HAL
open science

Rôle des racines profondes dans la récupération après un stress hydrique sévère de mélanges prairiaux

Catherine Picon-Cochard, Pauline Hernandez

To cite this version:

Catherine Picon-Cochard, Pauline Hernandez. Rôle des racines profondes dans la récupération après un stress hydrique sévère de mélanges prairiaux. Colloque présentant les méthodes et résultats du projet Climagie (métaprogramme ACCAF), Nov 2015, Poitiers, France. 223 p. hal-01236554

HAL Id: hal-01236554

https://hal.science/hal-01236554v1

Submitted on 1 Dec 2015

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.

16-17 novembre 2015 - Poitiers

Actes du colloque présentant les méthodes et résultats du projet Climagie (métaprogramme ACCAF)

ADAPTATION DES PRAIRIES SEMÉES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Coordinateurs : Jean-Louis Durand, Jérôme Enjalbert, Laurent Hazard, Isabelle Litrico, Catherine Picon-Cochard, Marie-Pascale Prudhomme, Florence Volaire

INRA
SCIENCE & IMPACT

RÔLE DES RACINES PROFONDES DANS LA RÉCUPÉRATION APRÈS UN STRESS HYDRIQUE SÉVÈRE DE MÉLANGES PRAIRIAUX

ROLE OF DEEP ROOTS FOR THE RECOVERY OF GRASSLAND MIXTURES AFTER A SEVERE DROUGHT

Catherine Picon-Cochard, Pauline Hernandez

catherine.cochard@clermont.inra.fr

Inra. Unité de Recherche sur l'Ecosystème Prairial. 5 chemin de Beaulieu, 63039 Clermont-Ferrand.

RÉSUMÉ

L'effet de complémentarité observé sur la biomasse aérienne des mélanges prairiaux conduit en général à une utilisation plus complète des ressources. En revanche la réponse de la biomasse des racines des mélanges reste moins claire à cause d'un manque de données. Sous stress hydrique sévère, les racines profondes (> 50 cm) jouent un rôle clé pour augmenter la résistance à la sécheresse des espèces ainsi que leur récupération tandis que les racines de surface (0-20 cm) sont soumises à un stress marqué qui peut conduire à leur mortalité. L'effet de complémentarité peut permettre aux mélanges prairiaux d'augmenter leur résistance et récupération à un stress hydrique sévère. Dans ce travail nous avons comparé la réponse à un stress hydrique sévère et après réhydratation des racines profondes de mélanges (1, 2 et 5 espèces) d'espèces issues de prairies de moyenne montagne. Hors stress hydrique, nous avons observé que la densité des racines profondes a augmenté dans les mélanges par rapport aux monocultures. En revanche cette surproduction de racines n'est pas observée dans le traitement sécheresse. Les mélanges les plus complémentaires contenant une espèce à enracinement superficiel (trisète, pâturin des prés) et une espèce à enracinement profond (dactyle, fétuque) ont eu une surproduction de racines profondes à la fin du stress et après réhydratation. On peut faire l'hypothèse que la trisète et le pâturin ont eu un effet positif sur la densité des racines profondes du dactyle et de la fétuque. En conclusion, le stress hydrique a modifié la mise en place de la surproduction de racines en profondeur, ce qui a probablement limité la résistante au stress des mélanges et la récupération à court terme. L'analyse à plus long terme (+1 an) est en cours pour comprendre la dynamique temporelle des racines

profondes et des racines de surface de ces mélanges ainsi que le suivi de l'arrière effet du stress hydrique.

