

# CARACTÉRISATION DES DIFFÉRENCES RÉGIONALES ET ALTITUDINALES DES DATES DE DÉBOURREMENT DE CINQ ESSENCES FORESTIÈRES SUR L'ENSEMBLE DES ALPES FRANÇAISES

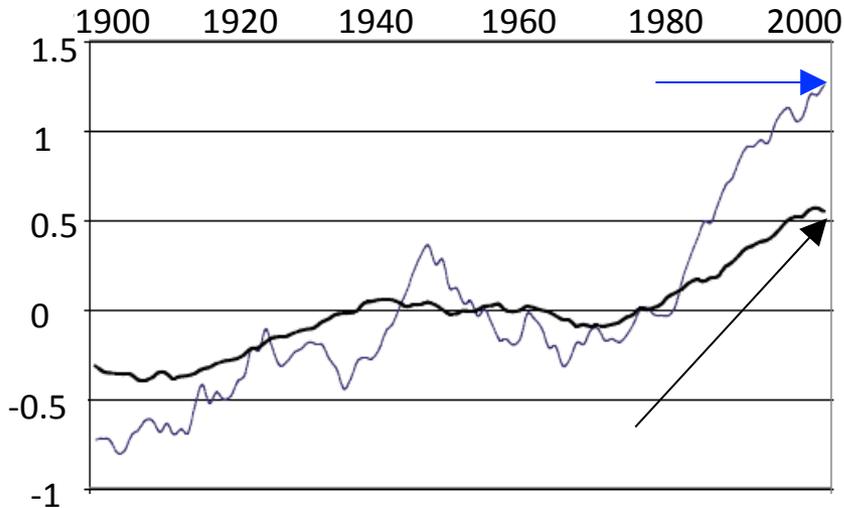


*Daphné ASSE, Isabelle CHUINE, Anne DELESTRADE, Christophe RANDIN*

Pheno2015 – Clermont-Ferrand - 17 novembre 2015

# L'augmentation des températures dans les Alpes

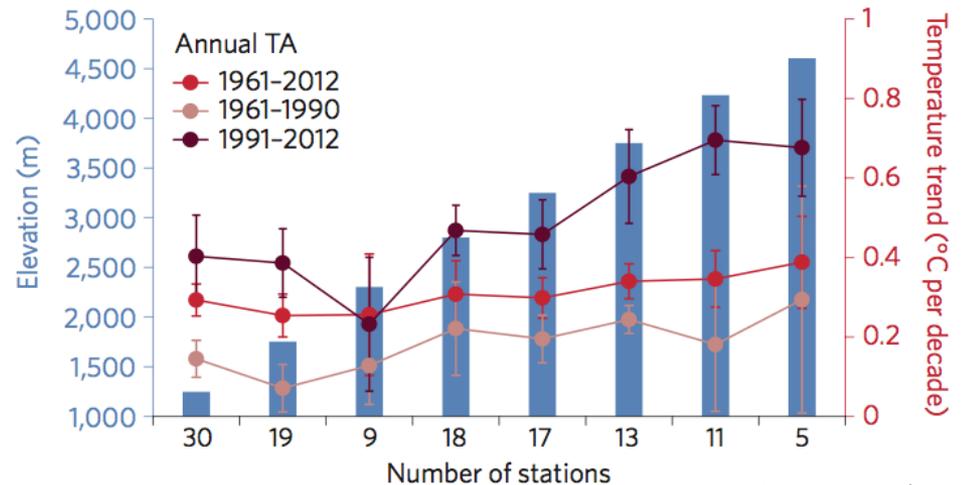
## Anomalies des températures au 20<sup>ème</sup> siècle



Ouest des Alpes + 2°C

Hémisphère Nord + 1,3°C

Rebetez and Reinhard  
(2007)



Mountain Research  
Initiative EDW Working  
Group (2015)

