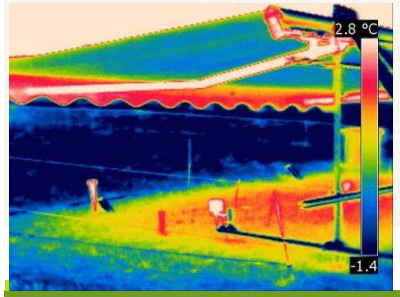
Impacts du changement climatique sur les prairies permanentes

Travaux de recherches en cours

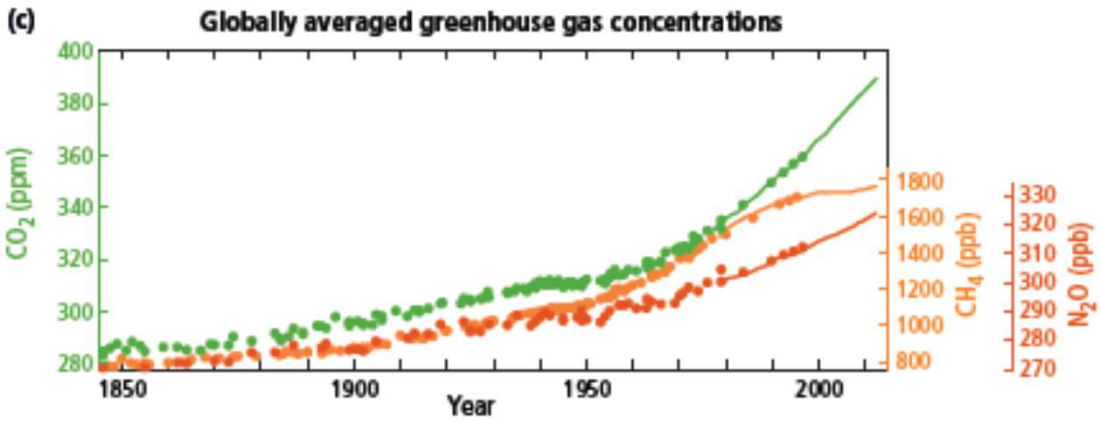
Catherine Picon-Cochard

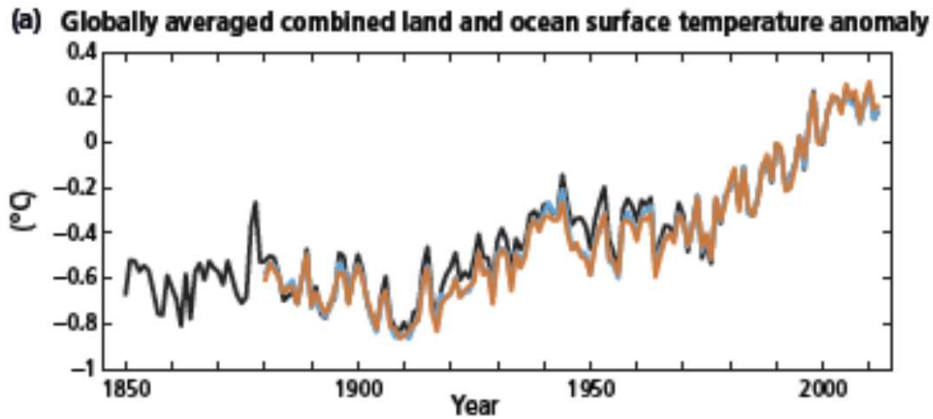
UREP



Changement climatique

CO_2 et réchauffement…CO_2 x T x H_2O x …N

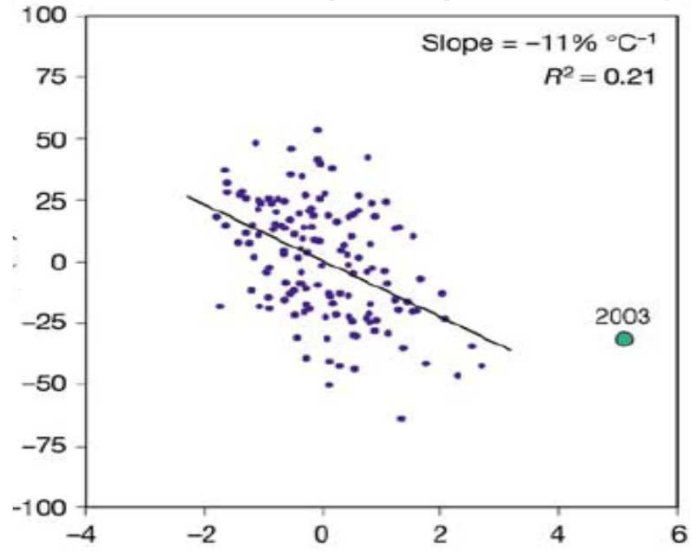




sécheresse et canicule

↑ température ↓ précipitation

Anomalies de précipitations (%)

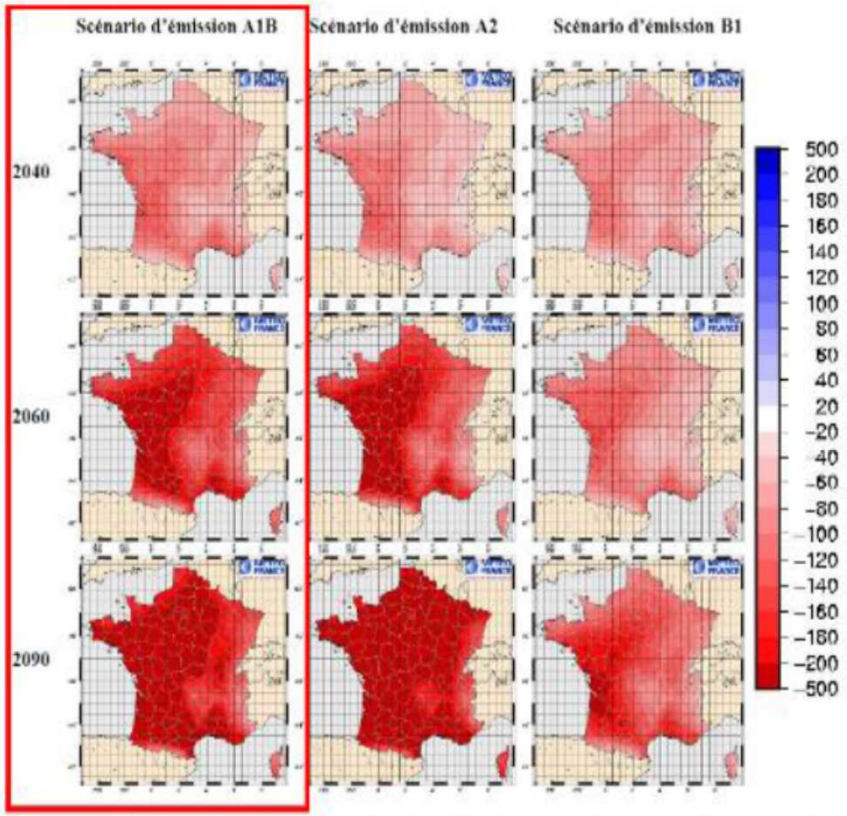


Anomalies de température (°C)

