



**HAL**  
open science

# Etude de l'effet du délai entre les phases d'induction florale sur la date d'épiaison et la morphogenèse des talles de ray-grass anglais (*Lolium perenne*)

Alice Troux

► **To cite this version:**

Alice Troux. Etude de l'effet du délai entre les phases d'induction florale sur la date d'épiaison et la morphogenèse des talles de ray-grass anglais (*Lolium perenne*). Biologie végétale. 2019. hal-03312929

**HAL Id: hal-03312929**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03312929v1>**

Submitted on 3 Aug 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

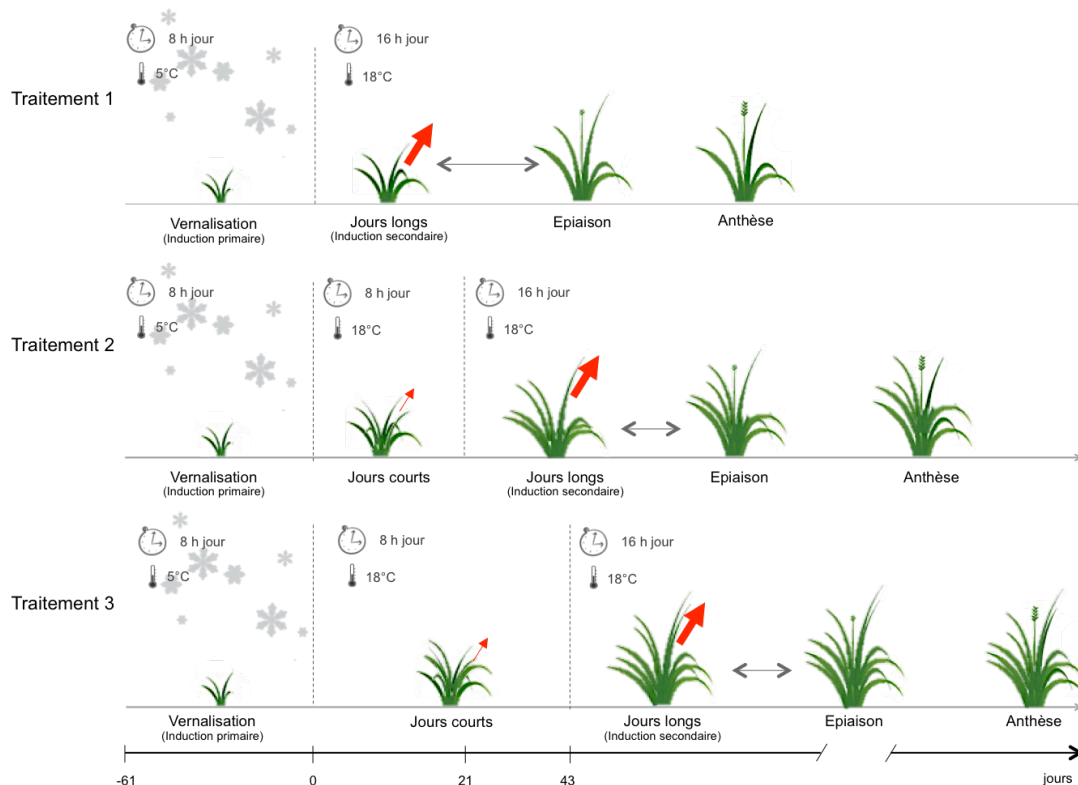
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Alice TROUX**

Rapport de stage de 2<sup>ème</sup> année du

**MASTER BIODIVERSITÉ ÉCOLOGIE ET ÉVOLUTION**  
**PARCOURS : PLANTES ET SOCIÉTÉ**  
**CULTURE DURABLE, PAYSAGE ET PHYTOVALORISATION**  
Année 2018-2019

**ETUDE DE L'EFFET DU DELAI ENTRE LES PHASES  
D'INDUCTION FLORALE SUR LA DATE D'ÉPIAISON ET LA  
MORPHOGÉNÈSE DES TALLES DE RAY-GRASS ANGLAIS  
(*LOLIUM PERRENE*)**



**Structure d'accueil :** Unité de Recherche Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères du centre INRA de Lusignan

**Adresse :** Inra Nouvelle-Aquitaine-Poitiers UR3F

Le Chêne - RD150 - CS 80006

86600 Lusignan France

**Maître de stage :** Jean-Louis DURAND



## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier l'INRA et plus particulièrement l'unité UR3F de Lusignan d'offrir l'opportunité à des étudiants d'intégrer leur structure le temps d'un stage. Et par conséquent, merci pour leur accueil.

Je tiens à témoigner ma plus grande gratitude à M. Jean-Louis Durand pour le savoir et le temps qu'il m'a accordé mais aussi pour sa bienveillance et sa gentillesse.

Je souhaite également remercier M. Romain Barillot pour son aide précieuse et ses conseils.

Je tiens à adresser mes plus sincères remerciements à Simon Rouet pour avoir accepté ma candidature et pour m'avoir fait confiance. Je le remercie pour sa disponibilité, son extrême patience, son aide et surtout pour ses judicieux conseils.

J'aimerais également remercier l'ensemble de l'équipe pour leur accueil chaleureux, leur gentillesse et leur bonne humeur. Merci à tous ceux qui ont contribué à la mise en place et à la réalisation de l'expérimentation. Un merci particulier à Annie Eprinchard et Marianne Van Peteghem pour leur aide lors de ces longs moments passés dans les chambres de culture à mesurer les plantes.

Mes remerciements vont également auprès des autres stagiaires et thésards de l'unité pour le dynamisme, leur humour et leur joie de vivre. Bien qu'ils ne soient pas les rois du barbecue, ils ont beaucoup contribué à l'ambiance générale de ce stage.



## SOMMAIRE

I. INTRODUCTION .....	1
II. MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	5
1. Matériel végétal .....	5
2. Principe général de l'étude.....	6
3. Conditions de croissance.....	7
4. Déroulement de l'expérimentation .....	7
5. Etude n°1 : les déterminants de la date d'épiaison .....	8
6. Etude n°2 : Dynamique de la croissance des feuilles au cours de la transition florale .....	8
7. Analyses statistiques .....	8
III. RÉSULTATS.....	9
1. Etude n°1 : les déterminants de la date d'épiaison .....	9
a. Date d'épiaison .....	9
b. Phyllochrone .....	10
c. Nombre de feuilles finales.....	11
2. Etude n°2 : Dynamique de la croissance des feuilles au cours de la transition florale .....	13
IV. DISCUSSION.....	15
V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	19
VI. BIBLIOGRAPHIE.....	20
VII. ANNEXES.....	23



## I. INTRODUCTION

### Avant propos

Premier institut de recherche agronomique en Europe et deuxième au niveau mondial pour les publications en science agronomique, l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) s'impose comme un acteur essentiel pour mener des recherches sur des enjeux de société majeurs. Créé en 1946 en premier lieu pour sortir de la pénurie alimentaire d'après-guerre, l'INRA mène aujourd'hui des recherches dans un contexte mondialisé autour du changement climatique, de la biodiversité, de la santé animale et végétale et des biotechnologies.

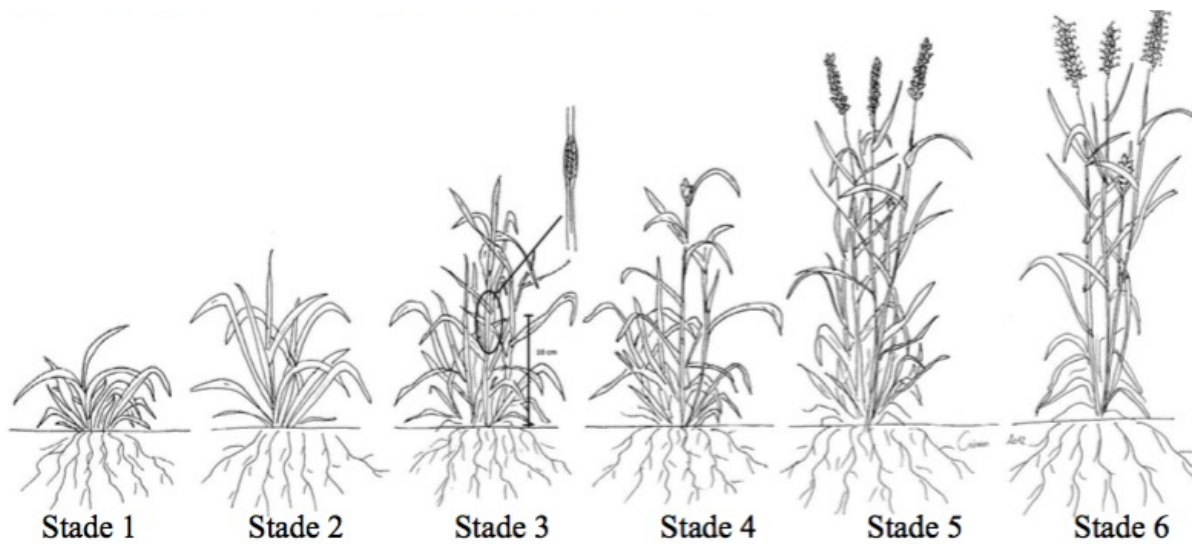
Mise en place en 2008, l'Unité de Recherche Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères (URP3F) appartient au centre INRA Nouvelle-Aquitaine-Poitiers. Cette unité associe différentes compétences en génétique, écophysiologie, écologie, agronomie et amélioration des plantes au service de l'étude des prairies semées. Les programmes de recherche de l'unité sont mis en place pour produire des connaissances, des références ainsi que des outils qui permettent de développer des systèmes prairiaux adaptés aux enjeux climatiques actuels et futurs. En effet, l'URP3F s'applique à développer des systèmes prairiaux plus économes en intrants, plus pérennes vis à vis des contraintes climatiques et plus durables vis à vis de leur action sur l'environnement.

En plus de produire et de diffuser des connaissances scientifiques, l'INRA s'applique à former à la recherche et par la recherche de nombreux doctorants, apprentis et stagiaires dont je fais partie.

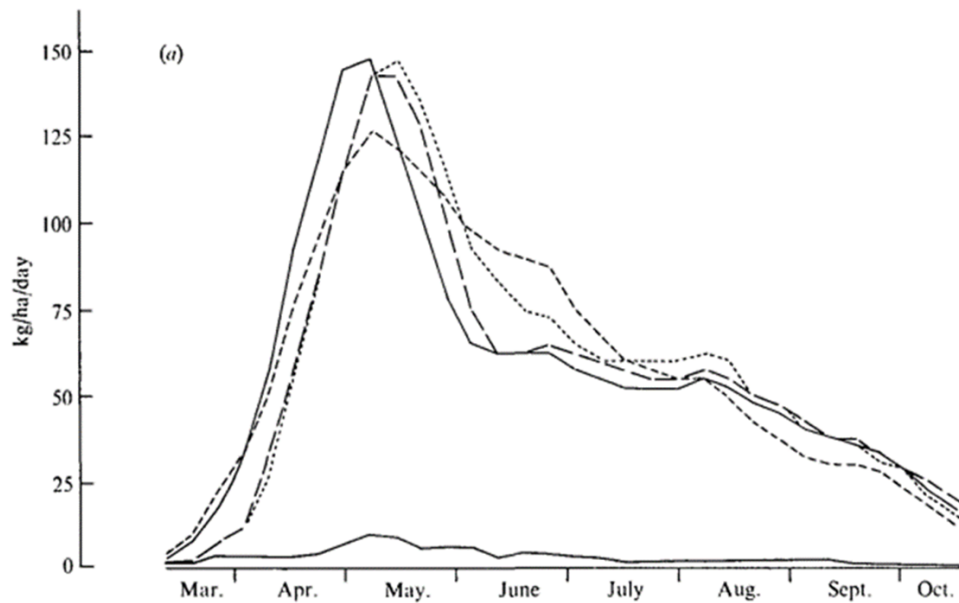
### Contexte général

Avec environ 45% de la surface agricole utile (SAU) française (Barre P., 2017), les prairies jouent un rôle majeur dans les systèmes fourragers (Pottier E. et *al.*, 2012) et constituent la principale source d'alimentation des animaux herbivores d'élevage (Agreste, 2018 sur internet). Qu'elles soient naturelles ou semées, ces dernières participent également à de nombreux services écosystémiques (Michaud A., 2011) dont, entre autres, ceux de « maintenir des sols », de participer au stockage du carbone (Gac A., et *al.*, 2010) et de favoriser la biodiversité floristique et faunistique. Au sein même de ces prairies, il existe un très grand nombre d'espèces fourragères cultivées représentées par deux familles : les graminées (Poacées) et les légumineuses (Fabacées). Les graminées représentent l'essentiel de la flore prairiale (GNIS, 2012) du fait de leur architecture aérienne elles peuvent subir des





**Figure 1.** Principaux stades de développement des graminées. Stade 1 : tallage ou feuillu ; Stade 2 : montaison ; Stade 3 : épi dans la gaine ; Stade 4 : épiaison (1<sup>er</sup> épillet) ; Stade 5 : pleine épiaison ; Stade 6 floraison.

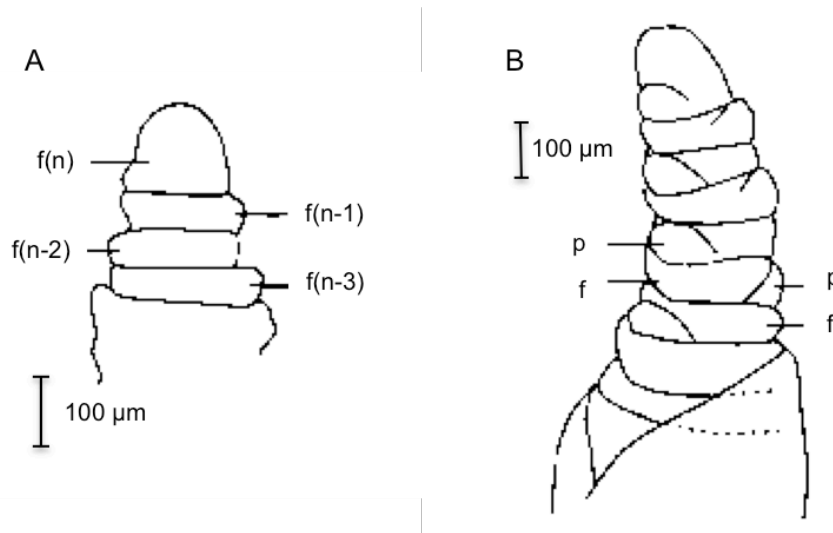


**Figure 2.** Production saisonnière de quatre graminées fourragères : taux de production de matière sèche quotidienne (Corrall et Fenlon, 1978).

