

Les protocoles semi-structurés en science participative améliorent nos connaissances sur les changements phénologiques



Bison M., Yoccoz N.G., Delestrade A.,
Touzot L., Pang M. & Van Reeth C.
*(soumis à Citizen Science : Theory and Practice
en Oct. 2025)*

Rencontres CisStats – RESSTE
2-3 Février 2026
Avignon



Le CREA Mont-Blanc

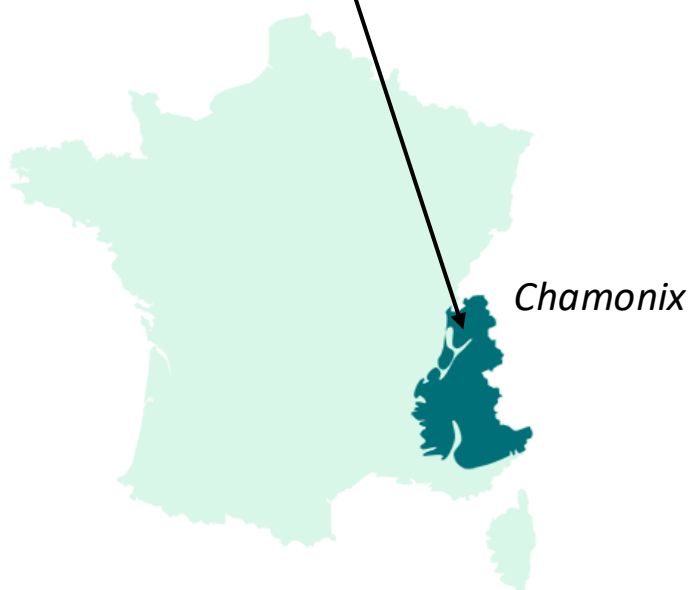
<https://creamontblanc.org/fr/>



Centre de Recherches
sur les Ecosystèmes
d'Altitude

Etudier les effets du changement climatique et des activités humaines sur la biodiversité et la dynamique des écosystèmes de montagne, et partager ces connaissances avec les décideurs et citoyens

2026 = 30 ans !



Mieux connaître
les écosystèmes
d'altitude et leur
évolution

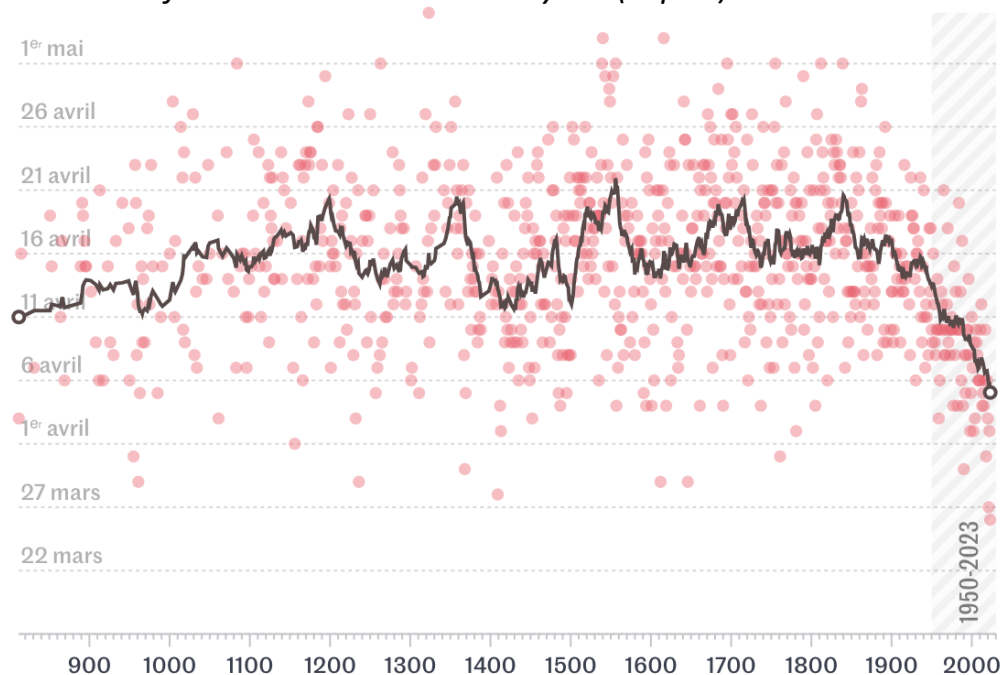
Démarche scientifique
Engagement
Émerveillement
Collaboration

Développer le lien
de l'humain à la
nature grâce à la
découverte des
milieux
d'altitude

Accompagner les
territoires de
montagne pour
une meilleure
prise en compte
de la biodiversité

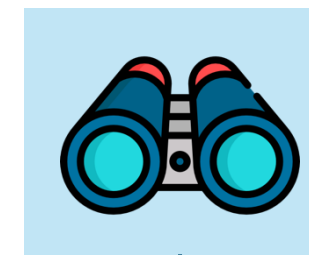
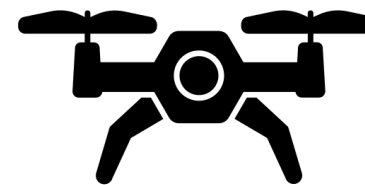
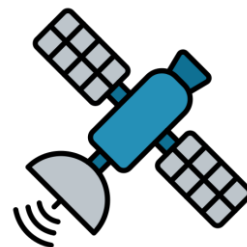
- ▶ Evènements phénologiques = indicateurs sensibles au CC (*Visser 2022*)
- ▶ **Phénologie des plantes** = processus le plus simple et le plus spectaculaire pour étudier l'impact du CC sur les espèces et les écosystèmes

Date de floraison des cerisiers à Kyoto (Japon) de 812 à 2023



Yasuyuki Aono (2025)

- ▶ Diverses méthodes de suivi pour diverses échelles spatiales et temporelles (*Gray et al. 2021*)

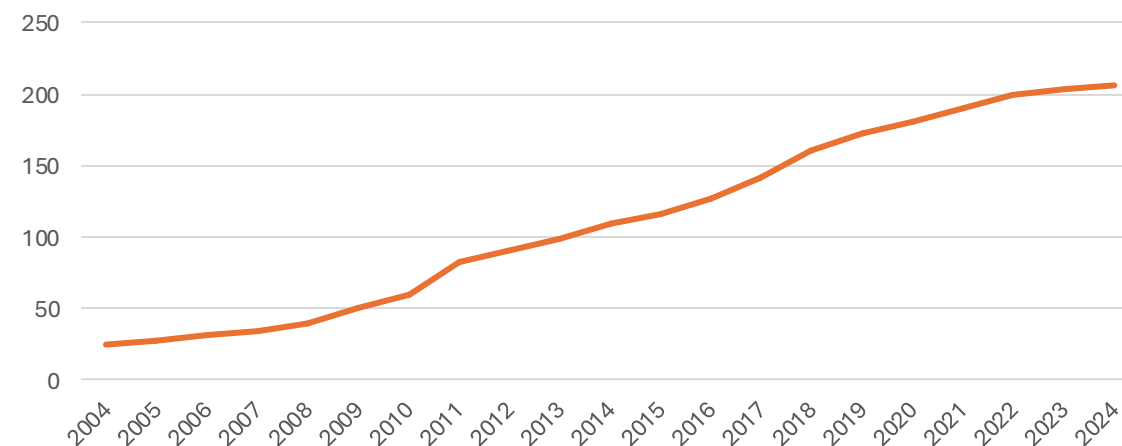


Approche la plus commune pour les suivis à l'échelle de l'espèce :
suivis au sol, visuels et directs

- ▶ **MAIS** les suivis par les scientifiques sont souvent spatialement et temporellement contraints
- ▶ Une solution = les **sciences participatives**
- ▶ **Avantages** : grande quantité de données + sensibilisation et éducation du public vis-à-vis des questions liées à la biodiversité et à la conservation
- ▶ **Inconvénients** : fiabilité des données ?, Échantillonnage spatial et temporel ?, Effort de communication et animation de la communauté,...



