



Dynamique de croissance des populations prairiales d'intérêts agronomiques, en conditions optimales et de stress hydrique

Caroline Bernard

► To cite this version:

Caroline Bernard. Dynamique de croissance des populations prairiales d'intérêts agronomiques, en conditions optimales et de stress hydrique. [Stage] Institut Universitaire de Technologie de Clermont Ferrand (IUT de Clermont Ferrand), FRA. 2011, 44 p. hal-02802631

HAL Id: hal-02802631

<https://hal.inrae.fr/hal-02802631>

Submitted on 5 Jun 2020

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.

Institut Universitaire de Technologie de Clermont-Ferrand, Site d'Aurillac,
Département Génie Biologique

Dynamique de croissance des populations prairiales d'intérêts agronomiques, en conditions optimales et de stress hydrique



Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Pascal Carrère, dirigeant de l'unité de m'avoir offert la possibilité d'effectuer ce stage au sein de l'UREP, ainsi que Catherine Picon-Cochard et tout particulièrement Marine Zwicke pour le partage de ses connaissances ainsi que son implication au cours de mon stage.

Je remercie les membres de l'équipe qui ont travaillé sur la plateforme : Patrick et Alexandre ainsi que toutes les personnes qui m'ont consacré un peu de leur temps. Leur participation, leur soutien et le partage de leurs précieuses expériences ont permis le bon déroulement de mon stage. Merci à Bernard, Olive, Lionel, Sandrine, Mathilde, Franck et Anne-Isabelle.

Grâce à la bonne humeur et l'ambiance de travail régnant dans l'unité, ce fut un plaisir d'effectuer ce stage pendant seize semaines au sein de cette unité.

Résumé

Le dernier rapport du GIEC (IPCC 2007) a renforcé la crédibilité du changement climatique. En plus des tendances moyennes sur l'évolution du climat, les scénarios évaluent aussi une augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses. En 2003 et en 2010, la production fourragère a considérablement baissé sur l'ensemble du territoire avec une dégradation des écosystèmes. Les prairies occupent environ 25% de la superficie totale du territoire français et présentent des intérêts agronomiques et environnementaux qu'il est nécessaire de préserver. Un projet ANR a démarré une étude sur la vulnérabilité des prairies aux événements extrêmes et a montré l'existence d'un potentiel de récupération des espèces. Afin de comprendre les mécanismes sous-jacents, une plateforme expérimentale a été mise en place pour cultiver des populations prairiales dans des bacs et dans des tubes en conditions contrôlées. D'abord maintenues à capacité au champ, les populations révèlent des stratégies de croissance différentes. Puis, une sécheresse a été imposée sur la moitié des cultures. L'arrêt de la croissance à l'issue de la progression du stress a été déterminé pour chacune des populations. Les résultats ont montré qu'il existe plusieurs types de réponses selon les espèces considérées.

192 mots

Abstract

Global change is now a reality (IPCC 2007). In addition to global tendencies climatic models assess for the end of the century an increase of drought frequency and intensity. In 2003 and 2010, forage production was very low because of abnormal drought and ecosystems were damaged. Grassland area in France represent 20% of territory and present agronomic and environmental services which are necessary to preserve. An ANR project started an experimentation to study grassland vulnerability under extreme climatic events. It was shown that grassland species could develop strategies to survive after drought. To understand mechanisms implied, an experimental platform was prepared to grow grassland populations in controlled conditions. First, they were maintained at field capacity and showed different growth strategies. Then, drought was imposed on the half of populations and leaf growth started to follow up stress progress. According to grassland species, population responses were different.

146 words

Sommaire

Remerciements
Résumé et abstract

Introduction	1
I. Présentation de la structure d'accueil	3
A. Présentation de l'INRA	3
B. Présentation de l'unité : UREP	3
II. Analyse bibliographique	4
A. Les prairies	4
1. Définition de la prairie	4
2. Fonctionnement de l'écosystème prairial	4
3. Intérêts fonctionnels de la prairie	5
B. Définitions du déficit hydrique et de la sécheresse	5
C. Physiologie des plantes en conditions de stress hydriques : stratégies d'évitement et de tolérance	6
III. Matériels & Méthodes	7
A. Matériel végétal	7
1. Les espèces étudiées	7
2. La mise en culture	8
B. Dispositif expérimental	9
1. Présentation de la plateforme de Phénotypage	9
2. Installation et disposition des cultures	9
3. Irrigation et traitement hydrique	10
C. Mesures réalisées	10
1. Production de la biomasse aérienne	10
2. Elongation des feuilles	11
3. Production de la biomasse racinaire	12
4. Prélèvement des parties aériennes	12
5. Prélèvement des parties souterraines	13
6. Détermination de la biomasse racinaire totale	13
IV. Résultats	14
A. Production aériennes et souterraines des populations prairiales	14
1. Cultures en bac	14
2. Cultures en tube	15
3. Comparaison des types de cultures	17
B. Développement des individus en conditions optimales de croissance	17
1. Cultures en bacs	17
2. Cultures en tubes	18
C. Impact du stress hydrique sur la croissance et le développement des individus	18
Conclusion	20

Bibliographie
Liste des abréviations
Glossaire
Table des tableaux et des figures
Table des annexes et annexe

Introduction

En 2007, le dernier rapport du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat (GIEC) (IPCC 2007) a renforcé la crédibilité d'un changement climatique. Les observations récentes à l'échelle du globe permettent d'attribuer ces changements, au-delà des facteurs naturels, à l'accroissement de l'effet de serre par l'action anthropique. Les différents scénarios concernant l'évolution des gaz à effets de serre prévoient pour la fin du siècle, une concentration en CO₂ comprise entre 540 et 950 ppm ; accompagné d'un accroissement de la température moyenne compris entre +1.5 à 6°C selon les régions du globe. Les scénarios annoncent également une réduction des précipitations estivales de l'ordre de 10 à 30% avec une augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses.

Les exemples récents de 2003 et 2010 montrent que les conséquences économiques ne sont pas négligeables pour le secteur agricole. En effet, la sécheresse a entraîné respectivement une baisse relative de la production fourragère de 40 % sur le continent européen en 2003 (Agreste 2009 et Ciaï et al., 2005), et supérieure à 30% dans les régions de France les plus touchées (Agreste 2010). De tels événements climatiques, considérés aujourd'hui comme exceptionnels, pourraient à la fin du siècle avoir lieu une année sur deux ou sur trois. Il devient donc nécessaire d'adapter les pratiques agricoles pour limiter les dommages occasionnés.

Les prairies constituent un excellent modèle en écologie expérimentale ce qui explique qu'une part des connaissances sur les relations biodiversité - fonctionnement des écosystèmes, et sur les impacts du changement climatique, aient été acquises en prairie. En 2008, le projet ANR VALIDATE a démarré une étude sur la France sur la vulnérabilité des prairies aux événements extrêmes tels que les canicules et les sécheresses estivales sévères. Les résultats ont montré, un an après l'exposition à l'extrême, que l'écosystème est résilient. Les espèces ont révélé une capacité à survivre pour maintenir le fonctionnement des communautés végétales. Afin d'identifier les mécanismes impliqués dans la résilience, une plateforme expérimentale a été mise en place en 2011. Mon stage s'inscrit dans cette thématique pour décrire les espèces prairiales en conditions optimales et l'impact du stress hydrique sur l'arrêt de la croissance.

I. Présentation de la structure d'accueil

A. Présentation de l'INRA

L'INRA, Institut National de la Recherche Agronomique est un organisme de recherche public spécialisé dans le domaine de l'agronomie.

L'INRA a été créé en 1946 dans le contexte de la reconstruction nationale d'après-guerre, afin de s'inscrire dans le projet de modernisation de l'agriculture française. Ensuite, il porte ses recherches sur des domaines en lien avec l'agroalimentaire tels que la microbiologie. Dans les années 80, de nouvelles technologies sont apparues dans le domaine animal. Actuellement, la problématique environnementale, associée au développement durable est devenue une thématique majeure portée par l'institut. Les questionnements scientifiques reposent sur les défis planétaires concernant l'alimentation et l'environnement.

Le centre de Clermont-Theix Lyon porte, entre autre ses thématiques en lien avec les filières d'élevage et l'environnement. C'est dans ce contexte que s'inscrivent les travaux de l'UREP (Unité de recherche sur l'écosystème prairial).

B. Présentation de l'unité : UREP

J'ai été affilié à l'unité de recherche sur l'écosystème prairial. Cette unité étudie l'écologie fonctionnelle, la biodiversité et les cycles biogéochimiques (carbone et azote) des prairies permanentes pâturées et fauchées dans un contexte de changement global. Des expérimentations et des modélisations sont mises en place en lien avec les interactions plantes-plantes, plantes-sol et plantes-herbivores. Cette unité étudie également les impacts de l'augmentation du CO₂ atmosphérique et du réchauffement climatique sur le bilan de gaz à effet de serre et la séquestration de carbone en prairie. Afin de réaliser ces expériences, l'UREP a plusieurs collaborateurs tels que l'Unité de Recherches sur les Herbivores du Centre Theix, le laboratoire d'écophysiologie végétale, agro et nutrition de l'INRA Rennes et le CEFE à Montpellier.

Au sein de cette unité j'ai collaboré au projet : "Ecologie, fonctionnement et services de la prairie permanente dans un contexte de changement global" avec pour champ thématique la résistance à la sécheresse des espèces prairiales

II. Analyse bibliographique

A. Les prairies

1. Définition de la prairie

En agronomie, la prairie se caractérise par une utilisation fourragère des groupements végétaux. Il s'agit d'une surface produisant de la biomasse destinée à alimenter les herbivores.. Plusieurs types de prairie sont considérées et peuvent se classer selon leur pérennité. Tout d'abord, les prairies temporaires (durée inférieure à 5 ans), les prairies artificielles (de courte ou moyenne durée), qui peuvent être semées ou naturelles. Il s'agit d'une prairie temporaire composée uniquement de légumineuses. En outre, il y a les prairies permanentes qui présentent une grande diversité floristique. Elles se caractérisent par une végétation maintenue au stade herbacé par le pâturage ou la fauche depuis plus de cinq ans. Les surfaces toujours en herbe (STH) sont également désignées comme prairies permanentes. Dans cette étude, nous nous intéresserons au cas des prairies permanentes de moyennes montagnes.

Les prairies occupent 25% de notre territoire national contre 20% en Europe avec 11 millions d'hectares de prairies permanentes. Elles forment la base des ressources fourragères pour de nombreux systèmes d'élevage (tableau I). En Auvergne les prairies représentent plus de 70% de la Surface Agricole Utile (SAU¹) tandis qu'en France elles représentent en moyenne 47.5% de la SAU (Agreste, 2003).

Au sens écologique, les prairies sont des communautés d'espèces végétales herbacées.

2. Fonctionnement de l'écosystème prairial

Un écosystème est une association d'un milieu physico-chimique appelé biotope avec des communautés d'êtres vivants. Ces associations donnent lieu à de nombreuses interactions entre ces éléments.

La végétation d'une prairie est constituée d'un mélange plus ou moins complexe de plantes appartenant à des groupes différents. Entre les espèces, une compétition s'installe pour l'acquisition des ressources (lumière, eau, nutriments...). Le résultat de cette compétition interspécifique détermine le fonctionnement de la prairie. Celui-ci est variable au cours de la saison ainsi que d'une année sur l'autre.