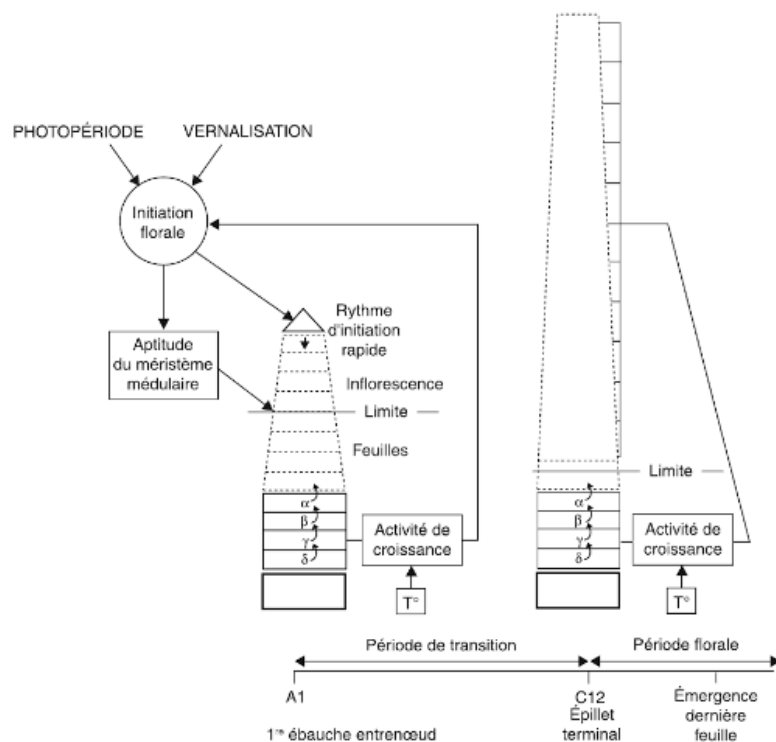
coupes répétées sans que cela n'altère leur vitesse de croissance. Les graminées fourragères sont des plantes monocotylédones, herbacées et constituent la principale source d'énergie des mélanges fourragers. Elles sont constituées d'un ensemble de « brins d'herbe » nommés talles, elles-mêmes constituées de racines et de parties aériennes (Gillet M., 1980 ; Lafarge M. et Durand J.L., 2011). Ces graminées fourragères ont la particularité de faire de la multiplication végétative par tallage et se caractérisent par « une tige creuse, cylindrique à feuilles allongées, engainantes, à inflorescence en épi ou en panicule et composée de petites fleurs verdâtres disposées en épillets » (Ephytia INRA, 2018 sur internet). Chez les graminées fourragères, on compte notamment six stades de développement concernant la floraison : la multiplication par tallage, la montaison qui correspond à l'allongement des entrenoeuds, l'épiaison lorsque l'épi va apparaître hors des gaines (1er épillet visible), la pleine épiaison où l'inflorescence continue de se développer et se détache du feuillage et la floraison (anthèse) lorsque les étamines apparaissent hors des épis (Gillet M., 1980 ; Crémer S., 2014) (figure 1).

En agronomie, le rôle premier des prairies est la production de biomasse aérienne, entièrement valorisée par les ruminants. Ainsi, pour adapter les pratiques fourragères selon la valeur énergétique et la quantité de fourrage souhaitée, il est nécessaire de comprendre la dynamique des formations végétales en vue d'en optimiser la production. Le stade de développement d'une prairie au moment de son utilisation détermine en bonne partie la valeur nutritive du fourrage (Jeangros B., et M. Amaudruz M., 2005). En effet, si l'on s'arrête un peu plus en détail sur la production de graminées fourragères, on observe (figure 2) que la production de biomasse est maximum avant le stade d'épiaison. Au delà, la production de biomasse est réduite et la valeur alimentaire des tiges, relativement plus riche en tissus lignifiés, est plus faible que celle des feuilles. Aussi, au cours de cette phase de croissance, le développement des entrenoeuds jusqu'à la phase reproductive a pour conséquence de faire diminuer la digestibilité et l'appétence du fourrage (Arzani et al., 2004; Carrère et al., 2010). Par conséquent, l'étude de la phénologie des plantes, et plus particulièrement celle des graminées, est un outil indispensable à la compréhension du développement des prairies. La phénologie correspond à l'étude de l'apparition d'évènements périodiques de la vie animale et végétale en réponse aux variations du climat ; comme par exemple la floraison des plantes (Chuine, 2005).

Dans un contexte de changement climatique, où l'on envisage d'ici 2050 une augmentation de la température de 2 à 3 °C (Durand J.L., al., 2013) avec pour conséquence « une avancée



**Figure 3.** Apex d'une talle reproductrice de fétuque (*Festuca pratensis*) au début (a) et à la fin (b) de la période de transition. D'après la figure 6.2 de Lafarge M. et Durand J.L., 2013. f : ébauche foliaire ; p : primordia des futurs épillets.



**Figure 4.** Morphogénèse sur l'apex d'une talle reproductrice au cours de la période de transition entre l'état végétatif et la différenciation des primordia d'épillets. D'après la figure 6.3 de Lafarge M. et Durand J.L., 2013.

printanière du développement fourrager, une production estivale plus faible et le développement d'une production durant l'hiver » (ORREC, 2017 sur internet), il est donc de plus en plus nécessaire de pouvoir prédire les différentes dates pour lesquelles on aura la meilleure qualité de fourrage et la meilleure production de biomasse ; autrement dit prédire l'épiaison. Comprendre la phénologie des graminées fourragères est également crucial pour évaluer l'une des caractéristiques les plus importantes pour les exploitants qui est la souplesse d'exploitation. Elle correspond à la période qui sépare le départ en végétation et l'épiaison des talles (Duru et Cruz, 2010). La production de biomasse aérienne n'est pas comparable au cours du temps et ceci est en partie due à une différence de vitesse de croissance des feuilles. La croissance est dépendante de nombreux facteurs mais au printemps, elle répond principalement à la température (Gillet M., 1980). Certaines publications suggèrent qu'une accélération de la croissance foliaire est associée à la phase reproductive. Parsons et Robson (1980) rapportent que la croissance des feuilles est augmentée pour le ray-grass anglais (*Lolium perenne*) après que la transition florale se soit faite.

L'épiaison, phase pour laquelle la production importante de fourrage cesse, est précédé par l'induction florale. Cette dernière est la première étape de la transition florale qui provoque des modifications morphologiques au niveau d'une seule et même structure : l'apex. A ce jour, deux facteurs conduisant à la floraison d'un individu ont été déterminés : l'exposition à des températures froides (la vernalisation) associée parfois à des jours courts, suivi de l'exposition à des jours longs (la photopériode) (Heide O.M., 1994). Néanmoins, les gammes de valeurs de ces conditions sont variables et dépendent de l'espèce et/ou de l'écotype (González F.G. et al., 2002). Il existe une diversité de dates d'épiaison entre variétés et ces différences de dates d'épiaison pourraient être dues à des besoins inductifs différents (Aamlid T.S. et al., 2000). D'un point de vue morphogénétique, l'apex constitue l'ensemble de la zone méristématique active de la talle (Lafarge M. et Durand J.L., 2011). C'est à ce niveau qu'ont lieu les modifications morphologiques qui traduisent le passage de la phase végétative à la phase reproductive. Le passage d'une talle végétative (dont l'apex produit des *primordia* foliaires ; figure 3.A) à l'état reproducteur a donc lieu durant une « période de transition » qui stoppe la production d'ébauches foliaires en faveur de *primordia* d'épillets (figure 3.B). En effet, l'apex comporte des ébauches foliaires qui au moment de la transition florale ne sont pas encore déterminées. Selon certaines conditions ou signaux (hormonal par exemple), certains de ces primordia formeront des épis alors que les plus âgés formeront les dernières feuilles (figure 4). Après cette période, il en résulte un « stock » d'ébauches foliaires au



niveau de l'apex qui doit se développer avant l'émission d'épillets. Ce « stock » tend à retarder le moment de l'épiaison puisque cette dernière prend effet uniquement lorsque l'intégralité des feuilles est apparue. Ces phénomènes s'accompagnent aussi de la croissance et l'allongement des entrenœuds et des épis dans la gaine » (Gillet 1980).

Malgré l'importance de la phénologie pour comprendre le développement des graminées fourragères, elle reste difficile à prédire. En effet, chez les plantes pérennes, la date d'épiaison et la transition florale sont des événements qui ont une grande variabilité génétique et environnementale. Il existe également une forte interaction entre le stade végétatif des talles et le stade reproducteur. D'autre part, les mécanismes physiologiques sont quant à eux peu quantifiables et c'est pourquoi il est nécessaire d'augmenter nos connaissances dans ce domaine. Actuellement, il existe des modèles mathématiques qui permettent de prédire l'épiaison. Par exemple, l'une des façons de faire des prédictions sur l'avènement d'un stade est de réaliser une somme de températures. Cette notion de somme des températures est fondée sur l'hypothèse qu'il existe une relation linéaire entre la vitesse de développement et la somme de températures moyennes journalières (Gillet M., 1980). Néanmoins, ces modèles ne sont pas satisfaisants pour nous car ils restent empiriques et ne prennent pas compte de la grande variabilité des populations de graminées pérennes. D'autre part, ces modèles ne prennent pas en compte l'ensemble des facteurs du milieu qui influencent la mise en place des différents stades phénologiques (Gillet M., 1980).

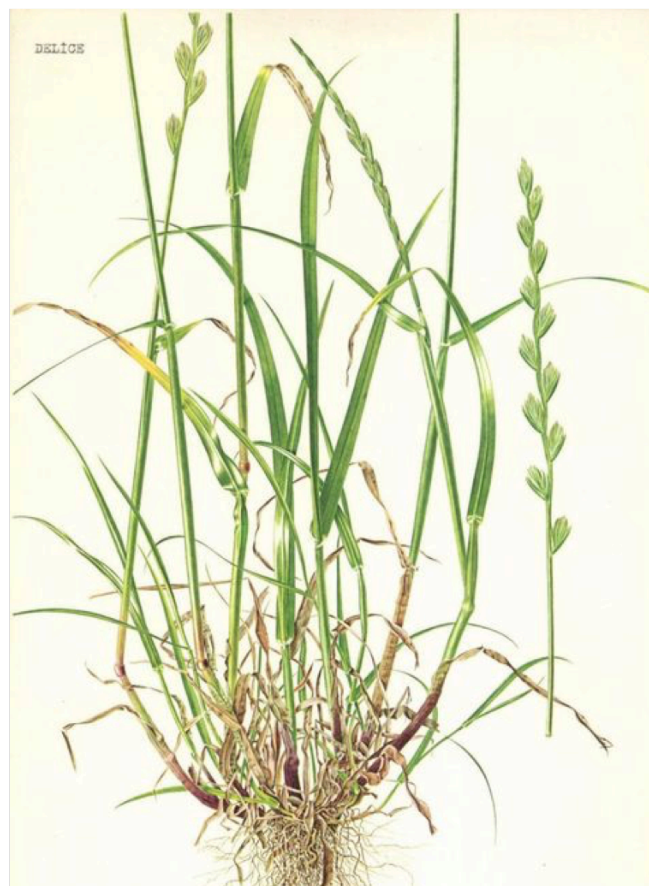
Par conséquent, une autre approche serait de simuler le fonctionnement des apex en fonction des conditions environnementales. Pour cela, il est primordial dans un premier temps d'en savoir plus sur la transition florale et la morphogénèse des plantes au cours de cet événement. Mon stage consiste donc à apporter des informations sur le nombre final de feuilles produites à épiaison et sur le phyllochrone mais aussi d'étudier l'influence des dates d'induction sur la date d'épiaison et la morphogénèse de talles de ray-grass anglais (*Lolium perenne*). Ainsi au cours de cette étude, je me suis intéressée à :

- l'influence des différents calendriers d'induction sur les déterminants de la date d'épiaison qui sont le nombre final de feuilles produites et le phyllochrone
- mettre en relation le phénomène d'induction florale et la vitesse de croissance des plantes

La présente étude a donc pour objectif de (i) déterminer la morphologie des plantes à épiaison en réalisant le suivi de l'apparition des feuilles en fonction de différents calendriers



**Figure 5.** Photographie d'une touffe de ray-grass anglais (*Lolium perenne*). (GNIS, 2012)



**Figure 6.** Illustration de *Lolium perenne*.

d'induction et de (ii) faire le lien entre la vitesse de croissance des feuilles et la floraison à partir de mesures des dimensions des organes au cours de la croissance.

Pour se faire, une expérimentation a été mise en place en utilisant comme modèle d'étude le ray-grass anglais (*Lolium perenne*). Trois variétés de cette espèce ont été cultivées selon des calendriers d'induction différents dans une enceinte de culture. L'étude de l'effet du délai entre les phases d'induction florale sur la date d'épiaison et la morphogénèse de talles de ray-grass anglais (projet MORPHOFLORE) devrait aider à définir les relations entre les différentes variables nécessaires à l'élaboration d'un modèle simulant le développement du ray-grass du semis à la floraison ; et surtout d'établir une continuité entre le phénomène d'induction florale et la morphologie des plantes.