Evolution du nombre de programmes de SP biodiversité
au cours du temps en France (source : MNHN)



Différentes catégories de programmes de SP



Suivis basés sur des protocoles structurés

Description

Les participants suivent chaque année les événements phénologiques sur des arbres sélectionnés

Structuré ou non ?

Structuré

Données

Dates des événements phénologiques

Nb
d'observations/
participant

Plusieurs, dépendent du nb d'espèces qu'ils suivent

Engagement

FORT

Différentes catégories de programmes de SP



Suivis basés sur des protocoles structurés

Description

Les participants suivent chaque année les événements phénologiques sur des arbres sélectionnés

Structuré ou non ?

Structuré

Données

Dates des événements phénologiques

Nb d'observations/
participant

Plusieurs, dépendent du nb d'espèces qu'ils suivent

Engagement

FORT



Observations opportunistes

Prise de photos et identification des espèces avec une appli basée sur l'IA

Non-structuré

Photos

Au moins une, ou plus s'ils prennent plusieurs photos

FAIBLE

Différentes catégories de programmes de SP



Suivis basés sur des protocoles structurés

Description
Les participants suivent chaque année les événements phénologiques sur des arbres sélectionnés

Structuré ou non ?

Structuré

Données

Dates des événements phénologiques

Nb d'observations/
participant

Plusieurs, dépendent du nb d'espèces qu'ils suivent

Engagement

FORT



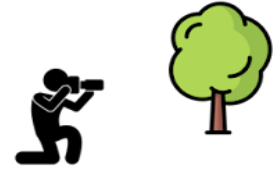
Suivis basés sur des protocoles semi-structurés

Description
Passants notent les événements phénologiques sur des arbres donnés

Semi-structuré

Données
% des événements phénologiques, nb de bourgeons ou de fruits

Nb d'observations/
participant
Au moins une, ou plus s'ils reviennent observer les arbres donnés



Observations opportunistes

Description
Prise de photos et identification des espèces avec une appli basée sur l'IA

Non-structuré

Données
Photos

Nb d'observations/
participant
Au moins une, ou plus s'ils prennent plusieurs photos

FAIBLE

Combiner des jeux de données hétérogènes

- ▶ **Objectif** : améliorer les prédictions à long-terme sur les changements phénologiques et étudier leurs impacts sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes
- ▶ Combiner des données de différentes sources = **étape-clé** des études sur la phénologie basées sur des programmes de sciences participatives (*Ahlstrand et al. 2022*)

Données issues de différentes sources/méthodologies



Différents niveaux d'expérience des participants

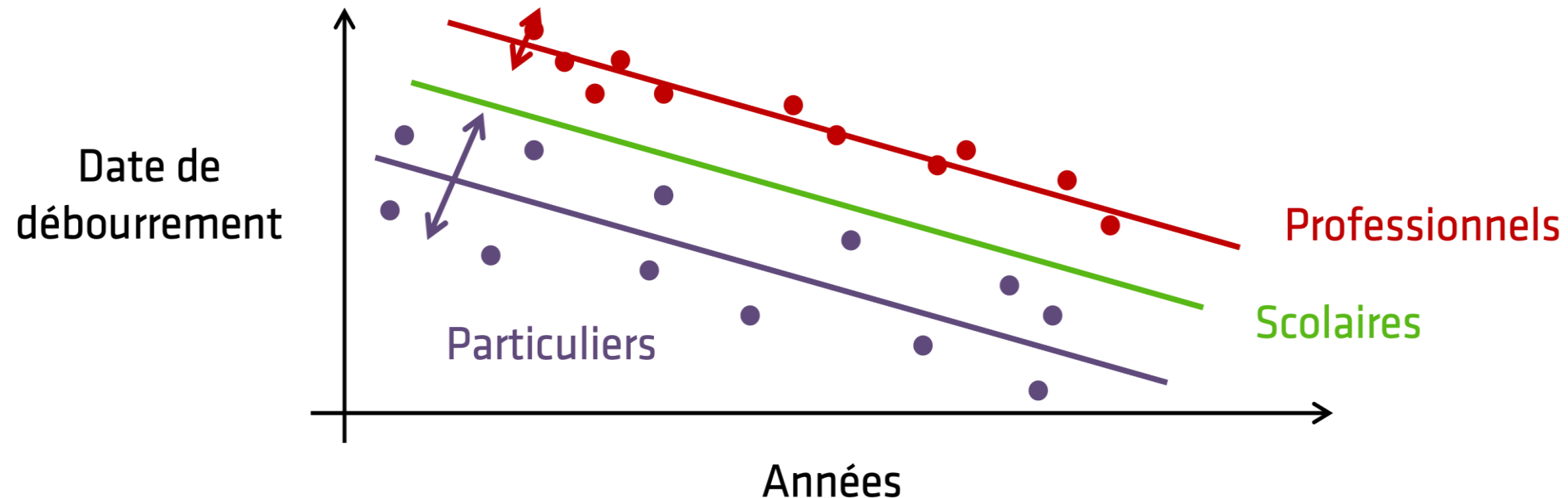


Questionne la fiabilité et l'exactitude (biais et précision) des données

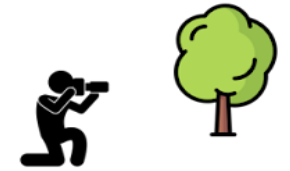
(*Dickinson et al. 2010, Kosmala et al. 2016, Callaghan et al. 2021, Johnston et al. 2022*)

Combiner des jeux de données hétérogènes

- **Différentes études comparant professionnels vs non-professionnels** : volontaires avec entraînement limité peuvent fournir des obs. fiables (exactes) hors des périodes de transition phénologique (*Fucillo et al. 2015*) ; détections de tendances similaires par professionnels, scolaires ou particuliers (*Bison et al. 2019*) ; obs. opportunités // observations basées sur un protocole pour la floraison (*Katal et al. 2023*) ; biais dans des obs. d'oiseaux non structurées par rapport à des obs. structurées (*Callaghan et al. 2021*) ; ...