Parmi les espèces prairiales, on distingue trois groupes (fig 1). Tout d'abord, la famille des Poacées qui appartiennent à la classe des Monocotylédones, comme le ray-grass anglais (*Lolium perenne*), la fétuque élevée (*Festuca arundinacea*), le chiendent (*Elymus repens*), la

trisetum (*Trisetum flavescens*). Cette famille produit généralement 70 à 80% de la biomasse totale de la prairie. Ensuite, dans la classe des Dicotylédones, on trouve les Fabacées, plus communément appelées légumineuses qui contribuent à la production de 2 à 10% de la biomasse prairiale. Les espèces appartenant à ce groupe sont généralement de bonne valeur nutritive. D'autres espèces de Dicotylédones, comme le pissenlit (*Taraxacum officinale*), la véronique des champs (*Veronica arvensis*), l'achillée millefeuille (*Achillea millefolium*), la pâquerette (*Bellis perennis*) sont souvent rencontrées dans les prairies et contribuent à la diversité spécifique.

3. Intérêts fonctionnels de la prairie

La prairie permet une diminution des coûts de production ainsi qu'une autonomie fourragère pour les exploitations. De plus, son aspect environnemental permet sauvegarde de la qualité de l'environnement telle que l'eau ainsi que le sol, en limitant son érosion. En outre, elle contribue également à la diminution de l'effet de serre en stockant dans ses sols 70 à 80 tC/ha (Robert & Saugier, 2003). En moyenne, les prairies stockent autant de carbone que les forêts tant qu'elles ne sont pas labourées et participent ainsi à la compensation des gaz à effet de serre émis par l'activité de l'élevage. En outre, elles jouent aussi un rôle écologique et paysager avec le maintien de la biodiversité et l'entretien des paysages ruraux.

B. Définitions du déficit hydrique et de la sécheresse

D'un point de vue biologique, un déficit hydrique chez les plantes correspond à une période où la demande en eau devient supérieure à la ressource disponible dans le sol. Autrement dit, la quantité d'eau absorbée par la plante est inférieure à celle transpirée. Tous les végétaux sont soumis, à un moment donné dans leur cycle de croissance et de développement, à un déficit hydrique estival (fig 2). Leurs réponses dépendent de la vitesse d'évaporation, mais aussi de l'espèce considérée et de leur stade de développement. De plus, les conséquences seront plus ou moins importantes selon la durée du déficit hydrique. En outre, ces effets sont variables au sein même d'une plante, à travers ses différents organes (Jabnoune, 2007).

En revanche, une sécheresse correspond à un manque d'eau normal ou passager du sol et/ou d'un environnement, sur une période significativement longue pour qu'elle ait des impacts. Dans nos climats tempérés de moyennes montagnes, une sécheresse est épisodique et peut être amplifiée par l'émission humaine de gaz à effet de serre. D'un point de vue agronomique, une sécheresse est caractérisée par « tout manque d'eau qui ne permet pas aux plantes cultivées

d'exprimer le rendement qui serait attendu en condition favorable, ou qui peut affecter la qualité des produits récoltés » (Tardieu et al., 2006).

Dans des conditions naturelles, une sécheresse estivale est souvent combinée à une augmentation des températures maximales journalières, ce qui a aussi un effet direct sur l'ensemble des processus biochimiques chez les végétaux.

C. Physiologie des plantes en conditions de stress hydrique : stratégies d'évitement et de tolérance

En région tempérée, les sécheresses sont plus courtes et plus modérées qu'en régions arides, si bien que les stratégies d'adaptation aboutissent généralement au maintien d'une production de biomasse par unité de surface (Tardieu et Dreyer 1997). Ces stratégies de régulation se traduisent tout d'abord par le maintien des échanges gazeux foliaires. Il s'agit en fait d'un compromis entre éviter, via la fermeture des stomates (fig 3B), l'abaissement excessif de la teneur en eau des organes végétaux ; et permettre, via l'ouverture des stomates (fig 3A), une entrée de CO₂ pour maintenir la photosynthèse. Ainsi, la croissance peut être maintenue. Si le stress perdure, la ressource en eau du sol devient trop limitante pour permettre la croissance aérienne et s'en suit le flétrissement de la plante, les feuilles s'enroulent, mais la croissance racinaire peut être maintenue afin de favoriser la recherche de l'eau dans les profondeurs du sol (Jones et al., 1981). Cette réponse est définie comme la stratégie d'évitement à la sécheresse, dans le but de retarder les effets négatifs sur la plante. A ce stade, on observe alors le début de la sénescence aérienne qui permet de rémobiler les réserves vers les organes de survie (méristèmes ou autres organes de réserves).

Dans les milieux méditerranéens, ce processus de sénescence peut être anticipé dès les premiers signes du stress. Ainsi, la plante est déjà totalement sénescente quand les teneurs en eau du sol deviennent très faibles (Volaire et al., 2009). Cette stratégie est définie comme la dormance estivale, mais n'a encore jamais été observée dans les milieux tempérés.

Dans le cas d'un changement climatique, le fonctionnement d'une prairie doit être étudié afin de maintenir ses services. L'expérimentation mise en place consiste à étudier les impacts d'une sécheresse à caractère exceptionnel dans le but de répondre à la question suivante : quels sont les mécanismes impliqués dans la survie après le stress hydrique ?

Dans un premier temps, il est nécessaire de comprendre les stratégies de développement des espèces prairiales dans des conditions optimales. L'objectif de mon stage est de décrire la

réponse directe des populations prairiales soumises à un stress hydrique. Afin de répondre à cette question, une expérimentation a été mise en place en conditions contrôlées pour soumettre les populations prairiales à un stress hydrique. Pour observer les effets de la sécheresse, une partie de la population prairiale a été maintenue à capacité au champ (sol est saturé en eau) tandis que la seconde partie sera exposée au stress.

III. Matériels & Méthodes

A. Matériel végétal

1. Les espèces étudiées

Pour cette expérimentation, sept espèces pérennes ont été sélectionnées. Elles appartiennent toutes au type C3. Il s'agit de plantes issues de régions tempérées qui sont capables, en condition de stress, d'effectuer la photorespiration². Nous avons une dicotylédone : le pissenlit (*Taraxacum officinale*). Les six autres espèces sont des monocotylédones et appartiennent à la famille des Poacées : le dactyle aggloméré (Dg : *Dactylis glomerata*), la fétuque élevée (Fa : *Festuca arundinacea*), le pâturin des prés (Pp : *Poa pratensis*), le pâturin commun (Pt : *Poa trivialis*), la trisetè (Tf : *Trisetum flavescens*) et le Medly (Md : *Dactylis glomerata* cv. *Medly*) qui est un cultivar du dactyle.

Toutes ces espèces, sauf *Dactylis glomerata* cv. *Medly*, sont représentatives des prairies permanentes de moyennes montagnes, régulièrement fauchées. Le choix de ces différentes espèces a été réalisé sur la base de leur différences morphologiques et allométriques³ (fig 4 et annexe).

Mêmes si ces espèces cohabitent régulièrement dans les prairies de moyennes montagnes, leurs préférences écologiques diffèrent. Ces préférences écologiques peuvent être traduites par des indices Ellenberg caractérisant leur habitat le plus fréquemment rencontré.

Enfin, le cultivar *Dactylis glomerata* cv. *Medly* est présent dans les milieux méditerranéens. Le comportement de ce dernier, lors d'un épisode de sécheresse, a déjà été décrit au champ et en conditions contrôlées (Volaire et Lelièvre, 2001). Cette espèce représentera le témoin résistant de cette expérimentation.

Les graines de Poacées utilisées pour les semis ont été récoltées en 2005-2006 sur le dispositif de la thèse Laise Pontes (Pontes, 2006). En revanche, les graines de *Dactylis glomerata* cv. *Medly* proviennent du CEFV de Montpellier, et ont été fournies par Florence Volaire. Les graines de *Taraxacum officinale* proviennent d'une récolte sur l'ORE de Theix en 2010.

2. La mise en culture

Toutes les espèces étudiées ont été réparties dans quinze tubes et sept bacs, sauf pour la trisetè et le pissenlit qui n'en compte que six (le septième bac ayant été utilisé pour des repiquages). L'utilisation de tubes permet d'observer les systèmes racinaires de nos espèces cultivées à capacité au champ et lors de l'application du stress. Au total, quarante sept bacs (50 x 50 cm ; h = 40 cm) ont été préalablement pesés, puis remplis avec 7 kg de pouzzolane, afin de favoriser le drainage du substrat. Après séchage à l'air libre, environ 150 kg de sol de prairie a été homogénéisés à 3.5 kg/m³ d'engrais N-P-K (14-7-14), soit 350g/ bac (fig 5). De cette manière, la présence de fertilisant permet de s'assurer que la disponibilité en eau sera le seul facteur limitant de cette expérimentation.

Lors du remplissage, les bacs ont été munis de tubes transparents en PVC, appelés minirhizotrons. Celui-ci permet de mesurer l'élongation et la disparition des racines au cours du temps à l'aide d'observations réalisées par une caméra (BTC minirhizotron camera systems).

De la même manière que les bacs, 105 tubes en PVC (h = 150 cm ; Ø = 10 cm) ont été préalablement pesés, puis le remplissage a été réalisé en trois niveaux (fig 6). Tout d'abord, 200g de pouzzolane ont été déposés au fond du tube, puis le même substrat que pour les bacs a été utilisé (sol de prairie + de 3.5 kg/m³ engrais N-P-K (7-14-7), soit 14g/horizon). Afin de réaliser au mieux les conditions réelles au champ, les différents horizons du sol ont été plus ou moins tassés. L'horizon le plus profond (100 – 150 cm), a d'abord été bien tassé, le second (50 – 100 cm) un peu moins, et le dernier (0-50 cm), à l'interface avec l'atmosphère n'a pas du tout été tassé.

Les semis ont eu lieu en septembre 2010, avec huit lignes de semis par bac. Ils ont été effectués de manière homogène afin de disposer d'un couvert végétal homogène et de réduire la variabilité entre les bacs. Dans les tubes, un semis direct en poquet a été effectué au centre du tube. Tous les semis ont été réalisés à une densité de 2000 graines germables au m².

Par la suite, les bacs et les tubes ont été enterrés début octobre, afin d'utiliser le pouvoir tampon du sol et de limiter les risques de gel pendant l'hiver. En mars 2011, un repiquage a été nécessaire pour certains bacs, qui n'avaient pas de couvert végétal uniforme.

Un désherbage manuel a été réalisé régulièrement, pour éviter toute contamination des monocultures par des espèces indésirables. De nombreux lapins nichent sur le site de Croüel et représentent une menace pour la végétation. De ce fait, une barrière électrique anti-lapin a été mise en place autour des cultures.

B. Dispositif expérimental

1. Présentation de la plateforme de phénotypage

Une plateforme de phénotypage a été mise en place en 2010. Celle-ci comprend 80 balances de type IP 67 (Arpege Master K ; N PAC + SAT MB) placées en extérieur et capables de résister à des contraintes mécaniques fortes et aux intempéries. Le système d'acquisition et de gestion des données dépend d'un adressage direct de chaque balance via une adresse IP. Toutes les 20 secondes, les données sont enregistrées automatiquement et stockées dans une base de données toutes les 15 minutes pour un suivi instantané des expériences. Par ailleurs, une électrovanne est associée à chaque balance afin de piloter par informatique l'irrigation des cultures. Pour induire une sécheresse prolongée, les apports d'eau ont été arrêtés et les précipitations naturelles ont été interceptées à l'aide d'un abri roulant (fig 7). Ce système expérimental permet d'étudier la réponse des plantes au déficit hydrique du sol en parallèle du suivi automatisé des conditions environnementales.