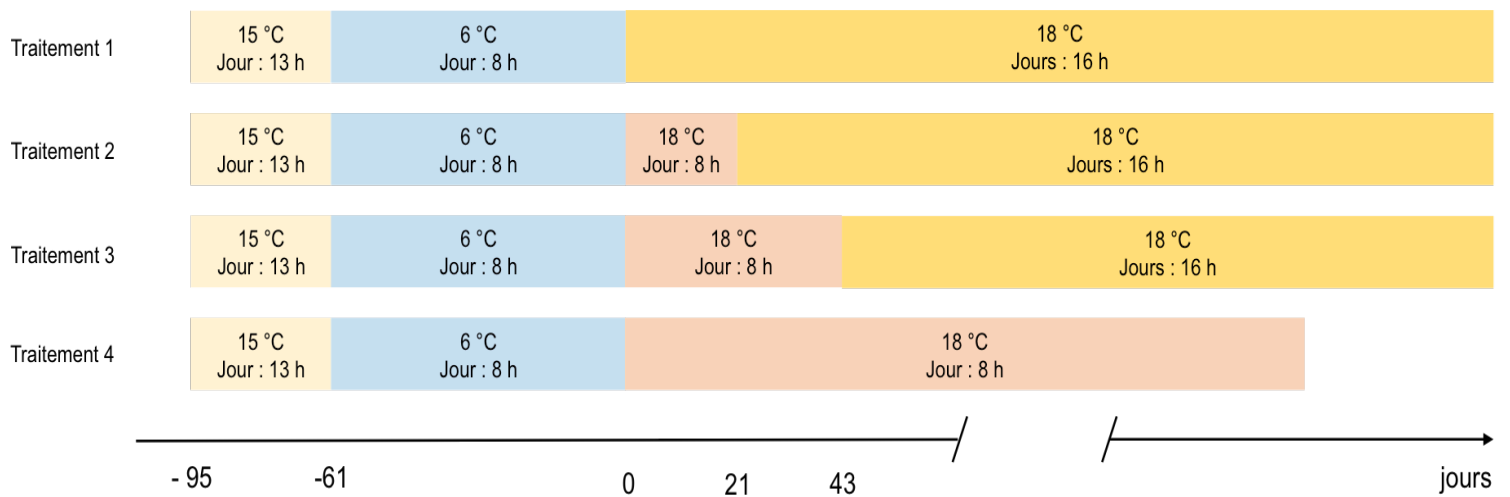
## II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Matériel végétal

Plante perenne de la famille des Poacées, le ray-grass anglais, *Lolium perenne* L., constitue l'une des espèces fourragères modèles pour l'étude du pâturage. Appréciée pour sa grande valeur fourragère, cette herbacée allogame est rencontrée un peu partout sur le globe et constitue l'une des espèces les plus semées dans l'ouest de la France (GNIS, 2012). Représentative des espèces pâturées et fauchées, le ray-grass anglais procure un fourrage de très bonne qualité et présente une bonne appétence, une bonne digestibilité pour les ruminants et elle est capable de résister au piétinement. Ses caractéristiques font d'elle une espèce au centre de nombreux programmes de sélection (Suter D. et *al.*, 2012). Parmi les variétés existantes, on retrouve des variétés diploïdes, dites traditionnelles, et des variétés tétraploïdes créées par les sélectionneurs, présentant une meilleure appétence que les diploïdes mais plus sensibles au piétinement (Gillet M., 1980 ; GNIS, 2012).

Le ray-grass anglais est une plante cespiteuse composée de talles pouvant atteindre 90 cm de hauteur (Berthier A., 2011) (figure 5). Ses feuilles vertes foncées sont étroites assez courtes, brillantes et très souples (Gillet M., 1980) (figure 6). Elles peuvent être décomposées en trois organes : la gaine en partie basale, le limbe en distale et la ligule qui constitue une membrane faisant séparation entre les deux (Verdenal A., 2009). Les tiges sont courtes et fines et les inflorescences produites sont des épis d'épillets à deux rangs (Gillet M., 1980). Cette herbacée s'épanouit sur des sols lourds, riches en humus, humides en hiver et frais en été





**Figure 7.** Schéma des calendriers d'induction appliqués aux trois variétés de *Lolium perenne*.

(GNIS, 2012). Toutes ces raisons font du ray-grass anglais une des plantes modèle typique pour l'étude des graminées prairiales.

Au cours de cette étude, trois variétés diploïdes de *Lolium perenne* ont été discriminées par leur précocité d'épiaison : Bronsyn (V1, précoce), Carvalis (V2, intermédiaire) et Tryskal (V3, tardive). Ces trois variétés synthétiques sont inscrites au catalogue depuis 2010 (Carvalis et Tryskal) et 2001 (Bronsyn) et constituent des variétés de références du marché pour le Groupe d'Etude et de Contrôle des Variétés et des Semences (GEVES). D'une année sur l'autre, ces variétés présentent un classement de précocité stable et leur date d'épiaison en France intervient respectivement en moyenne au début du mois de mai (V1), mi-mai (V2) et début juin (V3) (Herbe-Book, 2019).

## 2. Principe général de l'étude

Au cours de cette étude, les plantes sont cultivées en chambre de culture (enceintes climatiques) et soumises aux conditions inductrices selon des calendriers différents (figure 7). Dans un premier temps, l'ensemble des plantes (à l'exception des plantes témoins) est vernalisé (induction primaire) puis transféré plus ou moins tardivement en condition de photopériodes différentes (induction secondaire). L'induction secondaire étant un phénomène qui se manifeste rapidement (Aamlid T.S. et al, 2000), un calendrier d'induction variable est établi. Il est question de mettre l'ensemble des plantes dans des conditions qui maximisent le nombre de plantes induites pour tester l'effet sur la date d'épiaison et les phénomènes morphogénétiques qui en résulte. Ainsi, le seul paramètre variable entre les traitements sera le temps qui sépare l'induction primaire de l'induction secondaire :

- les plantes du traitement T1 sont directement exposées en jours longs
- les plantes du traitement T2 sont maintenues en jours courts pendant 3 semaines puis transférées en jours longs.
- les plantes du traitement T3 sont maintenues en jours courts pendant 6 semaines puis transférées en jours longs.
- le lot de plantes témoins (T4) n'ayant pas subi l'induction primaire est directement placé en condition d'induction secondaire (jours longs).

Lorsque l'induction intervient trop tard après vernalisation, des épis anormaux ont été observés (Evans L.T., 1960). Ainsi, le temps entre les deux phases d'induction a été limité à 6 semaines dans ce protocole pour éviter ce phénomène. L'étude est portée sur un total de 312 plants de ray-grass anglais (26 plants de chaque combinaison variété-traitement).



### 3. Conditions de croissance

Les valeurs consignes de température, de rayonnement et de durée de jours ont été définis en considérant les résultats de l'étude de Aamlid T.S. et *al.* (2000) :

- L'étape de vernalisation (induction primaire) s'effectue à 6°C, dans un environnement fournissant 8h de jour à 240  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  Rayonnement Photosynthétiquement Actif (PAR) pendant 9 semaines.
- L'étape de jours longs s'effectue à 18°C, 16h de jour à 240  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR et complété par des tubes LED produisant 8h de jour à 8  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR. L'ajout de 8  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  supplémentaires permet de prolonger l'induction secondaire sans modifier significativement le bilan énergétique des plantes.
- La période de jours courts s'effectue à 18°C avec une photopériode de 8h à 240  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  PAR.

L'expérience a été menée dans des enceintes climatiques de l'INRA de Lusignan dont l'environnement était contrôlé. Les enceintes climatiques sont équipées de lumières blanches (Hydrargyrum Quartz Iodide). Une cartographie du rayonnement est réalisée pour vérifier son homogénéité (Annexe 1). La température des chambres de culture est réglée de façon à ce que la température consigne soit celle perçue au niveau des apex des plantes. Ainsi, des thermocouples sont placés dans la gaine au niveau des apex de plantes prévues à cet effet, à l'abri de la lumière permettant d'apprécier les conditions thermiques réellement perçues par les plantes au niveau de la zone de croissance (Peacock J.M., 1975). Les relevés de températures dans la chambre et la cartographie du rayonnement ont permis d'établir un plan d'expérience randomisé en 9 blocs de façon à ce que chaque bloc soit homogène au niveau du rayonnement reçu et de la température (Annexe 2). En complément du système de ventilation, des ventilateurs ont été installés dans les enceintes climatiques pour homogénéiser davantage la température de la masse d'air des chambres.

### 4. Déroulement de l'expérimentation

Afin d'obtenir des plantes présentant le même stade de développement, des graines ont été utilisées. Des graines de chacune des trois variétés de *L. perenne* ont été mises à germer, semées en micro-mottes puis placées en serre en jours longs et à 15°C pour éviter qu'elles ne soient vernalisées. Un thermomètre enregistreur (RH/TEMP DATA LOGGER : EL-USB-2+) est placé dans la serre pour suivre la température de cette dernière. Les talles mères (talle principale) de chacune des plantes sont baguées pour faciliter leur suivi. Ces talles auront donc subi l'ensemble des conditions environnementales définies par le protocole. Les plantes



**Figure 8.** Photographie d'une talle primaire de *Lolium perenne* baguée.

ont ensuite été repiquées en pot (l : 12, L : 12, h : 20 cm) dans un substrat homogénéisé composé à 60% de terreau PELTRACOM, 30% de terre végétale (issue de l'horizon de surface du sol du site de l'INRA de Lusignan), 10% de sable et d'engrais à diffusion lente (12/14M ; 14% azote, 8% phosphore, 11% potassium). Puis elles sont déplacées comme décrit ci-dessus dans les chambres de culture (figure 7) en condition d'induction primaire puis plus ou moins tardivement en condition d'induction secondaire.

### **5. Etude n°1 : les déterminants de la date d'épiaison**

En vue de déterminer la production de feuilles de chaque talle (nombre de feuilles produit jusqu'à épiaison) et par conséquent la morphologie des plantes à épiaison, le suivi de l'apparition des feuilles est réalisé en se basant uniquement sur la talle principale. A l'aide d'une bague de marquage (figure 8), le nombre de feuilles nouvellement ligulées et non ligulées est noté : à chaque mesure la bague est déplacée au dessus de la dernière feuille ligulée. La ligule est constituée de cellules qui vont « assurer le basculement du limbe par rapport à l'axe de la talle en fin de phase d'allongement de la gaine » (Larfage M. et Durand J.L., 2011). Après vernalisation, ce suivi est réalisé trois fois par semaine sur l'ensemble des plantes. La ligule peut être considérée comme un repère pour l'état de croissance des feuilles.

### **6. Etude n°2 : Dynamique de la croissance des feuilles au cours de la transition florale**

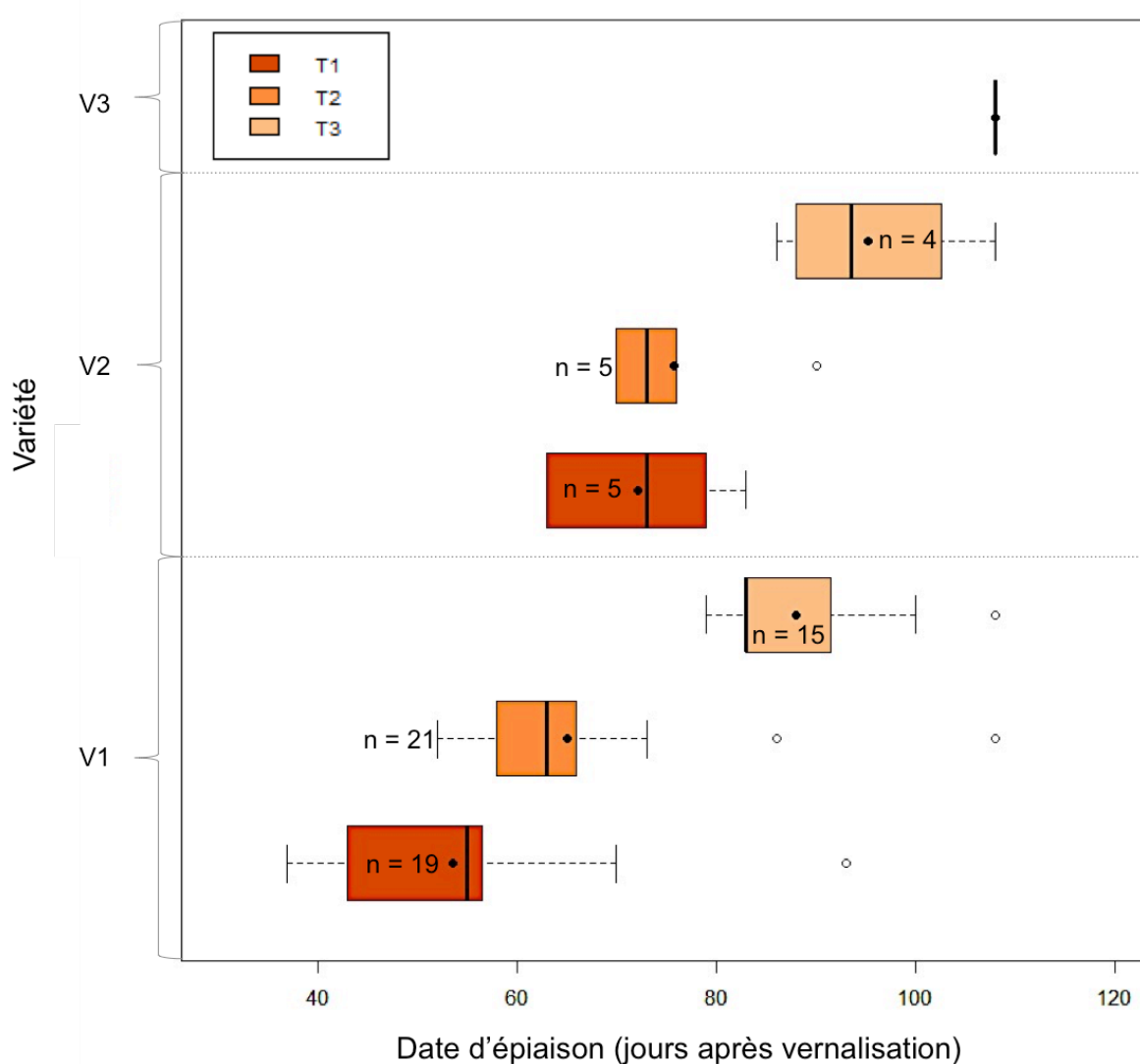
Un suivi de l'allongement de l'ensemble des feuilles de la talle principale est réalisé sur l'ensemble des plantes pour voir s'il existe un lien entre l'accélération de la croissance des feuilles et la transition florale. La longueur visible des limbes et des gaines est mesurée deux fois par semaine à l'aide d'un réglet puis le cumul de l'allongement des feuilles d'une talle donnée est réalisé. L'apparition de la ligule entraîne un arrêt de l'allongement du limbe (Gillet M., 1980). C'est pourquoi la dernière feuille ligulée est mesurée au moins deux fois après ligulation.

### **7. Analyses statistiques**

L'acquisition de données au cours de cette étude est réalisé à l'aide de l'outil informatique Adonis (Acquisition de DONnéeS à l'INRA). Développé par l'INRA, Adonis est une aide à la saisie des mesures et des observations réalisées dans des dispositifs d'expérimentation végétale, permettant d'assurer la traçabilité des données saisies. Les données ont fait l'objet d'analyses statistiques utilisant le logiciel R Version 0.99.903. Les données ont été analysées à l'aide des tests ANOVA (Analysis of Variance) et des tests de Student.

**Tableau I.** Proportion de talles de ray-grass anglais épiées au 31/05/2019 (en pourcentage). V1 = Bronsyn, V2 = Carvalis, V3 = Tryskal; T1 = vernalisation + jours longs, T2 = vernalisation + 3 semaines jours courts + jours longs, T3 = vernalisation + 6 semaines jours courts + jours longs.