Schär et al. 2004, Nature

Réchauffement : conséquences sur l'évapotranspiration et l'aridité

ETP



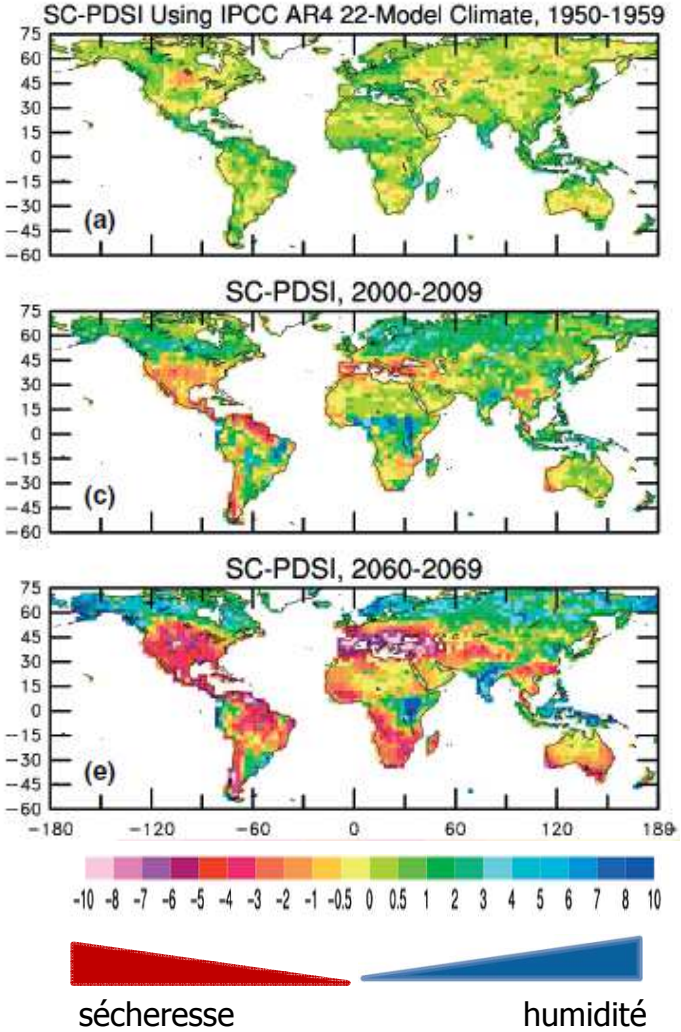
- A l'horizon 2040, une hausse du cumul annuel de l'ordre de 70 mm
- De 80 à 150 mm en plus en fonction du scénario dés 2060
- De 120 à 240 mm en plus en fonction du scénario à la fin du siècle

Anomalie d'ETP annuelle issue de la méthode Quantile-Quantile pour trois hypothèses d'émission de gaz à effet de serre (A1B, A2 et B1) et trois horizons (2040, 2060 et 2090) (réf : période 1961-2000)