**Comment les espèces arborées réagissent-elles ?**

# La phénologie en montagne

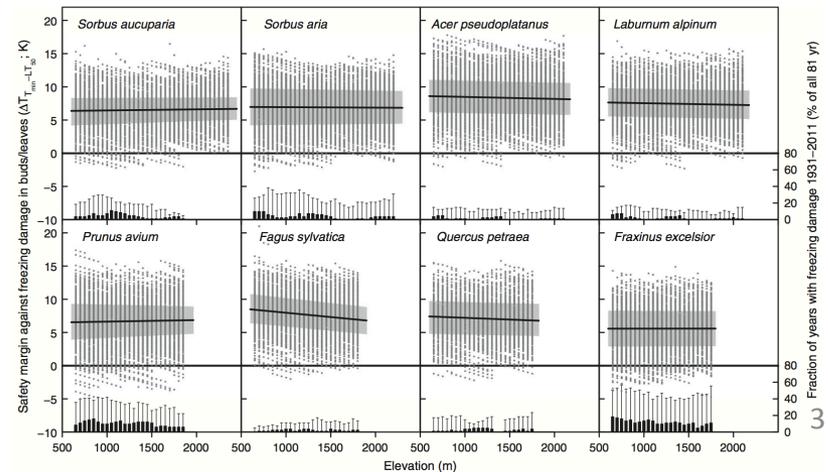
## Effets de l'altitude

- **Loi de Hopkins (1920)** : Décalage de la phénologie printanière de 3.33 jours /100 m
- En fonction des espèces, le déphasage en fonction de l'altitude ne varie pas de la même façon (**Vitasse, 2008**)

## L'évitement aux risques de gel

- La marge de sécurité contre le gel au printemps ne change pas avec l'altitude chez les espèces caduques (**Lenz *et al.*, 2013**)

→ Débourrement plus tardif en altitude  
 Limitation en altitude par saison de croissance trop courte



Questions scientifiques :

*1 - Quels sont les facteurs environnementaux qui expliquent le mieux la variation des dates de débourrement ?*

*2 - Ces facteurs sont-ils identiques entre espèces ?*

*3 – Les gradients altitudinaux de dates de débourrement varient-ils entre une année froide et une année chaude ?*



## Le réseau de stations – le réseau d'observateurs

📍 16 Scolaires  
 📍 47 Particuliers  
 📍 43 Espaces protégés  
 📍 26 Associations  
 📍 9 Prof



Depuis 2006 : 60 stations de température



Depuis 2004 : 25 000 données d'observation/672 zones sur 5 espèces

Nettoyage de la base de données :

→ Moyenne des dates par site/année/espèce/stade

Caractérisation du climat des

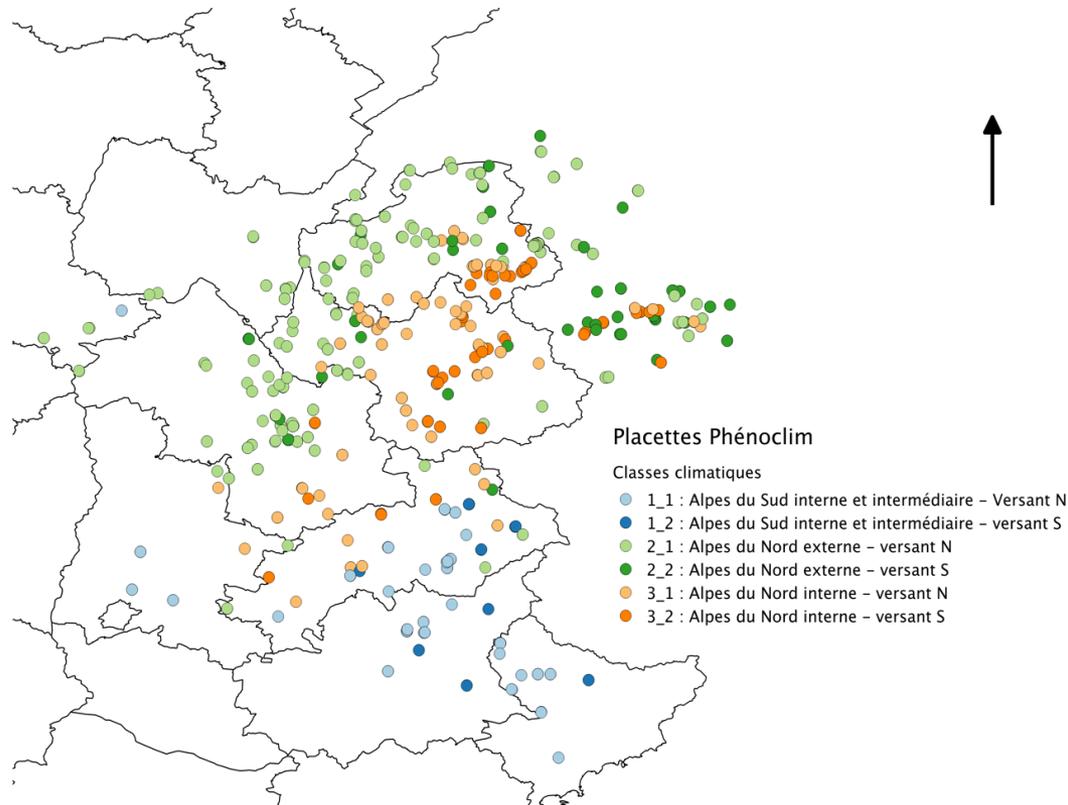
sites d'observation :