	T1	T2	T3	T4
V1	73,08	80,77	57,69	0
V2	19,23	14,38	0	0
V3	3,85	0	0	0



**Figure 9.** Date d'épiaison en nombre de jours après vernalisation de talles principales de ray-grass anglais en fonction la variété et du traitement. V1 = Bronsyn, V2 = Carvalis, V3 = Tryskal; T1 = vernalisation + jours longs, T2 = vernalisation + 3 semaines jours courts + jours longs, T3 = vernalisation + 6 semaines jours courts + jours longs. n = effectifs. La valeur centrale de la boîte à moustaches représente la médiane et les points noirs la moyenne.

### III. RÉSULTATS

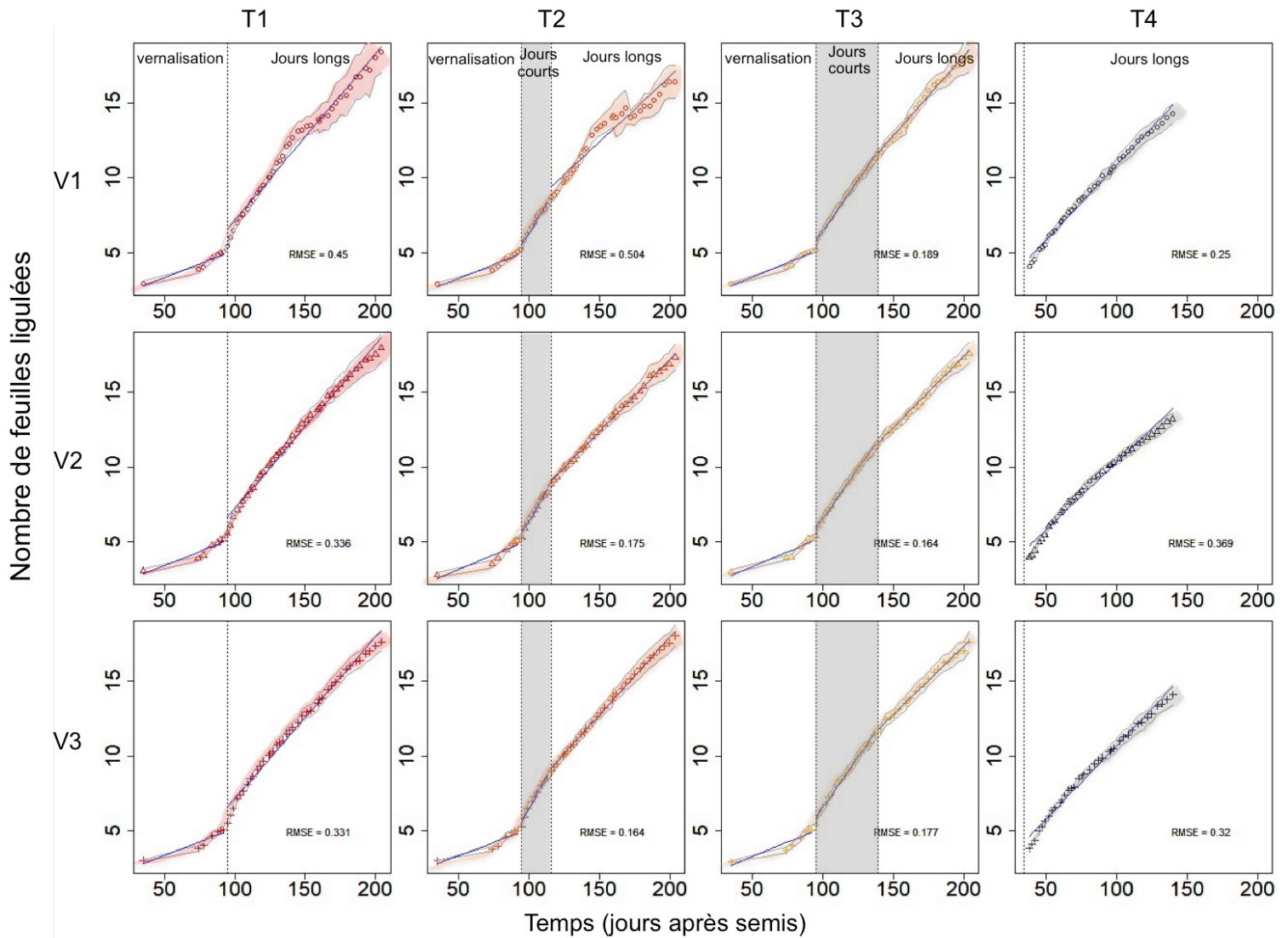
#### 1. Etude n°1 : les déterminants de la date d'épiaison

Cette partie de l'étude a pour objectif de présenter la dynamique de mise en place des feuilles au travers des différents déterminants de la date d'épiaison, et de comprendre l'influence des différents calendriers d'induction sur le phyllochrone et le nombre final de feuilles produites à épiaison.

##### a. Date d'épiaison

Le tableau I représente le pourcentage de plantes épiées pour chaque variété-traitement jusqu'au 31/05/2019. A ce stade de l'expérimentation, toutes les plantes n'ont pas épié. En effet, pour les plantes de la variété V1, la majorité des plantes ont épié (70% tout traitement confondu). En revanche, pour les plantes de la variété V2, 17 % des plantes tout traitement confondu ont épié : on considère qu'il s'agit des plus précoces. L'épiaison des plantes de la variété V3 commence seulement. Les résultats présentés (figure 9) montrent les dates d'épiaison (en nombre de jours après vernalisation) par variété et traitement pour les plantes ayant épié. De façon générale, les différents calendriers d'induction ont permis d'aboutir à des dates d'épiaison différentes entre variétés. On observe une forte variabilité des dates d'épiaison selon les variétés (entre ~37 et ~105 jours après vernalisation pour V1 et V3 respectivement). Les plantes de la variété V1 (Bronsyn) épiant plus rapidement que les plantes de la variété V2 (Carvalis) qui elles-mêmes épiant plus tôt que les plantes de la variété V3 (Tryskal). Ainsi, on retrouve bien le même ordre de précocité à l'épiaison que celui donné par le Herbe-book (Herbe-Book, 2019). Puisque toutes les plantes n'ont pas épié, on s'attend donc à voir un décalage de la date d'épiaison moyenne vers une date plus tardive pour les plantes des variétés V2 et V3. Quelle que soit la variété considérée, les plantes témoins (T4), n'ayant pas subi de vernalisation et directement placées en jours longs à 18°C, n'ont pas épié (tableau I). Ces résultats démontrent bien l'importance de la vernalisation pour aboutir à l'épiaison. D'autre part, quelle que soit la variété on observe un retard de la date d'épiaison entre les différents traitements par rapport au T1. Ce retard semble être provoqué par l'ajout de jours courts entre la vernalisation et le passage en jours longs. Ces résultats attestent donc de l'importance des jours longs pour assurer l'épiaison. Si l'on s'adonne à regarder plus précisément les variations de la date d'épiaison pour la variété V1 (variété pour laquelle il y a eu un maximum d'épiaison), on observe que les plantes directement placées en jours longs après vernalisation (traitement T1) épiant en moyenne 54 jours après vernalisation. La date d'épiaison moyenne des plantes des traitements T2 et T3 est de 65 et 88 jours après





**Figure 10. Nombre moyen de feuilles ligulées au cours du temps (nombre de jours après semis (08/11/2018)) pour chaque date de mesure issues de chaque variété traitement. Pente = rythme de ligulation de feuille. Période grise = jours courts. V1 (○) = Bronsyn, V2 (Δ) = Carvalis, V3 (×) = Tryskal; T1 (rouge) = vernalisation + jours longs, T2 (orange foncé) = vernalisation + 3 semaines jours courts + jours longs, T3 (orange clair) = vernalisation + 6 semaines jours courts + jours longs ; T4 (noir) = absence vernalisation + jours longs.**

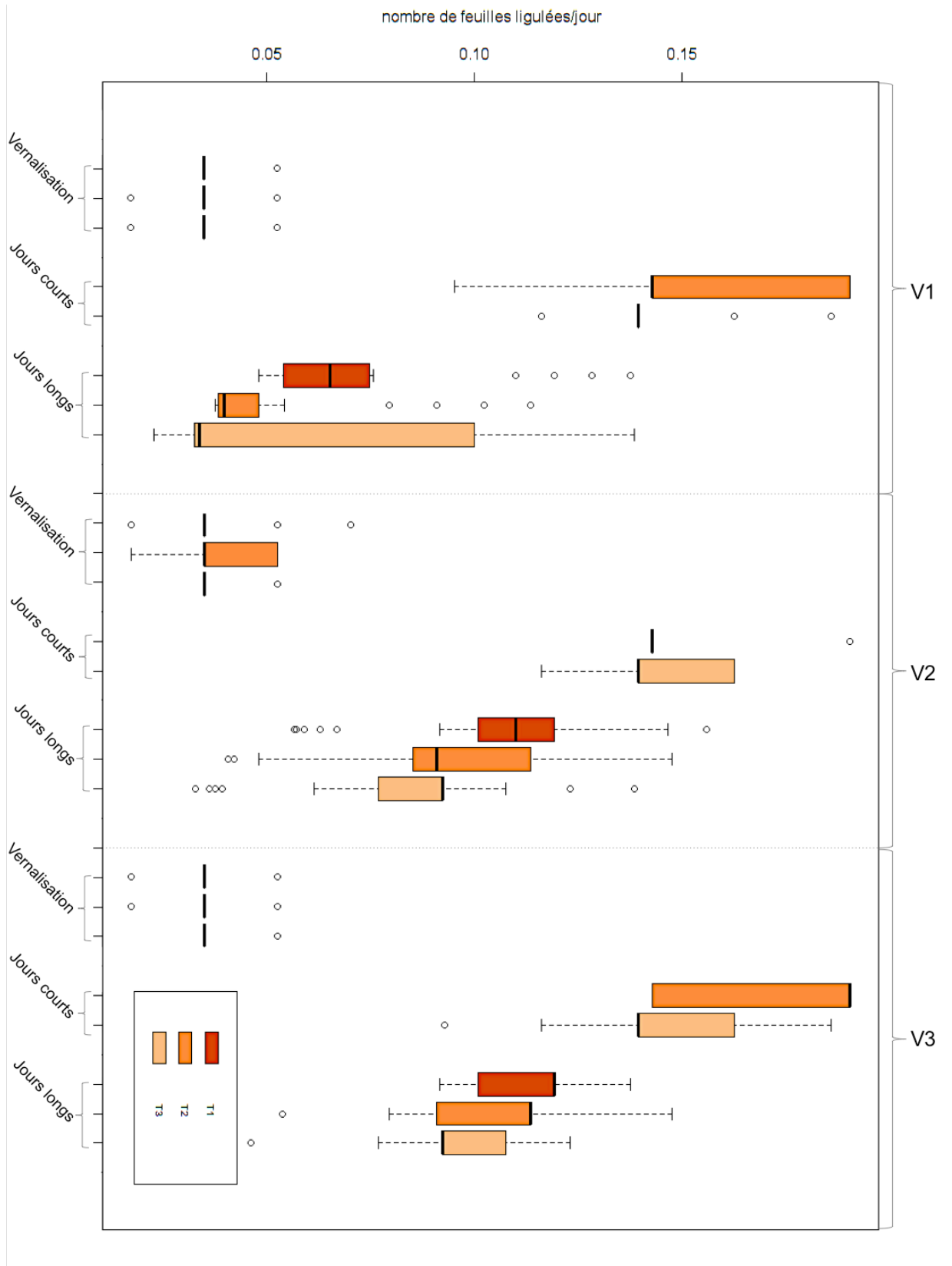
vernalisation respectivement. Nos résultats montrent également que la relation entre le nombre de jours courts et la date d'épiaison n'est pas linéaire : les plantes du traitement T3 ont subi deux fois plus de jours courts (43 jours) que les plantes du traitement T2 (21 jours) alors que la date d'épiaison a augmenté de 35%. La différence de temps entre T1 et T3 est donc supérieur à ce qui était attendu (différence environ trois fois plus grande). Par conséquent, le fait de doubler la durée de jours courts ne permet pas de décaler d'autant la date d'épiaison.

### **b. Phyllochrone**

Le phyllochrone représente le temps qui sépare l'émergence de deux feuilles successives et est considéré constant selon la littérature (Gillet M., 1980). Il correspond à l'inverse de la vitesse d'émission des feuilles.

La figure 10 met en avant le nombre moyen de feuilles ligulées au cours du temps pour chaque date de mesure selon la variété et le traitement. La dispersion des valeurs du nombre de feuilles ligulées autour des moyennes est faible donc on peut considérer que toutes les plantes réagissent plus ou moins de la même manière. Des régressions linéaires ont été effectuées pour chacune des trois périodes d'exposition à des conditions environnementales différentes (périodisation) afin de voir si le rythme de ligulation (et par conséquent le phyllochrone) est constant. Pour une variété-traitement donnée, le rythme de ligulation des feuilles ne paraît pas constant entre les différentes périodes. Une question s'impose alors d'elle-même : existe-t-il des phyllochrones différentes selon la période étudiée ? D'autre part, pour les plantes de la variété Bronsyn (V1) exposées aux traitements T1 et T2, on observe une augmentation de la variabilité en fin de période de jours longs. Aussi, quelle que soit la variété, les plantes du traitement T4 ont leur rythme de ligulation de feuille qui ne semble pas varier après exposition aux jours longs.