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

ARPEGE v4

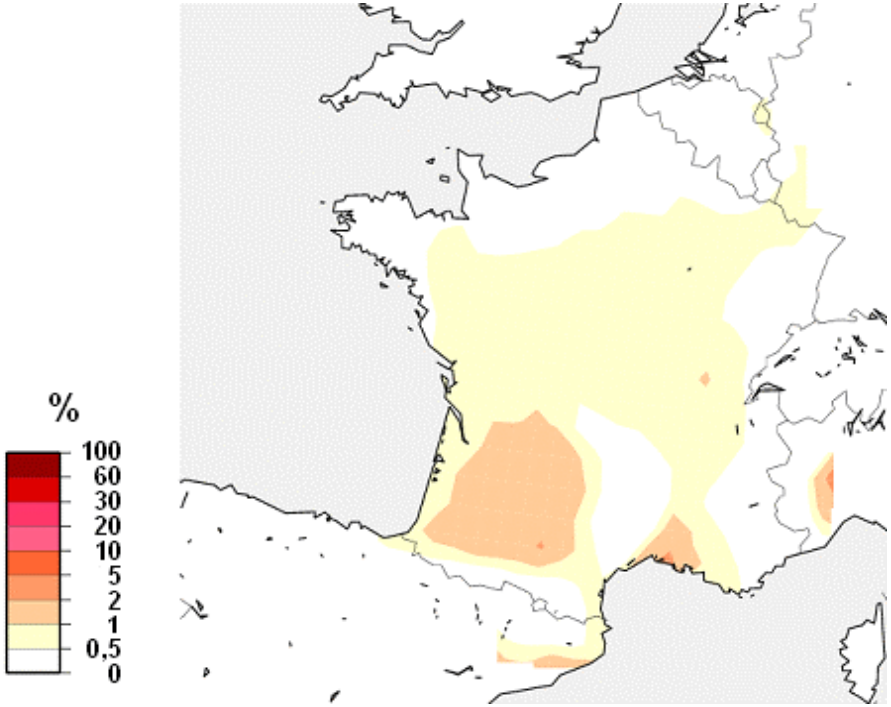
Aridité



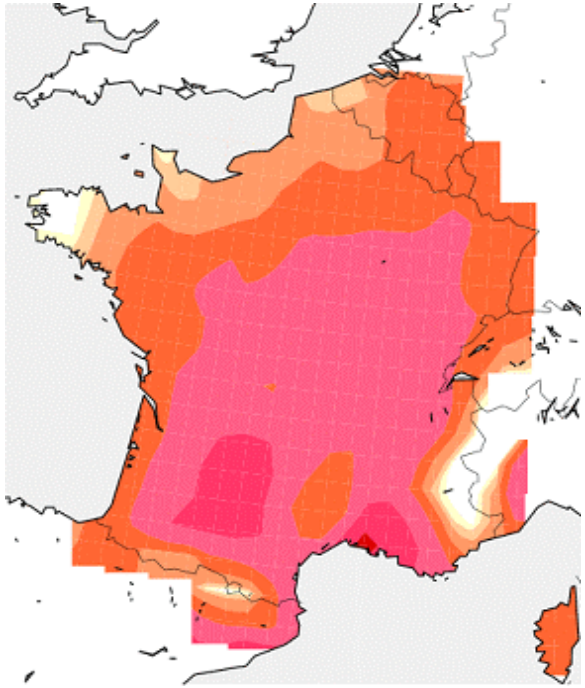
IPCC 2014

Augmentation de la fréquence de jours très chauds en été (T > 35°C)

20ème siècle



21ème siècle



Météo-France

0-10 jours

36-109 jours

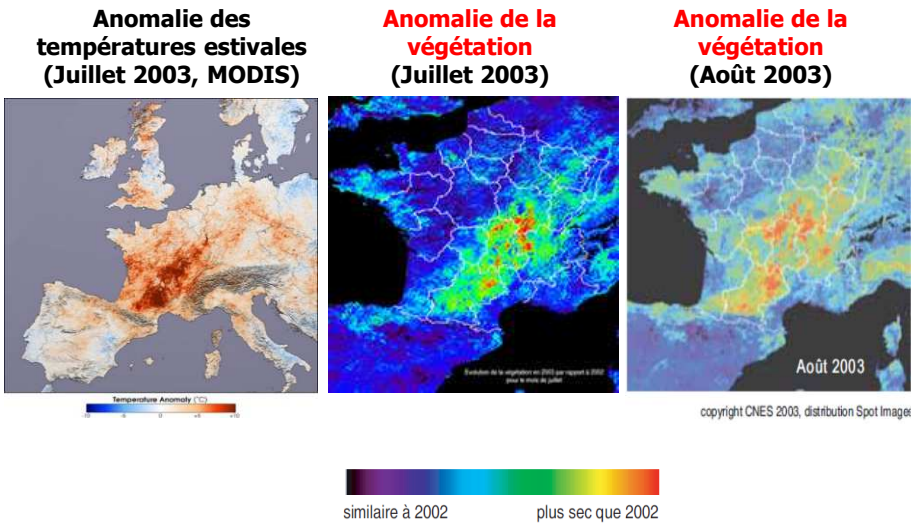
Prairies et risques liés à la sécheresse et à la canicule

- Eté 2003 : baisse de 40 % de la production fourragère nationale (Isop)

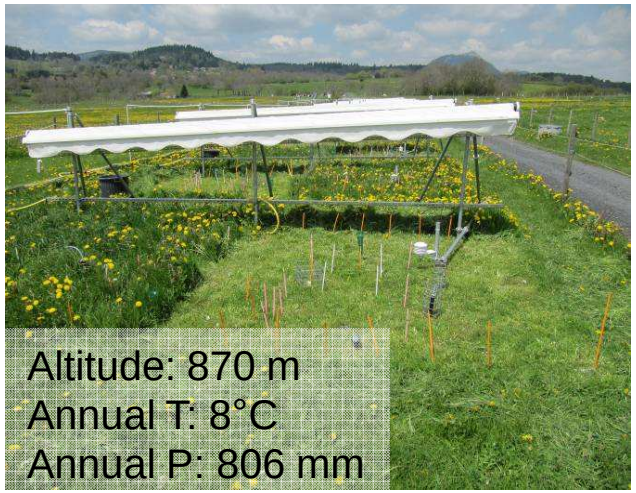
- Dégradation des prairies

- Perte de carbone des sols (Ciais *et al* 2005)

