Arnaud Monty Grégory Mahy

Différenciation altitudinale de *Senecio inaequidens* (Asteraceae) lors de son invasion en Europe

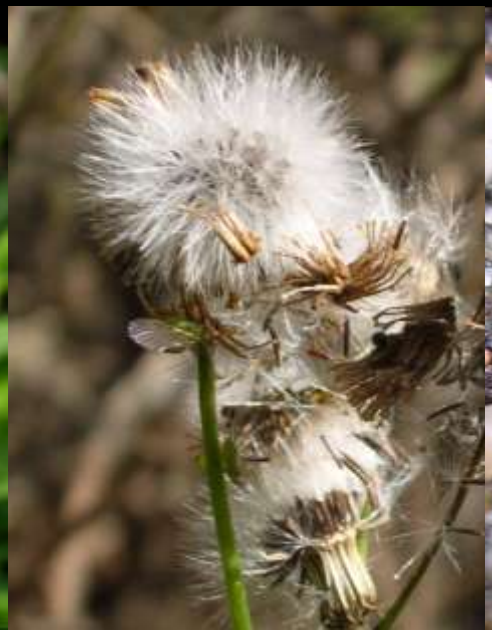
Laboratoire d'Ecologie
Faculté des Sciences Agronomiques
de Gembloux, Belgique

gembloux
faculté universitaire
des sciences agronomiques

Contexte d’étude

Senecio inaequidens DC.

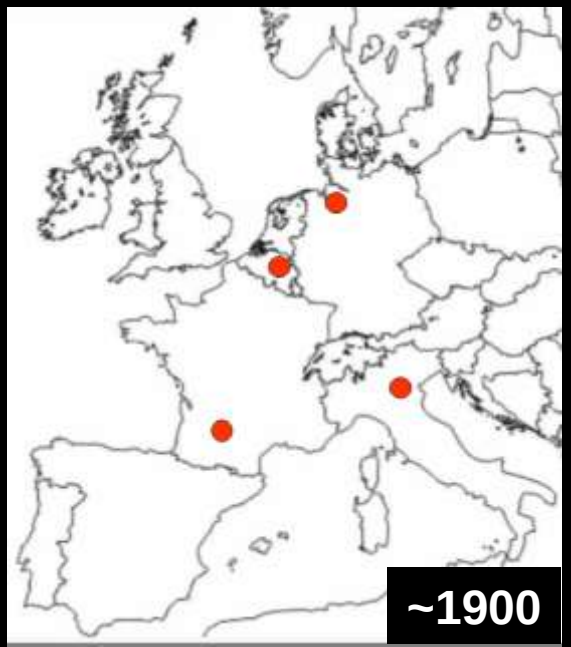
- Plante herbacée vivace, buissonnante
- Grande production de capitules et de fruits (akènes)
- Floraison précoce et soutenue (jusqu'à 6 mois/an) ; Germination rapide
- Espèce pionnière, envahissant surtout bords de routes et chemins de fer
- Seul le cytotype tétraploïde est présent en Europe



Historique de l'invasion

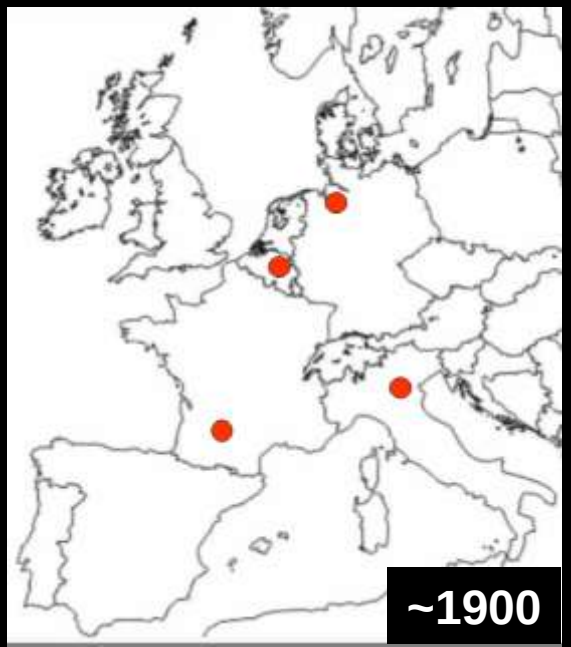
- Originaire d'Afrique du sud et du Lésotho
- Introduit accidentellement en Europe dans différentes villes liées à l'industrie lainière:

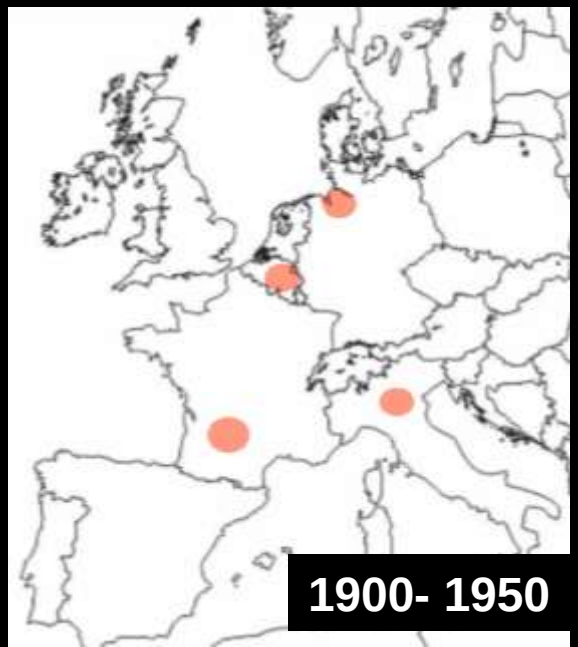
  - Verviers (Belgique) : 1892
  - Bremen (Allemagne) : 1896
  - Mazamet (France) : 1936
  - Verona (Italie) : >1940