Différentes catégories de programmes de SP



Observations
opportunistes

Prise de photos et identification des espèces avec une appli basée sur l'IA

Non-structuré

Photos

Au moins une, ou plus s'ils prennent plusieurs photos



Suivis basés sur des
protocoles semi-structurés

Passants notent les événements phénologiques sur des arbres donnés

Semi-structuré

% des événements phénologiques, nb de bourgeons ou de fruits

Au moins une, ou plus s'ils reviennent observer les arbres donnés



Suivis basés sur des
protocoles structurés

Les participants suivent chaque année les événements phénologiques sur des arbres sélectionnés

Structuré

Dates des événements phénologiques

Plusieurs, dépendent du nb d'espèces qu'ils suivent

FORT

FAIBLE

Description

Structuré ou non ?

Données

Nb
d'observations/
participant

Engagement



Observatoire
des Saisons



**AUX ARBRES
CITOYENS !**



Pl@ntNet



iNaturalist

Aux Arbres Citoyens et Phenoclim



Suivis basés sur des protocoles structurés

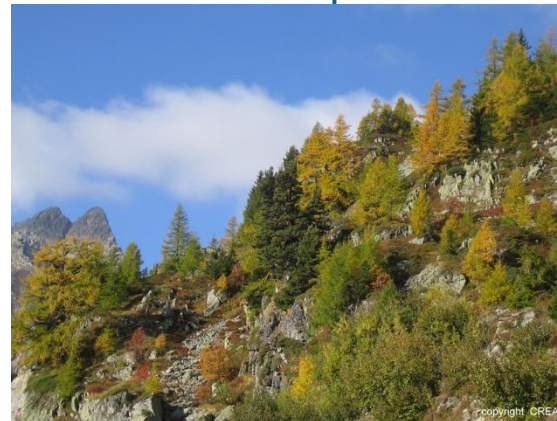


Année de
lancement

2004

Protocole

Date 10% de débourrement,
10% et 50% de changement
de couleur des feuilles,...



Suivis basés sur des protocoles semi-structurés



2019

% de chaque évènement
phénologique (0 à 100%)



Arbres suivis par les 2 programmes (2019-2024)
Débourrement et changement de couleur des feuilles
Observations de Phenoclim issues des professionnels comme référence

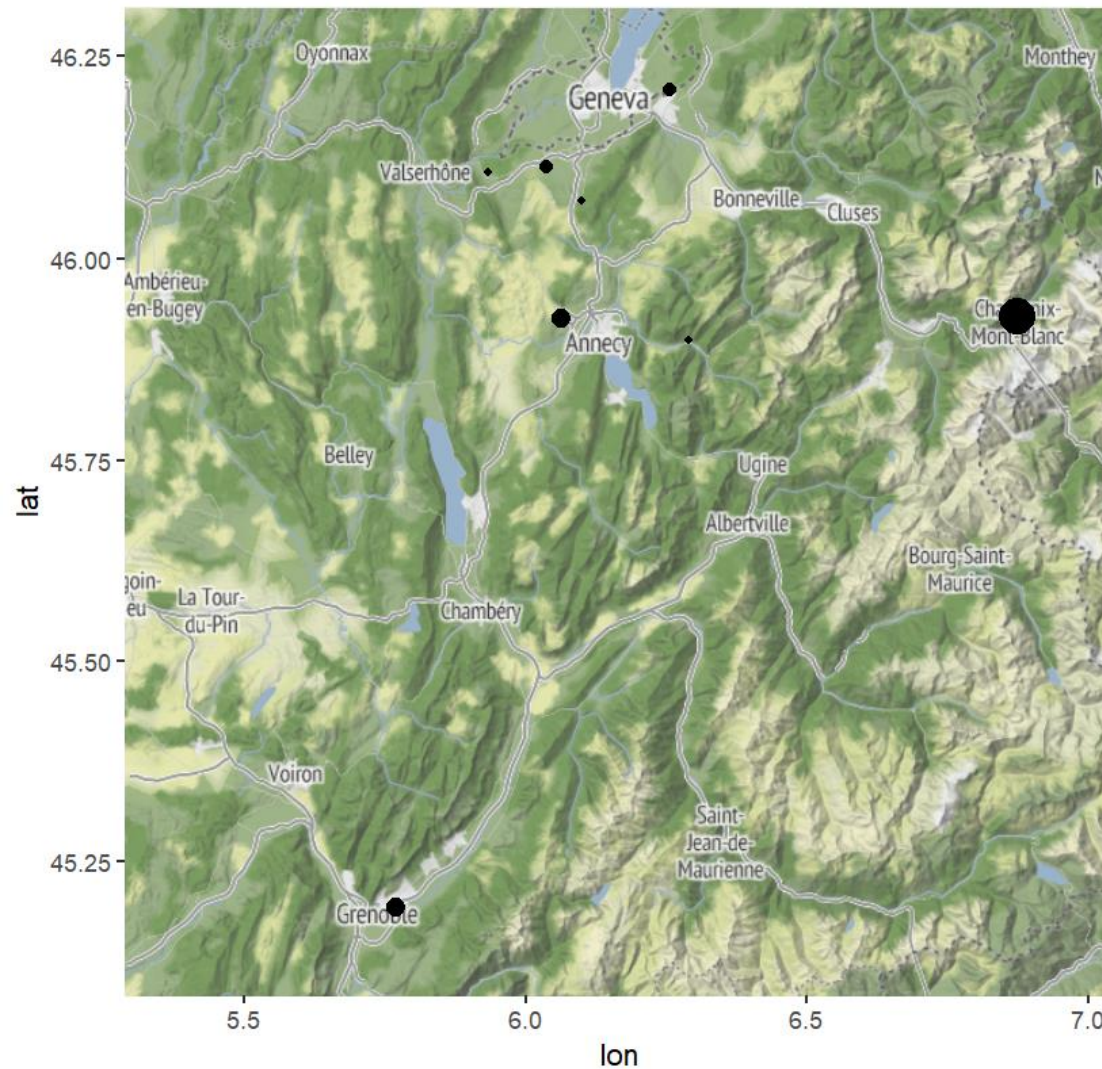
Objectifs



1. Evaluation de l'exactitude des observations issues d'un protocole semi-structuré
2. Peut-on donner un indice de qualité à ces données semi-structurées ?
3. Peut-on les combiner à une base de données issues de protocoles structurés de façon à augmenter le jeu de données total
4. Comment améliorer le protocole pour avoir des données aussi fiables que possible ?

Localisation des arbres

Aux Arbres Citoyens



AUX ARBRES
CITOYENS !