- Réduction de l'ingestion et de la production des ruminants



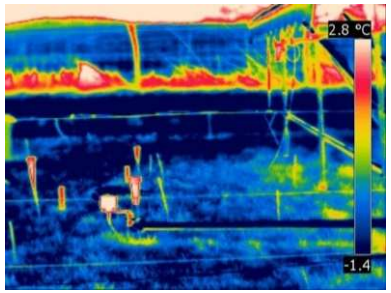
Réponse de prairies permanentes à des sécheresses extrêmes x T x fréquences de fauche



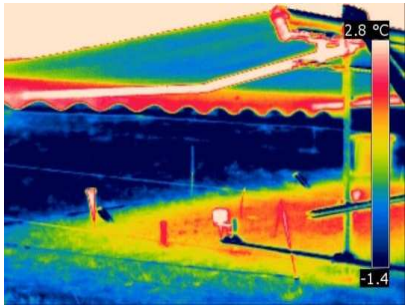
<u>2 fréquences de coupe</u>

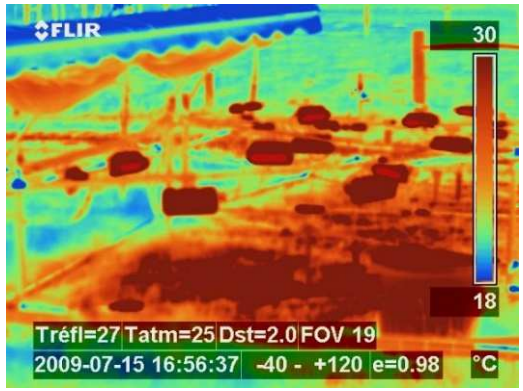
<u>2 semaines</u>
extrême sécheresse x canicule