Les vitesses de ligulation des feuilles (en nombre de feuilles nouvellement ligulées par jours) ont été représentées (figure 11) pour voir si durant l'exposition à la vernalisation, aux jours courts et aux jours longs, le rythme de ligulation des feuilles est constant et si l'on observe des différences de vitesse entre variétés et traitements. De façon générale, les vitesses de ligulation des feuilles varient entre  $\sim 0.14$  et  $0.19$  feuilles/jour. L'analyse générale des vitesses montre des différences significatives entre variété et traitement sur la vitesse de ligulation des feuilles (facteur variété : en jours courts :  $F = 12,974$  ;  $Df = 1$  ;  $p\text{-value} < 0,05$  ; en jours

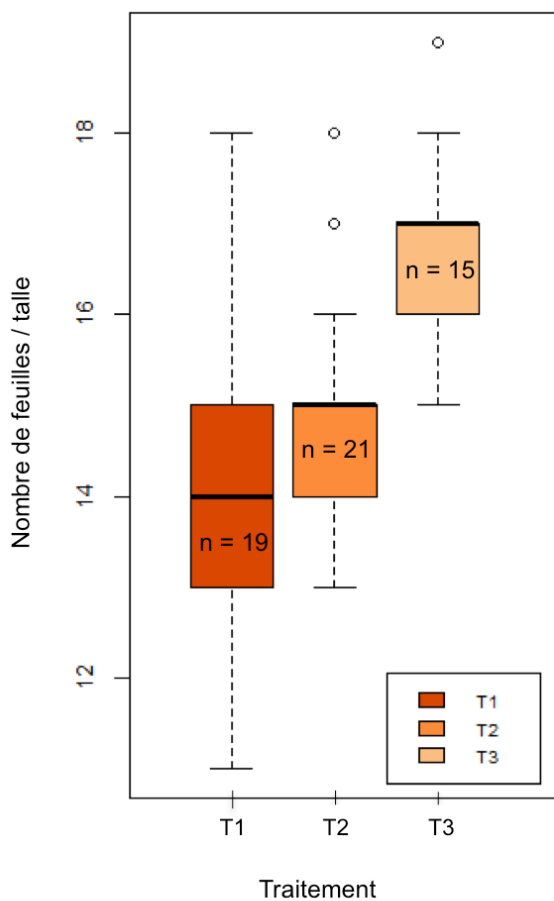


**Figure 11. Vitesse de ligulation des feuilles (nombre de feuilles ligulées/jour) en fonction des différentes conditions environnementales (vernalisation, jours courts, jours longs) et selon la variété (V1, V2, V3). V1 = Bronsyn, V2 = Carvalis, V3 = Tryskal; T1 = vernalisation + jours longs, T2 = vernalisation + 3 semaines jours courts + jours longs, T3 = vernalisation + 6 semaines jours courts + jours longs. La valeur centrale de la boîte à moustaches représente la médiane et les points la moyenne.**

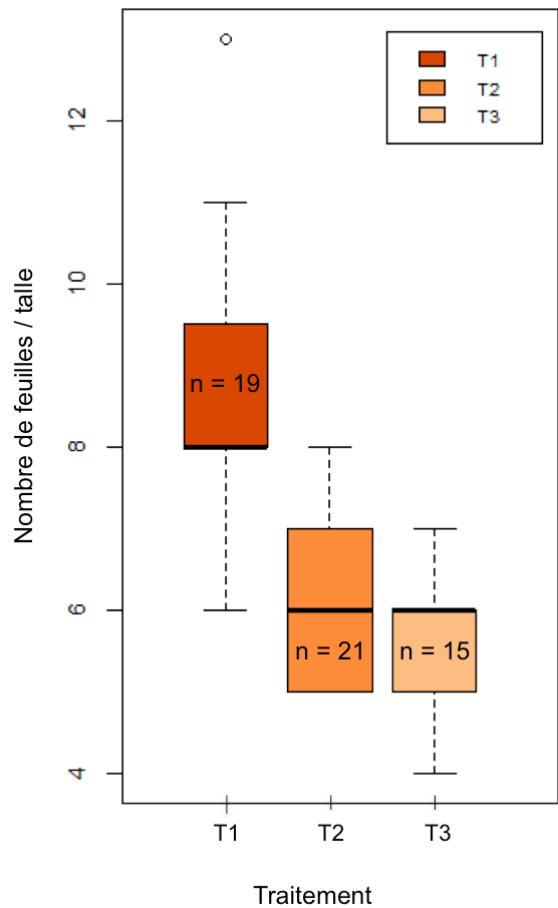
longs :  $F = 10,6$  ;  $Df = 2$  ;  $p\text{-value} < 0,05$  / facteur traitement en jours courts :  $F = 3,4$  ;  $Df = 2$  ;  $p\text{-value} = 0,038$  ; en jours longs :  $F = 62$  ;  $Df = 2$  ;  $p\text{-value} < 0,05$ ). Néanmoins, il n'y a pas d'effet de l'interaction des deux facteurs sur la vitesse de ligulation. Les vitesses de ligulation des feuilles les plus faibles concernent surtout la période de vernalisation (température la plus froide :  $6^{\circ}\text{C}$ ). En effet, durant cette période la vitesse est de 0,03 feuilles ligulées/jour quel que soit le traitement et la variété (facteur variété :  $F = 0,48$  ;  $Df = 2$  ;  $p\text{-value} = 0,62$  ; facteur traitement :  $F = 0,68$  ;  $Df = 2$  ;  $p\text{-value} = 0,51$ ). D'autre part, bien que les températures soient les mêmes en jours courts et jours longs ( $18^{\circ}\text{C}$ ), on observe de fortes différences entre ces deux périodes d'exposition et ceci quel que soit la variété et le traitement (figure 11). Si l'on s'adonne à regarder plus précisément la vitesse de ligulation des feuilles pour chacune des périodes, on observe que durant les jours courts, la vitesse de ligulation est peu variable entre traitement et elle est aux alentours de 0,14 feuilles ligulées/jour pour les variétés V1 et V2. Les tests statistiques permettent de justifier qu'il n'y a pas de différence significative pour ces variétés entre les traitements T2 et T3 (V1 :  $F = 0,525$  ;  $Df = 1$  ;  $p\text{-value} = 0,472$  ; V2 :  $F = 3,976$  ;  $Df = 1$  ;  $p\text{-value} = 0,052$ ). Ainsi, la vitesse de ligulation pour ces variétés est constante quelque soit la durée passée en jours courts. En conséquence, puisque la vitesse de ligulation des feuilles est constante durant cette période, le nombre de feuilles produites sera proportionnel au temps passé en jours courts. Concernant la variété V3, la vitesse de ligulation durant l'exposition aux jours courts est variable entre le traitement T2 et T3 : respectivement 0,14 et 0,19 feuilles ligulées/jour. Ainsi, pour cette variété, la vitesse de ligulation ne peut pas être considérée comme constante : ( $F = 13,83$  ;  $Df = 1$  ;  $p\text{-value} < 0,05$ ). Lors de l'exposition en jours longs, les plantes du traitement T1 ligulent, de façon générale, plus rapidement que les plantes des traitements T2 et T3 : le phyllochrone n'est donc pas identique selon que les plantes aient été exposées à des jours courts ou non. Pour un même temps d'exposition aux jours longs, les plantes préalablement exposées en jours courts après vernalisation ligulent moins vite que celles qui sont directement placées en jours longs.

### c. Nombre de feuilles finales

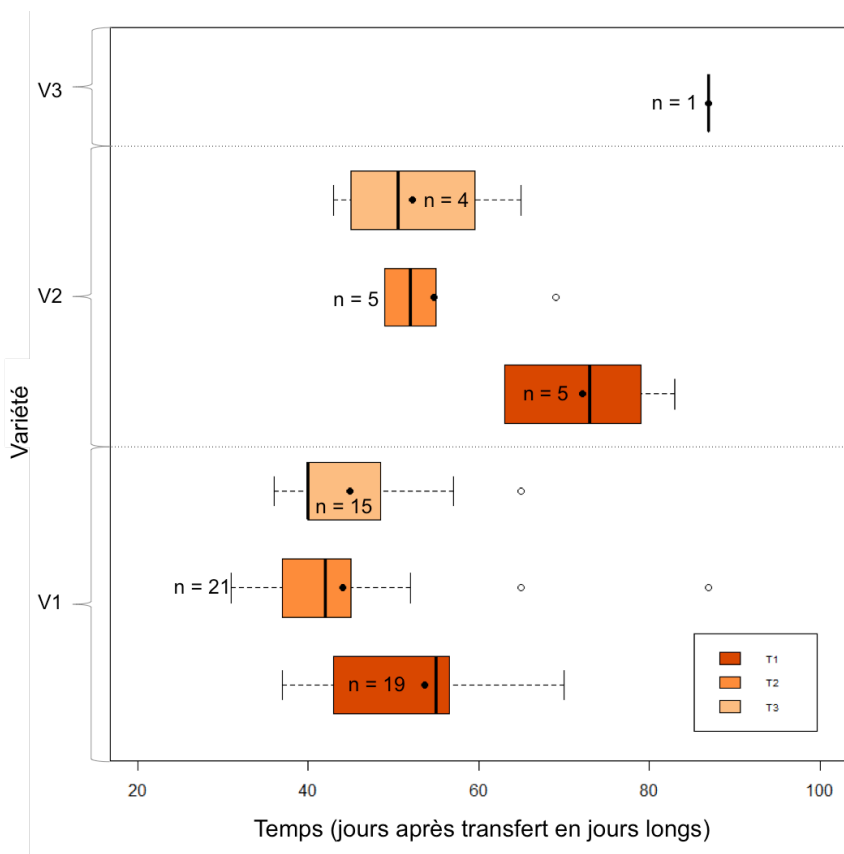
L'inflorescence constitue l'organe terminal d'une talle reproductrice et est donc le dernier à se développer. Elle est mise en place au niveau de l'apex quand ce dernier perçoit l'induction secondaire et arrête de produire des ébauches foliaires au profit de *primordia* d'épillets. Le nombre de feuilles d'une talle reproductrice est donc défini après induction florale (Gillet M., 1980). Ensuite, l'épiaison va aboutir lorsque l'intégralité des feuilles aura émergé. Le nombre final de feuilles a été déterminé pour les plantes qui ont épié. Etant donné que les effectifs



**Figure 12. Nombre de feuilles finales par talle à épiaison pour la variété Bronsyn (V1).** n = effectifs ; T1 : vernalisation + jours longs ; T2 : vernalisation +3 semaines jours courts + jours longs ; T3 : vernalisation + 6 semaines jours courts + jours longs. La valeur centrale de la boîte à moustaches représente la médiane.



**Figure 13. Nombre de feuilles produites durant la période d'exposition aux jours longs pour la variété Bronsyn (V1).** n = effectifs ; T1 : vernalisation + jours longs ; T2 : vernalisation + 3 semaines jours courts + jours longs ; T3 : vernalisation + 6 semaines jours courts + jours longs. La valeur centrale de la boîte à moustaches représente la médiane.



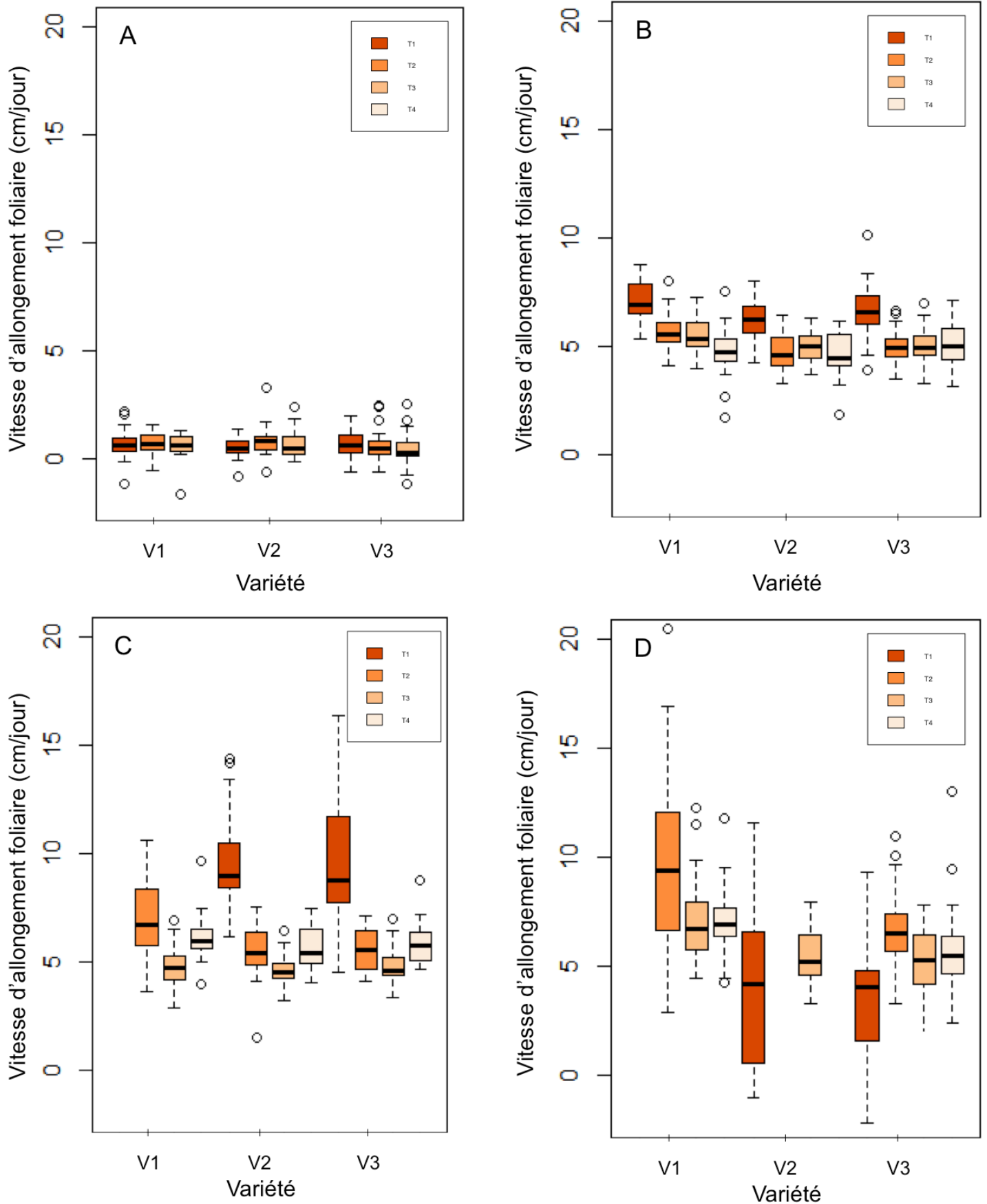
**Figure 14. Date d'épiaison en nombre de jours après transfert en jours longs de talles principales de ray-grass anglais en fonction la variété et du traitement.** n = effectifs ; T1 : vernalisation + jours longs ; T2 : vernalisation + 3 semaines jours courts + jours longs ; T3 : vernalisation + 6 semaines jours courts + jours longs. La valeur centrale de la boîte à moustaches représente la médiane.

sont très différents entre variétés et par souci de présenter des résultats statistiquement valables, seule la variété V1 a fait l'objet de cette analyse puisque c'est la seule à ce niveau de l'expérience pour laquelle l'épiaison est terminée.

