

Réponses morphologiques et fonctionnelles d'espèces végétales estuariennes à un double gradient de contrainte : effet de la modification de la salinité et de la fréquence d'inondation

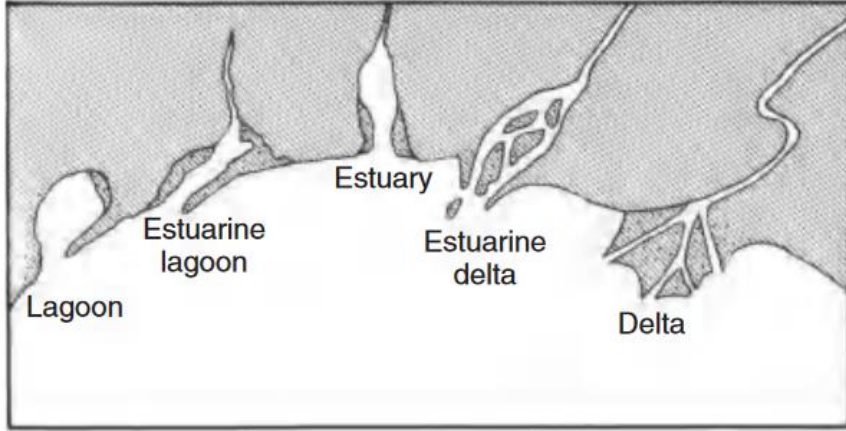
Markus Neupert, Michaël Aubert & Estelle Langlois

Etude et compréhension de la biodiversité (ECODIV EA1293 - USC INRAE)

Université de Rouen Normandie



Les prairies estuariennes

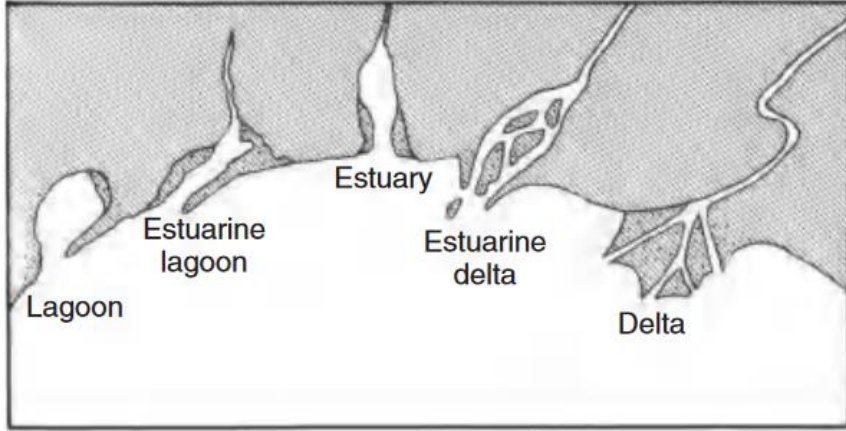


Day et al. (2012)

- ▶ Communautés végétales parmi les milieux les plus productifs
- ▶ Nombreuses fonctions écosystémiques
 - ▶ Support de biodiversité
 - ▶ Production de biomasse
 - ▶ Epuration des eaux
 - ▶ Stockage de C
 - ▶ Régulation des niveaux d'eau

Les prairies estuariennes

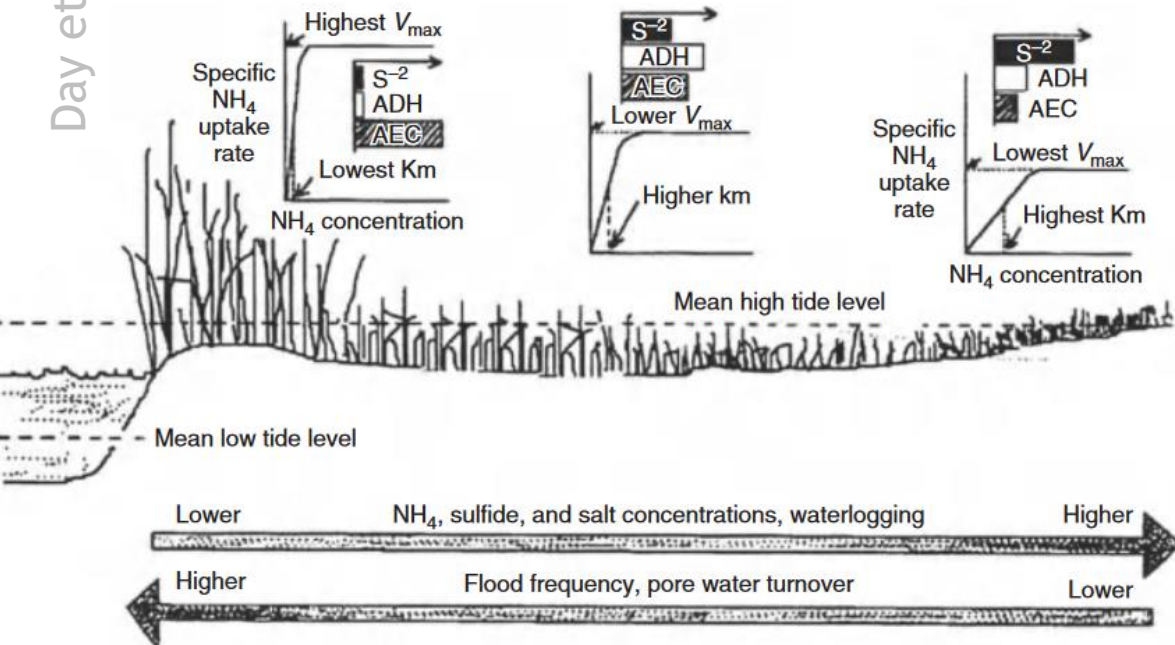
Day et al. (2012)



- ▶ Communautés végétales parmi les milieux les plus productives
- ▶ Nombreuses fonctions écosystémiques
 - ▶ Support de biodiversité
 - ▶ Production de biomasse
 - ▶ Epuration des eaux
 - ▶ Stockage de C
 - ▶ Régulation des niveaux d'eau

- ▶ Milieux soumis à de fortes contraintes

- ▶ Cycles d'inondation et d'exondation
- ▶ Eaux salées
- ▶ Variation sédimentaire



Contexte

Dans le cadre de la modification du niveau marin, comment les espèces végétales des prairies humides de l'estuaire de Seine répondent à la modification des conditions de salinité et d'inondation ?

Contexte

Dans le cadre de la modification du niveau marin, comment les espèces végétales des prairies humides de l'estuaire de Seine répondent à la modification des conditions de salinité et d'inondation ?