C



WD





<u>4 traitements climatiques</u>
Climat actuel : C, CX
Climat futur : WD, WDX

Réchauffement : nuit

ETE

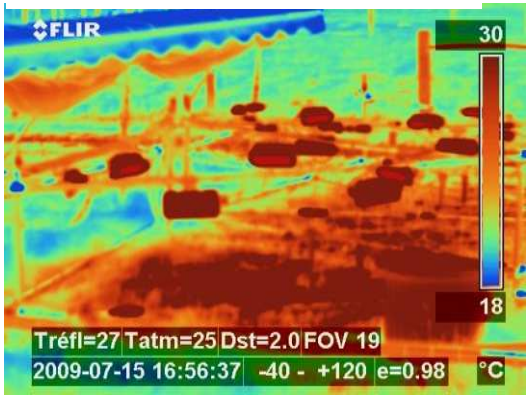
AUTOMNE

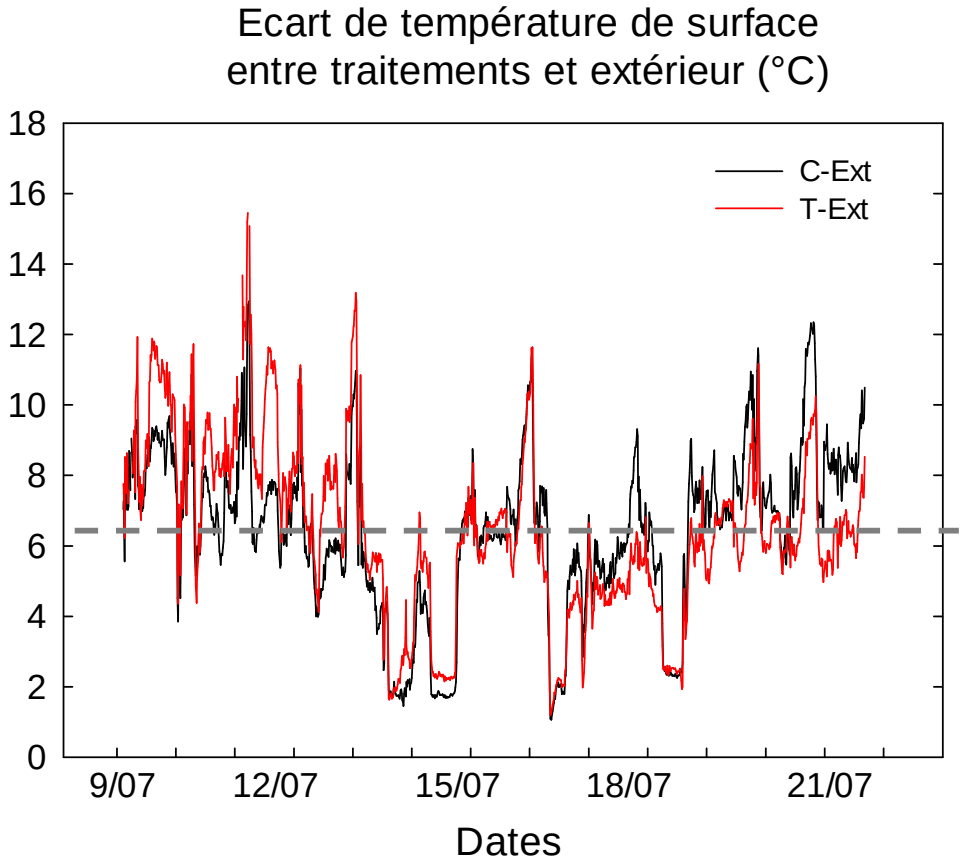
RÉSISTANCE

RÉCUPÉRATION 2 ANS