ABSTRACT

The complementary effect observed on the aboveground biomass of grassland mixtures generally results in a more complete use of resources. However the response of root biomass mixtures remains less clear because of a lack of data. Under severe water stress, the deep roots (> 50 cm) are key organs to increase the species resistance and recovery while roots present at shallow soil layer (0-20 cm) are subject to a marked stress that can lead to their mortality. We expect that the complementary effect can allow grassland mixtures to increase their resistance and recovery to severe water stress. In this study we compared the response to severe water stress and after rehydration of the deep roots of mixtures (1, 2 and 5 species) of species originated from upland grassland. Under well-watered conditions, we observed that the density of deep roots increased in the mixtures compared to monocultures, whereas it was not observed in the drought treatment. The most complementary mixtures containing a shallow-rooted species (yellow oat-grass, Kentucky bluegrass), and a deep rooted species (cocksfoot, tall fescue) had an overproduction of deep roots at the end of stress and after rehydration. We can hypothesize that yellow oat-grass and Kentucky blue grass had a positive effect on the density of the deep roots of cocksfoot and tall fescue. In conclusion, water stress altered the development of the overproduction of deep roots, which may have probably limited the drought stress resistance and short term recovery of mixtures. The longer-term analysis (one year) is underway to understand the temporal dynamics of deep roots and surface roots of these mixtures as well as monitoring of lag effect of water stress.

INTRODUCTION

Les mélanges prairiaux plus divers en espèces végétales ont en général une production aérienne plus élevée que celle des monocultures (Cardinale 2007). Ceci peut s'expliquer par un effet de complémentarité de niche et/ou un effet de sélection (Loreau & Hector, 2001). La complémentarité de niche conduit à une capture plus complète des ressources du sol par les plantes en mélange grâce notamment à une augmentation de la biomasse racinaire en profondeur (Skinner *et al.*, 2006 ; Mueller *et al.*, 2013). De plus l'hypothèse d'assurance écologique suggère que la présence d'un grand nombre d'espèces dans un mélange assure la stabilité de la production à long terme.

Les graminées qui sont dominantes dans les prairies produisent des racines essentiellement à la surface du sol (85 % de la biomasse à 0-40 cm ; Dahlman & Kucera,

1965), cependant les racines des graminées de grande taille, telles que la fétuque élevée ou le dactyle aggloméré, peuvent coloniser le sol à plus de 1 m de profondeur (Schenk et Jackson, 2002 ; Pagès et Picon-Cochard, 2014). Bien qu'il existe des différences de profondeur d'enracinement entre espèces, il a été montré par des suivis des isotopes de l'eau que les plantes utilisent préférentiellement l'eau de surface en condition hydrique non limitante pour la croissance (Picon-Cochard *et al.*, 2001 ; Hoekstra *et al.*, 2014). Alors qu'en conditions hydriques limitantes (stress modéré) les espèces prélèvent l'eau plus en profondeur, ce qui contribue à la stratégie d'évitement du stress hydrique (Chaves, 2002 ; Ludlow, 1989 ; Zwicke *et al.*, 2015).

La fréquence et l'intensité plus élevées de stress hydrique extrême doivent diminuer la production prairiale ainsi que la capacité de récupération des espèces (Smith, 2011 ; Zwicke *et al.*, 2015). Dans ces conditions, on peut se demander si les mélanges prairiaux présentant une plus grande complémentarité de niche verticale dans le sol auront une meilleure récupération, suite à un stress hydrique sévère, que les mélanges avec des espèces à enracinement similaire ou superficiel. De plus, le rôle des racines profondes dans la récupération après un stress sévère ayant conduit à la mortalité des feuilles (sénescence complète du couvert) reste largement inexploré.

Dans cette étude, nous avons suivi la récupération de mélanges prairiaux suite à un stress hydrique extrême, à court terme (1 mois) et à plus long terme (4 mois). Nous faisons l'hypothèse que les mélanges à 5 espèces et les mélanges associant une espèce à enracinement superficiel et une espèce à enracinement profond ont plus de racines en profondeur. La complémentarité de niche verticale permet d'augmenter le prélèvement d'eau en profondeur pendant le stress et lors de la récupération à court terme au stress.

