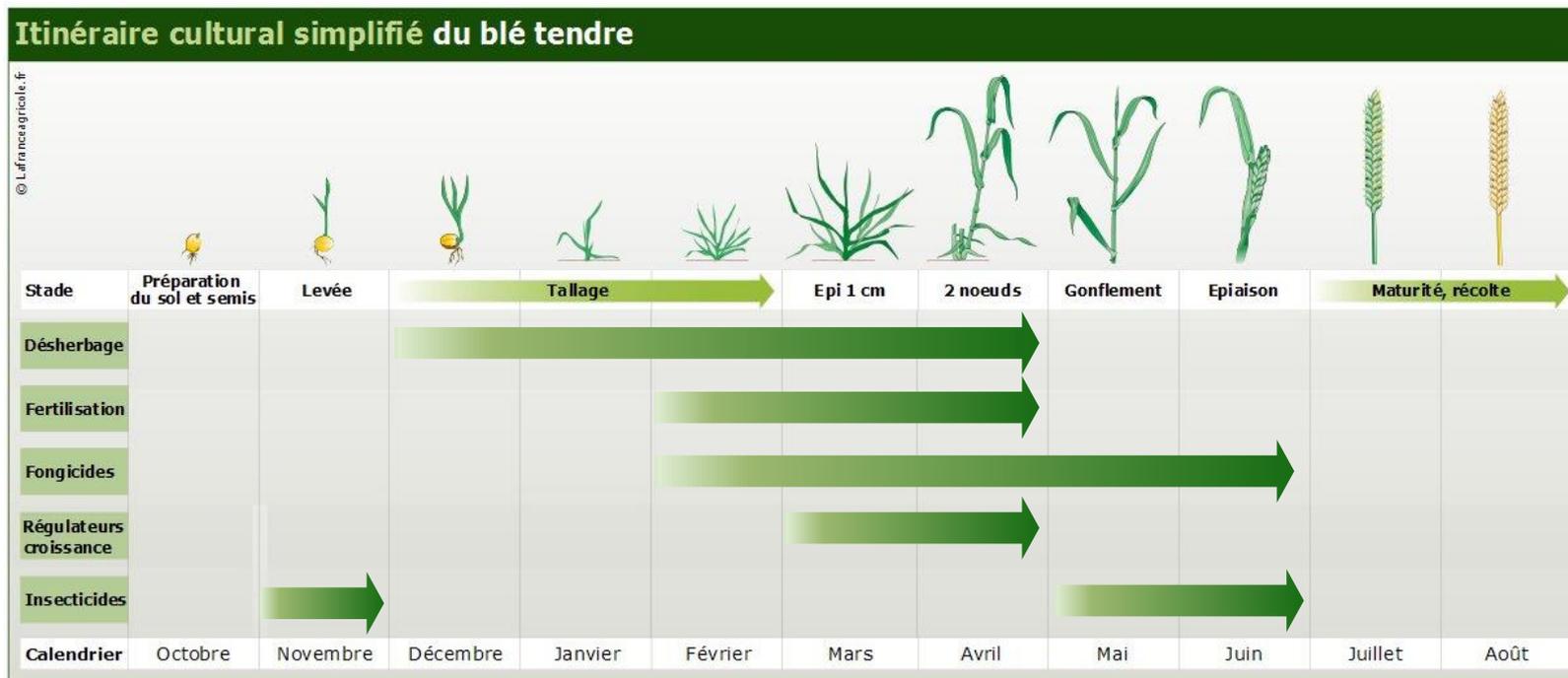
Au nom de tous les acteurs ayant contribué à développer le modèle

# Itinéraire culturel du blé d'hiver



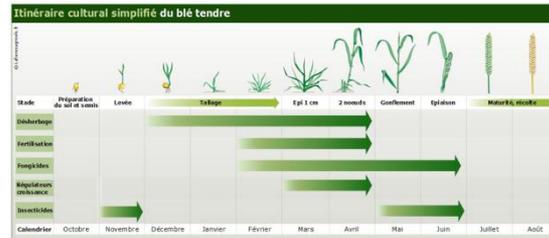
# Itinéraire culturel du blé d'hiver

- Les opérations culturales doivent être réalisées à des stades bien précis du développement



# Itinéraire culturel du blé d'hiver

- Les opérations culturales doivent être réalisées à des stades bien précis du développement
- Un besoin d'anticiper et de planifier la saison culturale !



