

- 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

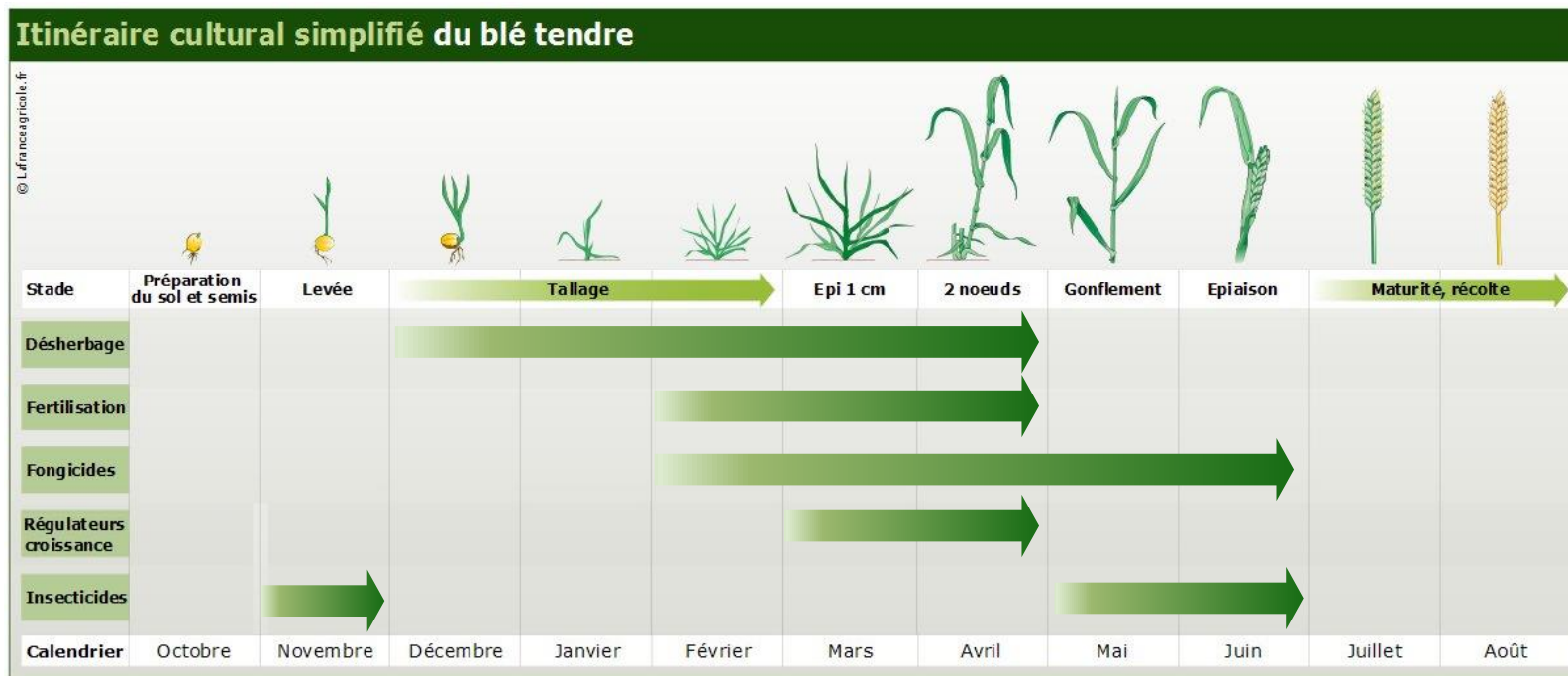
Au nom de tous les acteurs ayant contribué à développer le modèle

Itinéraire culturel du blé d'hiver



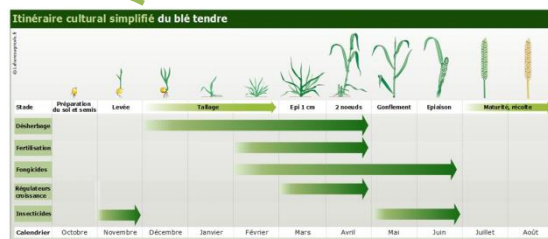
Itinéraire culturel du blé d'hiver

- 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 développement** dépendant de la **Photoperiode – Vernalisation – Température**
- L'avancement phénologique repose sur l'accumulation d'une somme d'UPVT calculées à l'échelle journalière