- Alpes du Nord externe
- Alpes du Nord interne
- Alpes du Sud interne et intermédiaire

Projection des températures sur tous

les sites (Tmean, Tmin, Tmax)

Kollas *et al.* 2013 ; Cianfrani, 2015



Calcul du GDD5, GDD0, et de la fréquence du nombre de jours < 0°C au premier semestre

(FF0)

## Analyses sur les sites ayant des observations continues de 2011 à 2013

- **2011** : année la plus chaudes de la période 2005-2014)
- **2012** : année « moyenne »
- **2013** : 2<sup>ème</sup> année la plus froide, durée d'enneigement la plus longue

DEBOURREMENT	Epicéa	Bouleau	Noisetier	Frêne	Mélèze
Nombre de sites	19	20	21	27	28

1.
  - Calcule de la relation entre la date de débourrement (Doy) et l'altitude
  - Calcule de la norme de réaction en 2011 et 2013 et la différence

2. Test de modèles linéaires prenant en compte l'altitude pour expliquer les Doy

3. Comparaison de modèles linéaires prenant en compte la température pour expliquer les Doy (au lieu de l'altitude)

1. Relation entre dates de débourrement et l'altitude / Norme de réaction pour années chaudes et froides et différence

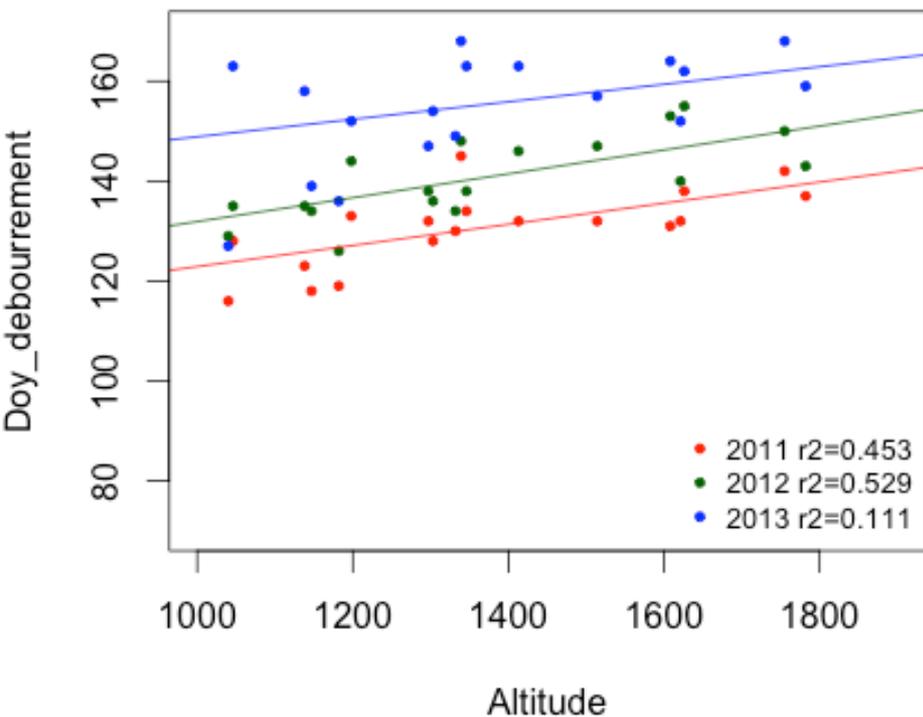
<b>DEBOURREMENT</b>	<b>Déphasage Jours/100 m</b>	<b>Déphasage Jours/100 m (2011)</b>	<b>Déphasage Jours/100 m (2013)</b>	<b>Déphasage jours entre année</b>
<b>Noisetier</b>	1.8	1.6	2.1	-10.6
<b>Epicéa</b>	2.1	2.1	1.7	-10.5
<b>Bouleau</b>	2.3	1.5	2.8	-2.8
<b>Frêne</b>	2.7	2.8	3.1	-12.5
<b>Mélèze</b>	2.7	1.9	2.6	-29.6