# Le blé d'hiver, une culture simple et complexe



# Le blé d'hiver, une culture simple et complexe

- Le blé est une culture très “codifiée” dans son développement  
→ Sa croissance répond à l'accumulation d'une somme d' “*unités de développement*”



# Le blé d'hiver, une culture simple et complexe

- Le blé est une culture très “codifiée” dans son développement  
→ Sa croissance répond à l'accumulation d'une somme d' “*unités de développement*”
- Pour monter en épis, le blé doit lever une première induction  
→ Il a des *besoins en froid*; c'est *la vernalisation* !



# Le blé d'hiver, une culture simple et complexe

- Le blé est une culture très “codifiée” dans son développement  
→ Sa croissance répond à l'accumulation d'une somme d' “*unités de développement*”
- Pour monter en épis, le blé doit lever une première induction  
→ Il a des *besoins en froid*; c'est *la vernalisation* !
- Pour se développer correctement, le blé à besoin d'une certaine longueur de jour  
→ Il est *photopériodique* et est une *plante de jours longs* !



# Le blé d'hiver, une culture simple et complexe

- Le blé est une culture très “codifiée” dans son développement  
→ Sa croissance répond à l'accumulation d'une somme d' “*unités de développement*”
- Pour monter en épis, le blé doit lever une première induction  
→ Il a des *besoins en froid*; c'est *la vernalisation* !
- Pour se développer correctement, le blé à besoin d'une certaine longueur de jour  
→ Il est *photopériodique* et est une *plante de jours longs* !



“La nature est un livre écrit  
en langage mathématique”

[Galilée]



# Du champ au circuit imprimé



# Du champ au circuit imprimé

- Le modèle PHENOBLE emprunte des formalismes au modèle STICS (INRAe, France)
- Ces modèles reposent sur le concept d'UPVT
- **UPVT = Unité de **d**éveloppement** dépendant de la **Photo**periode – **Ver**nalisation – **Tem**pérature
- L'avancement phénologique repose sur l'accumulation d'une somme d'UPVT calculées à l'échelle journalière



# Du champ au circuit imprimé

$$UPVT = UDEVULT (i) * RFPI (i) * RFVI (i)$$

- **UPVT :** Unité de développement Photo – Vernalo – Thermique
- **UDEVULT :** Effet de la température (degré-jours)
- **RFPI :** Facteur de ralentissement dû à la photopériode
- **RFVI :** Facteur de ralentissement dû à la vernalisation