Du champ au circuit imprimé

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

- **UPVT :** Unité de développement Photo – Vernalo – Thermique
- **UDEV CULT :** 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

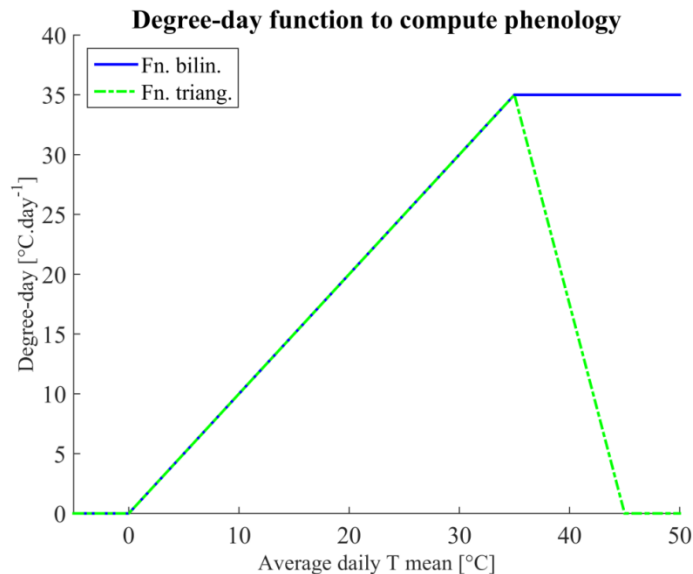
$$UPVT = UDEV CULT (i) * RFPI (i) * RFVI (i)$$

Du champ au circuit imprimé

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

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 : température à laquelle développement est arrêté (°C)

TDMAX_p : température optimale de développement (°C)

TDMIN_p : température de base de développement(°C)

Du champ au circuit imprimé

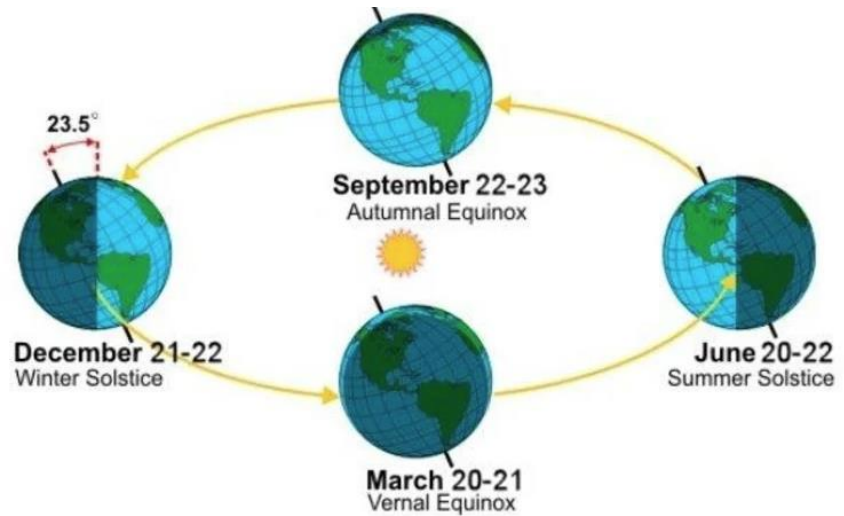
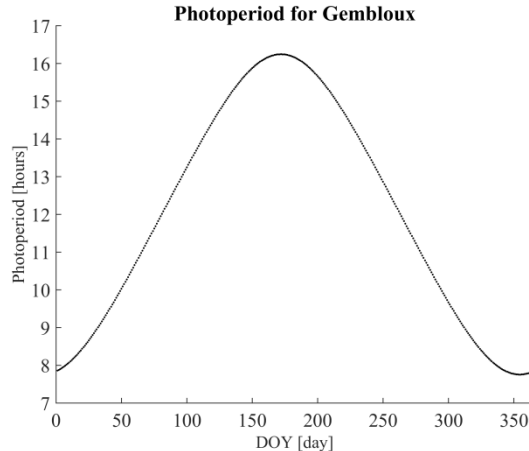
$$UPVT = UDEV CULT (i) * RFPI (i) * RFVI (i)$$