Résultats en accord avec d'autres études :

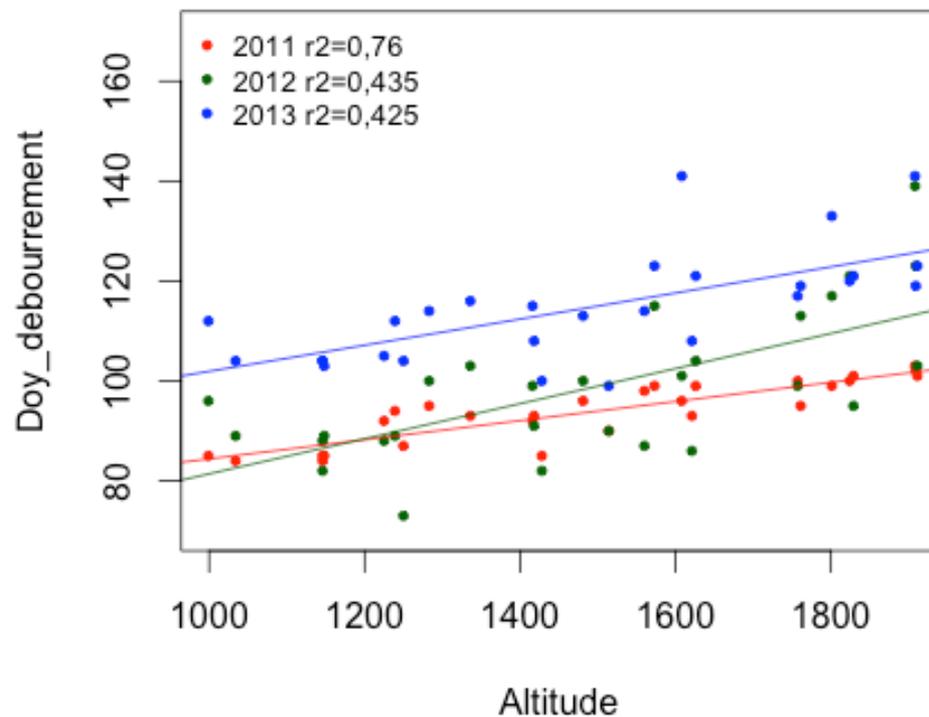
- Pellerins *et al.* 2012 : 2.2 à 3.0 jours/100m
- Richardson *et al.*, 2006 : 2.7 jours/100m
- Vitasse *et al.*, 2009 : 1.1 à 3.4 jours/100m

1. Relation entre dates de débourrement et l'altitude / Norme de réaction pour années chaudes et froides et différences

Debourement de l'Epicea en 2011,2012,2013



Debourement du Mélèze en 2011,2012,2013



## 2. Modèles : effet de l'altitude sur les dates de débourrement (Doy)

En plus de l'altitude on test également dans les modèles l'effet région et radiation