Historique de l'invasion

- Originaire d'Afrique du sud et du Lésotho
- Pendant plusieurs décennies, l'espèce est restée confinée à ces zones lainières

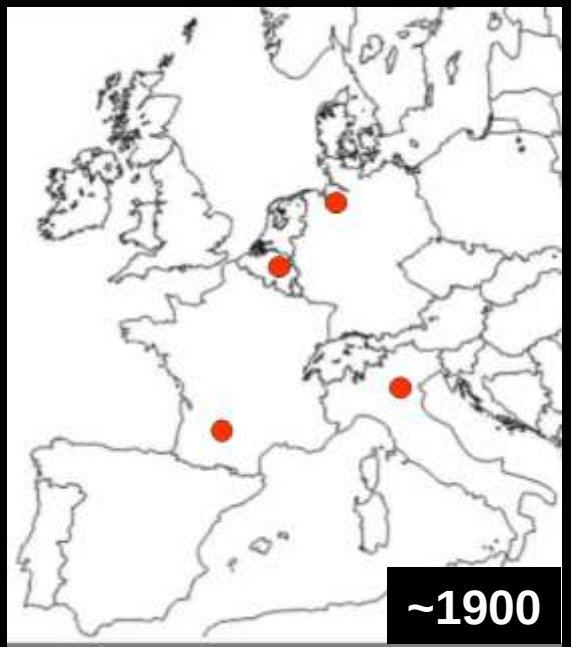


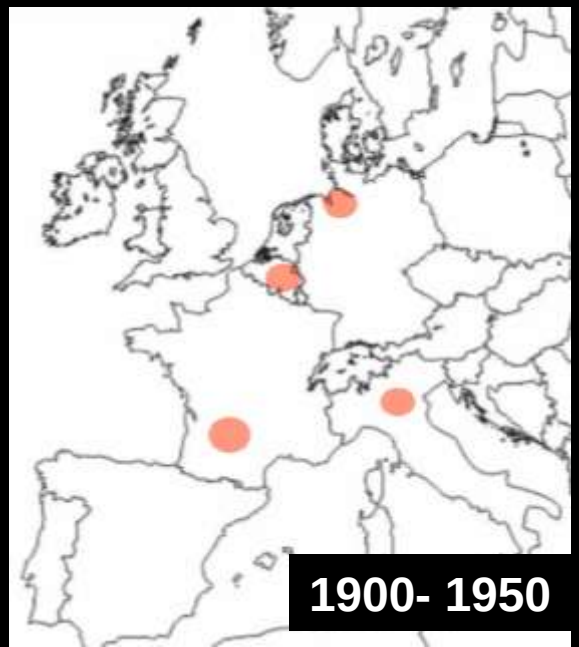


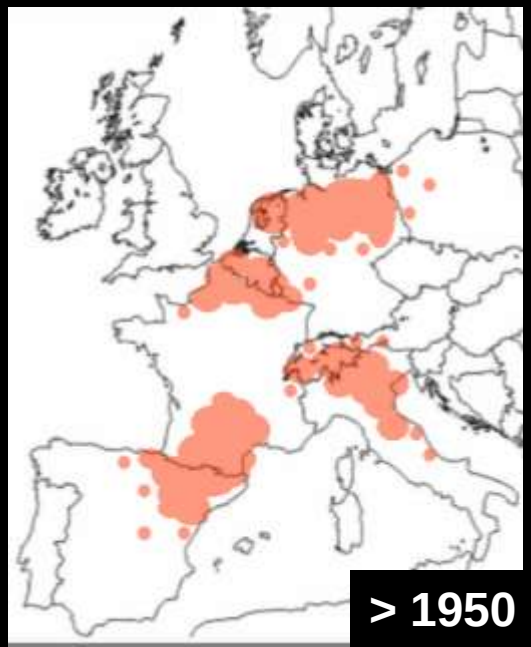
Historique de l'invasion

- Originaire d'Afrique du sud et du Lésotho
- A partir de 1950-1970, l'espèce s'est répandue à travers l'Europe, dans des zones parfois très contrastées climatiquement

➔ Pendant ~ 50 ans, *Senecio inaequidens* a rencontré des variations importantes dans les conditions climatiques, au fur et à mesure de son invasion…







Senecio inaequidens DC.:
…un bon modèle pour les études évolutives!

- Historique d'invasion connu
- Points d'introduction précis, d'où l'espèce s'est répandue ➔ plusieurs « gradients de colonisation » indépendants
- Expansion, depuis chaque introduction, à travers des climats contrastés
- Climat = Agent de sélection possible car
  - ➢ Peu d'ennemis naturels qui altèrent le fitness
  - ➢ Peu de variabilité dans les sols envahis
  - ➢ Dispersion par le vent… pas d'intervention d'autres organismes
  - ➢ Pollinisation généraliste…pas de co-évolution avec d'autres organismes

Modèle idéal pour observer d'éventuelles différenciations adaptatives rapides en réponse au climat

Méthode

Transects altitudinaux et climatiques le long de voies d'invasions:

Transect français:

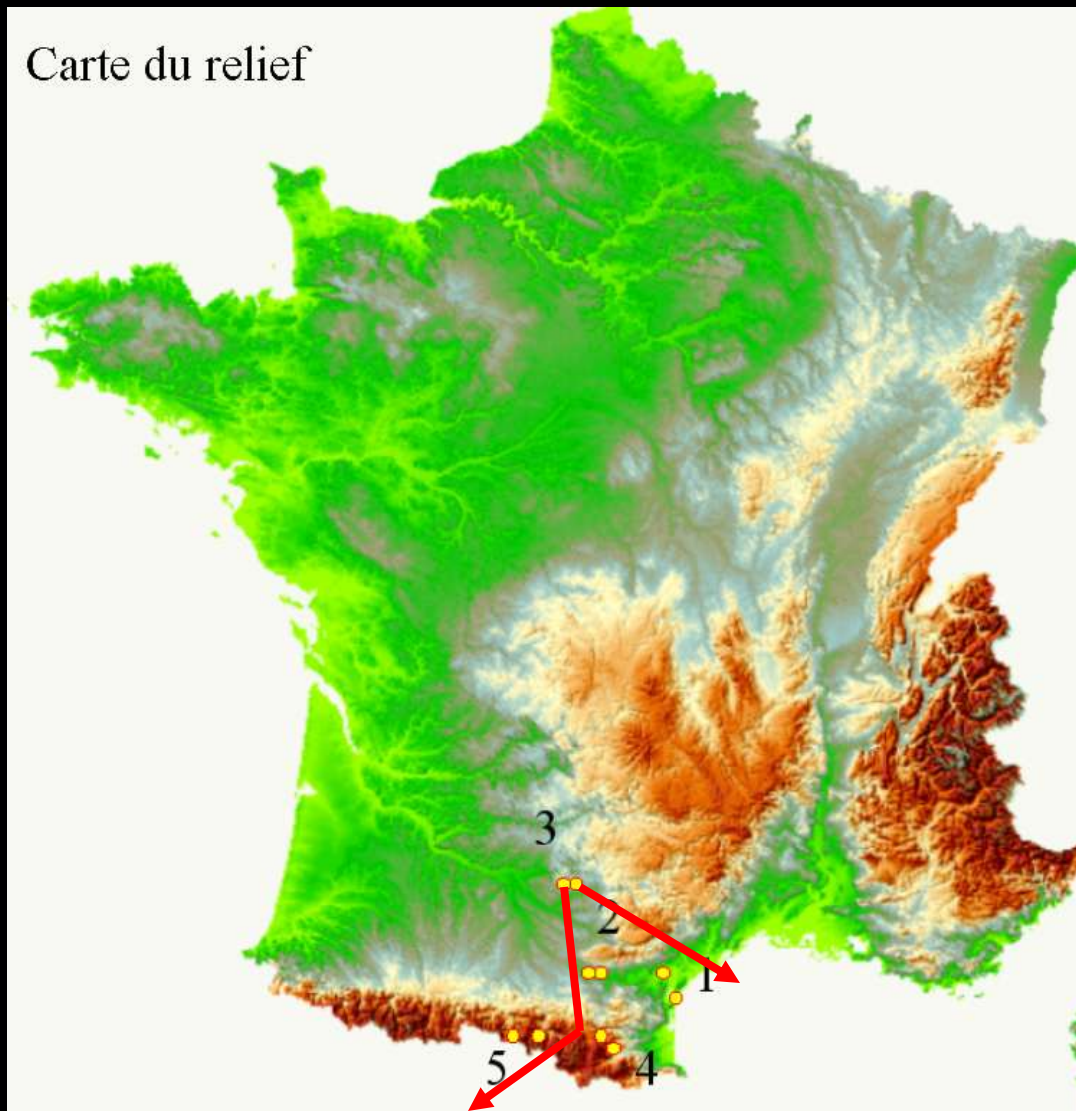
5 zones altitudinales:

-1) Côte Méditerranéenne (0 m)
-2) Subméditerranéenne (200 m)
*-3) **Zone d'introduction** (400 m)*
-4) Basses Pyrénées (800 m)
-5) Hautes Pyrénées (1600 m)

• Deux populations par zones

• Gradient de température et de sécheresse estivale

• T° moyenne annuelle: **16.1 à 6.3 °C**
• Invasion vers le bas: **+ 3.4°C**
• Invasion vers le haut: **- 6.4°C**



Transects altitudinaux et climatiques le long de voies d'invasions:

Transect belge:

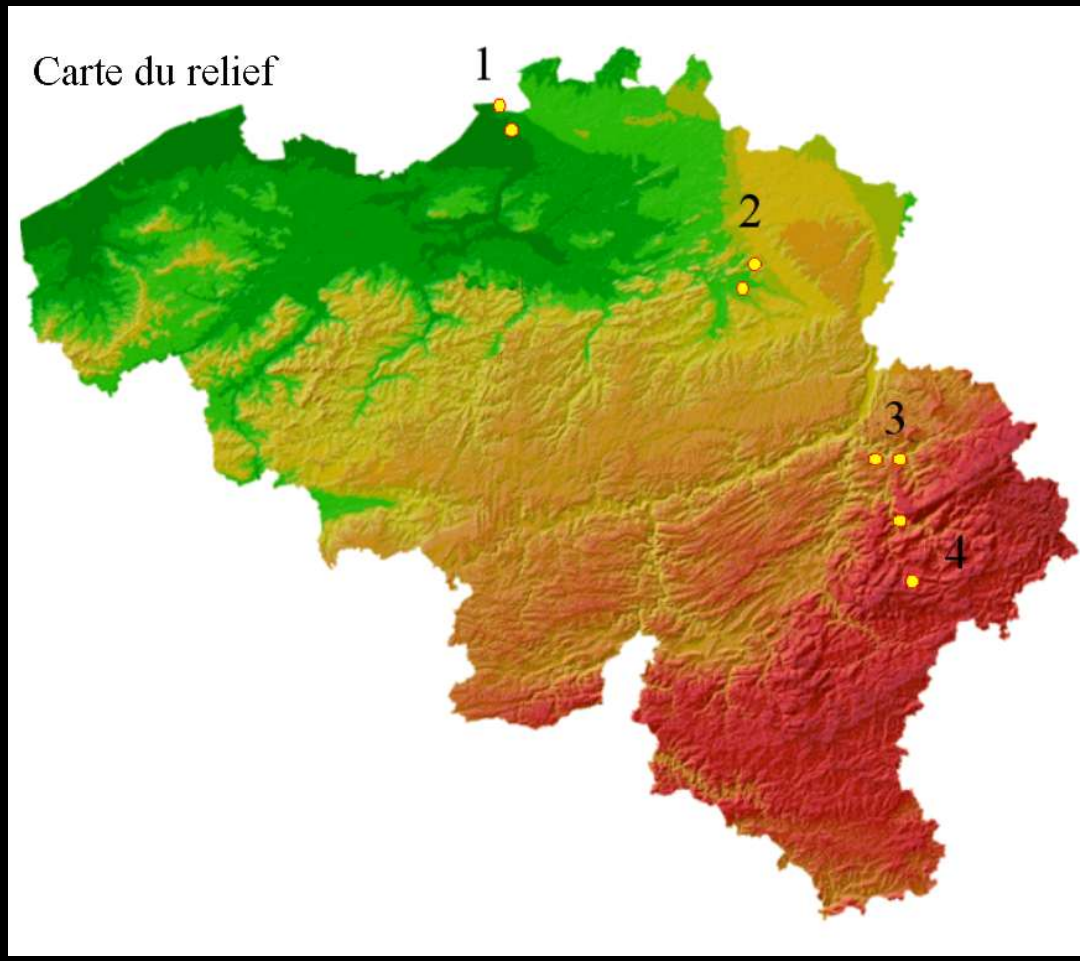
4 zones altitudinales:

-1) Côte océanique (0 m)
-2) Océanique (50 m)
-3) ***Zone d'introduction*** *(200 m)*
-4) Hauts plateaux (400 m)

• Deux populations par zones

• Gradient de température et de précipitations annuelles

• T° moyenne annuelle: **9.6 to 5.7 °C**



Caractérisation des populations in situ

2006

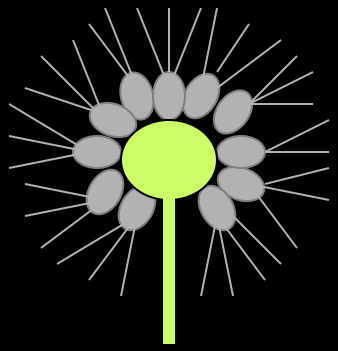
10 plus grands individus

***Traits mesurés**:*

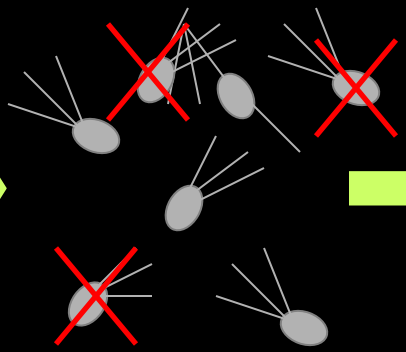
- *Hauteur du plant*
- *Volume estimé (diamètre1 x diamètre2 x h/4)*
- *Biomasse fraîche*

Collecte des graines et atténuation des effets intra-maternels

10 individus parents (aléatoires)



Capitule collecté



Tri des akènes

10 plus gros akènes sans défaut

Expérience en jardin commun

2006

10 plus gros akènes sans défaut

Semés en pots

1 plant gardé pour la suite

Un plant par individu parent

Etude de la germination
(n = 1800)

Etude de la phénologie, la croissance et la reproduction
(n = 180)

Expérience en jardin commun

2006

10 plus gros akènes sans défaut

Semés en pots

1 plant gardé pour la suite

Un plant par individu parent

***Traits mesurés**:*

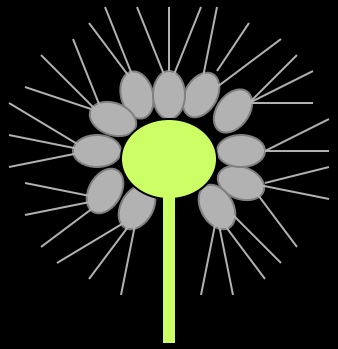
- *Délai de première germination*
- *Délai de première floraison (depuis germination)*
- *Hauteur à la première floraison*
- *Hauteur finale*
- *Biomasse aérienne sèche*
- *Allocation à la reproduction (Nb total de capitules/biomasse)*

2007

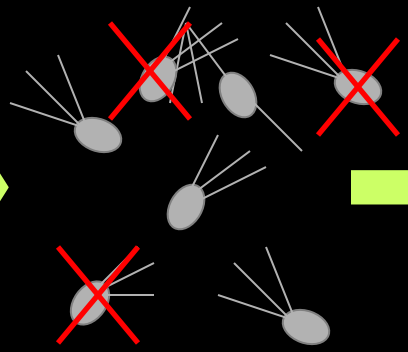
Répétition de l'ensemble de l'expérience:

Collecte des graines et atténuation des effets maternels

10 individus parents (aléatoires)



Capitule collecté



Tri des akènes

10 plus gros akènes sans défaut

+ pesée des akènes
➔ Covariable

Expérience en jardin commun

2007

10 plus gros akènes sans défaut

Semés en pots

1 plant gardé pour la suite

Un plant par individu parent

***Traits mesurés**:*

- *Délai de première germination*
- *Délai de première floraison (depuis germination)*
- *Hauteur à la première floraison*
- *Hauteur actuelle*
- *Biomasse aérienne sèche*
- *Allocation à la reproduction (Nb total de capitules/biomasse)*

Expérience en jardin commun: blocs aléatoires complets

Analyse des données:

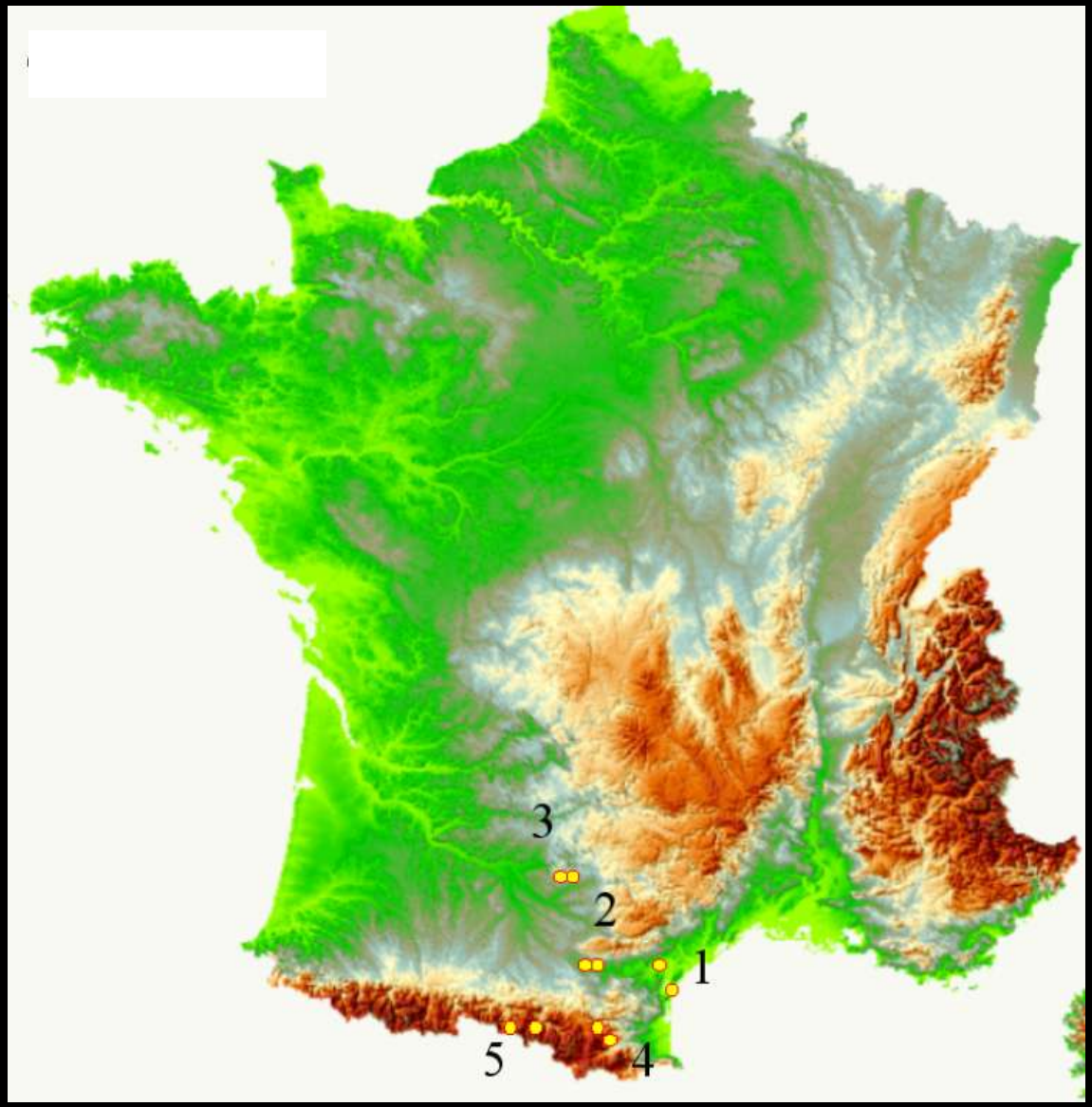
Le long de chaque transect, pour chaque trait:

Comparaisons entre zones climatiques ➔ ***ANOVAs***

Régression linéaire ➔ ***Moyenne population <u>vs</u> Altitude***

Résultats

Transect français



Caractérisation des populations in situ

- ***Hauteur du plant***
- ***Volume estimé***
- ***Biomasse aérienne***

Caractérisation des populations in situ

- ***Hauteur du plant***

- ***Volume estimé***

- ***Biomasse aérienne***

Différences significatives entre zones du transect (ANOVA)

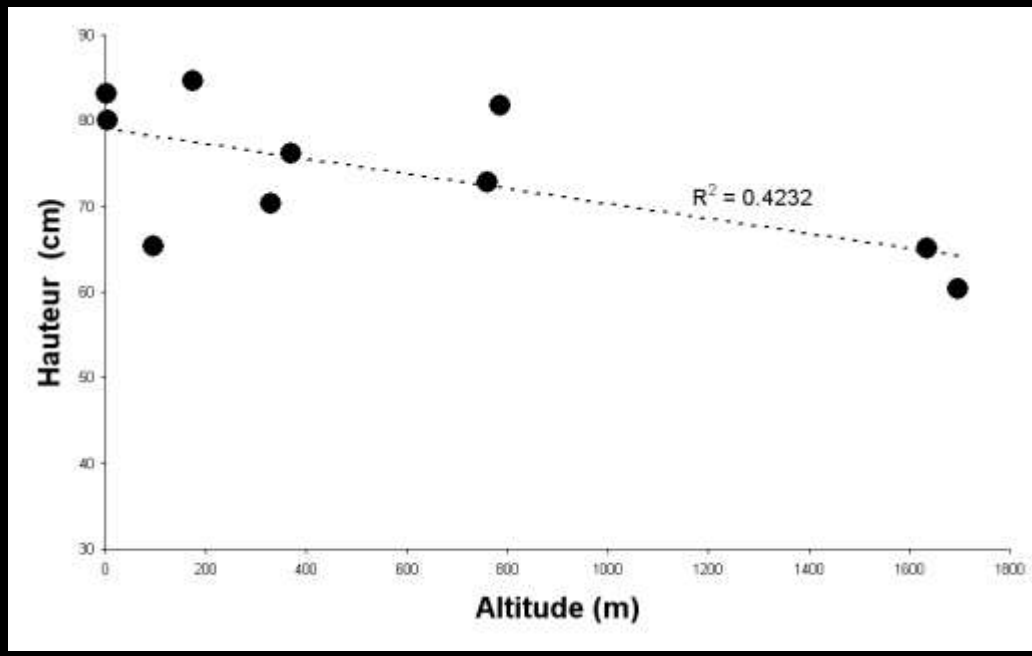
Caractérisation des populations in situ

- ***Hauteur du plant***
- ***Volume estimé***
- ***Biomasse aérienne***

Caractérisation des populations in situ

- ***Hauteur du plant***
- ***Volume estimé***
- ***Biomasse aérienne***

Régression (-)
significative avec l'altitude



Caractérisation des populations in situ

- ***Hauteur du plant***
- ***Volume estimé***
- ***Biomasse aérienne***

Régression (-)
significative avec l'altitude

Plus les populations naturelles sont à basse altitude altitude, plus les plants y sont grands

Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale***
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale***
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

Différences significatives entre zones du transect (ANOVA)

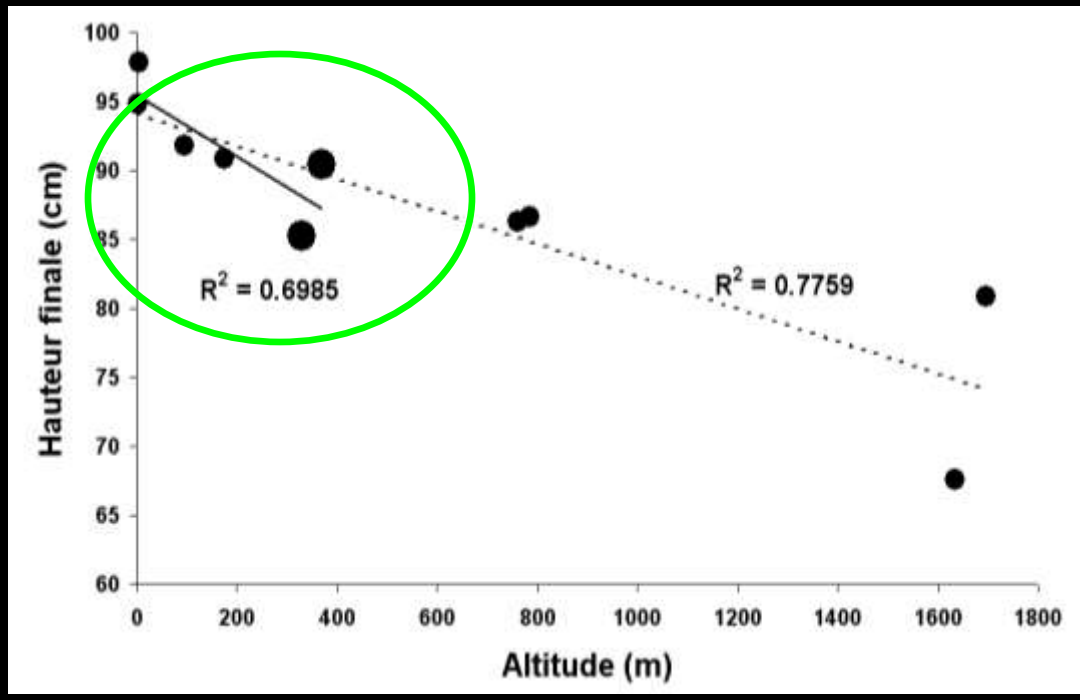
Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale***
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale***
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

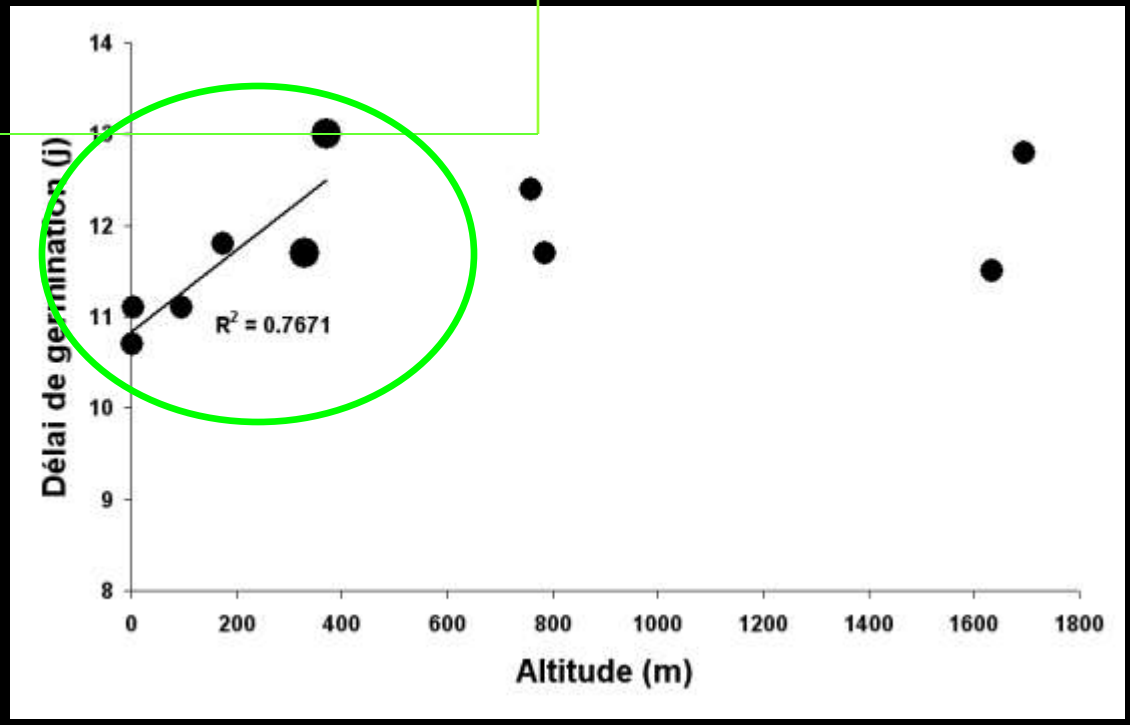
Régression (-)
significative avec l'altitude
(surtout pour l'invasion vers la méditerranée)



Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale***
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

Régression (+)
significative avec l'altitude
seulement pour l'invasion vers la méditerranée



Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale***
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

Régression (+)
significative avec l'altitude
seulement pour l'invasion vers la méditerranée