Du champ au circuit imprimé

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

→ La photopériode est fonction :

- du jour dans l'année
- de la latitude



Du champ au circuit imprimé

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

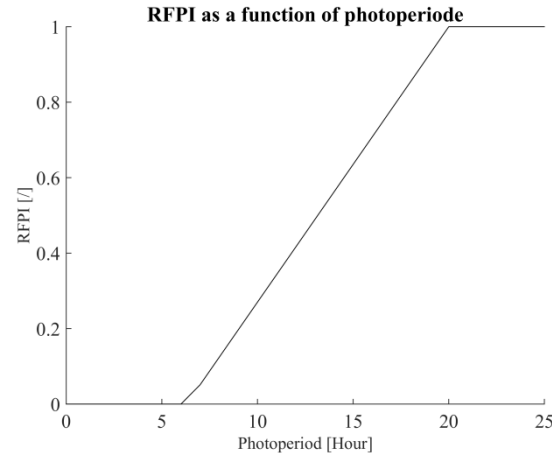
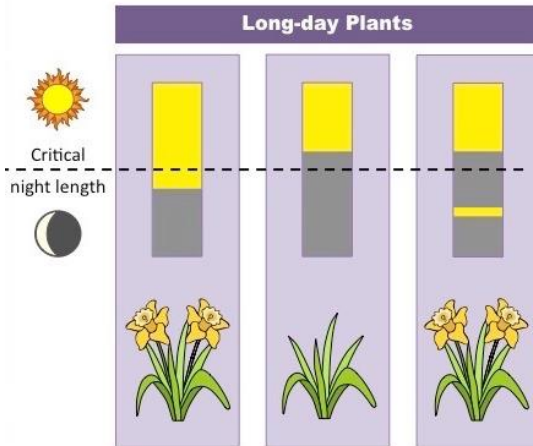
$$RFPI(i) = \frac{(PHOI(i) - PHOSAT_p)}{PHOSAT_p - PHOBASE_p} + 1$$

PHOI : Photopériode du jour (h)

PHOSAT_p : Photopériode à saturation (h)

PHOBASE : Photopériode minimale (h)

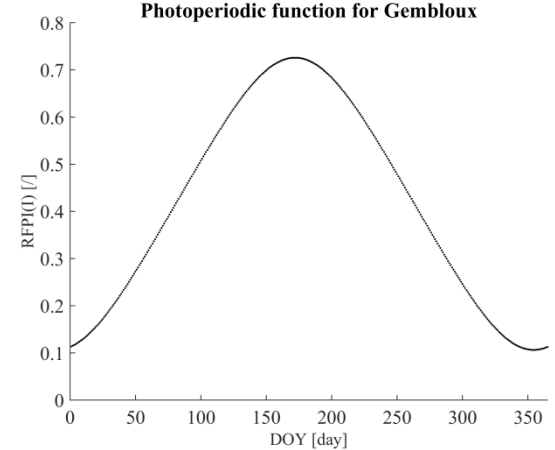
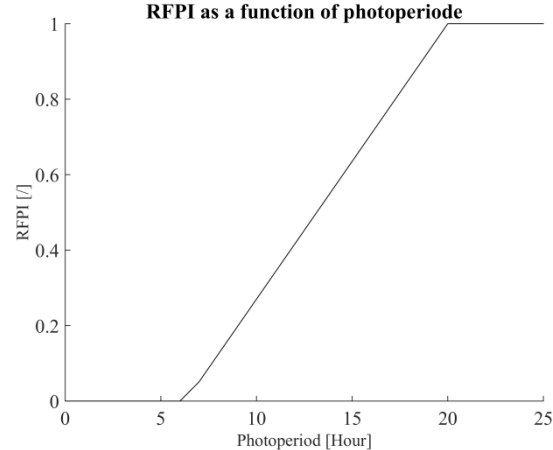
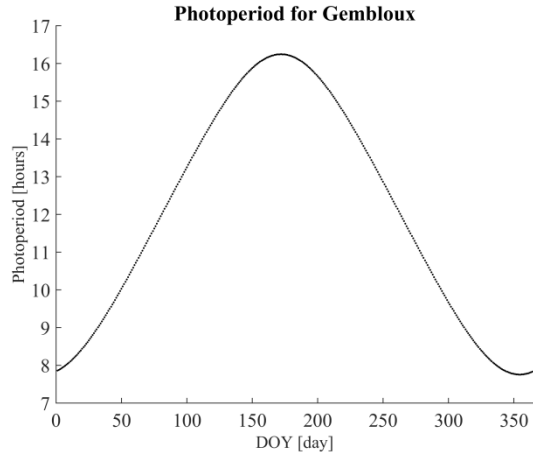
→ Le froment est une plante de « jours longs »