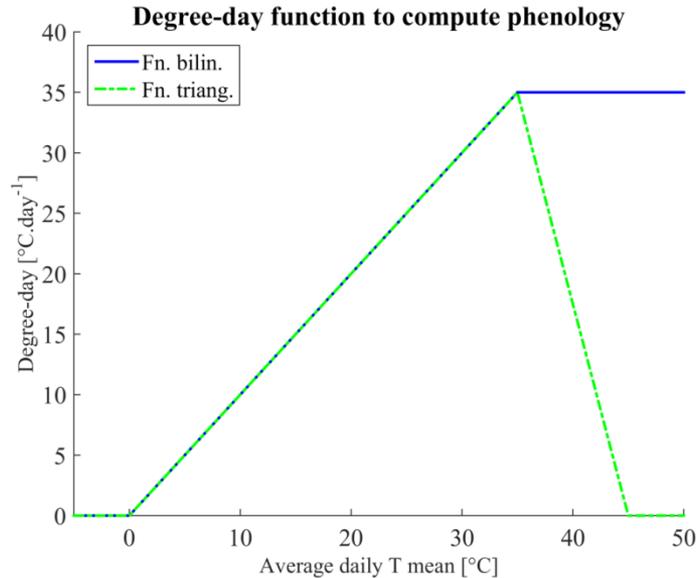
## Du champ au circuit imprimé

$$UPVT = UDEVCULT (i) * RFPI (i) * RFVI (i)$$

# Du champ au circuit imprimé

$$UPVT = \text{UDEVCULT}(i) * RFPI(i) * RFVI(i)$$

$$UDEVCULT(i) = \begin{cases} \text{If } TCULT(i) \leq TDMIN_p & UDEVCULT(i) = 0 \\ \text{If } TDMIN_p < TCULT(i) < TDMAX_p & UDEVCULT(i) = TCULT(i) - TDMIN_p \\ \text{If } TDMAX_p \leq TCULT(i) < TCXSTOP_p & UDEVCULT(i) = \frac{TDMAX_p - TDMIN_p}{TDMAX_p - TCXSTOP_p} (TCULT(i) - TCXSTOP_p) \\ \text{If } TCULT(i) \geq TCXSTOP_p & UDEVCULT(i) = 0 \end{cases}$$



Td Min = 0 dC  
 Td Max = 35dC  
 Td Stop = 45dC

**TCULT** : temperature culture (°C)  
**TCXSTOP** : temperature à laquelle développement est arrêté (°C)  
**TDMAX<sub>p</sub>** : température optimale de développement (°C)  
**TDMIN<sub>p</sub>** : température de base de développement(°C)

## Du champ au circuit imprimé

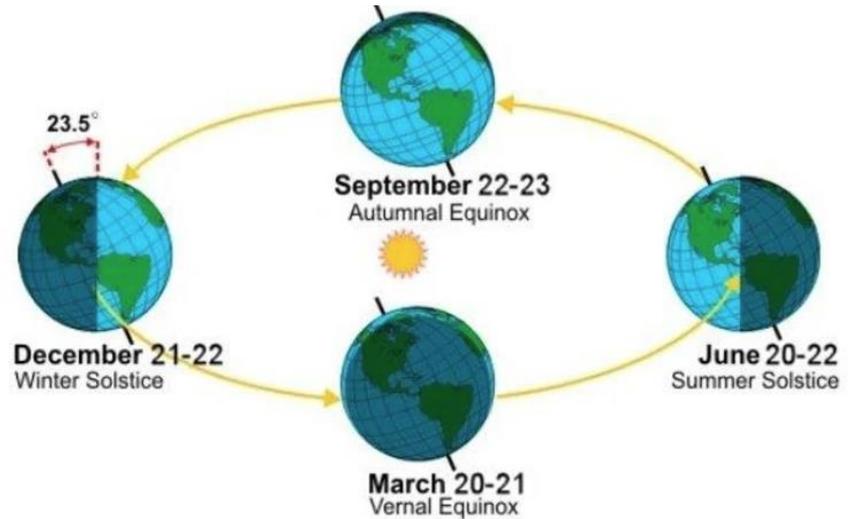
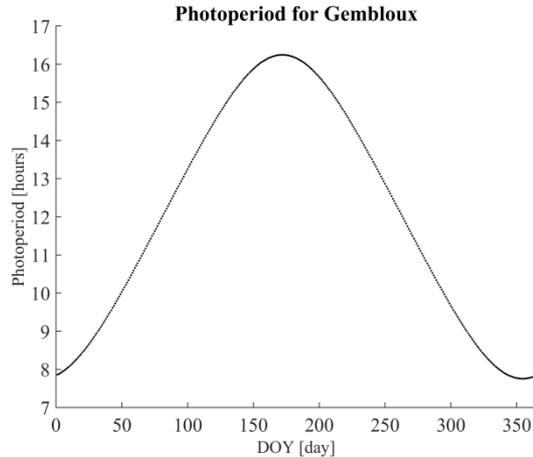
$$UPVT = UDEVULT (i) * RFPI (i) * RFVI (i)$$

# Du champ au circuit imprimé

$$UPVT = UDEVULT (i) * \boxed{RFPI (i)} * RFVI (i)$$

➔ La photopériode est fonction :