Simulation de l'évènement extrême

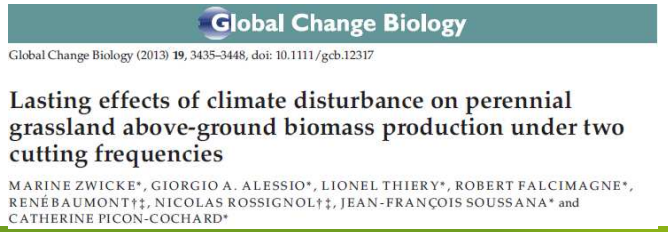
IR heaters (Kimball, 2005)





+6.5 °C

aucune P


Global Change Biology

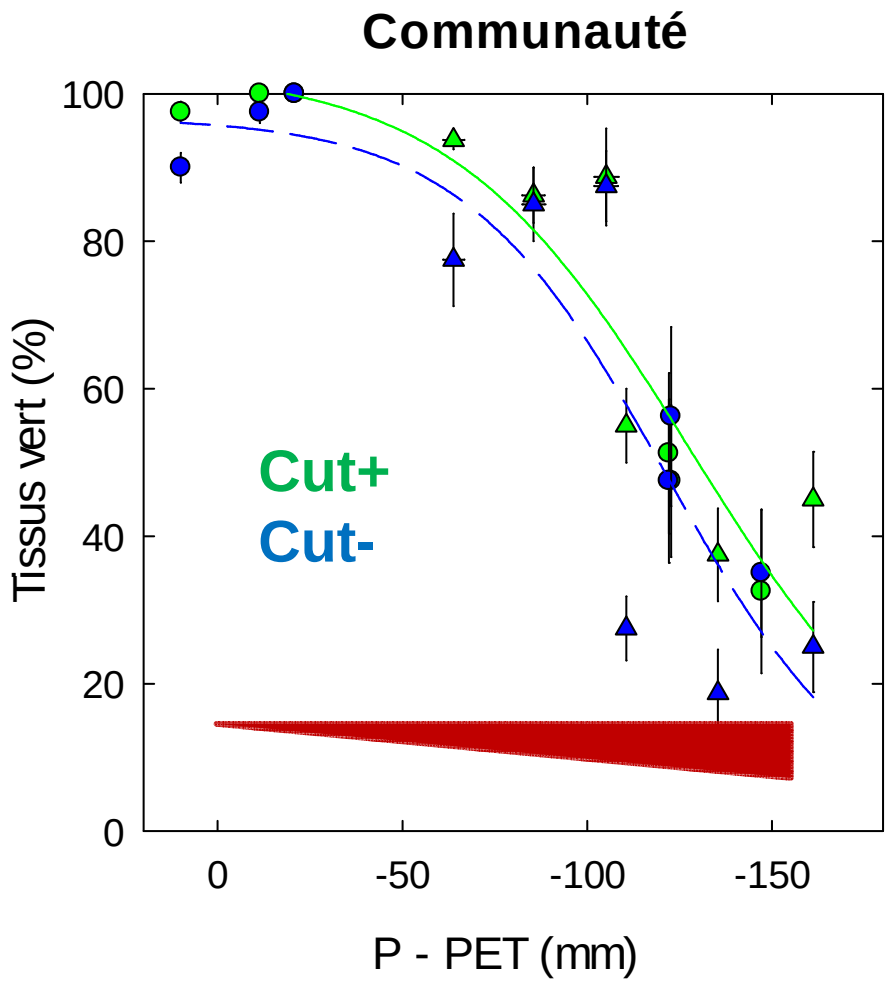
Global Change Biology (2013) 19, 3435–3448, doi: 10.1111/gcb.12317