La figure 12 représente le nombre final de feuilles moyen pour la variété V1 en fonction des différents traitements. Les plantes placées en jours longs directement après vernalisation (traitement T1) produisent environ 14 feuilles jusqu'à épiaison. On observe que les plantes qui sont transférées plus tardivement en jours longs (plantes des traitements T2 et T3) produisent plus de feuilles (T2 : + 1 feuille ; T3 : + 3 feuilles) que les plantes du traitement T1 ( $F = 17.86$ ;  $Df = 2$  ;  $p\text{-value} = 1.246e-06$ ). Ainsi l'ajout de jours courts avant passage en jours longs provoque une augmentation du nombre final de feuilles.

Le nombre de feuilles produites en jours longs pour la variété Bronsyn (V1) en fonction des différents traitements est présenté figure 13. Pour cette variété, le nombre de feuilles produites durant la période de jours longs varie selon le traitement appliqué : pour les plantes directement transférées en jours longs après vernalisation, le nombre de feuilles produites est de 8 alors que celles ayant été exposées en jours courts après vernalisation (T2 et T3) produisent 6 feuilles (quelle que soit la période passée en jours courts) ( $V1 : F = 39.4$  ;  $Df = 2$  ;  $p\text{-value} < 0,05$ ). Les plantes exposées à une période de jours courts après vernalisation (traitement T2 et T3) produisent donc moins de feuilles que celles directement placées en jours longs.

A ce niveau de l'analyse, on se pose donc la question de la conséquence de ces observations (phyllochrone et nombre final de feuilles) sur la durée entre l'induction secondaire et l'épiaison en fonction des traitements. La figure 9 décrite au début de ce chapitre montre que quelle que soit la variété, les plantes du traitement T1 épiant avant les plantes des traitements T2 et T3 lorsqu'on exprime les résultats en nombre de jours après vernalisation. Lorsque l'on représente maintenant le nombre de jours après passage en jours longs (figure 14), on retrouve de nouveau le même ordre de précocité à l'épiaison que celui donné par le Herbe-book (Herbe-Book, 2019) et celui observé figure 9. Néanmoins, le classement des traitements est inversé. En effet, si l'on se focalise sur la variété V1, il faut en moyenne, après transfert en jours longs, 54 jours pour aller à épiaison pour les plantes du traitement T1 alors qu'il ne suffit que de 44 et 45 jours aux plantes des traitements T2 et T3 pour aller jusqu'à épiaison. Ainsi, il faut moins de temps aux plantes ayant été exposées aux jours courts pour épiant que



**Figure 15. Vitesse d'allongement des feuilles (cm/jour) en fonction de la variété et du traitement pendant vernalisation (A), après transfert des plantes du traitement T1 en jours longs (B), après transfert des plantes du traitement T2 en jours longs (C) et après transfert des plantes du traitement T3 en jours longs (D).** V1 = Bronsyn, V2 = Carvalis, V3 = Tryskal; T1 = vernalisation + jours longs, T2 = vernalisation + 3 semaines jours courts + jours longs, T3 = vernalisation + 6 semaines jours courts + jours longs. La valeur centrale de la boîte à moustaches représente la médiane et les points la moyenne.

celles directement placées en jours longs. Ces résultats coïncident avec ceux présentés précédemment (figure 13) où au cours de cette période les plantes du traitement T2 et T3 produisent moins de feuilles. Par conséquent, la période de jours courts après vernalisation influence le nombre final de feuilles produites jusqu'à épiaison. Mais il semblerait qu'après un séjour en jours courts après vernalisation permette d'avancer l'épiaison par rapport à la date d'induction secondaire.

## **2. Etude n°2 : Dynamique de la croissance des feuilles au cours de la transition florale**

Dans cette partie de l'étude, il est question de voir si l'augmentation de la vitesse d'allongement des feuilles est assurée ou non par l'induction florale. Par conséquent, la vitesse d'allongement de l'ensemble des feuilles de la talle principale a été étudiée pour chaque variété-traitement par tranche de trois semaines (figure 15)

Au cours de la période de vernalisation, la vitesse d'allongement des feuilles est relativement similaire entre les variétés (autour de 0,5 cm/jour) quelque soit le traitement (figure 15.A). Des tests ANOVA à deux facteurs avec interaction (au seuil 5%) ont été réalisés pour tester l'effet des deux facteurs (variété et traitement) sur la vitesse de croissance foliaire durant cette période. Les tests ont révélé qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux facteurs et leur interaction sur la vitesse d'allongement (facteur variété :  $F = 0,51$  ;  $Df = 2$  ;  $p\text{-value} = 0,597$  ; facteur traitement :  $F = 1,22$  ;  $Df = 2$  ;  $p\text{-value} = 0,295$  ; interaction variété x traitement :  $F = 1,09$  ;  $Df = 4$  ;  $p\text{-value} = 0,364$ ). En d'autres termes ni la variété ni le traitement n'influence la vitesse de croissance des feuilles lorsque les plantes sont exposées à 6°C. L'absence d'effet traitement n'est pas étonnant puisque l'intégralité des plantes (sauf les plantes témoins T4) a subi le même traitement au froid (vernalisation 6°C, 8h de jour).

Après neuf semaines passées au froid (6°C, 8h de jour), l'ensemble des plantes (à l'exception des T4) sont transférées à 18°C. Les plantes des traitements T1 et T4 sont exposées en jours longs tandis que les autres (traitement T2 et T3) sont placées en jours courts. De façon générale, on observe en comparant la figure 15.A et la figure 15.B une vitesse de croissance des feuilles plus importante durant trois semaines après passage à 18°C (passage de ~ 0,05 à ~ 5 cm/jour globalement). Ces résultats montrent alors l'effet de la température sur l'augmentation de l'allongement foliaire. De façon générale la vitesse d'allongement varie entre 4,43 cm/jour et 6,9 cm/jour. Des différences de vitesse d'allongement des feuilles en





fonction du traitement et de la variété sont observées (facteur variété:  $F = 11,15$  ;  $Df = 2$  ;  $p\text{-value} < 0,05$  ; facteur traitement:  $F = 57,06$  ;  $Df = 3$  ;  $p\text{-value} < 0,05$ ). Néanmoins, il n'y a pas d'effet significatif de l'interaction des deux facteurs sur la vitesse de croissance des feuilles ( $F = 1,79$  ;  $Df = 6$  ;  $p\text{-value} = 0,101$ ). D'autre part, pour une variété donnée, la vitesse de croissance des feuilles est plus importante pour les plantes du traitement T1 (environ 6 cm/jour) que celles des traitements T2, T3 et T4 (autour de 4 et 5 cm/jour). Des tests statistiques confirment la significativité des résultats (exemple variété 1 test Student entre T1 et T2 :  $T = 5,51$  ;  $Df = 49$ ,  $p\text{-value} = 1,32e-06$  ; entre T1 et T3 :  $T = 6,45$ ;  $Df = 49,3$ ,  $p\text{-value} = 4,60e-08$ , entre T1 et T4 :  $T = 8,03$  ;  $Df = 48,1$  ;  $p\text{-value} = 1,87e-10$ ). Ces résultats mettent en avant l'effet de la température mais aussi l'effet de la photopériode sur l'augmentation de la vitesse de croissance des feuilles.

Trois semaines après avoir transféré les plantes du traitement T1 et T4 en jours longs, les plantes du traitement T2 sont à leur tour placées en jours longs tandis que le T3 restent en jours courts. La figure 15.C ne présente pas les résultats pour les plantes de la variété 1 soumises au traitement T1 (V1-T1). En effet, pour les V1-T1, la croissance des entrenoeuds a commencé. Il est question ici de voir la vitesse d'allongement des feuilles et non celles des entrenoeuds. Etant donné que la méthode de mesure ne permet pas de faire la différenciation entre l'augmentation de la croissance de la gaine et l'augmentation de croissance des entrenoeuds, les V1-T1 non éliminés. Sur cette figure (figure 15.C), on observe que pour la variété 2 et 3 exposées au traitement T1, la vitesse de croissance continue à augmenter signifiant que les plantes de ces conditions ne sont toujours pas rentrées en régime permanent de croissance. D'autre part, quelque soit la variété considérée, on observe une augmentation de la vitesse de croissance des feuilles pour les plantes du traitement T2 (V1 : 6,7 cm/jour, V2 : 5,42 cm/jour et V3 : 5,52 cm/jour) et du traitement T4 (V1 : 5,9 cm/jour, V2 : 5,4 cm/jour et V3 : 5,7 cm/jour). Cette augmentation est significative quelle que soit la variété ( $F = 116,35$  ;  $Df = 3$  ;  $p\text{-value} < 0,05$ ). Pour les plantes du traitement T2, puisque ces dernières étant déjà exposées à une température de 18°C, on observe ici l'effet propre de la photopériode sur l'augmentation de la vitesse de croissance des feuilles. Pour les plantes du traitement T4 étant déjà passée à 18°C et en jours longs bien avant les T2, cette augmentation de vitesse pendant trois semaines après transferts des T2 semble signifier que l'augmentation de la vitesse d'allongement prend effet plus tardivement après transfert. Néanmoins, les plantes exposées au traitement T3 ne voient pas leur vitesse d'allongement de feuille modifiée (autour de 4,5 cm/jour).



La figure 15.D présente la vitesse de croissance des plantes durant les trois semaines qui ont suivi le transfert des plantes du traitement T3. De nouveau, à cause de la croissance des entrenoeuds, les résultats V1-T1 ne sont pas représentés. De plus les résultats pour les plantes V2-T2 ne sont également pas représentés : à ce niveau de l'expérimentation, nous avons arrêté le suivi de l'allongement des feuilles. On observe des résultats surprenants concernant les plantes des traitements T1 où l'on observe une vitesse d'allongement des feuilles inférieure aux autres traitement (~ 4 cm/jour). A ce stade de l'expérimentation, on s'attendrait plutôt à voir une augmentation de la vitesse de l'allongement foliaire en partie due à la croissance des entrenoeuds. D'autre part, en comparant avec la figure 15.C, on observe que la vitesse d'allongement des feuilles pour les plantes exposées au traitement T3 augmente également après induction secondaire (+1,96 cm/jour pour les V1 ; +0,67 cm/jour pour les V2 et + 0,71 cm/jour pour V3). Néanmoins, cette évolution ne semble pas équivalente entre variété. Quelques jours avant le transfert des plantes du traitement T3 en jours longs, un stress hydrique est survenu expliquant en partie ces résultats. De plus, le transfert de ces mêmes plantes en jours longs s'est effectué dans un environnement encombré. En effet étant plus petites que les plantes des autres traitements, elles ont subi un ombrage plus important ce qui aurait modifié leur comportement.

#### **IV. DISCUSSION**

Les résultats présentés au cours de cette étude ont permis de mettre à nouveau en évidence que la vernalisation (induction primaire) ainsi que la photopériode (induction secondaire) sont des éléments déclencheurs de l'épiaison chez *Lolium perenne* et que les variétés choisies pour cette expérience ont besoin d'une double induction pour épier. Au cours de cette expérience, différents calendriers d'induction ont été appliqués pour voir leur impact sur le rythme de ligulation des feuilles et par conséquent sur le phyllochrone. Il a été démontré que quelle que soit la variété et ou le traitement, le phyllochrone est différent selon les conditions environnementales appliquées (vernalisation, de jours courts ou de jours longs). Ces résultats correspondent avec ce qui est retrouvé dans la littérature qui indique que le phyllochrone est différent selon les conditions environnementales (Gillet M., 1980 ; Cao W. et Moss D.N., 1989). Pendant la période de vernalisation, la vitesse de ligulation des feuilles est constante et faible : la plante rentre dans un mode de vie ralenti.. En jours courts, après passage à 18°C (pas de modification de la photopériode), la vitesse de ligulation des feuilles augmente mais reste constante quelque soit le temps passé à cette photopériode. La température est l'un des principaux facteurs de variation de vitesse de ligulation des feuilles (Gillet M., 1980). C'est



après transfert en jours longs (modification de la photopériode) que la vitesse de ligulation décroît. Ces résultats sont en accord avec la littérature. En effet, il a été rapporté que le phyllochrone diminue à mesure que la longueur du jour augmente (autrement dit après passage en jours longs). Par conséquent, le changement de température et/ou la modification de la photopériode influence la vitesse de ligulation de feuille et donc le phyllochrone. Ces résultats ont également été retrouvés chez le blé (Cao W. et Moss D.N., 1989).

D'autre part, il a été montré l'impact du délai entre les deux étapes d'induction sur la date d'épiaison et sur le nombre de feuilles finales. L'ajout de jours courts (jours dont la photopériode n'est pas suffisamment efficace pour provoquer l'induction florale) entre la vernalisation et l'induction secondaire a conduit à un décalage de la date d'épiaison et une augmentation du nombre final de feuilles produites à épiaison. En effet, au cours de la vernalisation, aucun changement morphologique ne se produit au niveau de l'apex (Williamson M.L., 2008) : la talle est végétative et produit des ébauches foliaires. Cette phase permet aux plantes d'acquérir l'aptitude à fleurir. Il s'agit d'un processus stable (Prouteau M. et Colot V., 2005) qui a pour effet de rendre les plantes plus sensibles à la photopériode. Après vernalisation, la floraison ne survient pas directement après le retour des températures ambiantes (jours courts, 18°C dans le cas de notre expérience). La plante qui était rentrée dans un mode de vie ralenti où les activités sont limitées au minimum pour maintenir les structures cellulaires, modifie alors progressivement son rythme d'émission et de croissance des feuilles en réponse à l'augmentation de la température (passage de 6°C à 18°C). Durant cette période, la plante est toujours dans un état végétatif et continue de produire des ébauches foliaires et donc des feuilles de façon constante (phyllochrone constant). Par conséquent, il est normal d'observer un nombre de feuilles finales à épiaison plus important pour les plantes ayant subi une période de jours courts après vernalisation. Ainsi, la photopériode influence le nombre de feuilles finales produites sur la talle principale. Ces résultats ont également été observés chez le blé (Riddell et *al.*, 1958).

Il faut attendre l'allongement des jours (modification de la photopériode : jours longs) pour que l'induction secondaire ait lieu et provoque la floraison. Quelques jours d'induction secondaire permettent de déclencher la phase reproductive (stade doubles rides) (Williamson M.L., 2008). Le signal d'induction florale est perçu au niveau des feuilles puis le signal florigène est transmis jusqu'au méristème apical qui modifiera les ébauches de bourgeons indifférenciés en *primordia* d'épillets (Larfage M. et Durand J.L., 2011).