Hypothèses

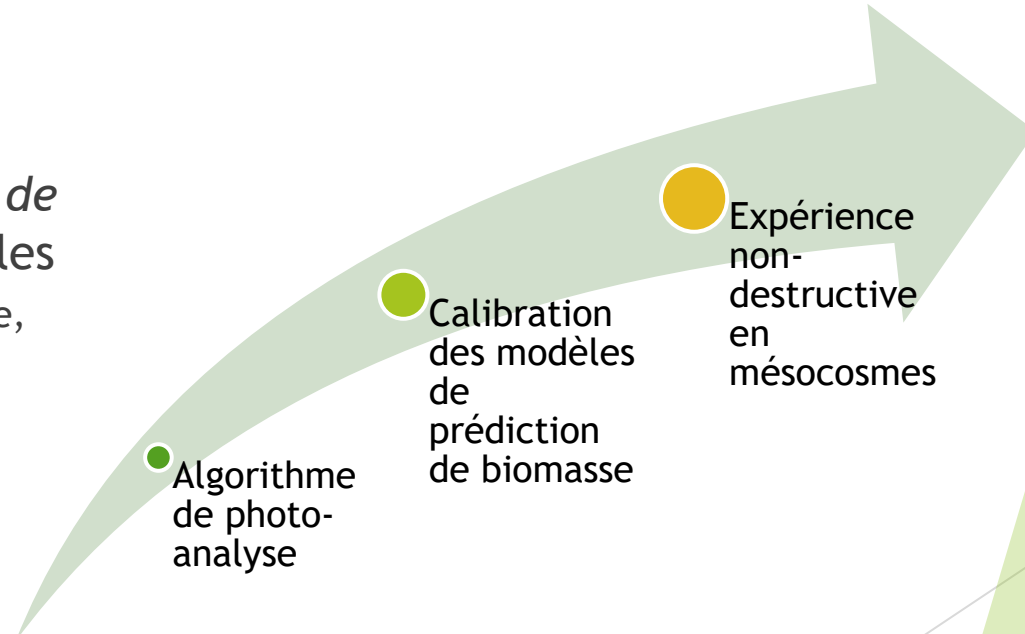
- ▶ Les gradients de *salinité* et de *temps de submersion* affectent la survie et les traits biologiques des espèces (biomasse, C/N, activité photosynthétique)
 - ▶ Les espèces spécialistes sont plus adaptées aux fortes contraintes
 - ▶ Les espèces généralistes sont plus adaptées aux faibles contraintes
- ▶ La production de biomasse a lieu en dehors des phases de submersion

Contexte

Dans le cadre de la modification du niveau marin, comment les espèces végétales des prairies humides de l'estuaire de Seine répondent à la modification des conditions de salinité et d'inondation ?

Hypothèses

- ▶ Les gradients de *salinité* et de *temps de submersion* affectent les la survie et les traits biologiques des espèces (biomasse, C/N, activité photosynthétique)
 - ▶ Les espèces spécialistes sont plus adaptées aux fortes contraintes
 - ▶ Les espèces généralistes sont plus adaptées aux faibles contraintes
- ▶ La production de biomasse a lieu en dehors des phases de submersion



Les 4 espèces retenues

originaires de l'estuaire de la Seine

► Espèces spécialistes

- *Juncus gerardii* Loisel.
- *Scirpus maritimus* (L.) Palla

► Hydrophiles tolérantes au sel



► Espèces généralistes

- *Hordeum secalinum* Schreb.
- *Alopecurus pratensis* L.

► Mésophiles prairiales

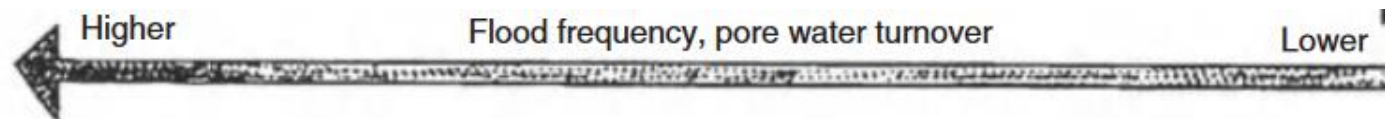
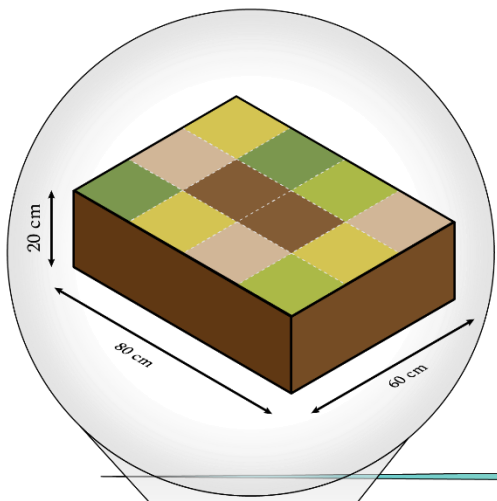
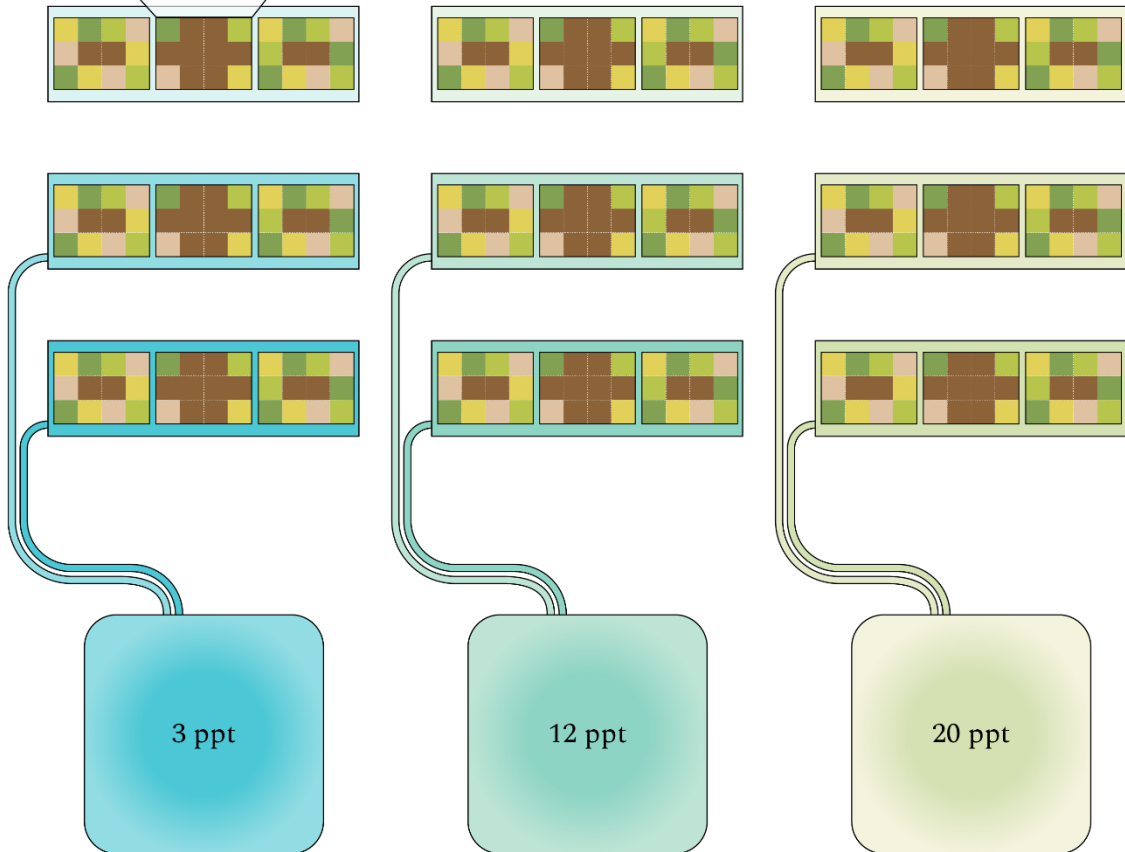