DEBOURREMENT	Frêne		Bouleau		Noisetier		Mélèze		Epicéa	
	R <sup>2</sup>	P-value								
Doy ~ altitude	0.468	***	0.310	***	0.265	***	0.2645	***	0.132	**
Doy ~ altitude + année	0.661	***	0.542	***	0.636	***	0.663	***	0.694	***
Effet région	*		NS		NS		NS		.	
Effet radiation	**		*		NS		NS		NS	

Sur une échelle régionale comme le massif des Alpes : difficile de prédire les dates de débourrement avec l'altitude

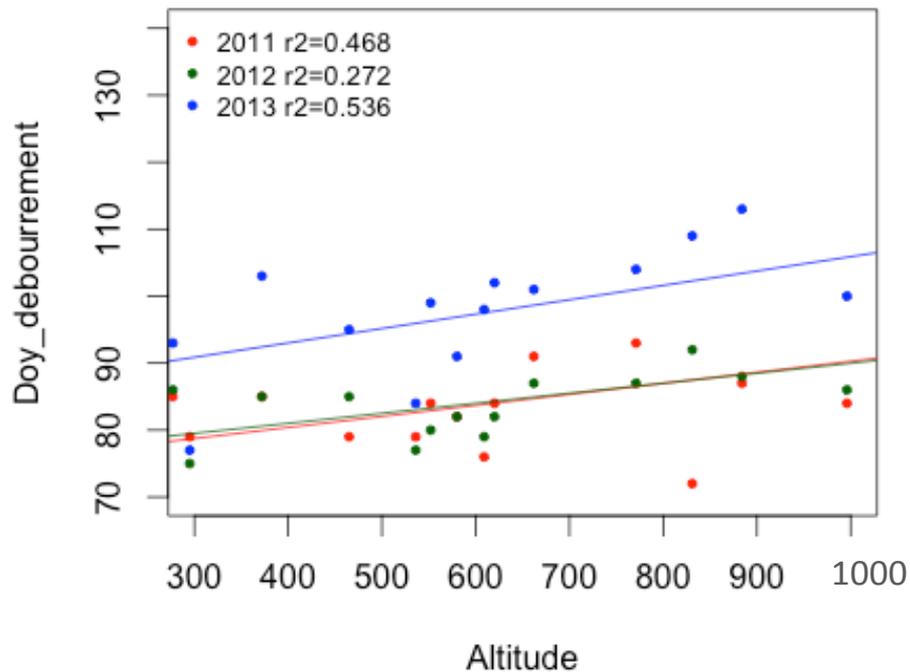
### 3. Modèles : effet de la température sur les dates de débourrement (Doy)

En plus de la température on test également dans les modèles l'effet région et radiation

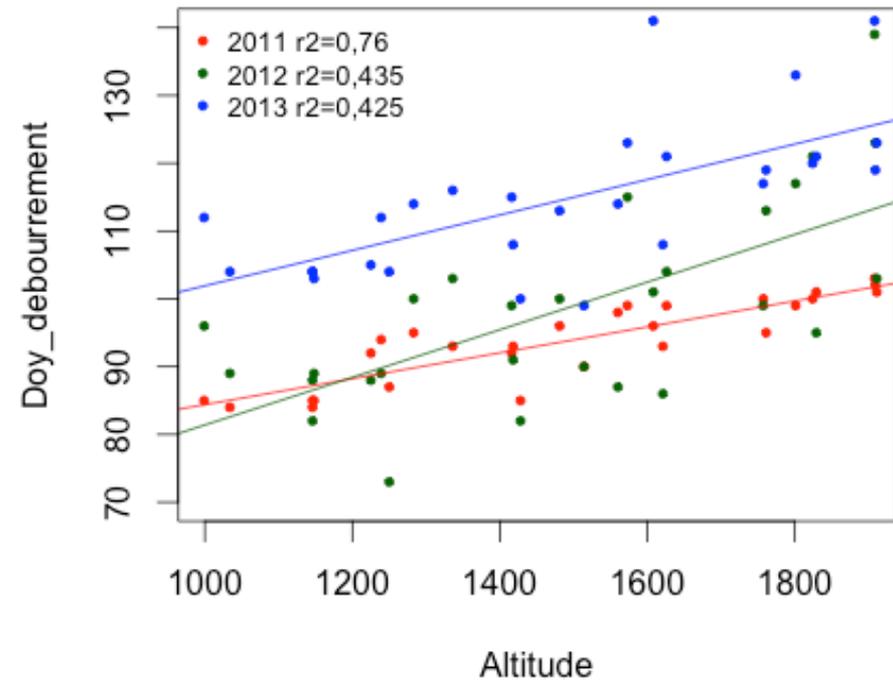
DEBOURREMENT	Frêne		Bouleau		Noisetier		Mélèze		Epicéa	
	R <sup>2</sup>	P-value								
Doy ~ altitude	0.468	***	0.3101	***	0.265	***	0.2645	***	0.1317	**
Doy ~ GDD0 (sem)	0.565	***	0.5265	***	<b>0.59</b>	***	0.638	***	0.6198	***
Doy ~ Tmax (sem)	<b>0.571</b>	***	<b>0.535</b>	***	0.560	***	<b>0.64</b>	***	<b>0.675</b>	***
Effet FF0	NS		NS		NS		NS		**	
Effet radiation	**		*		.		NS		NS	