- du jour dans l'année
- de la latitude



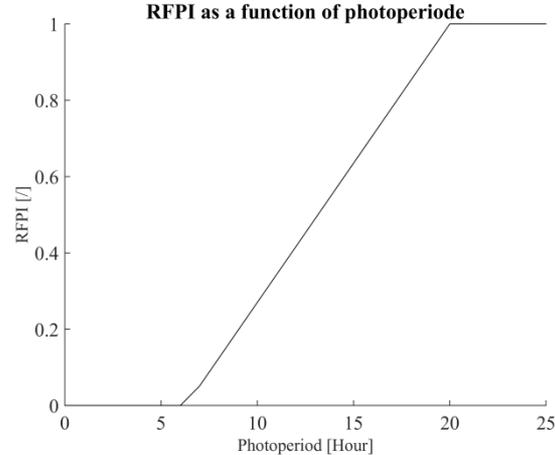
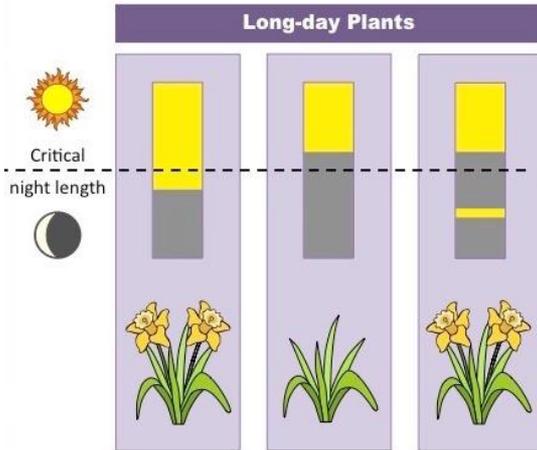
# Du champ au circuit imprimé

$$UPVT = UDEV CULT (i) * RFPI (i) * RFVI (i)$$

$$RFPI(i) = \frac{(PHOI(i) - PHOSAT_p)}{PHOSAT_p - PHOBASE_p} + 1$$

**PHOI** : Photopériode du jour (h)  
**PHOSAT<sub>p</sub>** : Photopériode à saturation (h)  
**PHOBASE** : Photopériode minimale (h)

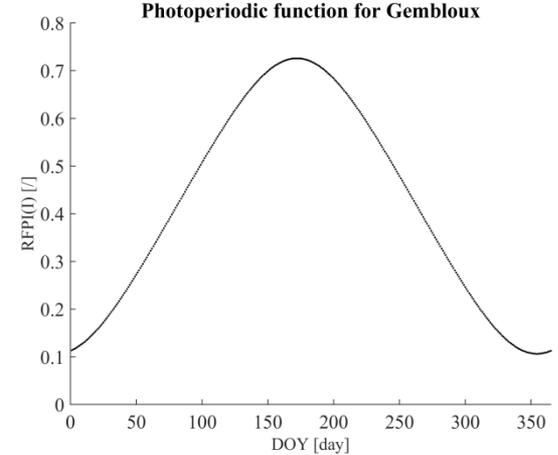
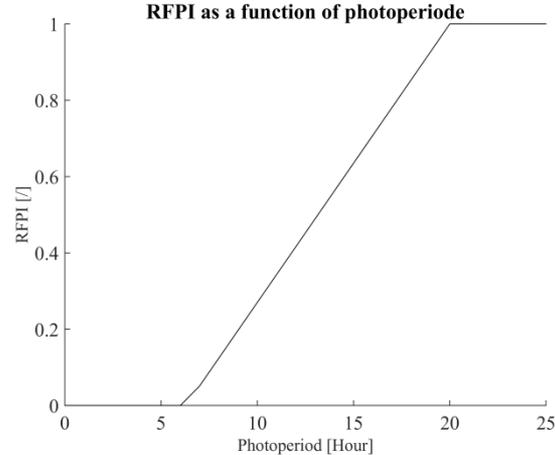
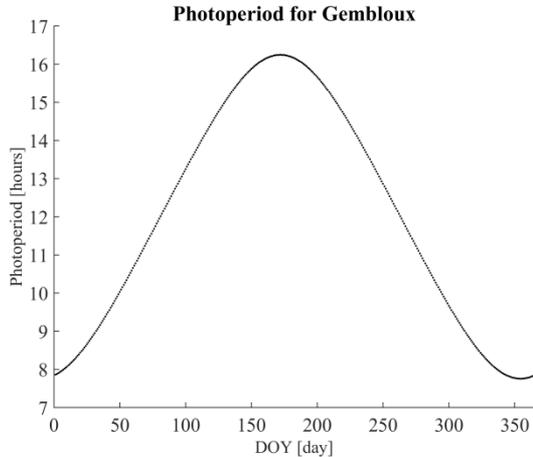
→ Le froment est une plante de « jours longs »