Illustration des gradients testés

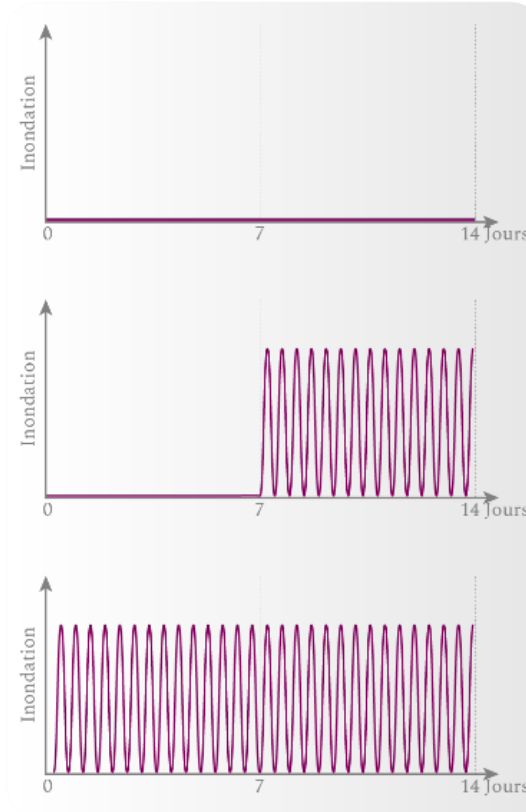
Concept initial



Salinité



Fréquence d'inondation



- ▶ 3 concentrations de salinité
 - ▶ Suivis au long de l'expérience
- ▶ 3 rythmes d'inondation
 - ▶ Inondations de 6h
- ▶ 5 répliqués de chaque espèce par modalité
 - ▶ $5 \times 4 \times 9 = 180$ ind.

Démarche analytique

La photo-analyse

- ▶ Une méthode de mesure non-destructive
 - ▶ Limite le nombre d'individus initial (car pas de répliques à détruire)
 - ▶ Economique
 - ▶ Gain de temps
 - ▶ Suivi des mêmes individus

Démarche analytique

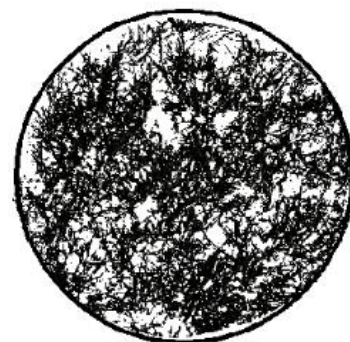
La photo-analyse

- ▶ Une méthode de mesure non-destructive
 - ▶ Limite le nombre d'individus initial (car pas de répliques à détruire)
 - ▶ Economique
 - ▶ Gain de temps
 - ▶ Suivi des mêmes individus
- ▶ Des applications nombreuses
 - ▶ Estimation du couvert végétal

18% of green pixels



72% of green pixels



50 cm

Paruelo et al. (2000)

Démarche analytique

La photo-analyse

- ▶ Une méthode de mesure non-destructive
 - ▶ Limite le nombre d'individus initial (car pas de réplacas à détruire)
 - ▶ Economique
 - ▶ Gain de temps
 - ▶ Suivi des mêmes individus
- ▶ Des applications nombreuses
 - ▶ Estimation du couvert végétal
 - ▶ Estimation de la teneur en N

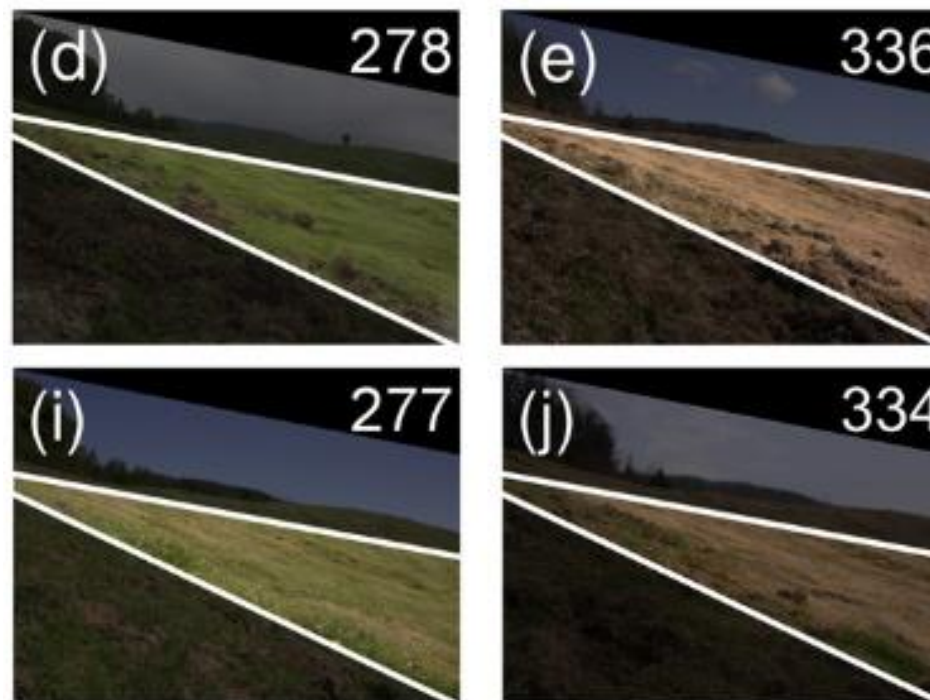


Tavakoli & Gebbers (2019)

Démarche analytique

La photo-analyse

- ▶ Une méthode de mesure non-destructive
 - ▶ Limite le nombre d'individus initial (car pas de répliques à détruire)
 - ▶ Economique
 - ▶ Gain de temps
 - ▶ Suivi des mêmes individus
- ▶ Des applications nombreuses
 - ▶ Estimation du couvert végétal
 - ▶ Estimation de la teneur en N
 - ▶ Analyses phénologiques

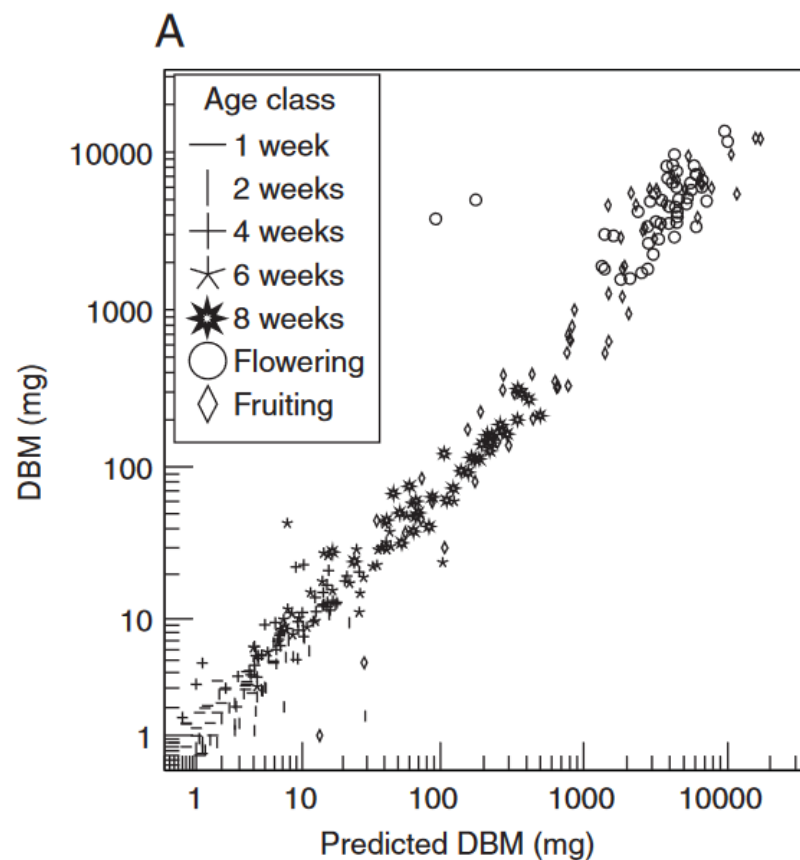


Inoue et al. (2015)