Number of surveyed trees





Mélèze

Bouleau
verruqueux

Frêne

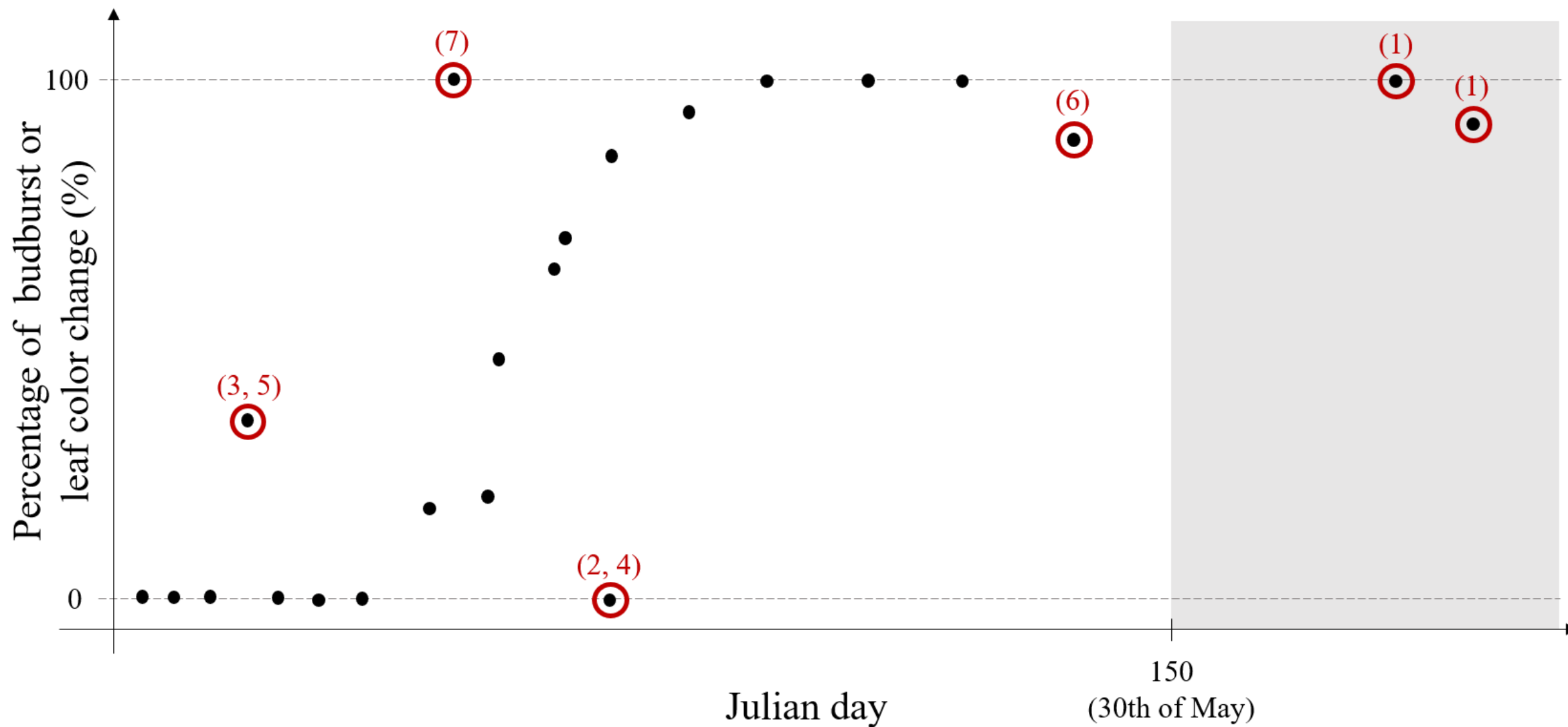
Sorbier

Noisetier

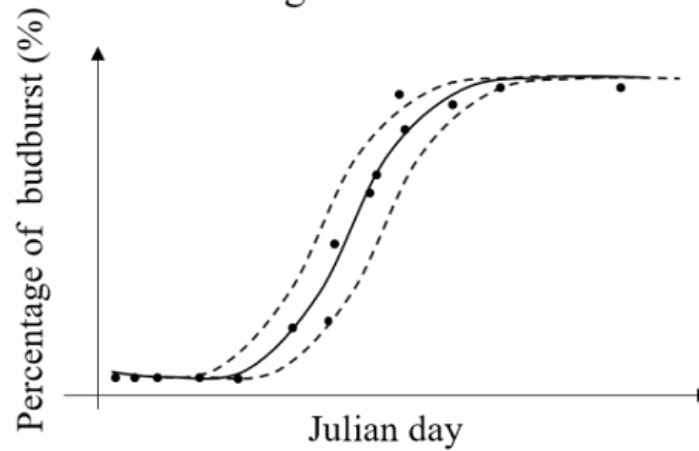
- Grande aire de répartition spatiale + altitudinale
- Grande occurrence
- Facilité à déterminer les stades phénologiques
- Gradient phénologique

	Printemps	Automne
Nb d'arbres suivis dans AAC	43	53
Nb d'arbres suivis à la fois par AAC et Phenoclim	13	11

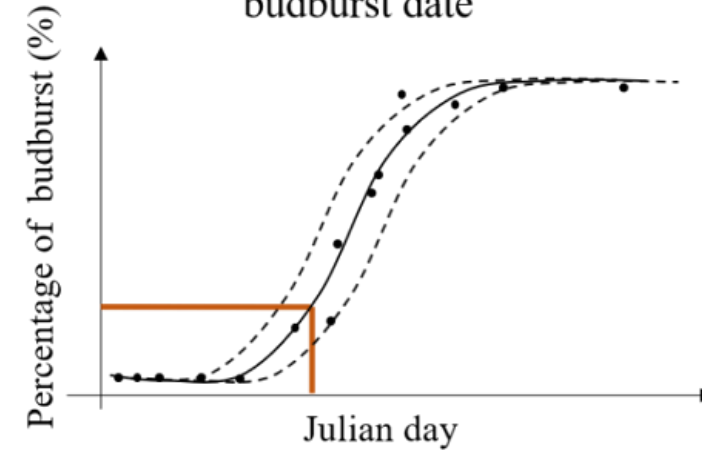
Nettoyage des données



2. Fitting a model to the data

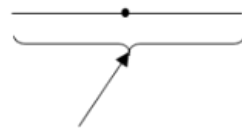


3. Predicting the 10% budburst date



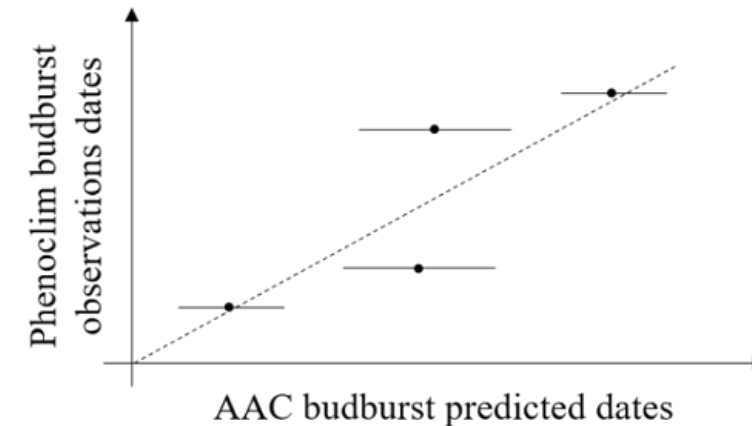
4. Explaining uncertainty around prediction