# Du champ au circuit imprimé

$$UPVT = UDEVULT (i) * \text{RFPI} (i) * RFVI (i)$$

➔ L'effet photopériodique est la traduction en facteur de la photopériode pour le type de plante



## Du champ au circuit imprimé

$$UPVT = UDEVULT (i) * RFPI (i) * RFVI (i)$$

# Du champ au circuit imprimé

$$UPVT = UDEVULT (i) * RFPI (i) * RFVI (i)$$

→ Des besoins en froid différents selon la variété choisie

Note	Alternativité	Durée de vernalisation
1	Très hiver	60 jours
2	Hiver	50 jours
3	Hiver à ½ hiver	45 jours
4	½ hiver	40 jours
5	½ hiver à ½ alternatif	32 jours
6	½ alternatif	25 jours
7	Alternatif	15 jours
8	Alternatif à printemps	10 jours

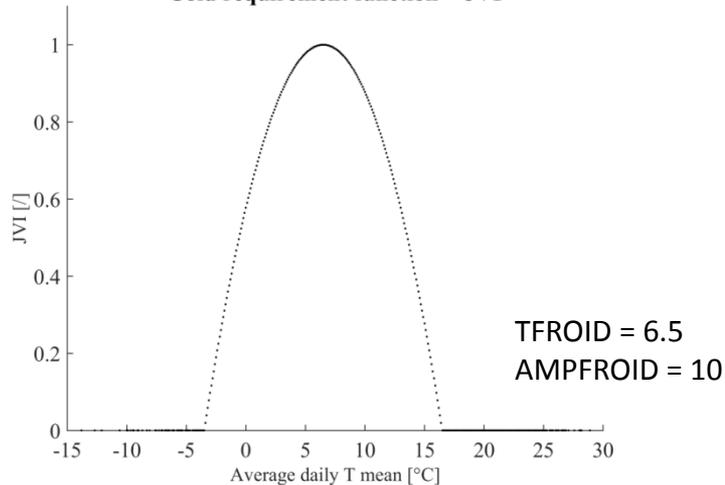
# Du champ au circuit imprimé

$$UPVT = UDEVULT (i) * RFPI (i) * \boxed{RFVI (i)}$$

$$JVI(i) = \max \left( 1 - \left[ \frac{TFROID_p - TCULT(i)}{AMPFROID_p} \right]^2 ; 0.0 \right)$$

*JVI* : vernalizing contribution of a given day  
*TCULT* : crop surface temperature (daily average, °C)  
*TFROID<sub>p</sub>* : optimal temperature for vernalisation (°C)  
*AMPFROID<sub>p</sub>* : semi thermal amplitude thermique for vernalising effet (°C)

Cold requirement function - JVI



Note	Alternativité	Durée de vernalisation
1	Très hiver	60 jours
2	Hiver	50 jours
3	Hiver à ½ hiver	45 jours
4	½ hiver	40 jours
5	½ hiver à ½ alternatif	32 jours
6	½ alternatif	25 jours
7	Alternatif	15 jours
8	Alternatif à printemps	10 jours