Démarche analytique

La photo-analyse

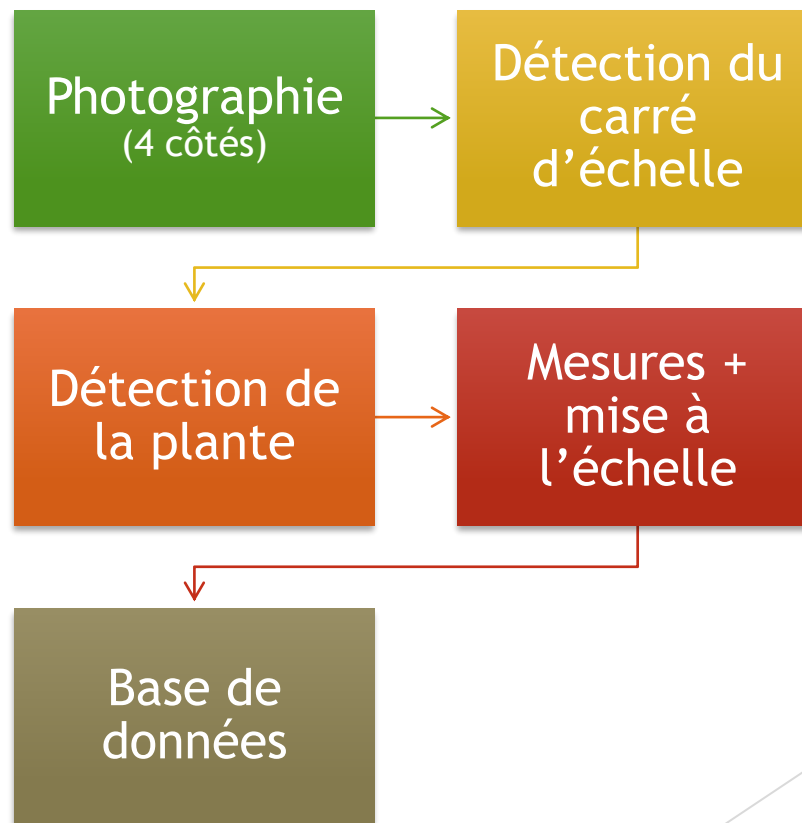
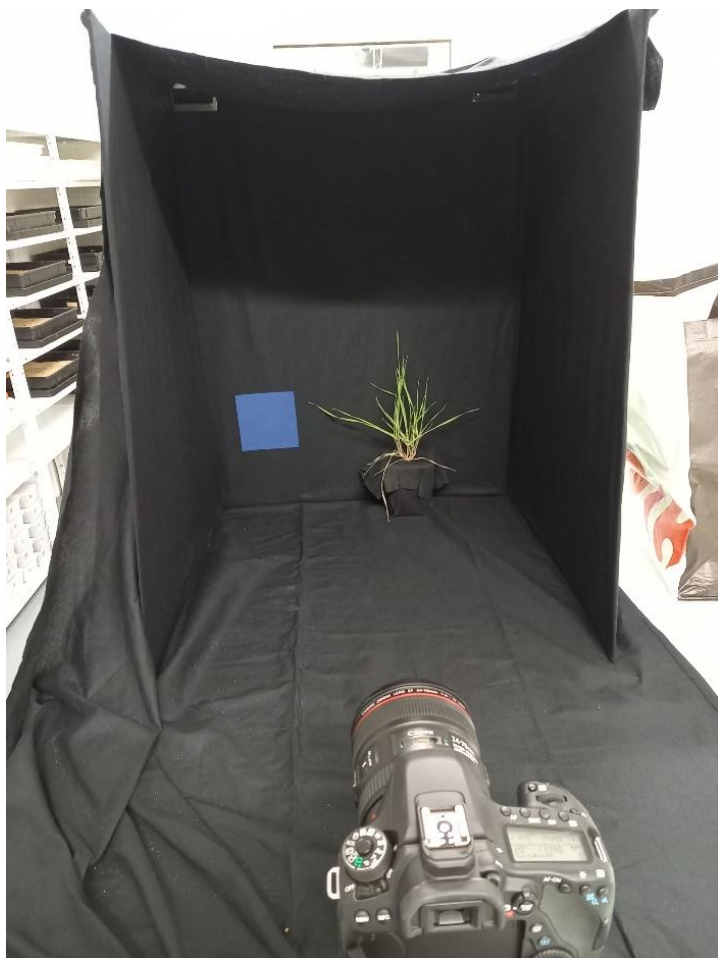
- ▶ Une méthode de mesure non-destructive
 - ▶ Limite le nombre d'individus initial (car pas de répliques à détruire)
 - ▶ Economique
 - ▶ Gain de temps
 - ▶ Suivi des mêmes individus
- ▶ Des applications nombreuses
 - ▶ Estimation du couvert végétal
 - ▶ Estimation de la teneur en N
 - ▶ Analyses phénologiques
 - ▶ Estimation de la biomasse



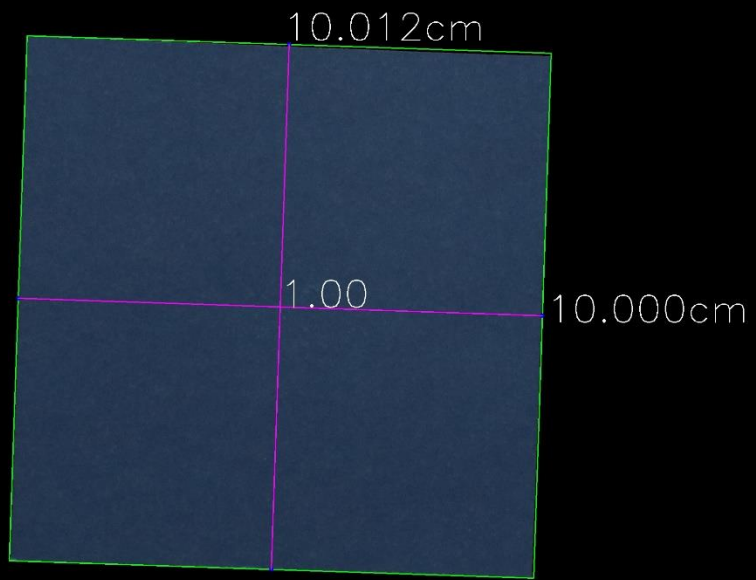
Tackenberg (2007)