Au cours de cette étude, nous avons vu que le nombre de feuilles produites durant la période de jours longs est réduit lorsque les plantes sont passées en jours courts après vernalisation. En faisant le parallèle avec le nombre de jours nécessaires en jours longs pour aller à épiaison, on a remarqué qu'il faut moins de jours pour épier pour les plantes ayant été exposées à une période de jours courts. Mon interprétation de ces résultats repose sur le fait que puisque la vernalisation est un processus qui se termine progressivement dans le temps en sachant que plus elle est satisfaite et plus le nombre de jours longs (qui permet l'induction secondaire) diminue (Gillet M, 1980). Alors, les plantes qui sont directement placées en jours longs après vernalisation, verraient la transition florale arriver plus tardivement que celles qui auraient été exposées préalablement par une période de jours courts. Par conséquent ces plantes produiraient plus de feuilles et mettraient donc plus de temps à épier. A l'inverse, pour celles qui auraient été exposées à des jours courts après vernalisation épieraient plus vite car l'induction secondaire est arrivée plus tôt. Néanmoins, cette interprétation n'étant pas démontrée, des analyses supplémentaires seraient nécessaires.

La seconde partie de l'étude consistait à voir si l'accélération de la croissance foliaire est associée à la transition florale ou simplement due au changement de régime de température. A partir des mesures des dimensions d'organes au cours de la croissance, il a pu être démontré d'une part que le passage de 6°C (vernalisation) à 18°C a entraîné une augmentation de la vitesse de croissance foliaire. D'autre part, la photopériode est également responsable de cette accélération. En effet, dès lors que les plantes sont transférées en jours longs, ces dernières voient leur vitesse de croissance foliaire augmenter. Ces résultats ont donc permis de montrer séparément l'effet de la température et de la photopériode sur l'augmentation de la vitesse de croissance des feuilles. Etant donné que la transition florale intervient peu de temps après l'augmentation de la photopériode (Aamlid T.S. et *al.*, 2000), on peut donc supposer que l'accélération de la croissance foliaire est associée à la phase reproductive. Cet effet a déjà été observé par Parsons A.J. et Robson M.J. en 1980.

#### Limites et perspectives :

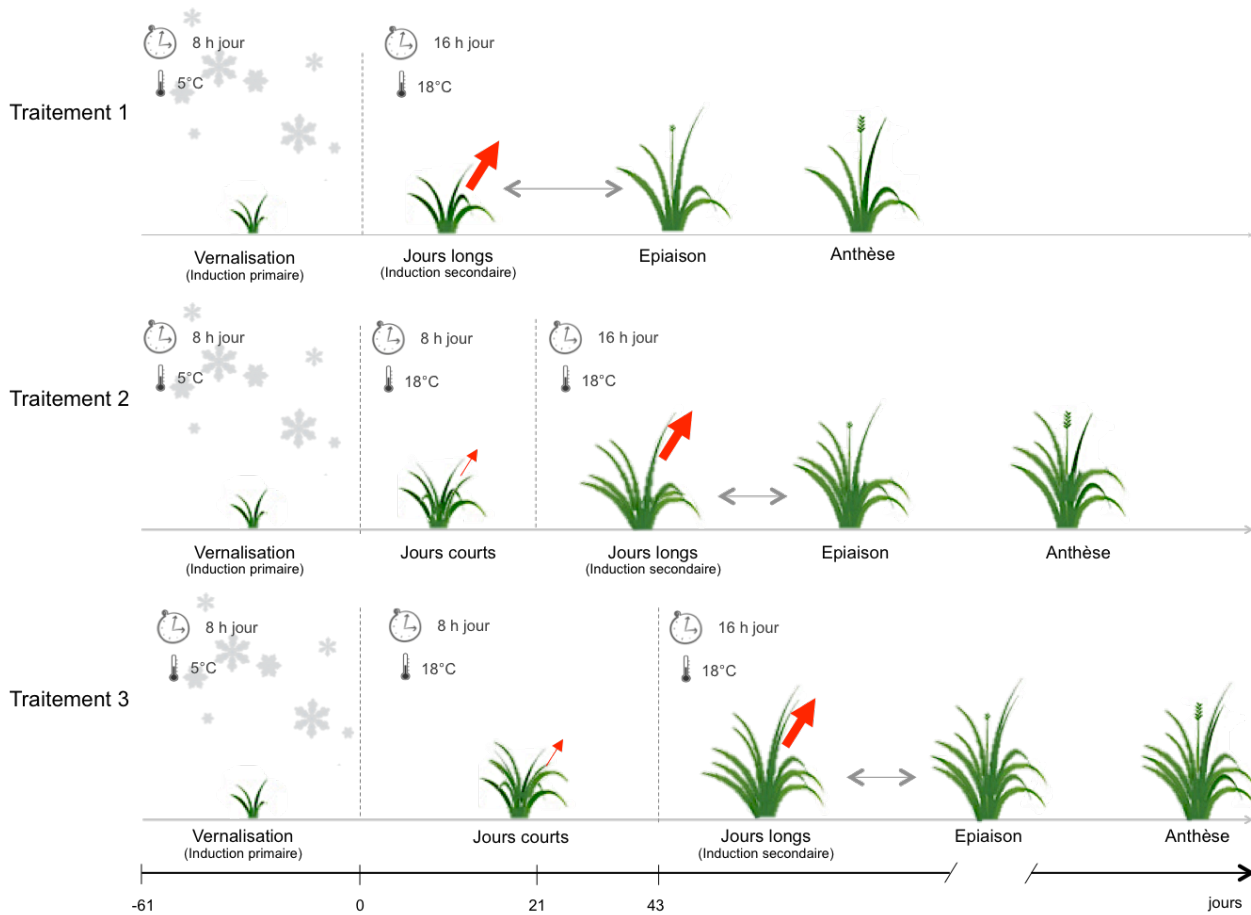
Bien que ces résultats aient permis de répondre aux problématiques souhaitées, certains points peuvent être discutés. Tout d'abord, ce présent rapport ne montre que les résultats préliminaires de cette étude. En effet, à ce stade de l'expérimentation seulement une partie des plantes a épié dans certains traitements et il est donc difficile de faire des comparaisons statistiquement valables notamment pour la comparaison entre variétés. D'autre part, certains





facteurs ont probablement conduit à un affaiblissement des plantes modifiant donc leur comportement. En effet, bien que l'irrigation soit suivie et contrôlée, quelques plantes du traitement T3 ont subi avant transfert en jours longs un stress hydrique ayant pour conséquence une modification du développement. Par ailleurs, un effet d'ombrage provoqué par des plantes voisines dont la surface foliaire était importante a modifié l'environnement de certaines plantes. Une exploitation plus fine des résultats en prenant en compte l'effet des plantes voisines sera nécessaire. Si l'expérimentation était à refaire, il serait peut être judicieux de diviser les traitements en deux groupes et de réaliser cette expérimentation dans deux enceintes climatiques dont les paramètres environnementaux sont programmés à l'identique.

En prenant du recul sur le matériel et méthodes proposé pour cette expérimentation, certaines analyses supplémentaires auraient pu être rajoutées. En effet, une expérimentation au champ (en condition naturelle) aurait permis de faire le parallèle avec cette étude. Aussi, des dissections de talles ont été réalisées au cours de ce stage pour visualiser le méristème apical mais seulement ponctuellement. Il aurait été intéressant de réaliser ce suivi de façon plus régulière et sur l'ensemble des variétés-traitements pour s'assurer que l'apex des talles ait bien été induit (via modifications morphologiques) et pour observer les indices les plus précoces de la transition florale. D'autre part, la phytohormone gibbérelline étant produite à l'apex lors du passage à l'état reproducteur, il aurait également été intéressant de réaliser le dosage de cette phytohormone pour repérer précisément l'induction florale.



**Figure 16. Schéma récapitulatif des résultats de l'étude.** Petite flèche rouge = effet de la température sur la croissance des feuilles ; grosse flèche rouge = effet des jours longs (photopériode) sur la croissance des feuilles. Double flèche = distance en jours entre passage en jours longs et épiaison.

## V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le travail réalisé au cours de ce stage a permis de rendre compte de l'importance des dates d'induction florale sur la date d'épiaison et sur la morphogénèse de plantes cultivées en enceinte de culture.

La première partie de l'étude portant sur l'analyse de l'effet de différents calendriers d'induction sur le nombre de feuilles finales et le phyllochrone a montré tout d'abord que la vernalisation et le passage en jours longs sont indispensables l'épiaison des talles de nos variétés de ray-grass anglais. D'autre part, il a été montré que le délai par l'ajout de jours courts entre l'induction primaire et l'induction secondaire provoque un retard de la date d'épiaison et que ce retard peut s'expliquer en partie par une production finale de feuilles plus importante (figure 16). Néanmoins, ces jours courts auraient pour effet de rendre les talles de ray-grass anglais plus réactives à l'induction secondaire : durant la période de jours longs les plantes préalablement exposées à des jours courts mettent moins de temps pour épier (figure 16 : double flèche). Aussi, il a également été montré que le phyllochrone au cours des trois périodes d'exposition aux différentes conditions environnementales est variable. Durant l'exposition à la vernalisation et aux jours courts, le phyllochrone est indépendant du traitement que les plantes reçoivent.

La seconde partie de l'étude visant à mettre en lien l'augmentation de la vitesse de croissance des feuilles avec l'induction florale a mis en évidence que le changement de régime de température ainsi que la modification de la photopériode vers des jours plus longs provoquent une augmentation de la vitesse de croissance des feuilles lors du passage des talles à l'état reproducteur (figure 16 : flèche rouge).

L'acquisition des données relative à cette étude est toujours en cours et prendra terme lorsque l'intégralité (du moins une grande majorité) des plantes auront épié. A terme, les données récoltées durant ce stage serviront à l'élaboration d'un modèle structure-fonction individu-centré (ou FSPM) permettant d'intégrer tous les mécanismes aboutissant à l'épiaison et les modifications morphologiques associées en vue de déterminer la date d'épiaison à l'échelle d'une talle de ray-grass anglais. Ce modèle servira également à évaluer les conséquences du changement climatique sur la culture de ray-grass anglais et de proposer des améliorations pour rendre les plantes plus adaptées à ces changements.



## VI. BIBLIOGRAPHIE

- AAMLID T.S., HEIDE O.M and BOELT B., 2000. Primary and Secondary Induction Requirements for Flowering of Contrasting European Varieties of *Lolium perenne*. *Annals of Botany*, 86 : 1087–1095.
- ARZANI H., ZOHDI M., FISH E., ZAHEDI AMIRI G.H, NIKKHAH A. and WESTER D., 2004. Phenological Effects on Forage Quality of Five Grass Species. *Journal of Range Management*, 57 : 624–629.
- BARRE P., 2017. L'amélioration des espèces fourragères pérennes. Support de cours, Université de Poitiers, pp. 5.
- BERTHIER A., 2011. Transport du saccharose chez le ray-grass anglais (*Lolium perenne* L.) : réponse à la défoliation et à l'intensité lumineuse. Université de Caen/Basse-Normandie, pp. 368.
- CAO W. and MOSS D.N., 1989. Daylength effect on leaf emergence and phyllochron in wheat and barley. *Crop Sciences*, 29 : 1021 – 1025.
- CARRÈRE, P., PONTES L., ANDUEZA D., LOUAULT F., ROSSEEL D., TAINI E., PONS B., TOILLON S. and SOUSSANA J.F., 2010. Evolution de la valeur nutritive de graminées prairiales au cours de leur cycle de développement. *Fourrages*, 201 : 27-35.
- CHUINE I., 2005. Un réseau d'observations phénologiques pour la gestion du changement climatique. In: *De l'observation des écosystèmes forestiers à l'information sur la forêt*, pp. 49-58.
- CORRALL A.J. and FENLON J.S., 1978. A comparative method for describing the seasonal distribution of production from grasses. *The Journal of Agricultural Science*, 91 : 61-67.
- CREMER S., 2014. Introduction à la reconnaissance des graminées. *Fourrage Mieux*, pp. 6.
- DURAND J.L., LORGEOU J., PICON-COCHARD C. and VOLAIRE F., 2013. Ecophysiologie de la réponse et de l'adaptation des plantes fourragères et prairiales au changement climatique. *Fourrages*, 214 : 111-118.
- DURU M. and CRUZ P., 2010. Évaluer la souplesse d'utilisation des prairies permanentes par la caractérisation de la composition fonctionnelle de la végétation et la phénologie des espèces. *Fourrages*, 201 : 3-10.
- EVANS L.T., 1960. The influence of environmental conditions on inflorescence development in some long-day grasses. *New Phytologist*, 59 : 163-174.



- GAC A., DOLLE J.-B. , LE GALL A., KLUMPP K., TALLEC T., MOUSSET J., EGLIN T., BISPO A., PEYRAUD J.L. and FAVERDIN P., 2010. Le stockage de carbone par les prairies. Une voie d'atténuation de l'impact de l'élevage herbivore sur l'effet de serre. Institut de l'Élevage – INRA. Collection l'Essentiel, pp. 12.
- GILLET M., 1980. Les graminées fourragères. Description, fonctionnement, applications à la culture de l'herbe. Collection Nature et Agriculture. Gauthier-Villars (Eds) pp. 306.
- GONZALEZ F.G., SLAFER G.A. and et MIRALLES D.J., 2002. Vernalization and photoperiod responses in wheat pre-flowering reproductive phases. *Field Crops Research*, 74 (2) : 183-195.
- HEIDE O.M., 1994. Control of flowering and reproduction in temperate grasses. *New Phytologist*, 128 (2) : 347-362.
- JEANGROS B. and AMAUDRUZ M., 2005. Dix ans d'observations sur la phénologie des prairies permanentes en Suisse romande. Agroscope et Service romand de vulgarisation agricole. *Revue suisse d'agriculture*, 37 (5) : 201-209.
- LAFARGE M. and DURAND J.L., 2011. Comment l'herbe pousse : Développement végétatif, structures clonales et spatiales des graminées. Collection Synthèses. Quae (Eds) pp. 182.
- Michaud A., 2011. Evaluation des services fourragers et environnementaux des prairies permanentes à partir de la végétation, du milieu et des pratiques de gestion. Institut National Polytechnique de Lorraine, pp. 271.
- PARSONS A.J., and ROBSON M.J., 1980. Seasonal changes in the physiology of S24 perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). 1. Response of leaf extension to temperature during the transition from vegetative to reproductive growth. *Annals of Botany*, 46 : 435–444.
- PEACOCK J.M., 1975. Temperature and Leaf Growth in *Lolium perenne*. III. Factors Affecting Seasonal Differences. *Journal of Applied Ecology*, 12 : 685 – 697.
- POTTIER E., MICHAUD A., FARRIEE J.P., PLANTUREUX S. and BAUMONT R., 2012. Les prairies permanentes françaises au cœur d'enjeux agricoles et environnementaux. *Innovations agronomiques*, 25 : 85-97.
- PROUTEAU M. and COLOT V., 2005. Contrôles épigénétiques, développement et variation génétique naturelle chez les plantes. *M/S Médecine/Sciences*, 21 : 422-427.
- RIDDELL J.A., GRIES G.A. et STEARNS F.W., 1958. Development of spring wheat, the effect of photoperiod. *Agronomic Journal*, 50 : 735-739





- SUTER D., HANSUELI H. and RAINER F., 2012. Production végétale - Ray-grass anglais : 62 variétés ont dû faire leurs preuves. Recherche Agronomique Suisse, 3 (9) : 414–421.
- VERDENAL A., 2009. De la simulation de la morphogénèse de l'appareil aérien du ray-grass anglais (*Lolium perenne* L.) : exploration d'un schéma cybernétique inspiré du concept d'auto-organisation et applications. Université de Poitiers, pp. 190.
- WILLIAMSON M.L., 2008. Differential responses of tillers to floral induction in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): implications for perenniality. University Massey, New Zealand, pp. 94.
- YAN W. and HUNT L.A., 1999. An Equation for Modelling the Temperature Response of Plants using only the Cardinal Temperatures. Annals of Botany, 84 : 607–614.