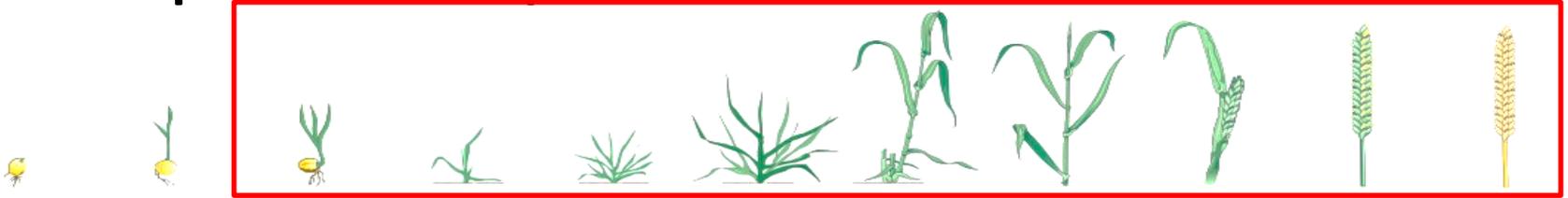
# Du champ au circuit imprimé



La germination de la semence et la levée sont les premières étapes simulées

- Pour germer le blé à besoin de  $\pm 50-60$  degré-jours
- Entre la germination et la levée les cotylédons du blé poussent à une vitesse qui dépend de la température :  
Pour un semis réalisé à 2-3cm, il faut  $\pm 50-60$  degré-jours pour atteindre la surface du sol.
- Ces étapes ne nécessitent pas de correction par la photopériode et la vernalisation

# Du champ au circuit imprimé



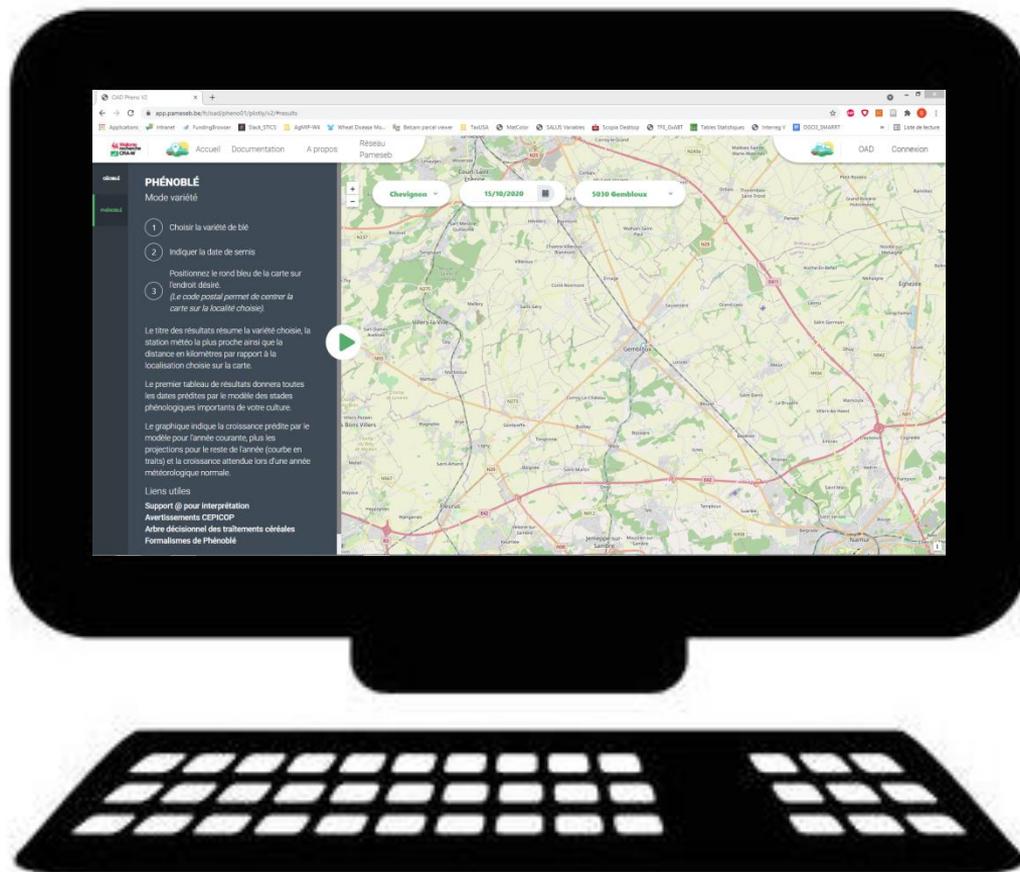
L'avancement phénologique repose sur l'accumulation d'une somme d'UPVT calculées à l'échelle journalière