2. Installation et disposition des cultures

Tout d'abord, les bacs et les tubes ont été sortis de terre avant d'être isolés afin de maintenir une température du sol similaire à des conditions in situ. L'isolation thermique des bacs et des tubes consiste à installer des plaques d'isolant Styrodur^R reliées entre elles par un enrubannage (fig 8).

Tous les bacs ont été répartis sur les balances. En revanche, le seuil de précision minimal des balances étant de 30 kg, il a été nécessaire de regrouper trois tubes de la même espèce sur la même balance. Cinq lots de trois tubes ont donc été constitués, soient cinq lots par espèce mais seulement trois d'entre eux ont été disposés sur les balances. Les deux autres lots ont été placés en face des balances, sur la plateforme afin de bénéficier de l'irrigation automatisée. La répartition des espèces s'est faite de manière aléatoire, par tirage au sort afin que la distribution soit randomisée à son maximum.

Pour des raisons pratiques, les tubes ont été installés à chaque extrémité de la plateforme pour ne pas empêcher le passage du système d'irrigation.

3. Irrigation et traitement hydrique

Afin de maintenir les cultures à capacité au champ (22.76%), un système d'irrigation a été développé pour compléter les précipitations naturelles. Une rampe a donc été fabriquée pour pouvoir simuler une pluie au dessus des bacs (fig 9), tandis que les tubes disposent d'un système de goutte à goutte (fig 10).

Tous les apports d'eau ont pu être contrôlés par la pesée. Ce n'est qu'à partir du 29 juin 2011 que deux traitements hydriques se sont distingués. Trois bacs et trois tubes par espèces ont été maintenus à capacité au champ pour constituer le groupe du traitement témoin (C : Control). Les cultures restantes (4 bacs et 12 tubes par espèces) ont été soumis à un stress hydrique (S : Stress) défini par l'arrêt de l'irrigation par l'interception des précipitations annuelles de manière à obtenir un dessèchement du sol.

C. Mesures réalisées

1. Production de la biomasse aérienne

A différentes dates (tableau II) nous avons effectué une coupe du couvert végétal, afin de récupérer une partie de la biomasse aérienne produite. Puis nous avons fait une estimation de la biomasse totale.

Un cadre (30 x 30 cm) placé au centre du bac a été utilisé pour s'affranchir de l'effet bordure (fig 11). A l'aide d'une mini-tondeuse, l'herbe est taillée à 7 cm au dessus du sol (fig 12). Seule la partie centrale est récupérée et conservée immédiatement dans un sachet plastique pour limiter les pertes en eau des tissus.

Les bordures des tubes n'ont pu être éliminées compte tenu de leur diamètre trop petit. De plus, la coupe à 7 cm n'a pu être réalisée à la mini-tondeuse car elle présentait des risques de blessures. La technique aux ciseaux a donc été retenue afin de limiter ces risques ainsi que les pertes de biomasse.

Après la coupe le poids frais de tous les échantillons et la surface ont été déterminés (planimètre LI-COR Biosciences LI-3100C AREA METER). Pour les tubes, l'ensemble de l'échantillon a été mesuré tandis que des sous-échantillons ont été préalablement effectués pour les bacs. Après 48h passé à l'étuve à 60°C, le poids sec de tous les échantillons a été déterminé. Afin de limiter la réhumidification des tissus secs lors de la sortie de l'étuve, un dessiccateur a été nécessaire pour les petits échantillons, tandis que ce phénomène est considéré comme négligeable pour les échantillons plus gros. Tous les échantillons sont ensuite conservés afin

d'assurer la traçabilité des prélèvements réalisés. Avec les données obtenues, la biomasse de chaque espèce a pu être calculée à partir de la formule suivante :

$$\text{Biomasse produite (g MS.m}^{-2}\text{)} = \text{Poids Sec échantillon (g)} / \text{surface du prélèvement (m}^2\text{)}$$

Toutes les coupes ont été réalisées selon ce protocole. Cependant, les surfaces foliaires n'ont pas été mesurées lors de la coupe 1, car il ne s'agissait que d'une coupe de « nettoyage ». Autrement dit, toutes les cultures ont été remises à niveau (7 cm) afin d'homogénéiser le couvert végétal juste après l'hiver et d'éviter la compétition pour la lumière des talles hautes sur les petites talles.

2. Elongation des feuilles

A partir de la troisième coupe, des mesures d'élongation foliaire ont été effectuées pour caractériser le potentiel d'élongation des feuilles en conditions optimales, avant l'application du stress hydrique.

Pour réaliser ces mesures, un système de bagage a été nécessaire pour suivre la croissance foliaire des mêmes feuilles d'une date à l'autre (Carrère et al., 1997). Ce système dépend d'un fil de fer installé autour de la talle, et rattaché à un piquet pour faciliter le repérage (fig 13 et 14). La longueur de la feuille est mesurée depuis sa ligule jusqu'à la pointe à l'aide d'une règle graduée. A partir de la première série d'observations, les feuilles nouvellement apparues ont été dénombrées, marquées et mesurées.

Pour que nos mesures soient représentatives, un minimum de douze répétitions est nécessaire, afin de diminuer la variabilité de nos espèces. Trois répétitions par bacs et deux par tubes ont donc été effectuées deux fois par semaine, avant l'application du stress. Lors du stress hydrique, cinq répétitions par bacs ; trois répétitions par tubes stressés et quatre par tubes témoins deviennent nécessaires.

Par la suite, des taux d'élongation foliaire ont donc pu être calculés selon la formule suivante :

$$\text{Elongation (mm.j}^{-1}\text{)} = (\text{Longueur 2} - \text{Longueur 1}) \text{ (mm)} / (t_2 - t_1) \text{ (j)}.$$

Pour faciliter l'analyse des données, une seule valeur d'élongation maximale a été retenue pour chacune des talles.

3. Production de la biomasse racinaire

Avant l'application du stress hydrique, nous avons réalisé des prélèvements racinaires et aériens en détruisant 21 tubes, soit trois répétitions par espèces (fig 15). Ces mesures destructives ont permis de disposer du matériel végétal pour réaliser une série de mesures : teneurs en eau et concentrations en sucres solubles des racines et des parties aériennes ; sénescence des parties aériennes ; profondeur d'enracinement. Ces mesures sont en cours d'analyse et ne pourront être présentées dans ce rapport.

Ces prélèvements ont été répartis sur trois jours avec une répétition de chaque espèce par journée. Par ailleurs, l'heure de prélèvements est important pour étudier les concentrations des sucres dans les différents tissus de la plante. Les glucides sont en effet des produits de l'activité photosynthétique ($6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$) qui dépend des conditions environnementales au cours de la journée. Par exemple, la lumière augmente les teneurs en sucres en favorisant la photosynthèse, tandis que les fortes températures conduisent à une diminution des glucides consommés par la respiration ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 = 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 38 \text{ ATP}$) (Veisseire, 2010). Ainsi, pour pouvoir comparer les espèces entre elles, un ordre de prélèvement a été établi, de manière à prélever les répétitions à des heures différentes sur l'ensemble des trois jours. Autrement dit, la destruction des tubes d'une espèce a été réalisée une fois en début de journée, une fois en milieu de journée et en fin d'après-midi.

4. Prélèvement des parties aériennes

a) Teneur en eau des organes aériens

Tout d'abord, un sous-échantillon des parties aériennes a été prélevé dans un sac plastique afin de limiter la déshydratation des tissus. Puis trois talles ont été isolées afin de récupérer le dernier limbe mature et la base des gaines pour déterminer le statut hydrique de ces différents organes. Pour cela, les limbes et les gaines sont pesés en frais. Ensuite, les limbes sont mis à réhydrater en chambre froide pendant une nuit pour déterminer leur teneur en eau relative.

b) Analyses des concentrations en sucres solubles

Dans un bac de glace, dix à quinze gaines ont ensuite été décortiquées au scalpel pour récupérer les méristèmes primaires (fig 16). De plus, pour le *Poa trivialis* (Pt), une quinzaine de stolons ont aussi été échantillonnés. Après avoir été pesés, tous ces organes sont immédiatement congelés dans l'azote liquide puis conservés au congélateur à -80°C , avant d'être lyophilisés. Les analyses de concentrations en sucres solubles seront réalisées ultérieurement par

chromatographie en phase liquide en haute performance (HPLC) dans un laboratoire de l'université de Caen.

c) Détermination de la biomasse aérienne totale

Pour connaître la biomasse aérienne totale, tous les échantillons ont été pesés en sec après lyophilisation ou passage à l'étuve à 60°C pendant 48h.

5. Prélèvement des parties souterraines

a) Teneur en eau du sol

Tout d'abord, du sol est récolté échantillonné à différentes profondeurs (0-15 ; 15-30 ; 30-40 ; 40-90 ; 90-150 cm) afin de déterminer la teneur en eau du sol à proximité des racines (fig 17). Ces échantillons ont ensuite été pesés en frais avant d'être séchés à l'étuve (105°C) pendant 48h pour mesurer le poids sec.

b) Profondeur d'enracinement maximum

La profondeur d'enracinement maximum a été mesurée avant lavage des racines (fig 18) dans un premier temps. Puis, tout le sol est retiré grâce à un jet d'eau pour procéder au lavage des racines. Ensuite, la profondeur maximum a été mesurée à nouveau pour les racines étirées.

c) Prélèvements pour les concentrations

Ensuite, un sous-échantillon des racines est réalisé dans chacune des strates du sol (0-15 ; 15-30 ; 30-40 ; 40-90 ; 90-150 cm). De plus, tous les apex des racines les plus profondes, ainsi que les rhizomes de *Poa pratensis* (Pp) et les pivots de *Taraxacum officinale* (To) ont aussi été prélevés. Pour éliminer les résidus d'eau, les racines sont séchées dans un papier absorbant avant d'être pesés puis plongés dans l'azote liquide.

6. Détermination de la biomasse racinaire totale

Toutes les racines restantes ont été stockées dans du papier absorbant mouillé puis placées en chambre froide afin d'être pesé en frais ultérieurement. Ensuite, elles ont été séchées à l'étuve 60°C pendant 48h. Enfin, la biomasse racinaire totale sera déterminée par le poids secs de tous les échantillons séchés à l'étuve et lyophilisés.

IV. Résultats

A. Production aériennes et souterraines des populations prairiales

Afin d'étudier la production aérienne de printemps, nous avons procédé à quatre coupes du couvert végétal (fig 19). Une moyenne par espèce a été calculée dans les bacs et dans les tubes. Puis des ANOVA⁴ ont été réalisées pour comparer ces moyennes et identifier les différences significatives entre espèces et entre les types de culture.

1. Cultures en bac

D'une manière générale, on constate que presque toutes les espèces suivent la même tendance, les périodes les plus productives se situant entre fin avril et début mai (fig 20). En revanche, ceci n'est pas le cas du *Poa trivialis* (Pt) qui produit plus de biomasse en avril (575 g MS.m⁻²). Fa atteint son maximum en mai (453 g MS.m⁻²). *Trisetum flavescens* (Tf) et *Dactylis glomerata* (Dg) présentent une allure similaire au cours du temps mais à partir de début mai, la production de Tf stagne. Comme la fétuque, *Poa pratensis* (Pp) atteint son maximum de production début mai (437 g MS.m⁻²) puis une diminution en même temps que les épis apparaissent (mai-juin). En outre, *Dactylis glomerata* cv. *Medly* (Md) présente son maximum de production fin mai (393 g MS.m⁻²). La production aérienne du pissenlit (To) augmente au cours du temps et il atteint son maximum en mai avec une biomasse de 67 g MS.m⁻².