### **Sites internet**

- Agreste (page consultée le 24/01/2019). GRAPHAGRI 2018, Produits agroalimentaires - Alimentation animale, pp. 152-153, [en ligne]. Adresse URL : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/publications/graphagri/article/graphagri-2018>.
- Ephytia - INRA, 2018 (page consultée le 07/01/2019). Graminées fourragères [en ligne]. Adresse URL : <http://ephytia.inra.fr/fr/C/11233/Hypp-encyclopedie-en-protection-des-plantes-Graminees-fourrageres>.
- GNIS, 2012 (page consultée le 15/01/2019). Les Petits Guides Prairies - Le ray-grass anglais. pp. 16, [en ligne]. Adresse URL : [https://www.gnis-pedagogie.org/documents/Gnis\\_D1073\\_le\\_ray\\_grass\\_anglais.pdf](https://www.gnis-pedagogie.org/documents/Gnis_D1073_le_ray_grass_anglais.pdf).
- Herbe-Book, 2019 (page consultée le 21/01/2019). Ray-grass anglais, [en ligne]. Adresse URL : <http://www.herbe-book.org/presentation.php?espece=8>.
- ORECC, 2017 (page consultée le 24/01/2019). Fiche indicateur - Agriculture : Changement climatique en Auvergne-Rhône-Alpes, phénologie des prairies, [en ligne]. Adresse URL : <http://orecc.auvergnerhonealpes.fr>.



## VII. ANNEXES

ANNEXE I. Cartographie du rayonnement de l'enceinte climatique 1 pour vérifier l'homogénéité du rayonnement.

	col_1	col_2	col_3	col_4	col_5	col_6	col_7	col_8	col_9	col_10	col_11	col_12	col_13	col_14	col_15	col_16	col_17	col_18	col_19	col_20	col_21	col_22
ligne_1	259,2	269,4	272,6	273,6	266,5	260,8	255,6	253,3	248,3	247,5	247,9	246,1	251,7	257	259,6	266,2	275,2	279,4	284,5	280,6	280,7	278,5
ligne_2	264	273	276,2	277,7	269,8	264,2	258,9	255,9	253,6	252,8	253,9	251,6	256,7	258,5	261,4	267,4	276,7	281	284,6	283,7	286,1	284,1
ligne_3	266,1	274,9	277,3	278,9	272,5	267,5	263,1	259,3	258	254,4	257,7	255,7	261,2	261,3	263,8	269,2	277,2	281,3	284,2	280,5	285,7	281,5
ligne_4	265,8	273,9	275,6	279,6	274,6	270,4	265,8	262,3	261,4	258,5	261,7	258,5	263,2	263,6	266,6	272,2	279,8	282,7	283,9	285,5	285,1	272,7
ligne_5	264,8	274,3	274,3	277,3	271,9	270,5	266,3	263,4	262,1	259,2	262	258,4	262,3	263,7	266	272,6	276,7	282,4	285,1	286,5	282,5	276,1
ligne_6	264,5	273,9	274,2	276,8	271,8	271,4	265,8	263	261,2	258,1	261,4	257,1	262,7	263,9	266,1	272,7	275,6	282,5	284,8	284,2	280,5	276,6
ligne_7	265,5	276,2	278,1	279,7	274,6	272,4	267,5	264,8	262,4	260,1	262	256,9	264,2	263,6	265,5	273,1	275,5	281,8	284,5	283,4	279,8	280,1
ligne_8	266,8	278,9	279,8	281,3	276,7	272,7	269,1	264,6	263,5	260,2	261,5	256,8	263,2	262,6	265,5	272,4	275,4	282,1	283,3	281,6	282,7	275,3
ligne_9	268	277,5	279,7	279,1	276,5	273,4	267,1	261,9	261,2	258,4	255,9	251,3	259,6	259,8	262,1	269,3	273,7	281,1	284,7	283	284,2	277,1
ligne_10	270,3	277,5	279	280,4	276,8	272,6	265,8	258,8	257	252,6	250,9	246,6	254,5	254,7	258,5	264,5	271,5	277,7	282,7	279	279,4	277,5
ligne_11	273,9	279,7	280,2	282,4	280	274,8	267,6	257,1	255,5	250,6	248,2	246,7	250	253	254,9	261,2	270,5	278,2	278,1	277,4	280,1	272



ANNEXE II. Plan d'expérimentation de l'enceinte climatique 2 randomisé en 9 blocs. Bleu : plantes du traitement T1 ; jaune : plantes du traitement T2 ; rouge : plantes du traitement T3 ; viole : plantes « thermocouples » ; blanc : plantes de bordure

col_1	col_2	col_3	col_4	col_5	col_6	col_7	col_8	col_9	col_10	col_11	col_12	col_13	col_14	col_15	col_16	col_17	col_18	col_19	col_20	col_21	col_22	col_23	col_24	
ligne_1	V1_T1 12	V2_T4 304	V3_T4 307	V1_T3 2	V2_T4 305	V3_T1 56	V2_T2 75	V2_T1 34	V2_T2 151	V3_T4 336	V2_T3 110	V1_T3 98	V2_T2 128	V1_T3 76	V3_T4 335	V3_T2 140	V3_T2 184	V2_T2 172	V1_T1 226	V2_T3 183	V1_T2 175	V1_T4 353	V3_T2 150	V3_T3 163
ligne_2	V2_T1 24	V1_T4 303	V1_T2 54	V2_T4 306	V3_T2 44	V3_T4 309	V2_T3 64	V1_T2 53	V3_T3 119	V1_T2 129	V3_T2 111	V2_T4 333	V2_T3 100	V3_T1 131	V2_T3 99	V3_T1 130	V2_T1 213	V2_T1 185	V2_T1 205	V1_T1 153	V3_T4 358	V2_T2 214	V1_T3 203	V1_T2 225
ligne_3	V2_T3 23	V1_T1 78	V1_T3 43		V3_T2 1	V1_T4 302	V1_T1 26	V3_T3 77	V1_T2 97	V2_T1 120	V1_T1 89		V1_T1 142	V1_T4 330	V3_T3 328	V3_T3 108	V2_T4 161	V2_T2 224		V1_T3 196	V3_T1 202	V1_T1 195	V3_T1 173	
ligne_4	V2_T2 42	V1_T2 13	V3_T3 15	V2_T3 65	V3_T1 55	V3_T1 3	V1_T4 301	V2_T1 66	V1_T3 141	V2_T1 101	V2_T4 331	V3_T4 334	V1_T1 118	V2_T4 332	V2_T2 87	V3_T1 139	V1_T2 162	V1_T4 354	V3_T4 360	V2_T4 357	V3_T1 174	V3_T2 152	V1_T4 352	V3_T4 359
ligne_5	V3_T3 25	V1_T3 14	V1_T1 29	V3_T2 35	V1_T3 5	V3_T4 308	V3_T4 317	V2_T2 36	V2_T1 88	V2_T3 122	V1_T2 86	V3_T1 121	V3_T2 132	V2_T3 143	V3_T3 109	V1_T4 329	V1_T3 194	V2_T1 164	V2_T4 356	V3_T4 368	V2_T3 227	V3_T2 190	V3_T3 204	V3_T3 215
ligne_6	V1_T3 38	V3_T4 318	V3_T3 27	V2_T3 6	V1_T2 79	V2_T2 45	V3_T1 28	V3_T2 18	V3_T2 112	V2_T1 155	V1_T1 133	V3_T2 103	V1_T3 91	V1_T2 123	V3_T4 342	V3_T1 178	V3_T4 367	V2_T3 177	V1_T2 165	V3_T4 369	V3_T1 197	V3_T2 217	V3_T3 207	V1_T2 189
ligne_7	V2_T1 37	V3_T3 69	V2_T1 57		V3_T2 39	V2_T4 315	V2_T4 315	V2_T2 102	V2_T2 144	V2_T2 144		V1_T2 145	V1_T2 145	V3_T4 341	V1_T3 167	V1_T1 230		V2_T1 157		V2_T4 365		V1_T4 362	V2_T2 218	
ligne_8	V3_T1 47	V2_T4 314	V2_T2 16	V2_T3 68		V3_T1 17	V1_T2 4	V1_T4 338	V1_T1 92		V1_T3 90		V1_T4 337		V2_T1 198		V1_T4 363		V3_T1 187		V1_T3 206		V3_T2 176	
ligne_9	V1_T4 312	V2_T4 313	V3_T2 46	V2_T1 59	V3_T3 67	V2_T2 48	V3_T4 316	V2_T3 7	V1_T1 105	V3_T1 134	V3_T3 113	V2_T4 339	V2_T1 80	V3_T3 104	V2_T4 340	V3_T3 229	V1_T3 186	V2_T3 228	V2_T2 208	V1_T4 361	V3_T3 188	V1_T1 219	V2_T4 364	V2_T2 216
ligne_1	V1_T4 310	V1_T1 58	V3_T4 326	V1_T3 81	V2_T1 51	V1_T2 70	V1_T4 311	V1_T1 19	V3_T2 136	V2_T1 95	V1_T1 146	V3_T2 160	V2_T1 94	V3_T4 350	V3_T1 84	V1_T1 154	V2_T3 156	V1_T2 166	V1_T4 371	V1_T2 222	V2_T4 366	V1_T1 199	V1_T1 193	V1_T3 209
ligne_1	V3_T4 325	V2_T1 40	V1_T2 10	V3_T1 83	V2_T3 31	V1_T3 61	V1_T3 30	V2_T1 62	V2_T1 137	V1_T3 107	V2_T3 158	V2_T3 138	V3_T4 349	V3_T1 82	V1_T4 345	V2_T2 116	V2_T4 373	V2_T1 169	V2_T2 182	V1_T2 211	V1_T3 201	V2_T3 168	V3_T2 234	V2_T4 374
ligne_1	V2_T3 63	V3_T2 49	V2_T4 323		V2_T2 32	V1_T3 50	V2_T1 60	V2_T4 322	V2_T2 41	V1_T2 147	V1_T4 343		V2_T4 347	V3_T3 135	V2_T4 348	V1_T2 127	V3_T3 233	V3_T3 192	V3_T4 378		V3_T3 223	V3_T1 231	V1_T2 181	V3_T2 159
ligne_1	V3_T4 327	V1_T2 20	V2_T3 52	V3_T3 33	V1_T4 319	V3_T3 9	V3_T3 21	V1_T1 85	V2_T2 72	V1_T4 344	V1_T3 106	V2_T1 149	V1_T2 125	V3_T3 114	V2_T3 148	V1_T3 117	V3_T1 191	V1_T4 372	V2_T1 232	V2_T4 375	V3_T1 171	V2_T1 220	V3_T4 377	V3_T4 376
ligne_1	V3_T1 74	V1_T2 8	V3_T2 73	V3_T2 11	V2_T4 324	V1_T4 320	V1_T4 321	V3_T1 71	V1_T1 22	V3_T1 93	V2_T2 126	V3_T2 96	V2_T4 346	V3_T3 124	V2_T2 115	V3_T4 351	V2_T2 210	V3_T2 212	V2_T2 221	V1_T1 179	V2_T3 180	V2_T3 200	V3_T3 170	V1_T4 370



## RÉSUMÉ

La biomasse aérienne des graminées fourragères constitue la principale ressource alimentaire des ruminants. Elle est variable au cours du temps et est marquée par une phase de production importante qui se termine avec l'**épiaison**. Cette dernière nécessite la succession d'une phase de vernalisation (induction primaire) et une exposition à des jours longs (induction secondaire). Au cours de ce stage il était question d'étudier l'influence des dates d'induction sur la date d'épiaison et sur la morphogénèse de trois variétés de ray-grass anglais (*Lolium perenne*). Le suivi de l'apparition des feuilles jusqu'à épiaison soumises à des calendriers d'induction différents a permis d'observer l'importance des dates d'**induction florale** sur les phénomènes qui se produisent lors du passage de l'état végétatif à l'état reproducteur de talles de ray-grass anglais. L'exposition à des jours courts a conduit à une augmentation du **nombre final de feuilles** et à un retard de l'épiaison. Néanmoins durant la période de jours longs, les plantes préalablement exposées à des jours courts mettent moins de temps à épier. Cette étude a également permis de montrer que la température et l'augmentation de la durée du jour conduisent à une augmentation de la **vitesse de croissance** des feuilles.

**Mots Clés :** épiaison - induction florale - *Lolium perenne* - nombre final de feuilles - vitesse de croissance

---

Above-ground biomass of forage grasses is the main food resource for ruminants. It is variable over time and is marked by an important production peak that ends with the **heading** of the spike. Heading requires the succession of a vernalization phase (primary induction) and an exposure to long days (secondary induction). During this internship, the influence of induction dates on the heading date and morphogenesis of three varieties of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) was studied. By following the appearance of leaves until heading on plants with different induction calendars, it was possible to observe the importance of **floral induction** dates on the phenomena that occur during the transition from vegetative to reproductive state in *Lolium perenne*. A delay between the two induction phases led to an increase in the **final number of leaves** and a delay of heading. However, during the long day phase, plants previously exposed to short days take less time to heading. This study also showed that the temperature and the increase of in day length led to an increase in the **growth rate** of leaves.

**Key words :** heading – floral induction – *Lolium perenne* – final number of leaves – growth speed