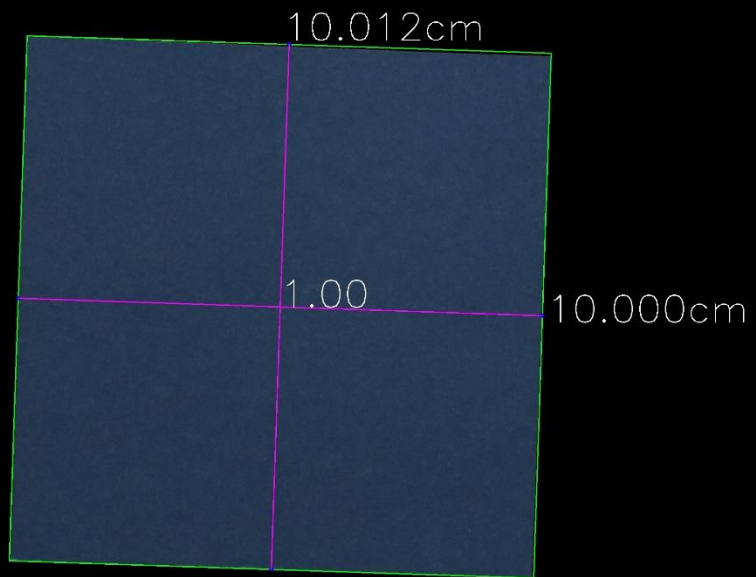
Mise en oeuvre

La photo-analyse

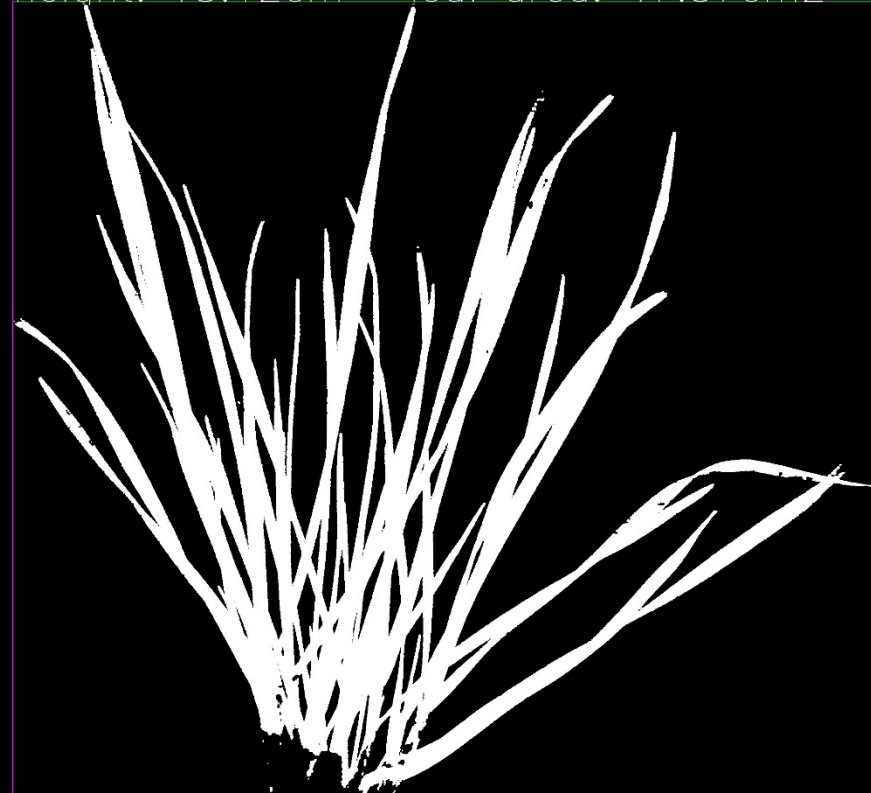




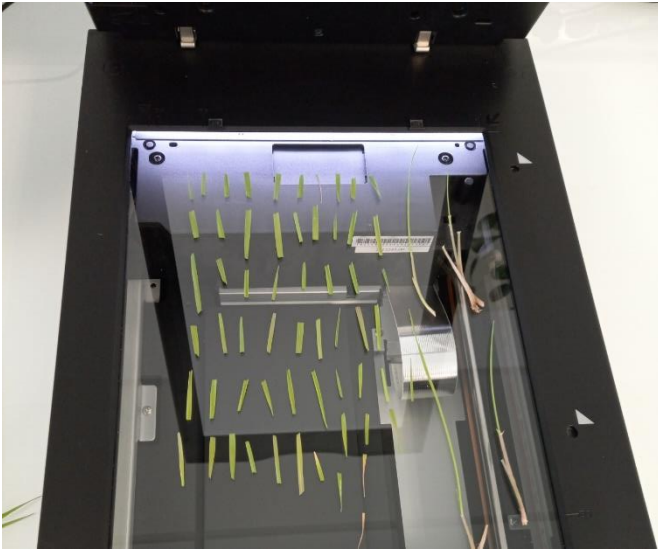
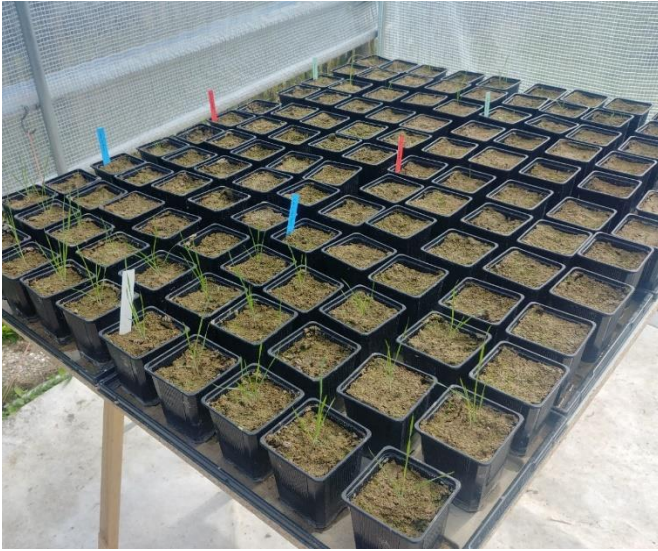