MÉTHODOLOGIE

Quatre espèces de graminées prairiales issues de moyenne montagne (*Dactylis glomerata*, dg ; *Festuca arundinacea*, fa ; *Poa pratensis*, pp ; *Trisetum flavescens*, tf) et une espèce de légumineuse (*Trifolium repens*, tr) ont été plantées à l'automne 2012 dans des bacs contenant un sol prairial (100L, diamètre 37.5cm, hauteur 93cm) et de l'engrais retard (3.5 kg m^{-3}, NPK 14-7-14, Multicote 12, Israël). Trois types de mélanges ont été constitués à 1, 2 et 5 espèces, en plantant 30 individus par bac. L'humidité du sol a été mesurée à 3 profondeurs (15, 30, 50 cm, ECHO-5, Decagon, USA) et des tubes transparents (5cm diamètre) ont été placés horizontalement à 80 cm de profondeur pour mesurer avec un minirhizotron (BTC2, Bartztechnology, USA) la densité des racines (mm cm^{-2}). Au printemps 2014, les bacs ont été placés sur des balances pour mesurer en

continu l'évapotranspiration des couverts. L'humidité du sol des bacs a été maintenue à 80 % de la capacité au champ (pluie + irrigation). De juin à août, toutes les pluies ont été interceptées par un écran de pluie mobile sur la moitié des bacs pour induire un stress hydrique sévère induisant la sénescence complète du couvert. Les bacs ont ensuite été réhydratés jusqu'au printemps suivant pour suivre la récupération à plus long-terme des couverts prairiaux. La biomasse aérienne (g m^{-2}) a été récoltée 5 fois d'avril à octobre.

La production relative de longueur racinaire dans les mélanges a été calculée comme le rapport entre la longueur observée du mélange et la longueur estimée du mélange à partir des longueurs des monocultures présentes dans chaque mélange pondérées par leur abondance relative dans la biomasse aérienne. Un ratio supérieur à 1 correspond à une surproduction de racines dans les mélanges par rapport à l'attendu basé sur les monocultures.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

En monocultures, trois des cinq espèces étudiées présentent des valeurs de longueur de racines profondes supérieures à 28 mm cm^{-2}, le dactyle (dg), la fétuque (fa) et le trèfle (tr). Le pâturin (pp) et la trisète (tf) ont des valeurs nettement plus faibles de l'ordre de 10 mm cm^{-2}. De plus les mélanges présentant le plus de racines profondes sont ceux contenant le dactyle (dg) et la fétuque élevée (fa), même si elles sont associées à des espèces à enracinement plus superficiel comme le pâturin ou la trisète. Ceci confirme les données de profondeur d'enracinement de ces espèces mais la présence d'une autre espèce dans le mélange n'a pas augmenté la densité des racines. Dans le cas des mélanges associant pâturin ou trisète avec le trèfle, la densité de racines est plus faible qu'avec la présence de dactyle ou fétuque. Le mélange à 5 espèces a les valeurs les plus élevées de densité de racines profondes par rapport aux monocultures et aux mélanges à 2 espèces, quelle que soit la période considérée (figure 1A). Ceci s'accompagne d'une surproduction de racines (ratio = 1.51), tandis que les mélanges à 2 espèces ont un ratio de 1.06 (figure 2A). Ce résultat confirme les données de la littérature (Skinner *et al.*, 2004 ; Mueller *et al.*, 2013 ; Ravenek *et al.*, 2014) et devrait s'accompagner d'une surproduction de biomasse aérienne.

Cette surproduction de racines n'est pas observée dans le traitement sécheresse, même si une tendance commence à apparaitre 4 mois après la sécheresse (figure 1B). La baisse de la longueur des racines profondes en réponse au stress (-28 % en moyenne pour tous les mélanges) a ainsi réduit l'effet positif de la diversité observée dans le traitement témoin.