Dans le jardin commun, plus les plants proviennent de basses altitudes, plus ils tendent à germer tôt, à être grand et à allouer plus de ressources à la croissance qu'à la reproduction

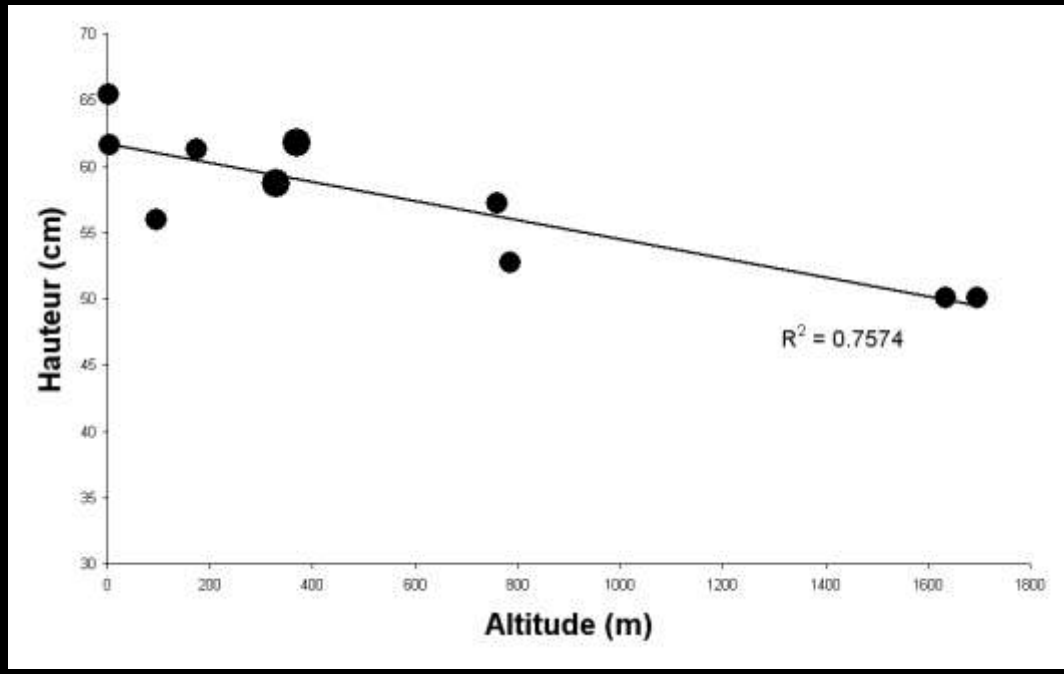
Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale***
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale***
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

Régression (-)
significative avec l'altitude
(masse des akènes en covariable)



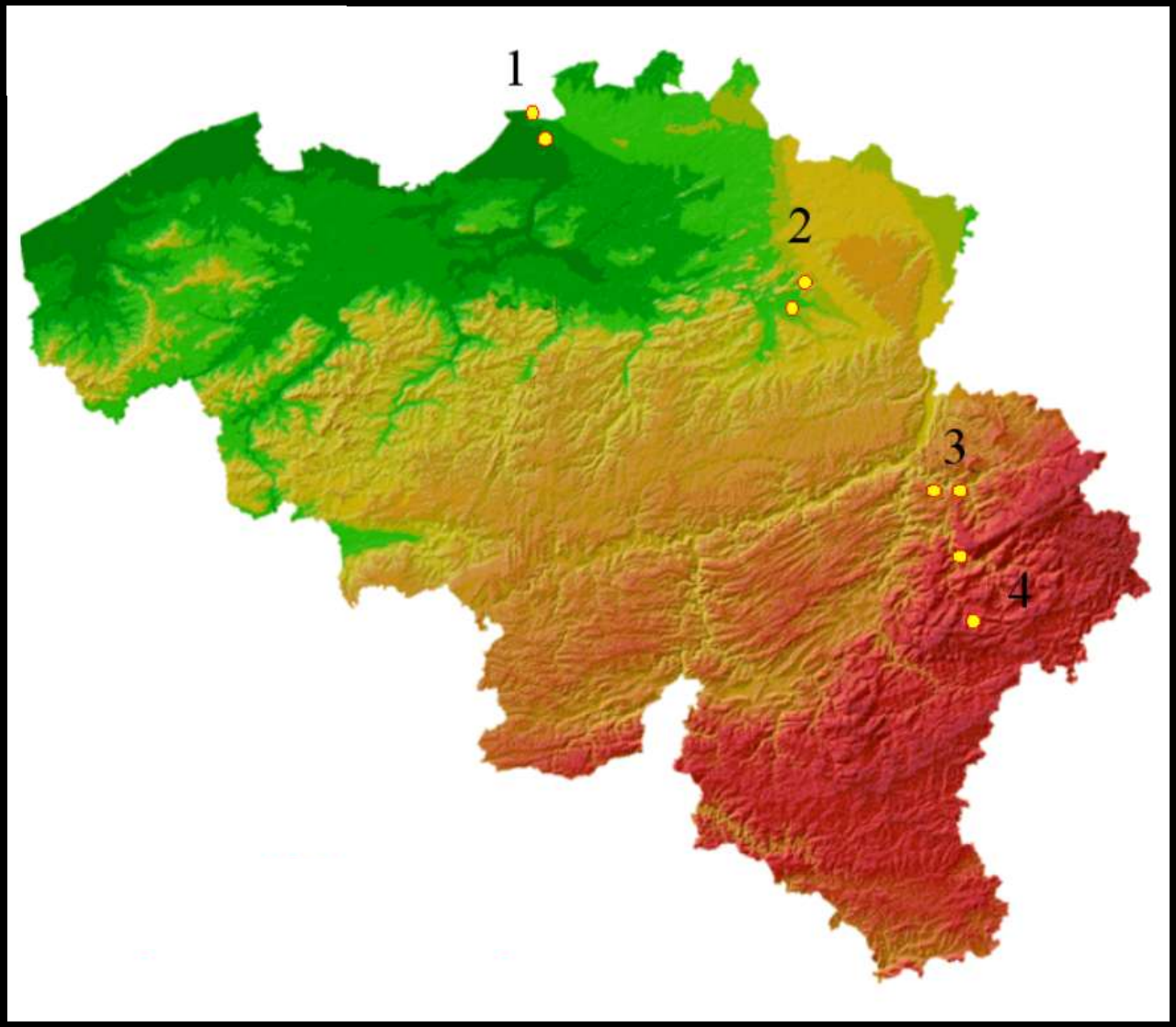
Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison*** →
- ***Hauteur finale*** →
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