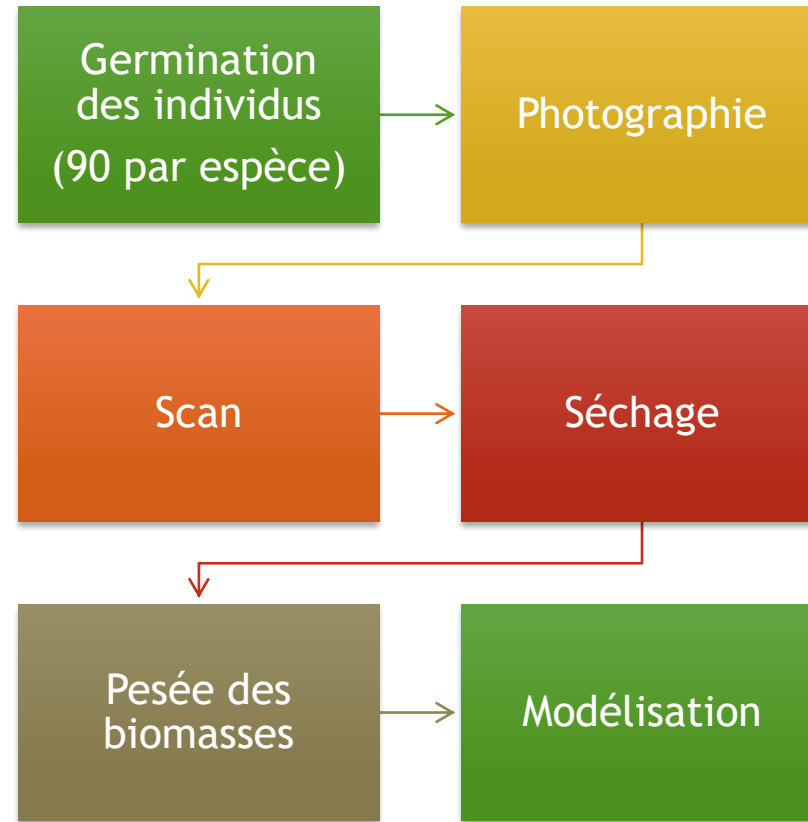
height: 15.12cm leaf area: 47.37cm²



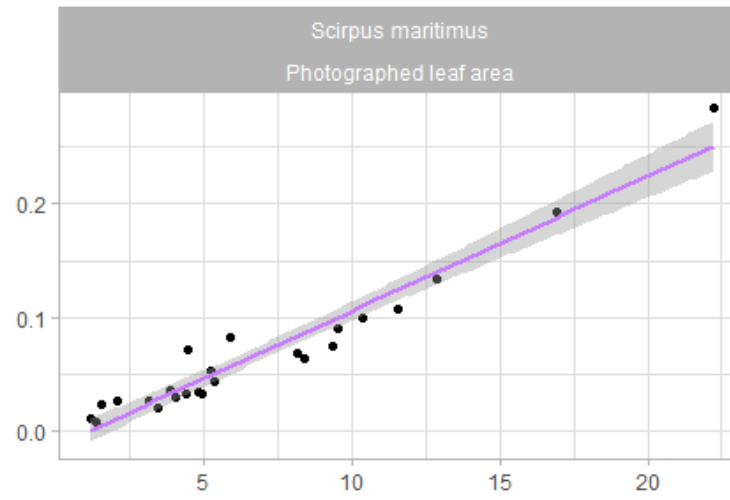
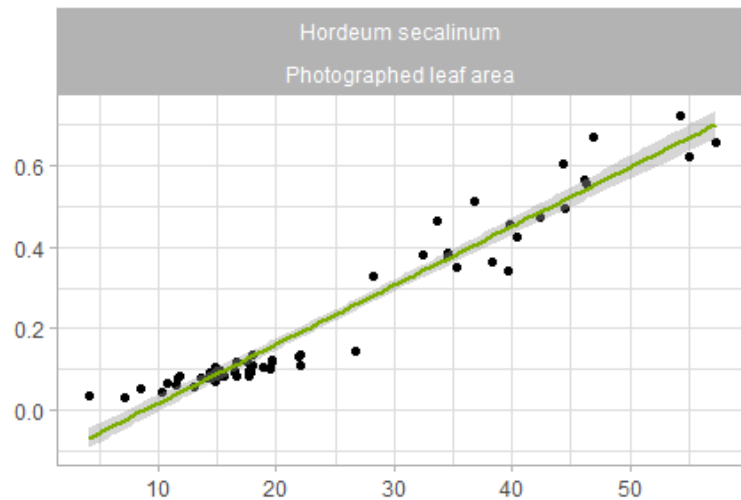
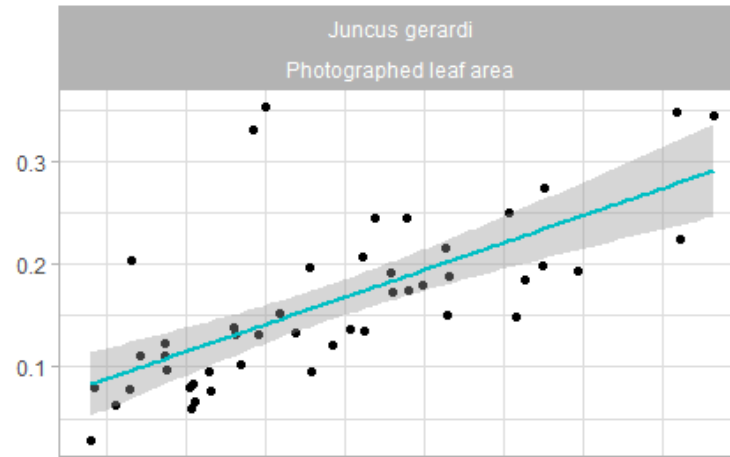
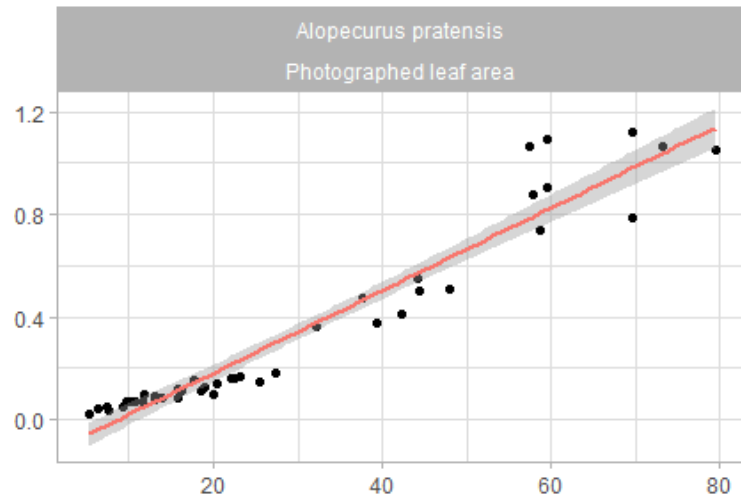
width: 16.51cm