AAC budburst
predicted dates
(mean \pm CI)



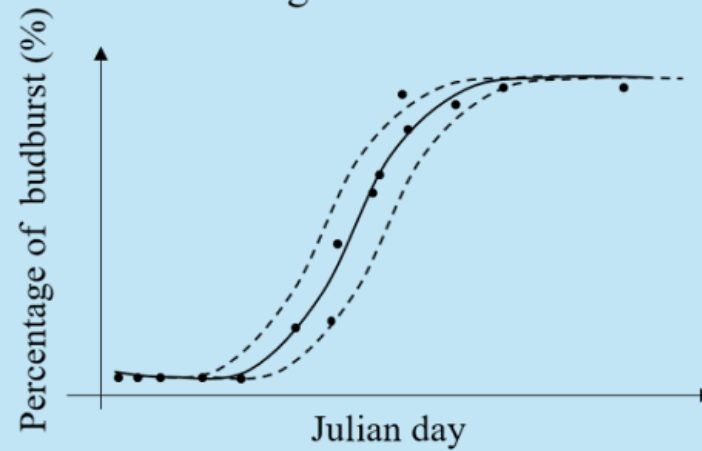
- Number of observations?
- Difference between minimum and maximum coverage?
- Percentage of 0?
- ...

5. Comparing predicted dates and Phenoclim observations

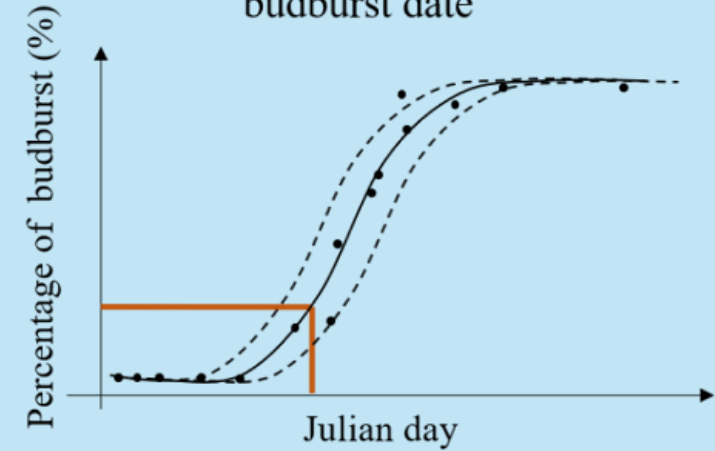


Etapes d'analyses

2. Fitting a model to the data

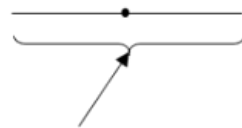


3. Predicting the 10% budburst date



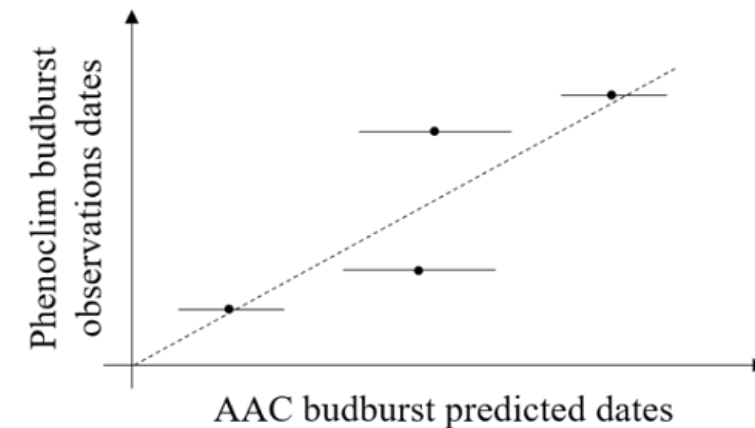
4. Explaining uncertainty around prediction

AAC budburst
predicted dates
(mean \pm CI)



- Number of observations?
- Difference between minimum and maximum coverage?
- Percentage of 0?
- ...

5. Comparing predicted dates and Phenoclim observations



Extraction des dates de débourrement et changement de couleur des feuilles - AAC



1) A partir des données AAC, peut-on estimer les dates de 10% de débourrement tel que noté dans Phenoclim ?
(// automne)



Bayesian zero-inflated beta-regression models

Comparaison de modèles pour chaque espèce*stade phénologique :
 $\% \text{ de débourrement} \sim \text{jour de l'année et } (* \text{ et/ou } +) \text{ année} + (1 | \text{année/arbre})$



Sélection selon le WAIC



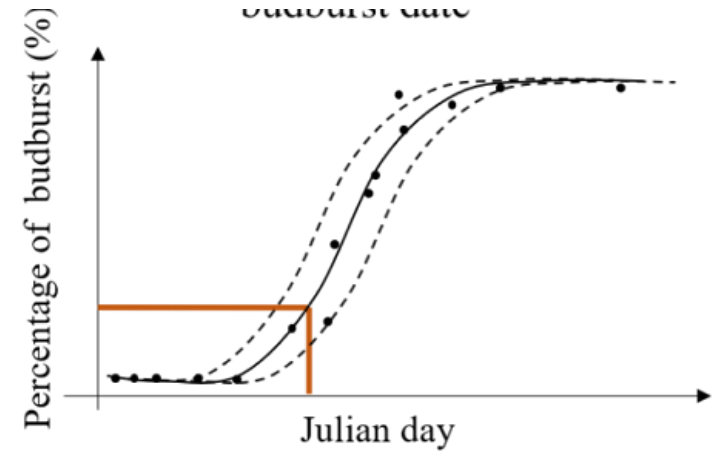
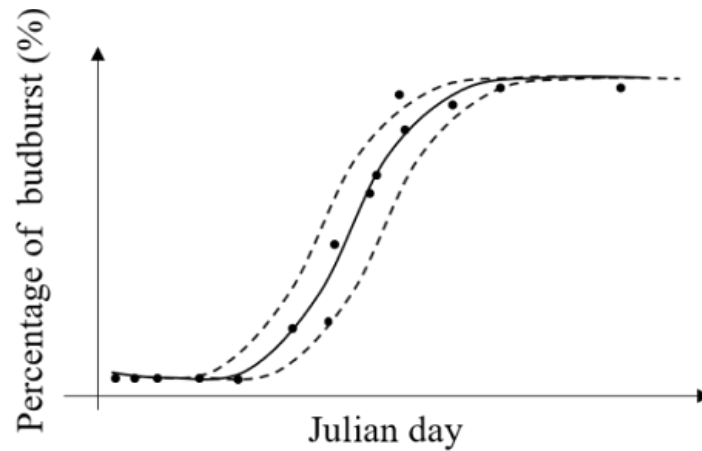
1 modèle par espèce*stade phénologique (tous les modèles, Bayesian R-square > 0.8)

Extraction des dates de débourrement et changement de couleur des feuilles - AAC

- ✓ 1) A partir des données AAC, on peut-on estimer les dates de 10% de débourrement tel que noté dans Phenoclim.