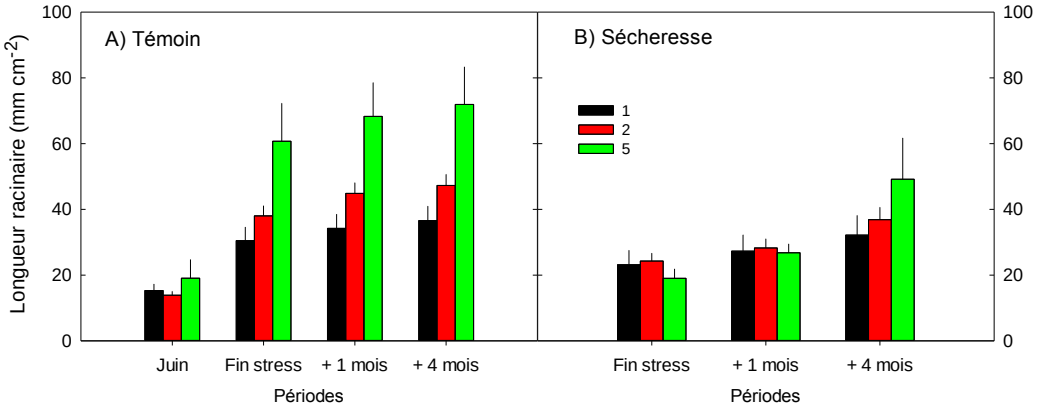

Figure 1 : longueur de racines profondes pour des mélanges à 1, 2, 5 espèces mesurée avant le stress en juin, à la fin du stress, +1 mois et +4 mois après la réhydratation des couverts, pour les témoins (A) et pour le traitement sécheresse (B). Moyenne + sem, n=3.

De plus l'effet négatif du stress hydrique est plus marqué sur le mélange à 5 espèces (-55 %) que sur les mélanges à 2 espèces (-30 %) (figure 2B) et sur les mélanges avec le trèfle ainsi que sa monoculture (-45 %). Ces résultats montrent que le stress hydrique sévère imposé dans cette expérimentation a eu un effet négatif sur la surproduction de racines dans les mélanges à 5 espèces. La mortalité de 2 des 5 espèces induite par le stress hydrique (fa et tr) pourrait expliquer cette sous-production de racines profondes. De plus ce travail confirme la sensibilité du trèfle blanc au stress hydrique sévère (Hogh-Jensen et Schjoerring, 1997). Sous stress hydrique, l'identité fonctionnelle (effet de sélection) semble donc jouer un rôle plus important dans les mélanges que la complémentarité de niche verticale.

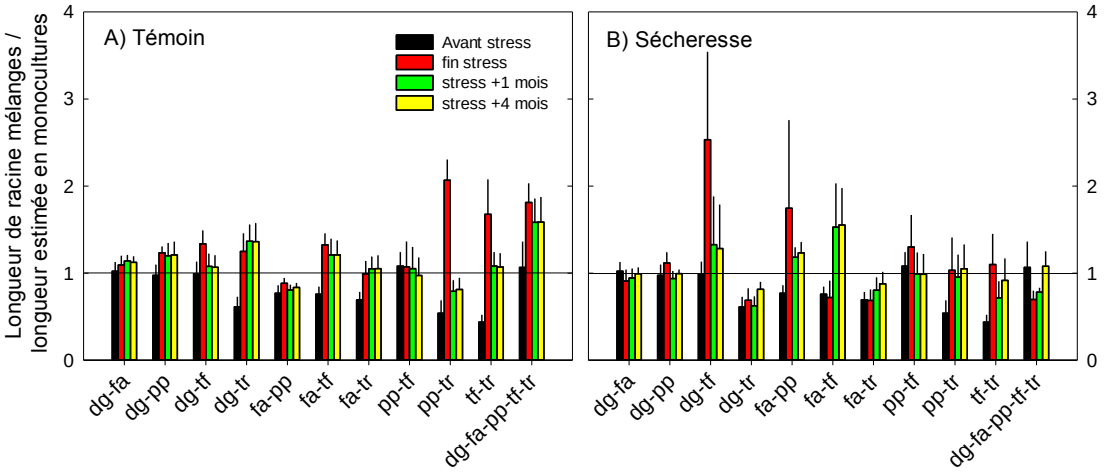

Figure 2 : rapport entre la longueur de racines mesurée dans les mélanges (2 et 5 espèces) et la longueur du mélange estimée à partir de la longueur des monocultures pondérée par l'abondance relative des espèces dans la biomasse aérienne. Le rapport est calculé avant le stress, à la fin du stress, +1 mois et + 4 mois après la réhydratation des couverts, pour les témoins (A) et le pour le traitement sécheresse (B). Une valeur supérieure à 1 correspond à une surproduction de racines dans les mélanges par rapport aux monocultures. Moyenne + sem, n=3.