Le gel de l'hiver, a affecté particulièrement les populations de *Poa pratensis* (Pp), *Trisetum flavescens* (Tf) et *Taraxacum officinale* (To). Alors que celles de *Dactylis glomerata* (Dg) et *Dactylis glomerata* cv *Medly* (Md) n'ont été que partiellement dégradées. C'est pour cette raison que des repiquages ont été nécessaires au début de la saison de végétation (mars) (fig 21). La première coupe a été réalisée une semaine après ces derniers de manière à favoriser la reprise de croissance des transplants. Il s'agit d'une coupe de nettoyage, le potentiel de production des espèces ne s'exprime qu'après cette régularisation. Cependant Pt et Fa n'ayant subi aucune dégradation suite au gel, on peut supposer que les biomasses produites sont représentatives de leur activité de saison. On constate que Pt présente une production aérienne particulièrement précoce puisque son pic de biomasse a lieu début avril.

Lors de la deuxième coupe, on distingue quatre groupes d'espèces présentant des potentiels de croissance plus ou moins importants. (1) *Festuca arundinacea* (Fa), *Poa pratensis* (Pp) et *Dactylis glomerata* (Dg) avec une biomasse comprise entre 400 et 450 g MS.m⁻². (2) Se distinguent *Dactylis glomerata* cv *Medly* (Md) et *Poa trivialis* (Pt) avec leur production aux

alentours de 330 g MS.m⁻². (3) *Trisetum flavescens* (Tf) qui se situe entre ces deux groupes (372 g MS.m⁻²). (4) *Taraxacum officinale* (To) a une production plus faible avec 169 g MS.m⁻². Les erreurs standards montrent une variabilité au sein d'une même espèce, en particulier pour Pt et Tf. De plus, on constate une distinction entre mono et dicotylédones : le pissenlit (To) a une production plus faible que les Poacées.

Au 16 mai, on remarque une variabilité encore plus forte que lors de la coupe précédente. Cette variabilité ne permet pas de distinguer des différences significatives entre les espèces. Ceci peut être dû à la présence d'oïdium sur quatre espèces (Dg, Md, Tf et Fa) ; ou bien, on peut supposer aussi qu'elle résulte à cette période de l'arrivée du stade de développement (épiaison ou montaison). De plus, toutes les populations étaient, à cette période de l'année, en stade montaison ou épiaison. Cependant, on peut supposer que *Festuca arundinacea* (Fa) a une biomasse plus élevée que les autres espèces, bien que cela ne soit pas confirmé par les tests statistiques.

Pour la dernière coupe, on observe une variabilité réduite. On peut distinguer des différences entre espèces qui peuvent être rassemblées au sein de trois groupes : (1) *Dactylis glomerata* (Dg), *Festuca arundinacea* (Fa) et *Dactylis glomerata* cv *Medly* (Md) ont un potentiel de production compris entre 360 et 470 g MS.m⁻². (2) *Poa trivialis* (Pt), *Taraxacum officinale* (To) et *Trisetum flavescens* (Tf) ont une biomasse comprise entre 270 et 300 g MS.m⁻². (3) *Poa pratensis* (Pp) a un potentiel de production proche des deux groupes avec une biomasse aérienne de 356 g MS.m⁻².

Pour résumer, l'espèce qui a une biomasse de printemps la plus élevée est Fa avec un total de 156 g MS.m⁻² sur les trois mois étudiés. Le pissenlit (To) présente le potentiel de production le plus bas (99 g MS.m⁻²). Cependant, son potentiel a peut être été sous-estimé du fait du développement en rosette du pissenlit. En effet, la coupe a été réalisée à 7 cm du sol, or la biomasse du pissenlit se situe principalement au dessous de ce seuil puisqu'il a tendance à s'étaler à la surface du sol. De plus, chez les Poacées, on remarque trois espèces à forte productivité printanière (Fa, Pt et Md), deux espèces qui ont une productivité moyenne (Md et Dg) puis deux plus faibles (Pp et Tf).

2. Cultures en tube

A première vue, le profil des courbes (fig 22) présente deux allures différentes. Tout d'abord, les courbes de biomasse de *Trisetum flavescens* (Tf), *Poa trivialis* (Pt) et *Poa*

pratensis (Pp) atteignent leur maximum fin avril : 425 g MS.m⁻² pour Tf et aux alentours de 300 g MS.m⁻² pour Pt et Pp. Ensuite, les potentiels de production des quatre espèces restantes augmentent au cours du temps. La biomasse maximale de *Taraxacum officinale* (To) se situe fin mai avec 247 g MS.m⁻² produits. *Dactylis glomerata* (Dg) atteint son maximum de production en juin (386 g MS.m⁻²) ainsi que *Festuca arundinacea* (Fa) et *Dactylis glomerata* cv. *Medly* (Md) (320 g MS.m⁻²).

Comme dans les bacs, à la sortie de l'hiver, les espèces prairiales cultivées dans les tubes ont aussi subi des dégâts liés au froid, en particulier pour *Dactylis glomerata* cv. *Medly* (Md) (fig 23) qui n'est pas adapté aux hivers rigoureux. De ce fait, la production aérienne dans les tubes présente une certaine hétérogénéité au sein d'une même espèce. Malgré ces limites, deux groupes d'espèces se distinguent : To, Pp, Tf et Md d'une part, Dg, Fa et Pt d'autre part.

Fin avril, la trisetè se distingue avec la production la plus élevée (425 g MS.m⁻²). On peut ensuite rassembler les autres espèces en trois groupes : (1) Pp, Dg et Pt qui ont des valeurs, autour de 300 g MS.m⁻² ; (2) Md et To qui ont des potentiels de production compris entre 180 et 215 g MS.m⁻². (3) Fa se situe entre les deux, avec une biomasse de 232 g MS.m⁻². On peut noter une distinction entre Poacées et dicotylédones est encore apparente dans les cultures en tubes, comme dans les bacs.

Lors de la coupe suivante, mi-mai, deux groupes d'espèces se distinguent au sein des Poacées : (1) *Dactylis glomerata* (Dg) *Festuca arundinacea* (Fa) et *Dactylis glomerata* cv *Medly* (Md) qui présentent un potentiel de production le plus important (entre 270 et 350 g MS.m⁻²). (2) *Poa trivialis* (Pt), *Poa pratensis* (Pp) et *Trisetum flavescens* (Tf) produisent à cette période de l'année, fin mai, entre 145 et 200 g MS.m⁻². La représentante des Dicotylédones (To), présente une biomasse proche des Poacées les plus productives (247 g MS.m⁻²).

Enfin, mi-juin, l'espèce la plus productive est Dg (386 g MS.m⁻²), alors que Pp, Pt et Tf restent les moins productives. Puis, Fa et Md présentent des valeurs proches de 320 g MS.m⁻² et To se distingue avec une biomasse comprise entre les moins productives et les plus productives.

3. Comparaison des types de cultures

D'une manière générale, on constate que les courbes représentant la biomasse aérienne dans les bacs (fig 20) et dans les tubes (fig 22), ont un profil similaire sauf pour la trisetè.

En outre, la production aérienne des espèces est toujours plus élevée dans les bacs que dans les tubes (tableau III). De ce fait, le type de culture a un impact sur la production de biomasse. On peut émettre l'hypothèse que dans les tubes, les espèces produisent plus de biomasse dans les parties souterraines.

B. Développement des individus en conditions optimales de croissance

1. Cultures en bacs

Pour calculer l'élongation foliaire de nos espèces, nous avons mesuré la longueur des feuilles ainsi que toutes les nouvelles feuilles apparues au cours du temps. Ensuite, nous avons calculé l'élongation entre chaque date de mesure, en mm.j^{-1} . La figure 23 représente l'élongation maximale des espèces entre les dates considérées ; autrement dit, l'élongation maximale de la dernière feuille apparue.

Dans les bacs, quatre groupes de courbes se distinguent avant la coupe. *Poa pratensis* (Pp), *Poa trivialis* (Pt) et *Trisetum flavescens* (Tf) ont une croissance similaire, leur vitesse d'élongation foliaire augmente au cours de la saison. *Dactylis glomerata cv Medly* (Md) et *Dactylis glomerata* (Dg) ont une élongation foliaire qui diminue légèrement à partir de juin. En revanche, *Taraxacum officinale* (To) a une vitesse d'élongation foliaire qui a presque doublé en une semaine (10.94 mm.J^{-1} le 30 mai et 20.44 mm.J^{-1} le 6 juin). L'élongation de *Festuca arundinacea* (Fa) est plus variable, elle diminue dans un premier temps (8.91 mm.J^{-1}) ; puis elle augmente fortement à partir du 6 juin (18.56 mm.J^{-1}), ce qui coïncide généralement à l'apparition d'une nouvelle feuille.

Avant la coupe au 9 juin, on aperçoit une diminution de l'élongation foliaire de toutes les espèces. Il y a plus de compétition pour la lumière du fait de leur grande taille. De plus, la plupart d'entre elles ont entamé leur stade de développement reproductif (montaison ou épiaison), ce qui freine la croissance végétative. Cependant, elle est stimulée à nouveau après la coupe. On observe, en effet, une dynamique de croissance des feuilles semblable à celle d'avant coupe. Pour certaines espèces, la reprise de croissance est telle que les valeurs sont supérieures à celles de début juin. Par exemple, avant la coupe, le pâturin des prés (Pp) a une vitesse de

croissance de 6.75 mm.J^{-1} , puis de 9.1 mm.J^{-1} après la coupe. Dans ce cas, on peut supposer que cette espèce a été stimulée par une augmentation des températures de saison (tableau IV). De plus, le développement foliaire de *Taraxacum officinale* (To) est favorisé par la coupe, en limitant la compétition pour la lumière. En effet, son taux d'élongation est de 12.26 mm.J^{-1} le 23 juin, juste après la coupe, puis sa croissance est fortement stimulée jusqu'au 5 juillet (19.73 mm.J^{-1}). Ainsi, après la coupe, son développement en rosette lui assure une croissance rapide et compétitive. En revanche, le dactyle aggloméré (Dg) a un développement foliaire ralenti après la coupe (10.48 mm.J^{-1}), mais une semaine après son taux d'élongation foliaire augmente (15.78 mm.J^{-1}).

Ces différents cas de figures révèlent des stratégies de développement variées au sein des espèces prairiales.

2. Cultures en tubes

La croissance des populations prairiales dans les tubes présentent une allure similaire à celui des cultures en bacs (fig 24). En revanche, on constate une chute de l'élongation foliaire à partir du 27 juin. Celle-ci est peut être liée à un manque d'eau. En effet le dessèchement du sol dans les tubes est nettement plus lent que celui des bacs où la surface évaporative est supérieure. Dans les deux cas, l'arrosage est piloté par la pesée. Or un gradient hydrique se crée dans le tube, conduisant à un dessèchement de la rhizosphère non détectable par la balance. On peut supposer que l'élongation des feuilles n'aurait probablement pas diminuée à cette période avec des apports d'eau plus rapprochés.

Si on compare les valeurs d'élongation des feuilles dans les deux types de cultures, on remarque que la croissance est supérieure dans les cultures en bacs. Ces résultats concordent avec les mesures de biomasse aérienne.

C. Impact du stress hydrique sur la croissance et le développement des individus

Pour étudier l'effet du stress hydrique sur la croissance foliaire de chaque espèce, les courbes des bacs témoins et des bacs stressés sont représentées sur les figures 25 et 26. On peut remarquer des effets significatifs avant stress sur *Poa pratensis* et *Dactylis glomerata* cv. *Medly*. Cependant, on ne peut pas conclure à un effet du stress hydrique puisqu'il n'a pas encore été appliqué. On peut alors supposer que cet effet résulte d'un arrosage différent sur les cultures au sein d'une même espèce.