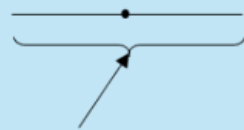


2) Peut-on expliquer l'incertitude autour des estimations des dates phénologiques issues de AAC ?



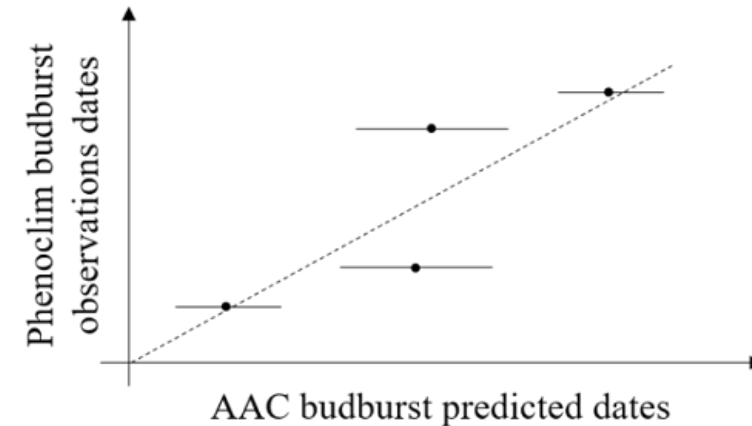
4. Explaining uncertainty around prediction

AAC budburst
predicted dates
(mean \pm CI)



- Number of observations?
- Difference between minimum and maximum coverage?
- Percentage of 0?
- ...

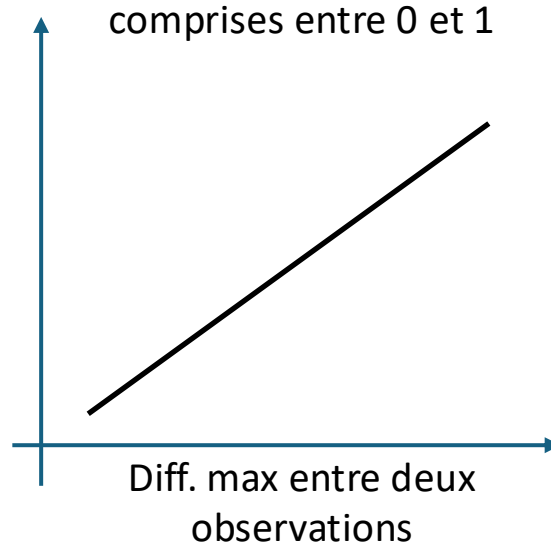
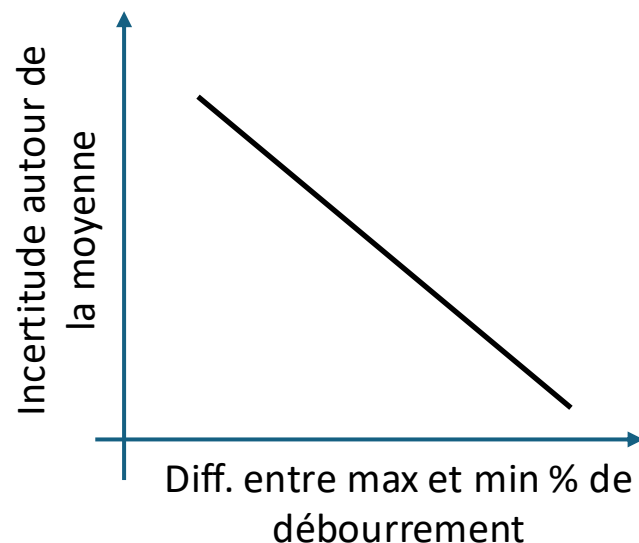
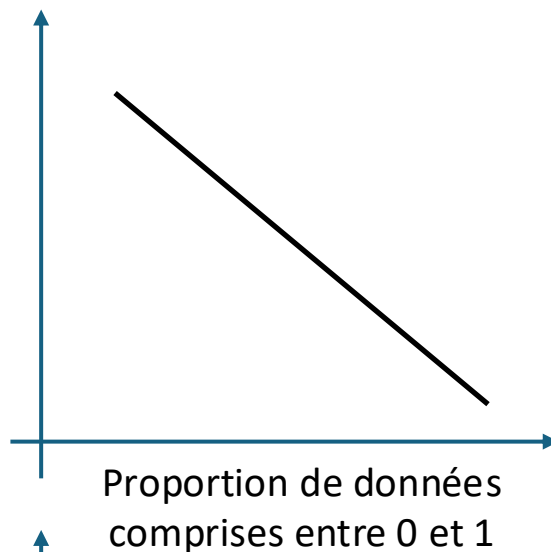
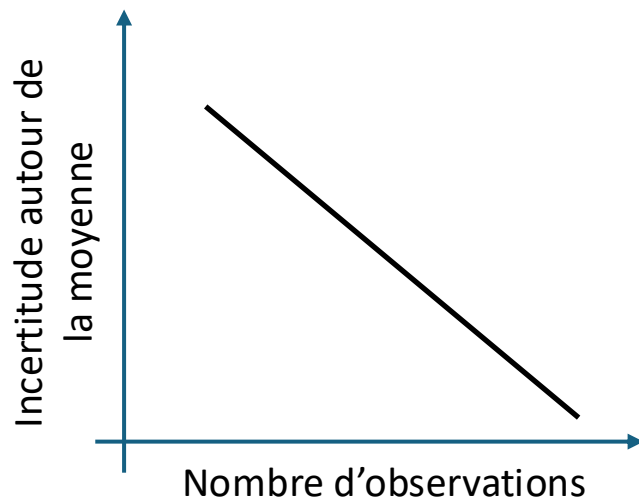
5. Comparing predicted dates and Phenoclim observations



Incertitude autour des dates estimées



2) Oui, on peut expliquer l'incertitude autour des estimations des dates phénologiques issues de AAC



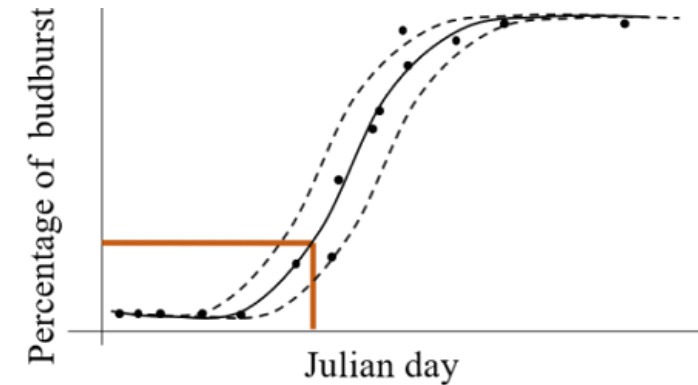
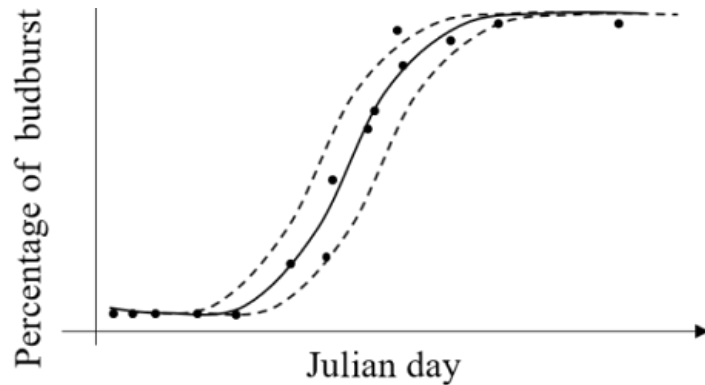
Pour diminuer l'incertitude autour de la prédiction :