Du champ au circuit imprimé

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

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



Du champ au circuit imprimé

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

Du champ au circuit imprimé

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

→ 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

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

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

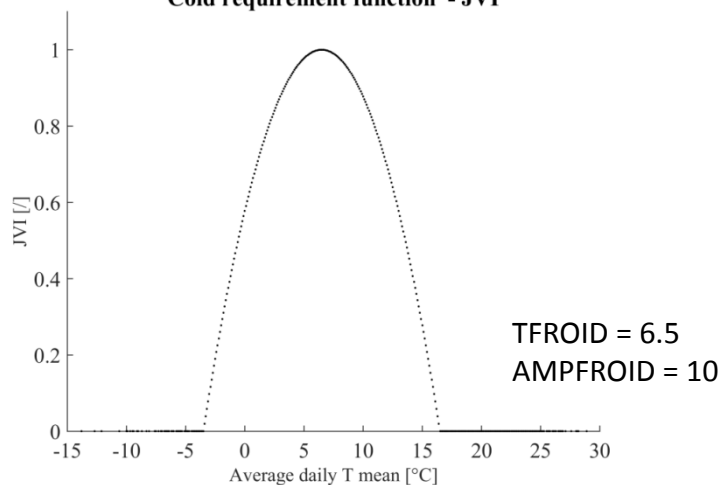
JVI : vernalizing contribution of a given day

TCULT : crop surface temperature (daily average, °C)

TFROID_p : optimal temperature for vernalisation (°C)

AMPFROID_p : 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



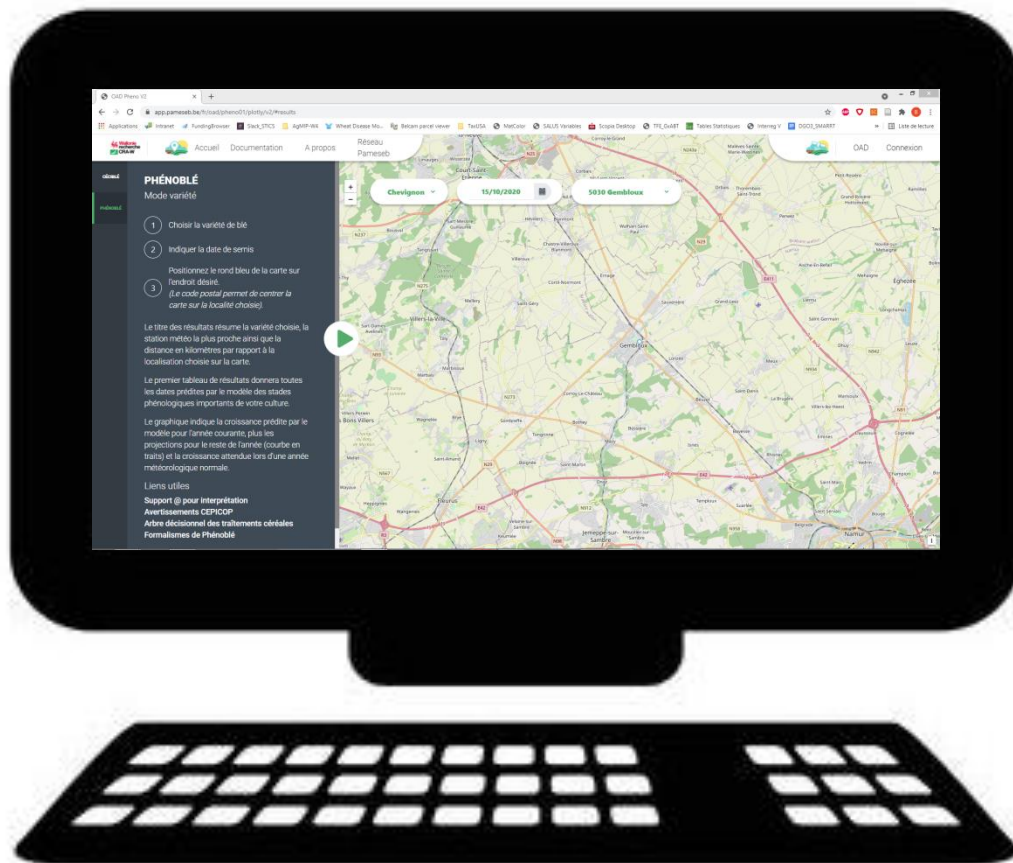
L'avancement phénologique repose sur l'accumulation d'une somme d'UPVT calculées à l'échelle journalière