Calibration des modèles : phase préliminaire

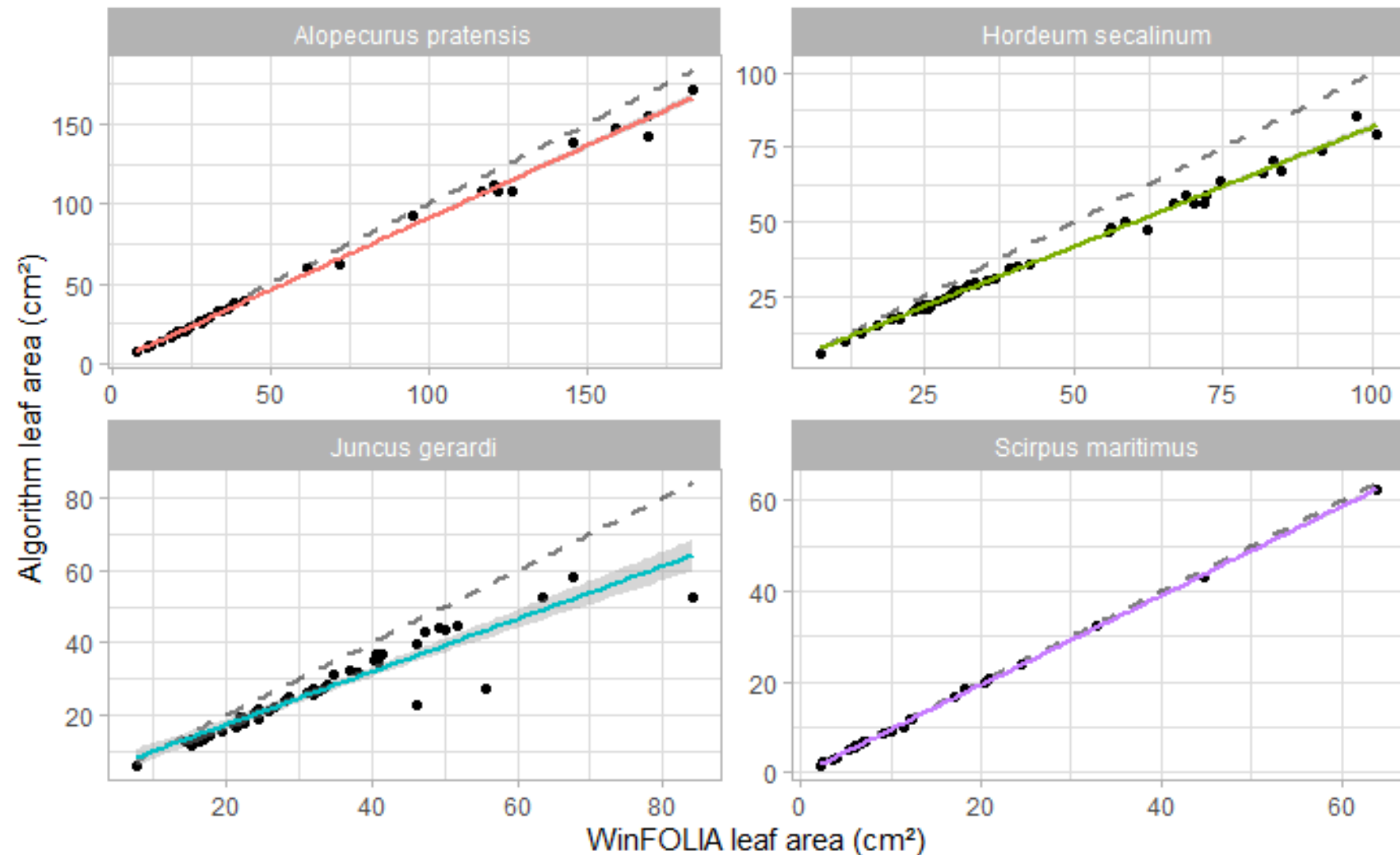


Relation entre la biomasse et la surface foliaire photographiée



- ▶ A. pratensis: $R^2 = 0,93$
 - ▶ H. secalinum: $R^2 = 0,94$
 - ▶ J. gerardii: $R^2 = 0,46$
 - ▶ S. maritimus: $R^2 = 0,94$
- ▶ Pour 3 des 4 espèces, la surface foliaire photographiée explique ~94% de la variation de la biomasse

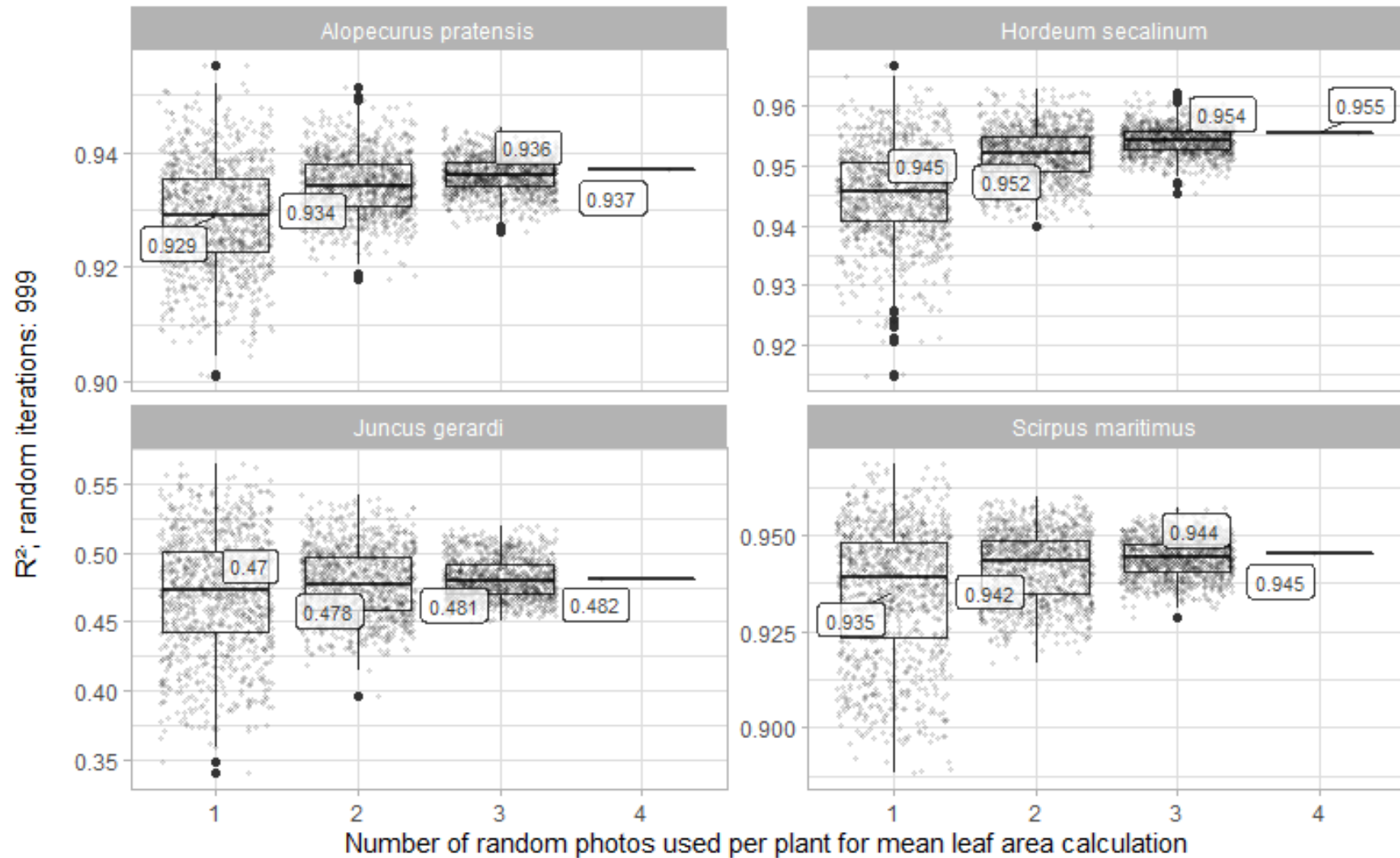
Validation 1 : Surface foliaire *scannée* VS *photographiée*



► La surface foliaire photographiée reste proportionnelle à la surface foliaire réelle, malgré une perte d'information due au chevauchement des feuilles.

Validation 2 :