Après l'arrêt de l'irrigation le 29 juin, il n'y a pas d'effet immédiat sur l'élongation des feuilles. En revanche, six jours après l'application du stress, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* et *Dactylis glomerata* cv. *Medly*, *Taraxacum officinale* et *Poa trivialis* montrent une diminution significative de la croissance foliaire comprise entre 45% pour Pt et 74% pour Dg. Une semaine après l'arrêt de l'irrigation, cette réduction est encore plus marquée, allant de 83.5% pour Pt à 92.5% pour To. Bien que l'élongation foliaire de la trisète ne soit pas affectée par le début du stress, une semaine plus tard, la réduction de sa croissance est de même ampleur que les autres espèces (-92.5%). Cependant, les valeurs révèlent un arrêt presque total de la croissance foliaire des différentes populations une semaine après. En revanche, l'impact du stress sur *Poa pratensis* est beaucoup moins marqué. Bien qu'une légère réduction de la croissance semble apparaître, elle n'est pas significative. Ainsi, l'effet du stress hydrique dans le temps est différent selon les espèces considérées.

L'arrêt de l'élongation foliaire des espèces s'observe aussi dans les cultures en tubes mais avec un léger décalage dans le temps. Ceci est probablement dû à l'existence d'un gradient hydrique dans les tubes.

V. Discussion

L'effet du stress sur la production aérienne sera mesuré à l'automne après la réhydratation des cultures. Les biomasses calculées pourront ainsi être mises en relation avec les cumuls des apports d'eau (précipitations et arrosage). De plus, pour compléter ces résultats, l'analyse des sondes ECHO et du poids des cultures permettra de déterminer les seuils d'humidité du sol à l'arrêt de l'élongation foliaire.

Il est important de se rappeler que les populations étudiées sont adaptées à des climats de moyenne montagne. Pendant l'expérimentation, elles ont été exposées à des températures moyennes qui étaient supérieures leur climat habituel, lié à l'altitude plus faible de Clermont Ferrand. De plus, le printemps 2011 a montré un caractère exceptionnel avec des températures journalières de +2.5°C par rapport aux normales de saison sur les 50 dernières années (Meteo France, 2011). Ainsi, pour approfondir nos résultats, il serait intéressant de comparer ces valeurs de production avec celles obtenues sous des conditions de climat moyen. Par conséquent, il est fort probable que nos cultures aient subi une influence des températures positives au début du printemps, puis un stress thermique depuis le début de l'été.

On peut cependant émettre quelques hypothèses sur ces résultats d'élongation foliaire. Le stress hydrique n'a pas d'effet significatif sur *Poa pratensis* (Pp). Il parvient donc à maintenir sa croissance. Pour conclure sur sa stratégie d'adaptation au stress hydrique, il devient indispensable d'analyser les teneurs en eau du sol. On peut imaginer qu'il possède une régulation stomatique plus efficace que les autres espèces étudiées, ce qui limiterait le dessèchement du sol. D'autre part, concernant les autres espèces, on peut penser que l'arrêt de la croissance suivi d'une sénescence plus précoce favoriserait l'accumulation des réserves dans les organes de survie.

Après analyse des teneurs en eau du sol et des taux de survie à l'issue de la réhydratation, ces différentes hypothèses pourront être confirmées. Ainsi, les stratégies d'adaptation au stress hydrique pourront être déterminées pour chacune des espèces étudiées.

Conclusion

Les populations prairiales étudiées ont révélé différentes stratégies de croissance en conditions optimales. En effet, *Poa trivialis* est l'espèce la plus précoce avec une production aérienne supérieure aux autres espèces début avril. Puis, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* et *Dactylis glomerata* cv. *Medly* se sont distinguées par une productivité plus élevée les mois suivants. En revanche les espèces plus petites, *Poa pratensis*, *Trisetum flavescens* et *Poa trivialis* sont à cette période moins productives. Au sein de ces groupements, les mesures d'élongation foliaire ont montré des mécanismes de croissance différents. Parmi les plus productives, les deux dactyles ont une croissance rapide, alors que la fétuque est plus lente. Elle investirait davantage dans la composition et la structure de ses tissus. De plus, parmi les moins productives, le Pâturin commun a montré une précocité dans son maximum de production aérienne. Des notations de stade de développement ont été faites durant la période des mesures. Il se pourrait aussi que les dates d'épiaison soient différentes entre les espèces d'un même groupe. Une semaine après l'arrêt de l'irrigation, la croissance foliaire des espèces les plus productives est significativement réduite. En revanche, l'effet du stress est plus contrasté au sein des espèces les moins productives. En effet, la croissance de *Poa trivialis* est fortement réduite au bout d'une semaine, alors que les populations de *Trisetum flavescens* ne sont affectées que dix jours après l'arrêt de l'irrigation. Tandis qu'il n'y a toujours pas d'effet significatif sur la croissance foliaire de *Poa pratensis*. Pour conclure il est nécessaire d'analyser les teneurs en eau du sol et l'évolution de la sénescence afin de déterminer les seuils de tolérance des populations prairiales étudiées à la sécheresse.

Tableau I : Production en 2008 par grands types de prairies (Agreste, 2003)

	Superficie (ha)	Pourcentage	Rendement (100kg-ha)	Prod récoltée (millions)
P. artificielles	365 277	3	94	3.43
P. temporaires	2 809 845	21	85	23.76
P. permanentes STH	9 959 167	76	49	48.95
Ensemble	13 134 289	100	58	76.14

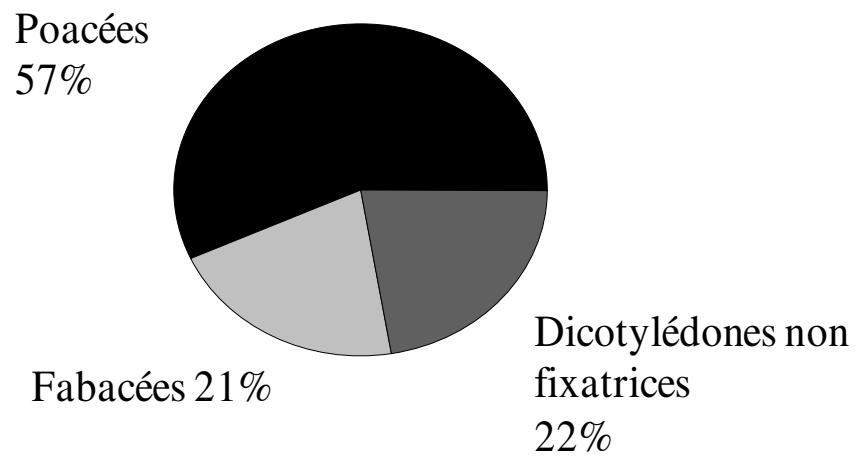


Figure 1 : Exemple d'une composition de prairies permanentes sur une parcelle de VALIDATE de l'ORE de Theix (avril 2009) (Zwicke, 2009)

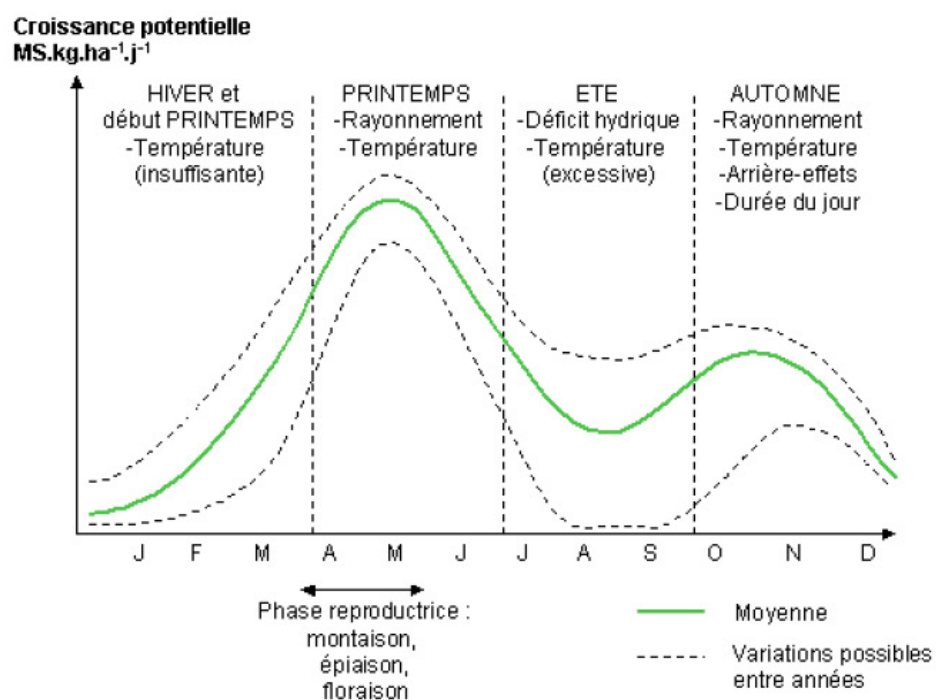


Figure 2 : Courbe-type de croissance d'une prairie en fonction des saisons
 (Agreste, 2003)

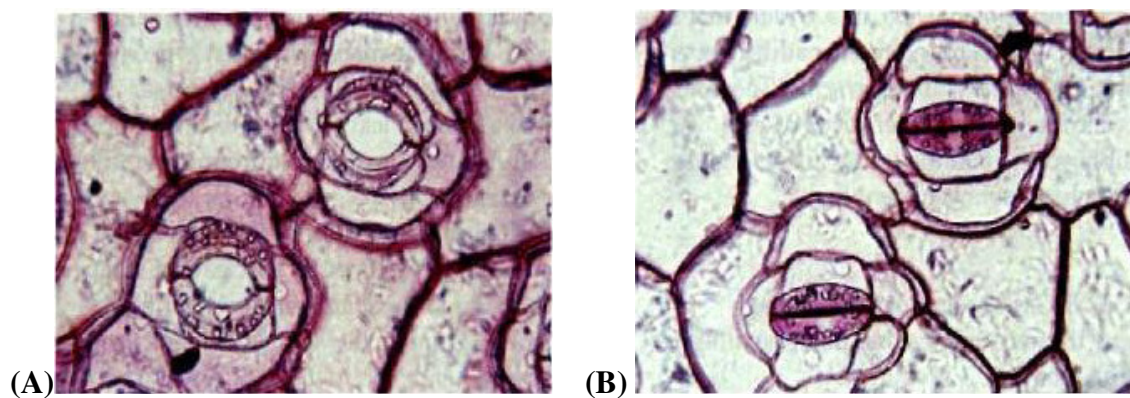


Figure 3 : Photos de stomates ouverts (A) et fermés (B) (source : Jabnoute, 2007)