Les mélanges les plus complémentaires contenant une espèce à enracinement superficiel (tf ou pp) et une espèce à enracinement profond (dg ou fa) ont eu une surproduction de racines profondes à la fin du stress (dg-tf ; fa-pp) et après réhydratation (+1 et + 4 mois ; dg-tf ; fa-pp ; fa-tf) (figure 2B). On peut faire l'hypothèse que la trisète et le pâturin ont eu un effet positif sur la densité des racines profondes du dactyle et de la fétuque.

En conclusion, le stress hydrique sévère appliqué dans cette expérimentation a modifié la mise en place de l'effet de complémentarité de niche verticale dans les mélanges prairiaux les plus diversifiés en espèces. L'effet négatif du stress a été le plus marqué sur le trèfle (longueur divisée par 2 dans les monocultures) ce qui a réduit sa capacité à utiliser l'eau disponible en profondeur. La fétuque élevée a survécu au stress dans les monocultures et les mélanges à 2 espèces mais pas dans le mélange à 5 espèces, ce qui indique que la compétition pour l'eau a été plus intense dans ces mélanges. L'analyse à plus long terme (+1 an) est en cours pour comprendre la dynamique temporelle des racines profondes et des racines de surface de ces mélanges ainsi que le suivi de l'arrière effet du stress hydrique.

BIBLIOGRAPHIE

Cardinale B.J., Wright J.P., Cadotte M.W., Carroll I.T., Hector A., Srivastava D.S., Loreau M. and Weis J.J. 2007. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. PNAS 104:18123-18128.

Chaves M.M. 2002. How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. Ann. Bot. 89: 907–916.

Dahlman R.C. and Kucera C.L. 1965. Root productivity and turnover in native prairie. Ecology 46:84-89.

Hogh-Jensen H. and Schjoerring J.K. 1997. Effects of drought and inorganic N form on nitrogen fixation and carbon isotope discrimination in Trifolium repens. Plant Physio.Biochem. 35:55-62.

Hoekstra N.J., Finn J.A., Hofer D. and Lüscher A. 2014. The effect of drought and interspecific interactions on depth of water uptake in deep- and shallow-rooting grassland species as determined by $\delta^{18}O$ natural abundance. Biogeosci. 11:4493-4506.

Loreau M. and Hector A. 2001. Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments. Nature 412:72-76

Ludlow MM 1989 Strategies of response to water stress. In: K Kreeb, H Richter, T Hinckley, eds. Structural and functional responses to environmental stresses. The Hague, The Netherlands: SPB Academic Publishers, 269–281.

Mueller K.E., Tilman D., Fornara D.A. and Hobbie SE. 2013. Root depth distribution and the diversity-productivity relationship in a long-term grassland experiment. Ecology 94:787-793.

Pagès L. and Picon-Cochard C. 2014 Modelling the root system architecture of Poaceae. Can we simulate integrated traits from morphological parameters of growth and branching? New Phytol. 204:149-158

Picon-Cochard C., Nsourou-Obame A., Collet C., Guehl J.M. and Ferhi A. 2001 Competition for water between walnut seedlings (*Juglans regia*) and rye grass (*Lolium perenne*) assessed by carbon isotope discrimination and $\delta^{18}O$ enrichment. Tree Physiol. 21:183-191.

Schenk H.J., Jackson R.B. 2002 The global biogeography of roots. Ecol. Monographs 72:311-328.

Skinner R.H., Gustine D.L., Sanderson M.A. 2004 Growth, water relations, and nutritive value of pasture mixtures under moisture stress. Crop Sci. 44:1361-1369.

Skinner R.H., Sanderson M.A., Tracy B.F. and Dell CJ. 2006. Above- and belowground productivity and soil carbon dynamics of pasture mixtures. Agron. J. 98:320-326.

Smith M.D. 2011. The ecological role of climate extremes: current understanding and future prospects. J. Ecol. 99:651-655.

Zwicke M., Picon-Cochard C., Morvan-Bertrand A., Prud'homme M.P. and Volaire F. 2015. What functional strategies drive drought survival and recovery of perennial species from upland grassland? Ann. Bot. doi:10.1093/aob/mcv037