- Augmenter le nombre d'observations/arbre
- Observations régulières à travers tout le processus phénologique (0 à 100%)
- Augmenter la proportion de données dans l'intervalle]0% ; 100%[

=> Peu d'observations réparties de manière irrégulières mènent à un mauvais ajustement du modèle et une faible précision

Etapes d'analyses

3) Les dates estimées à partir des observations issues de multiples visiteurs non entraînés (AAC) sont-elles biaisées comparé aux observations professionnelles (Phenoclim) ?



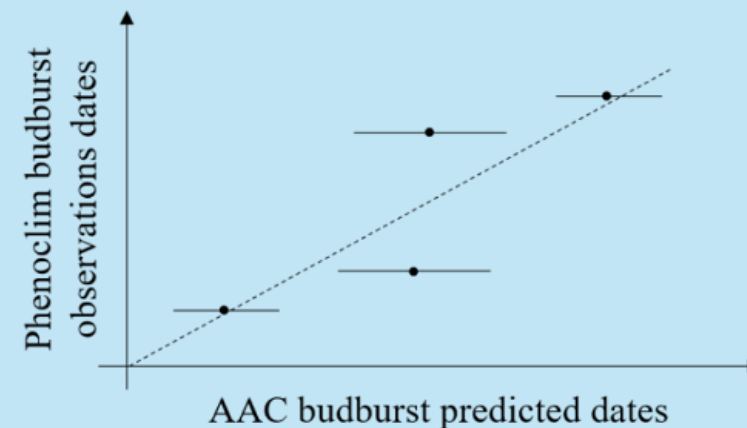
4. Explaining uncertainty around prediction

AAC budburst
predicted dates
(mean \pm CI)



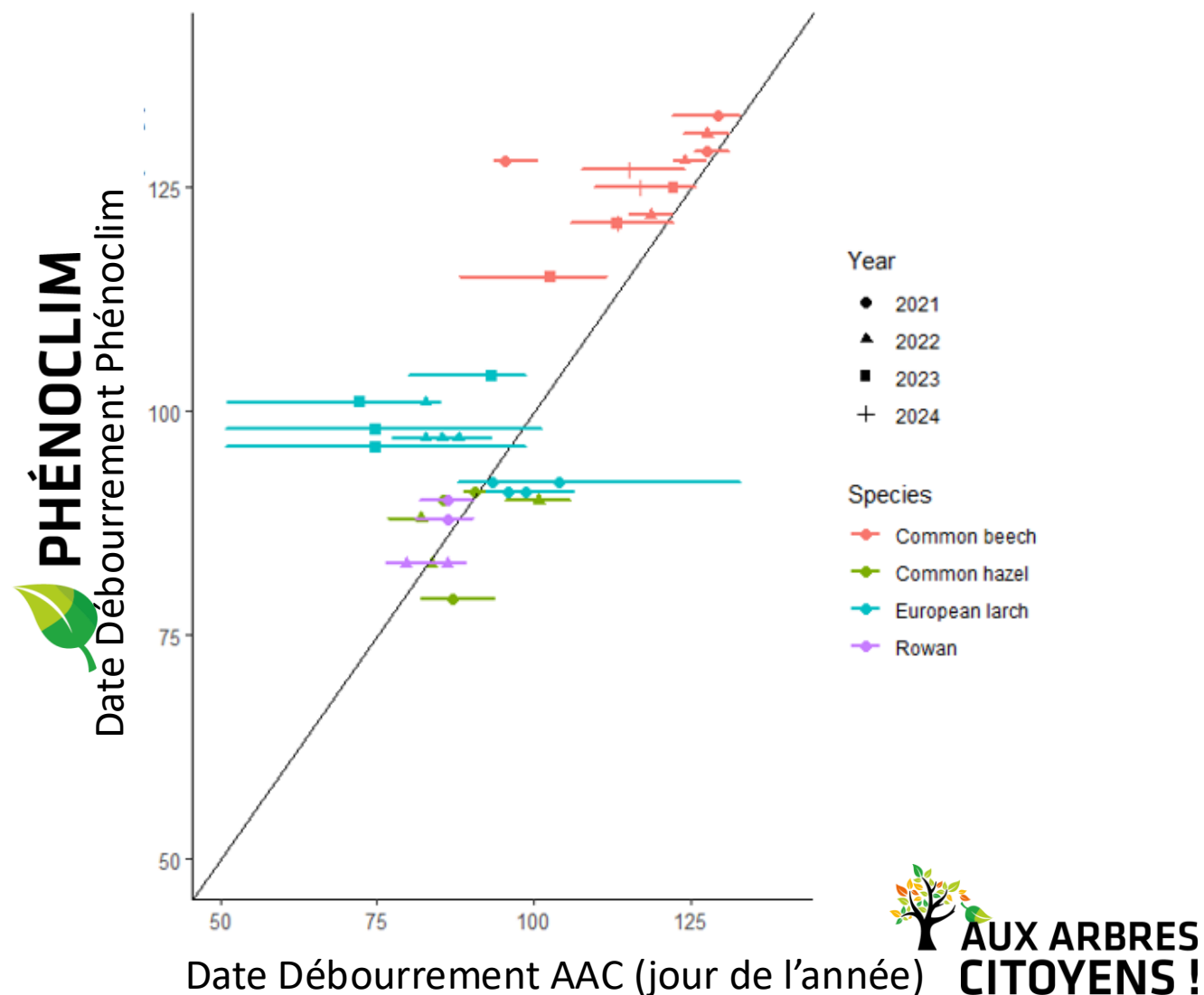
- Number of observations?
- Difference between minimum and maximum coverage?
- Percentage of 0?
- ...