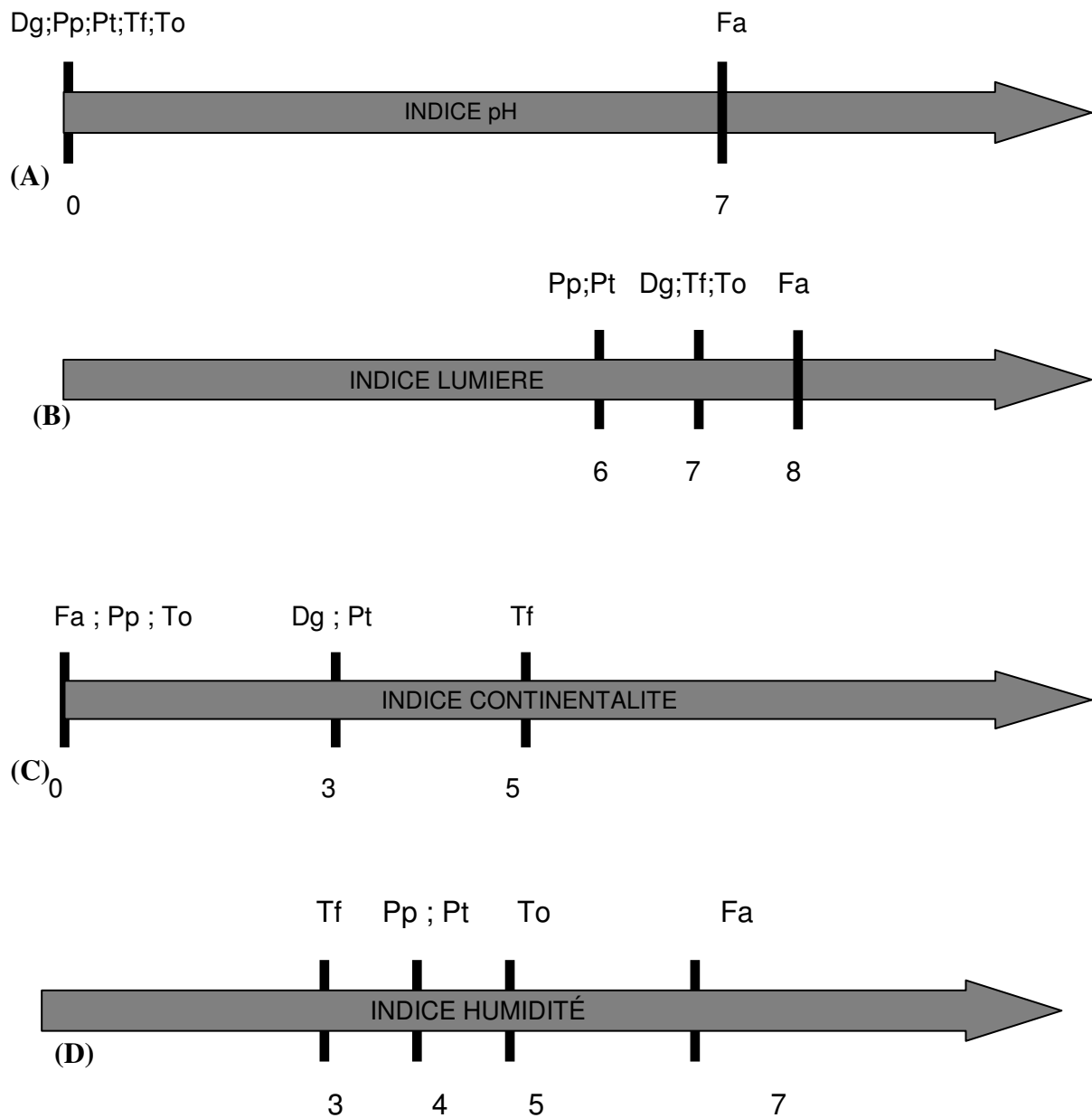
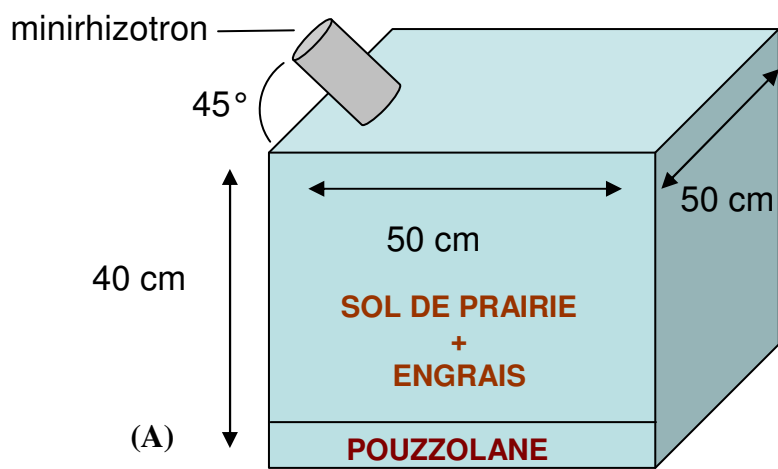


Figure 4: Indices Ellenberg des sept espèces étudiées : (A) Indice pH ; (B) Indice lumière ; (C) Indice continentalité ; (D) Indice humidité (d'après Ellenberg) avec To : *Taraxacum officinale*, Fa : *Festuca arundinacea*, Md : *Dactylis glomerata* cv. Medly, Dg : *Dactylis glomerata*, Po : *Poa pratensis*, Pt : *Poa trivialis* et Tf : *Trisetum flavescens*

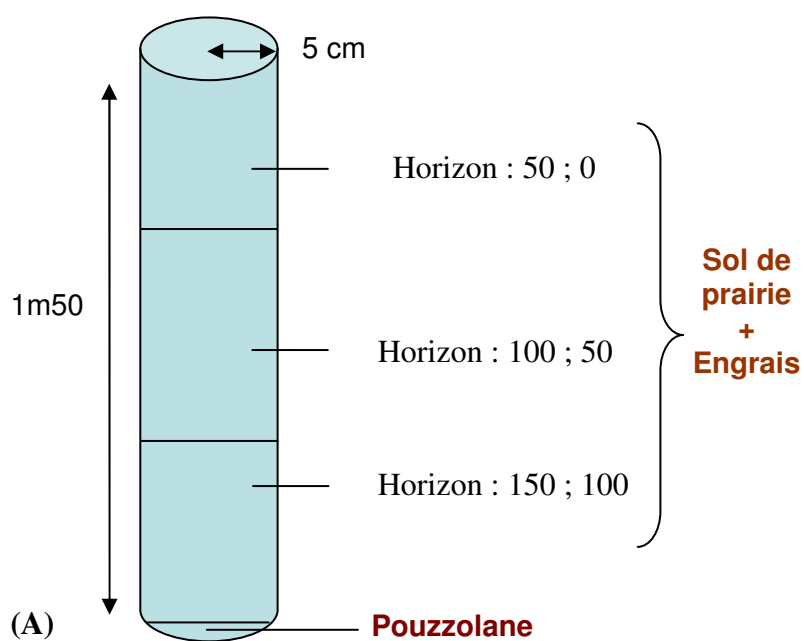


$$V = 100L \text{ et } 0.25 \text{ m}^2$$

(B)



Figure 5 : (A) Schéma du remplissage d'un bac ; (B) Photo d'un bac isolé sur une balance



(B)



$$V = 11.8L \text{ soit } 78.75 \text{ cm}^2$$

Figure 6 : (A) Schéma du remplissage d'un tube ; (B) Photo d'un tube (3 mai 2011)



Figure 7 : Photo de la plateforme avec l'installation des balances (septembre 2010)

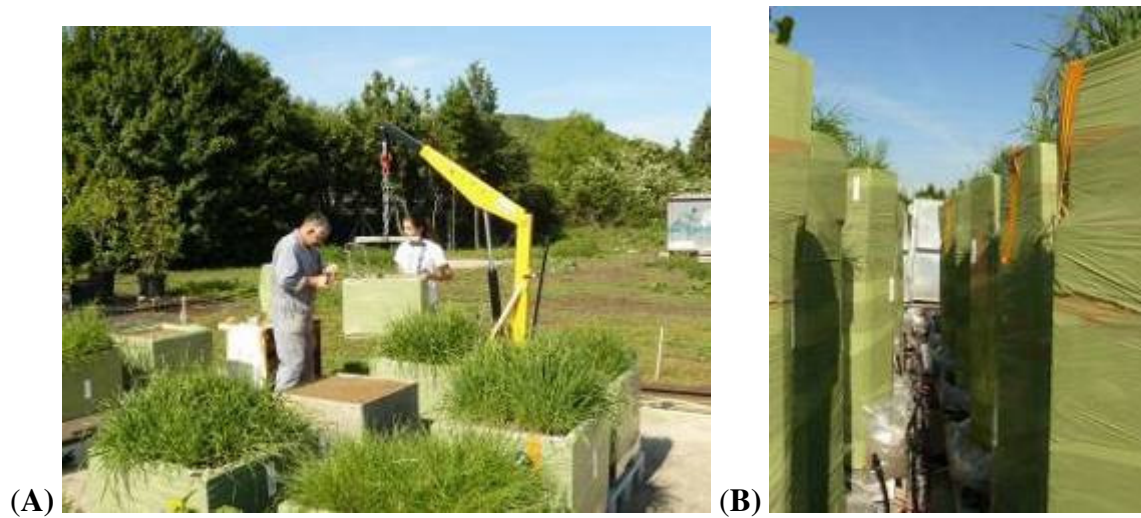


Figure 8 : Isolation de : (A) bacs ; (B) tubes (mai 2011)



Figure 9 : Simulation de pluie par la rampe d'arrosage sur une rangée de bac (juin 2011)



Figure 10 : Système de goutte à goutte installé au niveau des tubes (juin 2011)

Tableau II : Calendrier des coupes

n° coupe	Date	Type
1	04-avr	Bacs
	06-07 Avr	Tubes
2	26-27 Avr	Tubes
	28-29 Avr	Bacs
3	16 au 18 Mai	Tubes
	19-20 Mai	Bacs
4	14-juin	Tubes
	15 et 17-Jun	Bacs

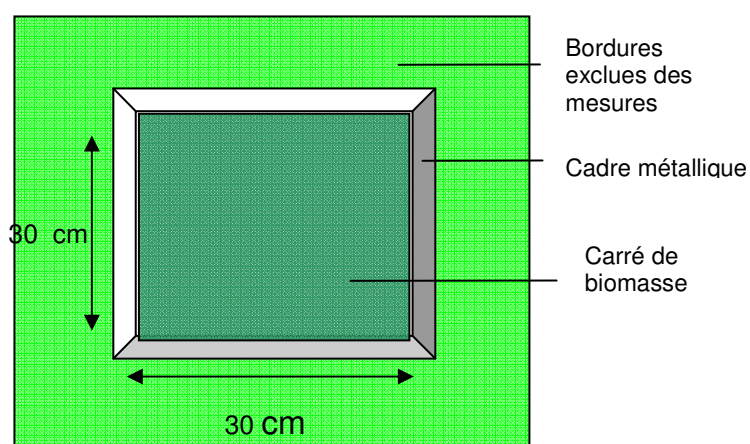


Figure 11 : Schéma de la coupe sur un bac



Figure 12 : Photo représentant la coupe des bacs
(coupe de nettoyage de *Dactylis glomerata* cv *Medly* ; avril 2011)