- Pour passer de la levée au stade redressement, il faut  $\pm 225$  UPVT
- Pour passer de la levée au stade dernière feuille, il faut  $\pm 475$  UPVT
- Pour passer de la levée à la floraison, il faut  $\pm 720$  UPVT
- La phase de remplissage du grain (floraison – maturité) est de  $\pm 720$  UPVT

# PHENOBLE en pratique



# PHENOBLE en pratique



# PHENOBLE en pratique

## Stades importants de votre semis du 15/10/2020

Variété Edgar - Station de Sombreffe - Distance 9,72 km

Livre blanc des stades phénologiques

Stade	Description	Date prédite par le modèle
Stade 30	Redressement	21/04/2021
Stade 31	1er nœud	27/04/2021
Stade 32	2ème nœud	11/05/2021
Stade 39	Dernière feuille étalée	30/05/2021
Stade 55	Mi-épiaison	10/06/2021
Stade 65	Mi-floraison	17/06/2021
Stade 89	Maturité	01/08/2021

# PHENOBLE en pratique

## Stades importants de votre semis du 15/10/2020

Variété Edgar - Station de Sombreffe - Distance 9,72 km

Livre blanc des stades phénologiques

Stade	Description	Date prédite par le modèle
Stade 30	Redressement	21/04/2021
Stade 31	1er nœud	27/04/2021
Stade 32	2ème nœud	11/05/2021
Stade 39	Dernière feuille étalée	30/05/2021
Stade 55	Mi-épiaison	10/06/2021
Stade 65	Mi-floraison	17/06/2021
Stade 89	Maturité	01/08/2021

# PHENOBLE en pratique

## Stades importants de votre semis du 15/10/2020

Variété Edgar - Station de Sombreffe - Distance 9,72 km

Livre blanc des stades phénologiques

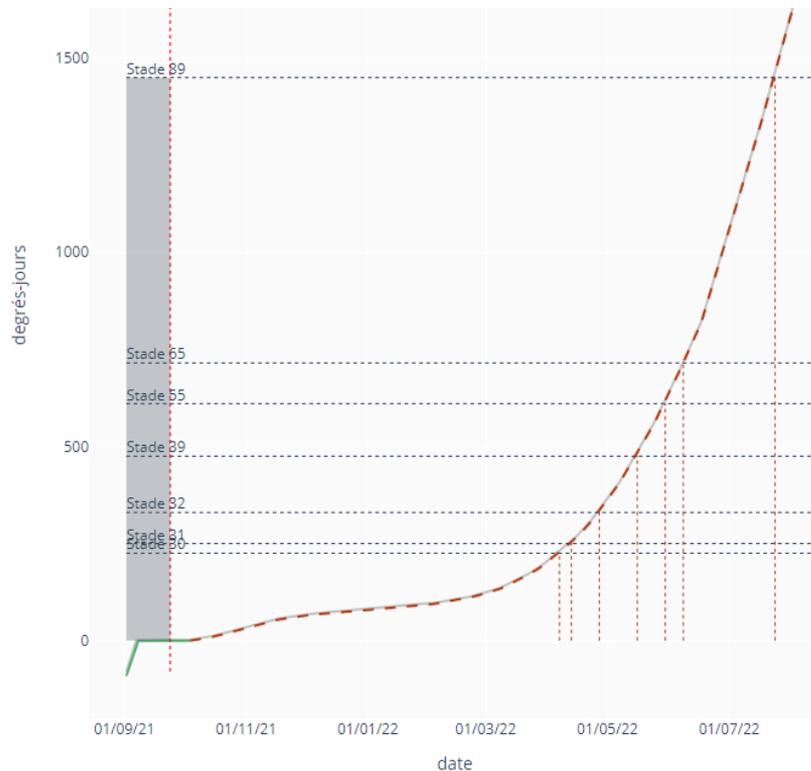
Stade	Description	Date prédite par le modèle
Stade 30	Redressement	21/04/2021
Stade 31	1er nœud	27/04/2021
Stade 32	2ème nœud	11/05/2021
Stade 39	Dernière feuille étalée	30/05/2021
Stade 55	Mi-épiaison	10/06/2021
Stade 65	Mi-floraison	17/06/2021
Stade 89	Maturité	01/08/2021