- Meilleurs modèle avec la température par rapport à l'altitude (2x plus pour certaines espèces)
- La radiation n'a pas d'effet pour toutes les espèces
- Le rajout du risque au gel a peu d'effet → corrélation entre le GDD et FF0

Debourement du Noisetier en 2011,2012,2013



Debourement du Mélèze en 2011,2012,2013



Pour une espèce distribuée jusqu'à la limite supérieure des arbres → effet tampon de l'enneigement ?

Entre une année chaude et froide : Déphasage autour de 10 jours

Effet somme d'énergie à disposition (GDD ou Tmax) > effet altitude

La radiation (l'effet versant) : pas d'effet sur la phénologie de toutes les espèces  
→ Variation pas suffisante dans leur répartition?



- Intégrer aux modèles la température et l'effet de la neige sur la  $T_{sol}$ , et la présence/absence de neige
- Tester les effets des températures d'automne des années précédentes (n-1)
- Compléter sur l'ensemble des données Phénoclim et travailler sur les autres phénophases

Ces données acquises par la science participative, combinées à des modèles empiriques fournissent des indices intéressants sur les facteurs clés contrôlant la date de débourrement

**Merci pour votre attention**



## Nettoyage de la base de données

→ Moyenne des dates par site/année/espèce/stade

- Pour chaque site : Données dont l'écart-type ( $\sigma$ ) > 7 → données vérifiées /corrigées
- Sur l'ensemble des Alpes : pour chaque année, si moyenne par site (Moy\_site) < moyenne sur els Alpes (Moy\_Alpes) -3\* $\sigma$  ou > Moy\_Alpes +3\* $\sigma$  -> données vérifiées /corrigées

### Nombre de sites suivies pour le débourement par année

	Epicéa		Mélèze		Noisetier	
	total	avec météo	total	avec météo	total	avec météo
2005	8		2	-	4	
2006	19	10	18	13	20	11
2007	18	13	23	17	24	13
2008	19	10	26	23	32	9
2009	24	13	28	25	42	19
2010	43	15	50	25	47	17
2011	47	20	52	28	58	21
2012	32	11	37	21	44	14
2013	29	14	37	17	29	13
2014	15	9	21	11	22	7
Total	254	115	294	180	322	124

# Création de clusters climatiques

Données climatiques : Tmin, Tmax, Tmean, Precipitation, Radiation totale, Radiation directe

→ WSL, European Datum 1950, à 100 mètres de résolution

## Création de trois classes :

Etape 1 :

$\text{Im}(\text{Tmin janv} \sim \text{Altitude})$   
 $\text{Im}(\text{Tmax juin} \sim \text{Altitude})$ 

**Résidus**

Etape 2 :

ACP( **Résidus** ; Indice de Gams)

## Création de sous-classes :

Etape 3 : ACP (radiation)

→ Effet de versant