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

PHENOBLE en pratique



PHENOBLÉ en pratique



PHENOBLE en pratique

Stades importants de votre semis du 15/10/2020

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

Livre blanc des stades phénologiques

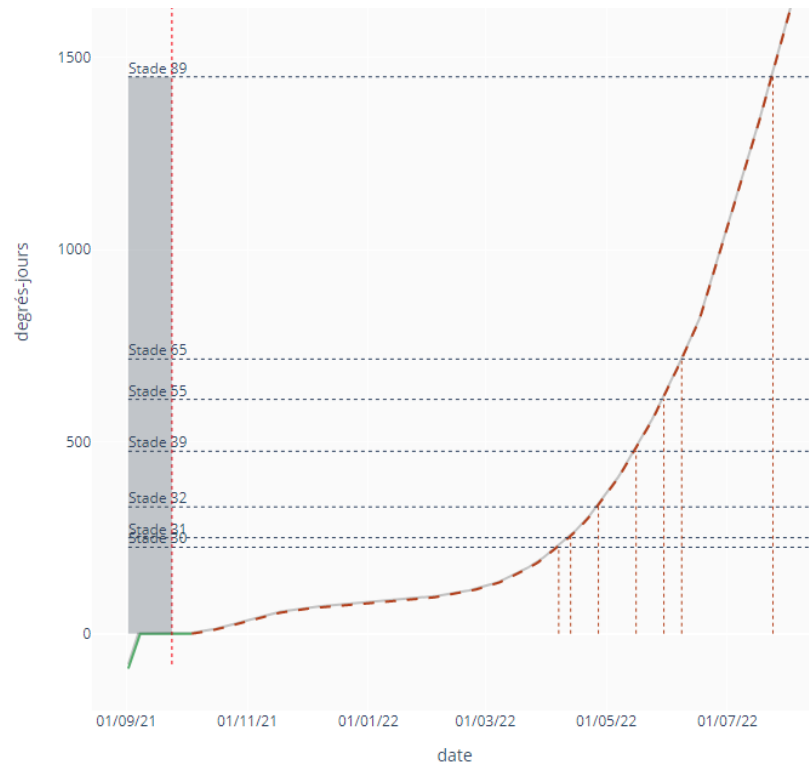
Stade	Description	Date prédite par le modèle
Stade 30	Redressement	21/04/2021
Stade 31	1er nœud	27/04/2021
Stade 32	2ème nœud	11/05/2021
Stade 39	Dernière feuille étalée	30/05/2021
Stade 55	Mi-épiaison	10/06/2021
Stade 65	Mi-floraison	17/06/2021
Stade 89	Maturité	01/08/2021

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