Régression (-)
significative avec l'altitude
(masse des akènes en covariable)

Les tendances observées en 2006 se répètent en 2007, pour les traits liés à la croissance (et la phénologie)

Transect belge



Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale***
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale***
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

Différences significatives entre zones du transect (ANOVA)

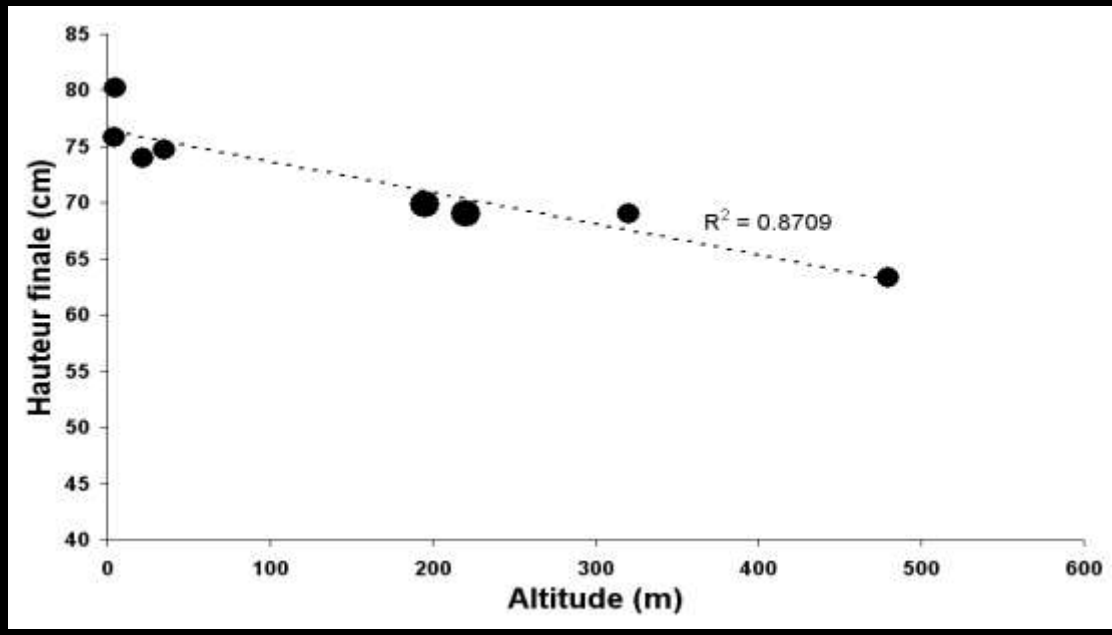
Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale***
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale***
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

Régression (-)
significative avec l'altitude



Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale*** →
- ***Biomasse aérienne*** →
- ***Allocation à la reproduction***

Régression (-)
significative avec l'altitude

Les patrons de variations observés en France se répètent en Belgique. Ils sont cependant *moins marqués* et concernent principalement la croissance

Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale***
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale***
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

Différences significatives entre zones du transect (ANOVA)

Expérience en jardin commun

- ***Délai de germination***
- ***Délai de floraison***
- ***Hauteur à la première floraison***
- ***Hauteur finale***
- ***Biomasse aérienne***
- ***Allocation à la reproduction***

Différences significatives entre zones du transect (ANOVA)

Confirmation partielle de la tendance observée pour la croissance en 2006

Conclusions et perspectives

Conclusions:

➔ Différenciation de l'espèce en relation avec **l'altitude** et le **climat** (T° moyenne annuelle; sécheresse estivale)

➔ Plants originaire de basses altitudes germent plus tôt, fleurissent de façon plus précoce et allouent plus de ressources à la croissance qu'à la reproduction

➔ Différenciaton plus nette lors de l'invasion **en France**, et surtout vers des **climats plus chauds/secs**

➔Les tendances les plus fortes concernent la **croissance**: hauteur, biomasse aérienne

Conclusions:

➔Différenciations vraisemblablement **adaptatives:**

- **Variation clinale** typique avec l'altitude ↔ *pression de sélection*

- Patron similaire pour divers traits et pour **chaque transect**

- Pas ou peu d'influence des effets maternels

➔ Cette différenciation adaptative a eu lieu en moins d'un siècle…

…Reflète une évolution rapide de l'espèce?!

Conclusions:

➔ Des réponses évolutives rapides ont déjà été montrées pour d'autres espèces invasives (*Tamarix* sp.; *Solidago* spp.; *Impatiens glandulifera*)

MAIS:

➔Première fois que l'on considère l'altitude, et non pas la latitude pour reflétér des variations climatiques

➔Avec *Senecio inaequidens*, pas de problèmes d'introductions multiples

A l'avenir:

➔ Quantifier la réponse évolutive au climat par des **Transplantations réciproques** aux extrêmes des gradients

➔ Anticiper le futur de l'invasion par le séneçon du Cap

➔ Appréhender les réponses évolutives des plantes invasives face aux changements climatiques

Merci de votre attention !

Cette recherche est financée par le projet FRFC 2.4605.06 du FONDS NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

Laboratoire d'Ecologie
Faculté des Sciences Agronomiques
de Gembloux, Belgique

gembloux
faculté universitaire
des sciences agronomiques

FNRS