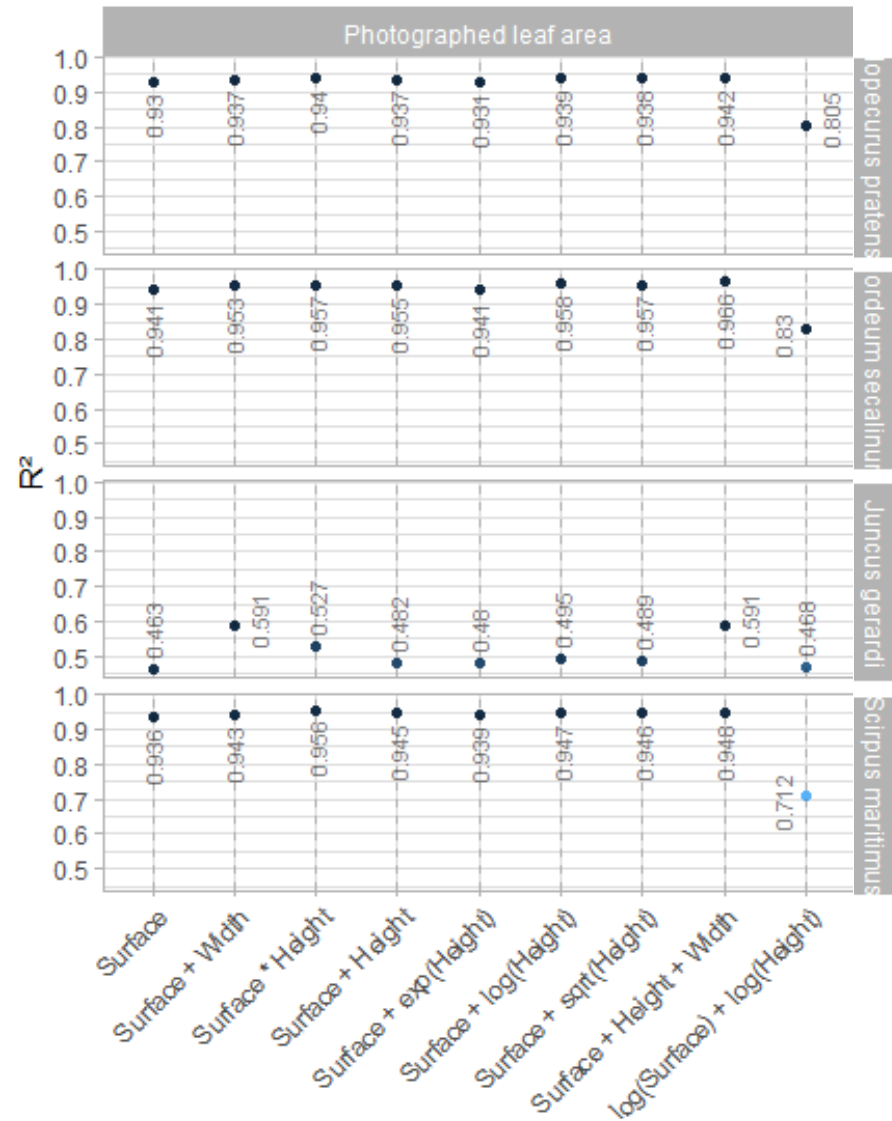
Combien de photos par individu ?



- ▶ La fiabilité des modèles augmente avec le nombre de photos utilisées pour estimer la surface foliaire
 - ▶ R^2 augmente
 - ▶ Ecart-type diminue

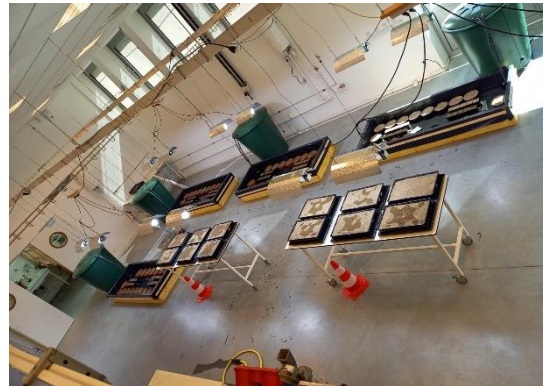
Validation 3 :

Quelles variables conserver dans le modèle ?



- ▶ La surface foliaire est le facteur le plus important dans l'estimation de la biomasse aérienne
- ▶ L'ajout des variables "Hauteur" et "Largeur" améliore marginalement le pouvoir prédictif des modèles.

Le dispositif expérimental final





Résultats attendus

- ▶ Résultats et applications différentes selon les paramètres de photo-analyse :
 - ▶ Détection par couleur
 - ▶ Nécessite des conditions de photographie homogènes
 - ▶ Permet de distinguer biomasse vivante et morte
 - ▶ Détection par contraste
- ▶ Les modèles de calibration peuvent être optimisés
 - ▶ Comparer l'allure des courbes de biomasse ~ surface foliaire entre espèces
- ▶ Le caractère non-linéaire des nuages de points laisse supposer d'autres variables en jeu
 - ▶ Teneur en C & N des feuilles
 - ▶ Activité photosynthétique

Bibliographie

- ▶ Day, J.W., Crump, B.C., Kemp, W.M. & Yáñez-Arancibia, A. (Eds.). (2012). *Estuarine Ecology*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.
- ▶ Inoue, T., Nagai, S., Kobayashi, H. & Koizumi, H. (2015). Utilization of ground-based digital photography for the evaluation of seasonal changes in the aboveground green biomass and foliage phenology in a grassland ecosystem. *Ecological Informatics*, 25, 1-9.
- ▶ Parello, J.M., Lauenroth, W.K. & Roset, P.A. (2000). Estimating aboveground plant biomass using a photographic technique. *Journal of Range Management*, 53, 190-193.
- ▶ Tackenberg, O. (2007). A new method for non-destructive measurement of biomass, growth rates, vertical biomass distribution and dry matter content based on digital image analysis. *Annals of Botany*, 99, 777-783.
- ▶ Tavakoli, H. & Gebbers, R. (2019). Assessing Nitrogen and water status of winter wheat using a digital camera. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157, 558-567.

The image consists of a 20x20 grid of small square panels. Each panel shows a different stage of a visual transformation. On the left side of the grid, the panels show a patch of green grass on a dark background. As one moves from left to right across the grid, the grass gradually disappears and is replaced by a solid blue square. The transition is smooth and occurs across the entire grid. In the center of the grid, the text "Merci de votre attention." is written in a bright green, sans-serif font.

Merci de votre attention.

Détail des modèles statistiques

- ▶ Après photographie, la surface foliaire des 4 photos par individu est moyennée (meilleurs résultats que la valeur maximale, médiane ou aléatoire; +5% de fiabilité).
- ▶ La biomasse aérienne sèche de chaque espèce est alors exprimée en fonction de la surface foliaire, de la hauteur et de la largeur de chaque plante.
 - ▶ Biomasse sèche = $f(\text{Surface foliaire} + \text{Hauteur} + \text{Largeur})$
- ▶ Pour l'instant, le modèle est de type linéaire, mais sera revu avec le nouvel algorithme de détection de surface foliaire (contraste plutôt que couleur).

Coefficients de la régression linéaire simple

| Sp <fctr> | Method <chr> | term <chr> | estimate <dbl> | std.error <dbl> | statistic <dbl> | p.value <dbl> |
|--------------|-----------------|---------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| Ap | Surface_photo | (Intercept) | -0.141739873 | 0.0259344364 | -5.4653153 | 2.662089e-06 |
| Ap | Surface_photo | .\$Surface | 0.016103307 | 0.0007009307 | 22.9741781 | 1.175909e-24 |
| Hs | Surface_photo | (Intercept) | -0.126448778 | 0.0140277430 | -9.0141927 | 2.359404e-12 |
| Hs | Surface_photo | .\$Surface | 0.014430553 | 0.0004937603 | 29.2258258 | 8.931953e-35 |
| Jg | Surface_photo | (Intercept) | 0.061779643 | 0.0184365385 | 3.3509350 | 1.638679e-03 |
| Jg | Surface_photo | .\$Surface | 0.010633390 | 0.0017055615 | 6.2345393 | 1.399523e-07 |
| Sm | Surface_photo | (Intercept) | -0.012938630 | 0.0056085221 | -2.3069589 | 3.085114e-02 |
| Sm | Surface_photo | .\$Surface | 0.011866786 | 0.0006590171 | 18.0067956 | 1.181043e-14 |