Figure 13 : Marquage pour l'élongation foliaire sur un bac de *Poa pratensis*

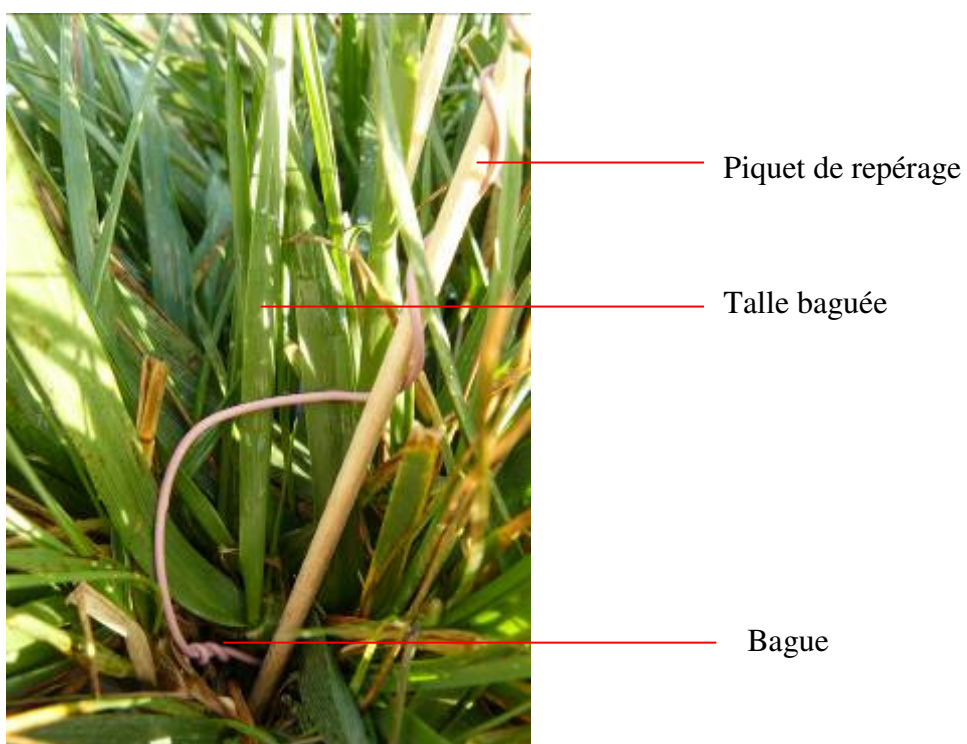


Figure 14 : Bagage d'une talle de *Dactylis glomerata*



Figure 15: Carottage de *Taraxacum officinale*



Figure 16 : Méristèmes aériens de *Dactylis glomerata*
(28 juin 2011)



Figure 17 : Prélèvement de sol après destruction d'un tube (28 juin 2011)



Figure 18 : Lavage des racines après les prélèvements du sol
(28 juin 2011)

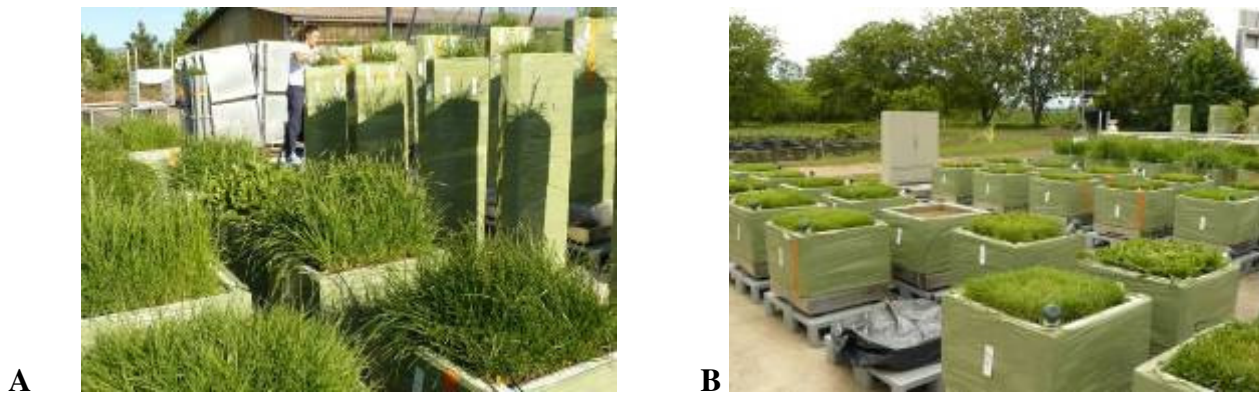


Figure 19 : Photo des bacs avant (A) et après (B) coupe (17 mai 2011)

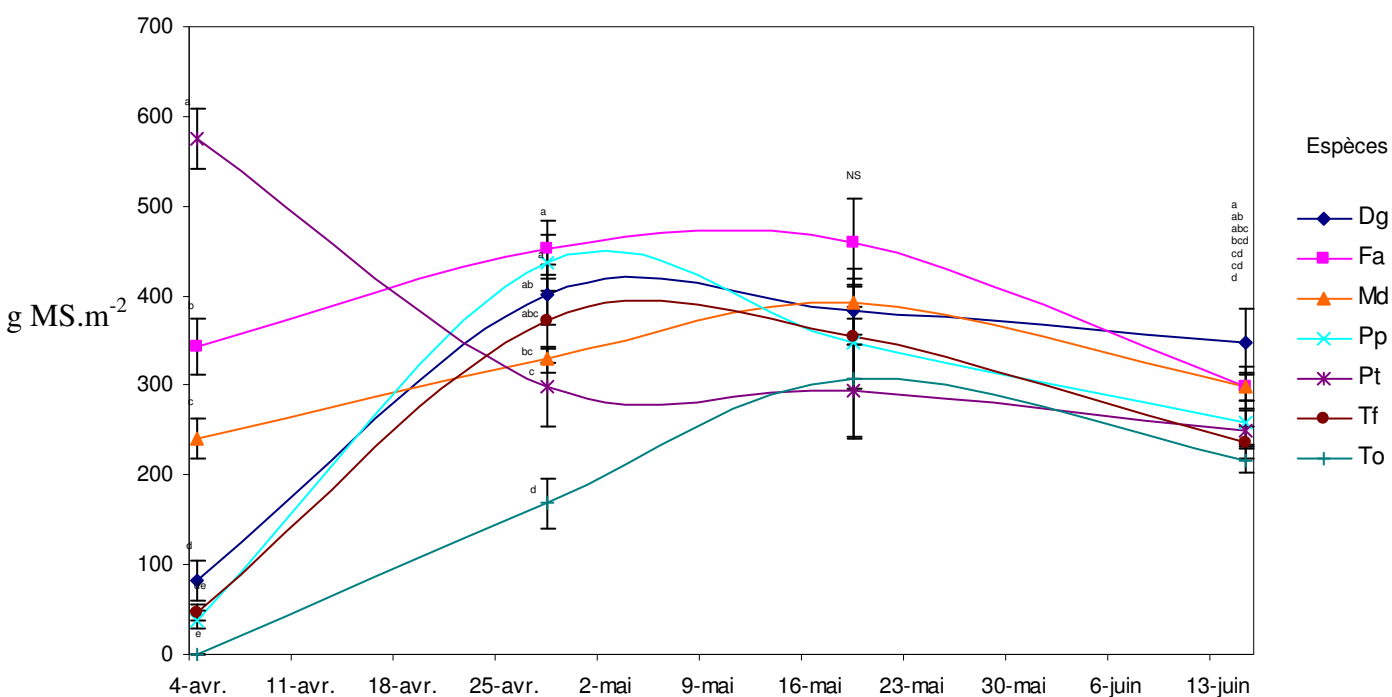


Figure 20 : Production aérienne des populations prairiales dans les bacs en conditions optimales
Les barres verticales représentent l'erreur standard et les lettres sont les groupes de statistiques issus de l'ANOVA



Figure 21 : Hétérogénéité des bacs à la sortie de l'hiver avant repiquage
(18 mars 2011)

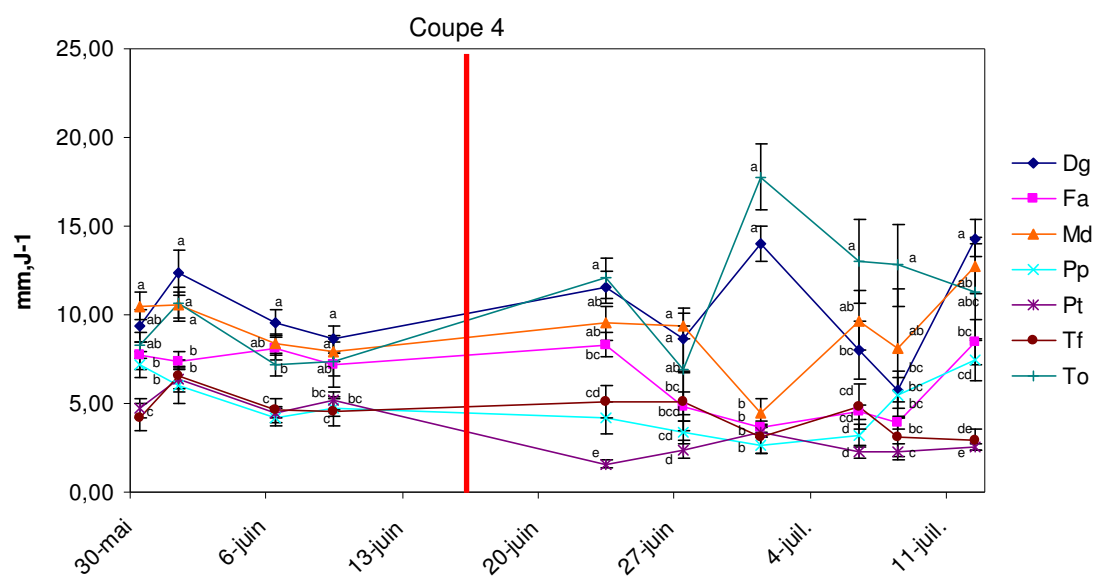


Figure 22 : Production aérienne des populations prairiales dans les tubes en conditions optimales. Les barres verticales représentent l'erreur standard et les lettres sont les groupes de statistiques issus de l'ANOVA

	BACS			TUBES		
Dg	303	±	62	288	±	135
Fa	388	±	42	243	±	156
Md	318	±	33	221	±	144
Pp	270	±	67	162	±	123
Pt	354	±	64	191	±	128
Tf	252	±	69	182	±	148
To	173	±	61	168	±	99,5

Tableau III : Production aérienne de la biomasse de printemps dans les tubes et les bacs

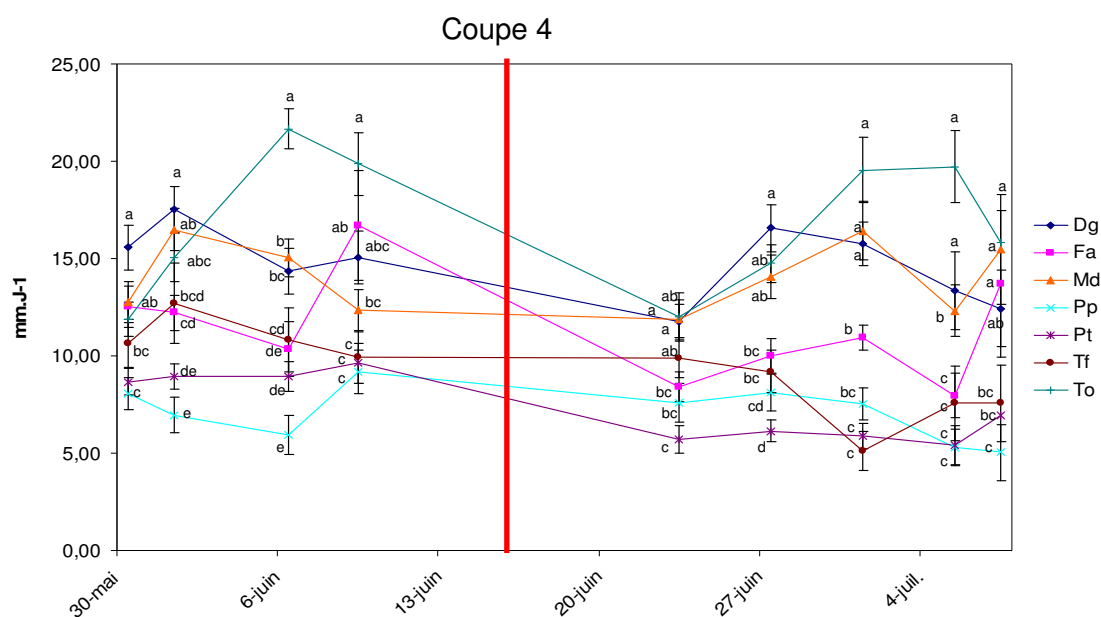


Figure 23 : Elongation foliaire (en mm/j) des espèces prairiales en conditions optimales dans les bacs. Les barres verticales représentent l'erreur standard et les lettres sont les groupes de statistiques issus de l'ANOVA.