5. Comparing predicted dates and Phenoclim observations



Comparaison des données AAC - Phenoclim

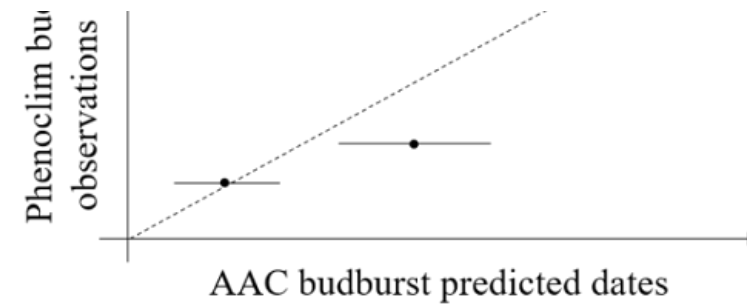
- ✓ 3) En moyenne,
- **Printemps, 10% chgt de couleur des feuilles :**
Dates AAC < Dates Phenoclim
 - **50% chgt de couleur des feuilles :**
Dates AAC = Dates Phenoclim
 - Relation positive significative entre dates AAC et Phenoclim



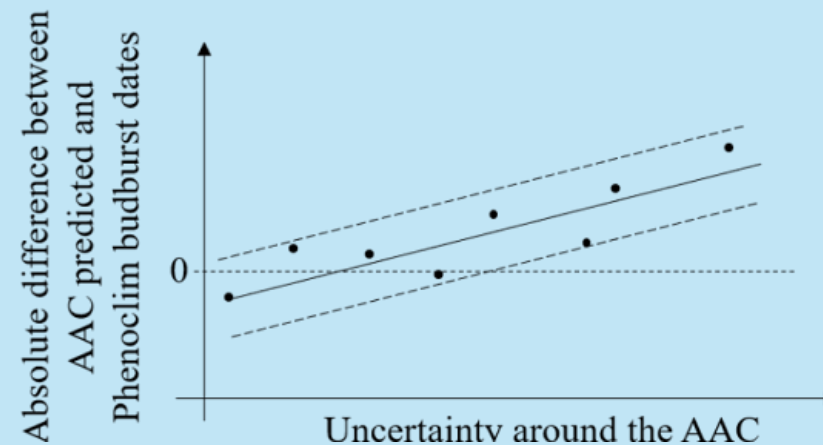
4) Peut-on expliquer la différence entre les observations AAC et Phenoclim, et donner un indice de qualité aux données AAC ?

(mean +/- CI)

- Number of observations?
- Difference between minimum and maximum coverage?
- Percentage of 0?
- ...



6. Explaining the difference between AAC predicted and Phenoclim budburst dates to give a quality index to the AAC predicted data



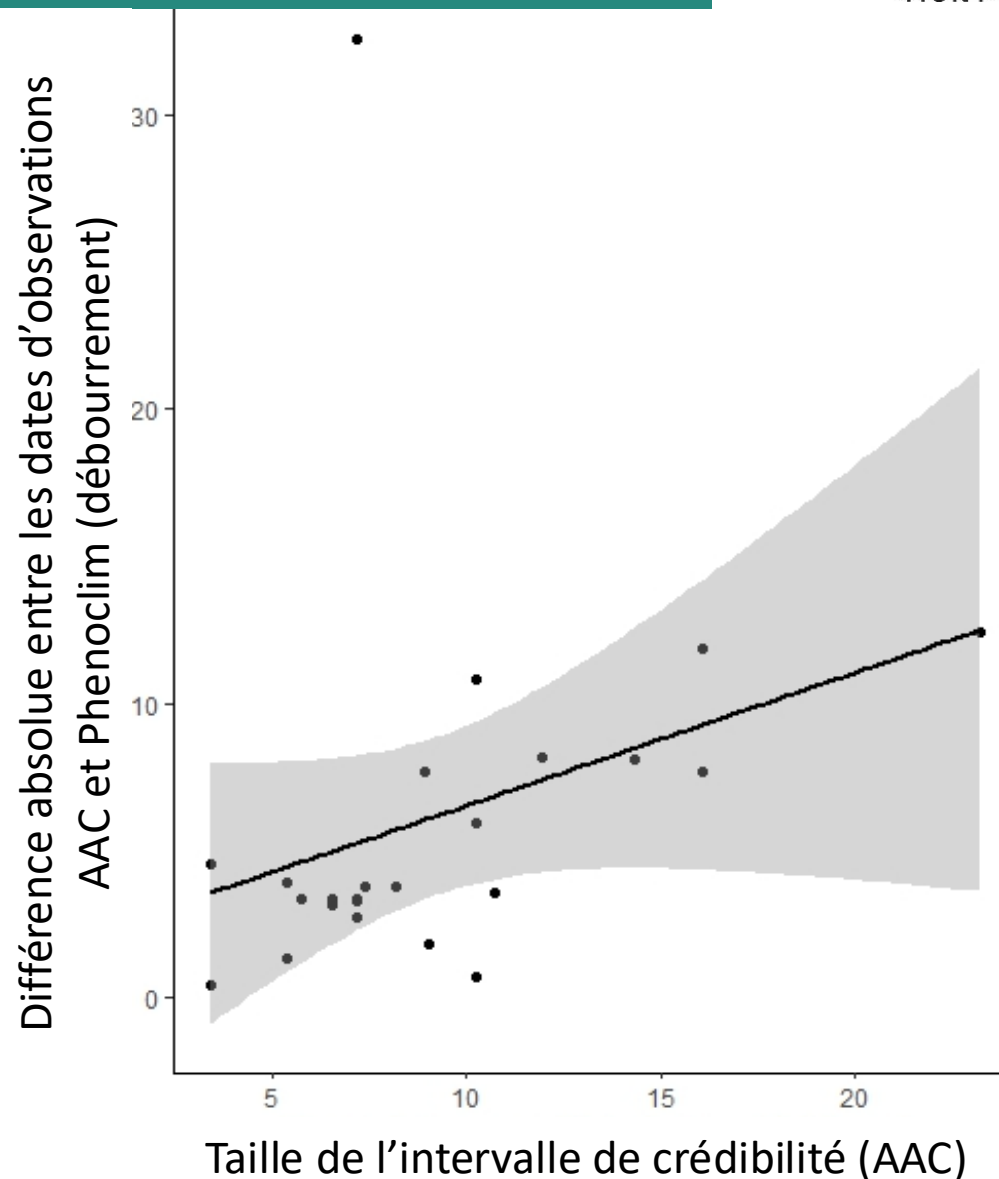
Incertitude autour des dates estimées



4) En partie.

- **Printemps, 10% chgt de couleur des feuilles :**
incertitude autour de la moyenne est un bon prédicteur de la différence AAC-Phenoclim
- **50% chgt de couleur des feuilles :** relation positive mais non significative

=> La taille de l'intervalle de crédibilité autour des données AAC peut constituer un indice de qualité des données





1. Evaluation de l'exactitude des observations issues d'un protocole semi-structuré

-> Données AAC biaisées (+ précoces) mais fortement corrélées aux observations Phenoclim

2. Peut-on donner un indice de qualité à ces données semi-structurées ?

-> Oui, au printemps et 10% de chgt de couleur des feuilles, en partie via la taille de l'intervalle de crédibilité

3. Peut-on les combiner à une base de données issues de protocoles structurés de façon à augmenter le jeu de données total

-> Oui mais avec précaution

4. Comment améliorer le protocole pour avoir des données aussi fiables que possible ?

-> Augmenter le nombre d'observations/arbre, observations régulières à travers tout le processus phénologique (0 à 100%), augmenter la proportion de données dans l'intervalle]0% ; 100%[

-> Warning dans l'application pour diriger l'effort d'observation vers certains arbres



Merci de votre attention !



mbison@creamontblanc.org