Passé "réalisé"

Projection "future"

# PHENOBLE en pratique

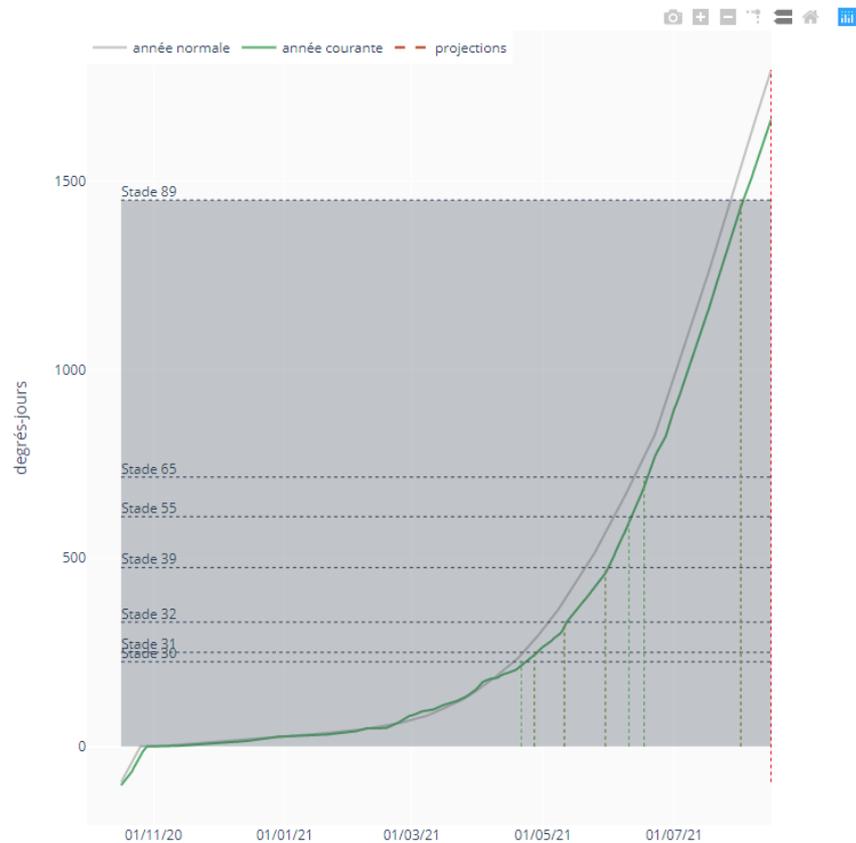
## Exemple "en saison"



- Année moyenne
- Passé réalisé
- - - Projection future

# PHENOBLE en pratique

## Exemple historique



L'avenir ?



# L'avenir ?

- La phenologie est à la base de “tout”
  - Prise de décision selon satde cultural
  - Besoins de la plante (nutritifs, etc.) évolutif
  - Interaction avec les ravageurs et maladies
  - Etc.
  
- Coupler des modèles plus complexes avec Agromet.be
  - Outils de recherche
  - Outils décisionnels
  - Etc.
  
- Mettre la science au service de agriculture et des agriculteurs.rices

**- PHENOBLE -**

Merci de votre attention