Tableau IV: Températures lors de l'expérience.

Avec : °D (degré jour) : somme des températures au dessus de 5°C ;

T° moy : températures moyennes en °C

Date	°D	T° moy
04-avr	529,11	9,2
28-avr	340,28	11,24
19-mai	350,99	16,71
15-juin	460,02	17,04

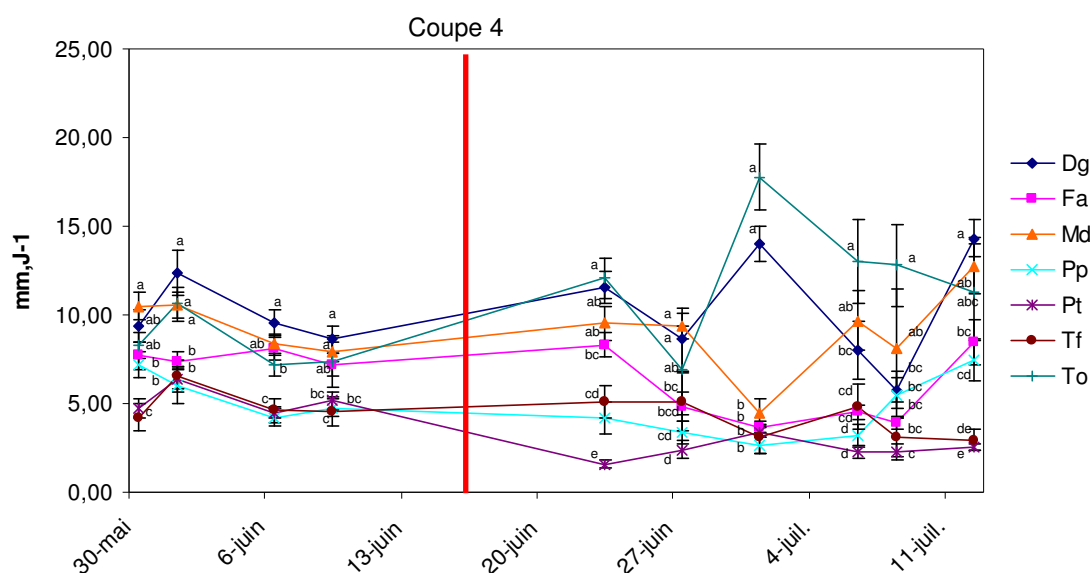


Figure 24: Elongation foliaire (en mm/j) des espèces prairiales en conditions optimales dans les tubes. Les barres verticales représentent l'erreur standard et les lettres sont les groupes de statistiques issus de l'ANOVA.

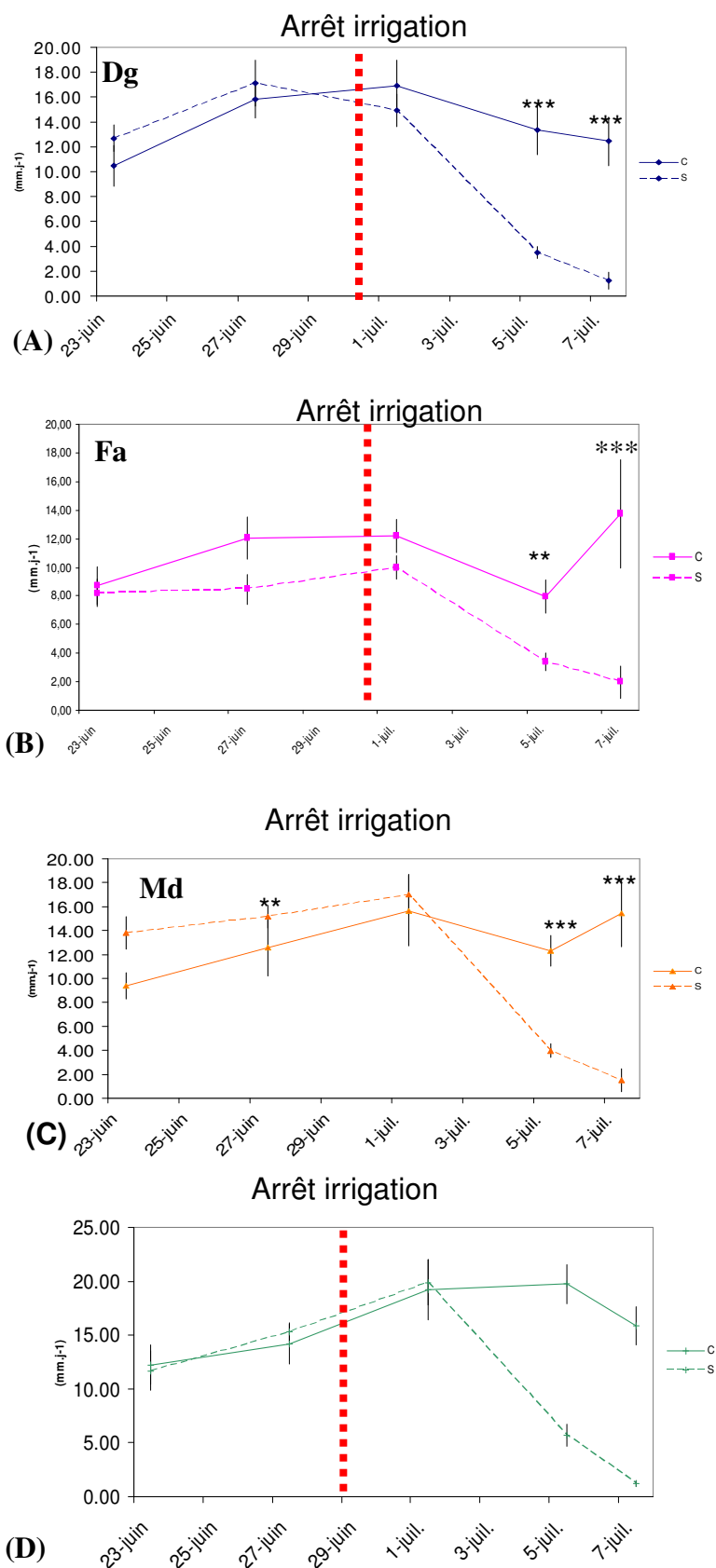


Figure 25 : Effet du stress hydrique sur l'élongation des feuilles de : (A) *Dactylis glomerata* (Dg), (B) *Festuca arundinacea* (Fa), (C) *Dactylis glomerata* cv. Medly (Md), (D) *Taraxacum officinale* (To) dans les cultures en bacs. Les étoiles représentent les seuils significatifs : P<0.1 ; * : P<0.05 ; ** : P<0.01 ; *** : P<0.001. Les barres verticales représentent l'erreur standard ; C : Control et S :

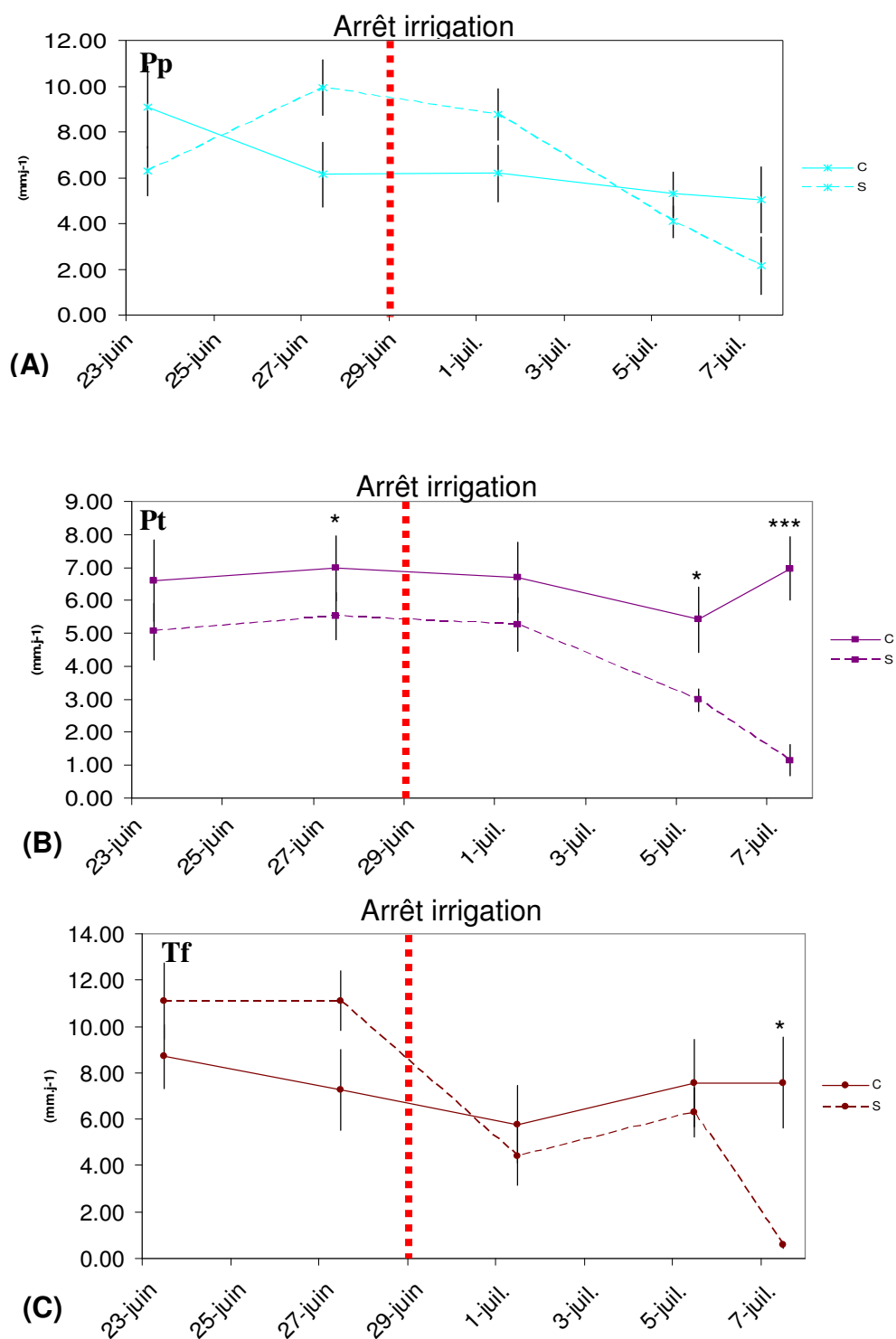


Figure 26 : Effet du stress hydrique sur l'élongation des feuilles de : (A) *Poa pratensis* (Pp) dans les cultures en bacs ; (B) *Poa trivialis* (Pt) dans les cultures en bacs ; (C) *Trisetum flavescens* (Tf) dans les cultures en bacs. Les étoiles représentent les seuils de significativités : $P < 0.1$; * :

$P < 0.05$; ** : $P < 0.01$; *** : $P < 0.001$. Les barres verticales représentent l'erreur standard ; C : Control et S : Stress.