Lasting effects of climate disturbance on perennial grassland above-ground biomass production under two cutting frequencies

MARINE ZWICKE*, GIORGIO A. ALESSIO*, LIONEL THIERY*, ROBERT FALCIMAGNE*, RENÉ BAUMONT†‡, NICOLAS ROSSIGNOL†‡, JEAN-FRANÇOIS SOUSSANA* and CATHERINE PICON-COCHARD*

Zwicke et al GCB 2013

Résistance à la sécheresse : état du couvert



Global Change Biology

Global Change Biology (2013) 19, 3435–3448, doi: 10.1111/gcb.12317

Lasting effects of climate disturbance on perennial grassland above-ground biomass production under two cutting frequencies

MARINE ZWICK
RENÉ BAUMON
CATHERINE PIC

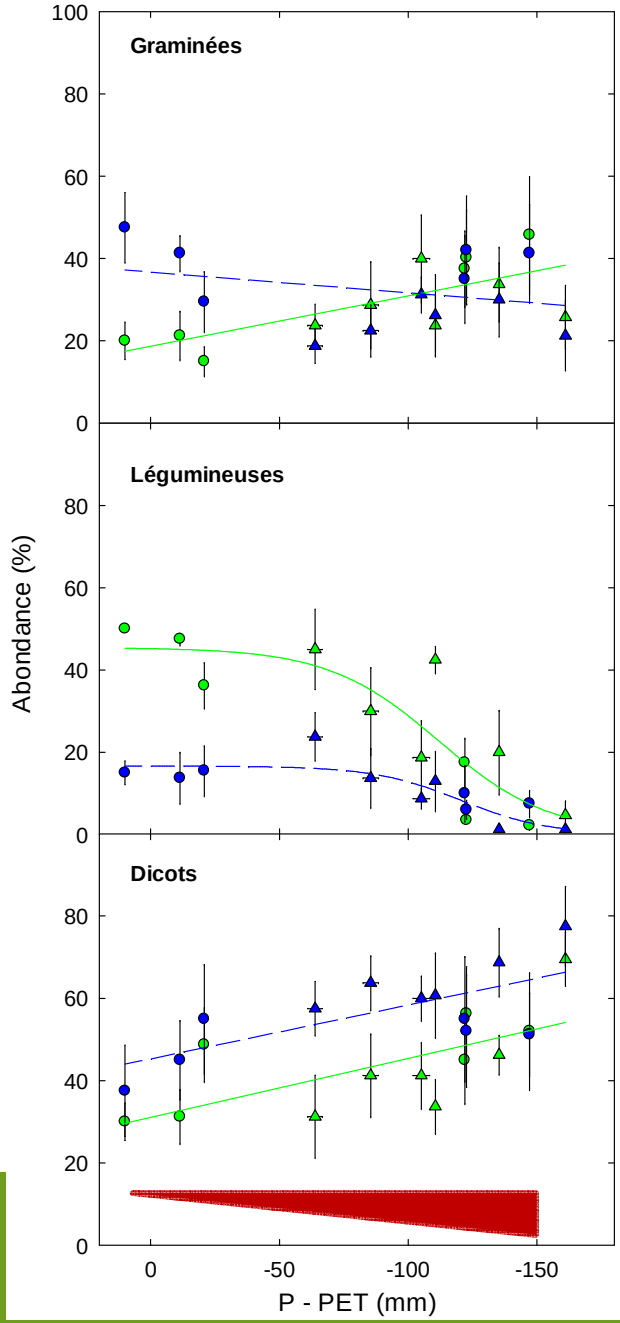
Zwicke et al GCB 2013

Réponse des groupes botaniques

dactyle

trèfle blanc

pissenlit



Cut+
Cut-

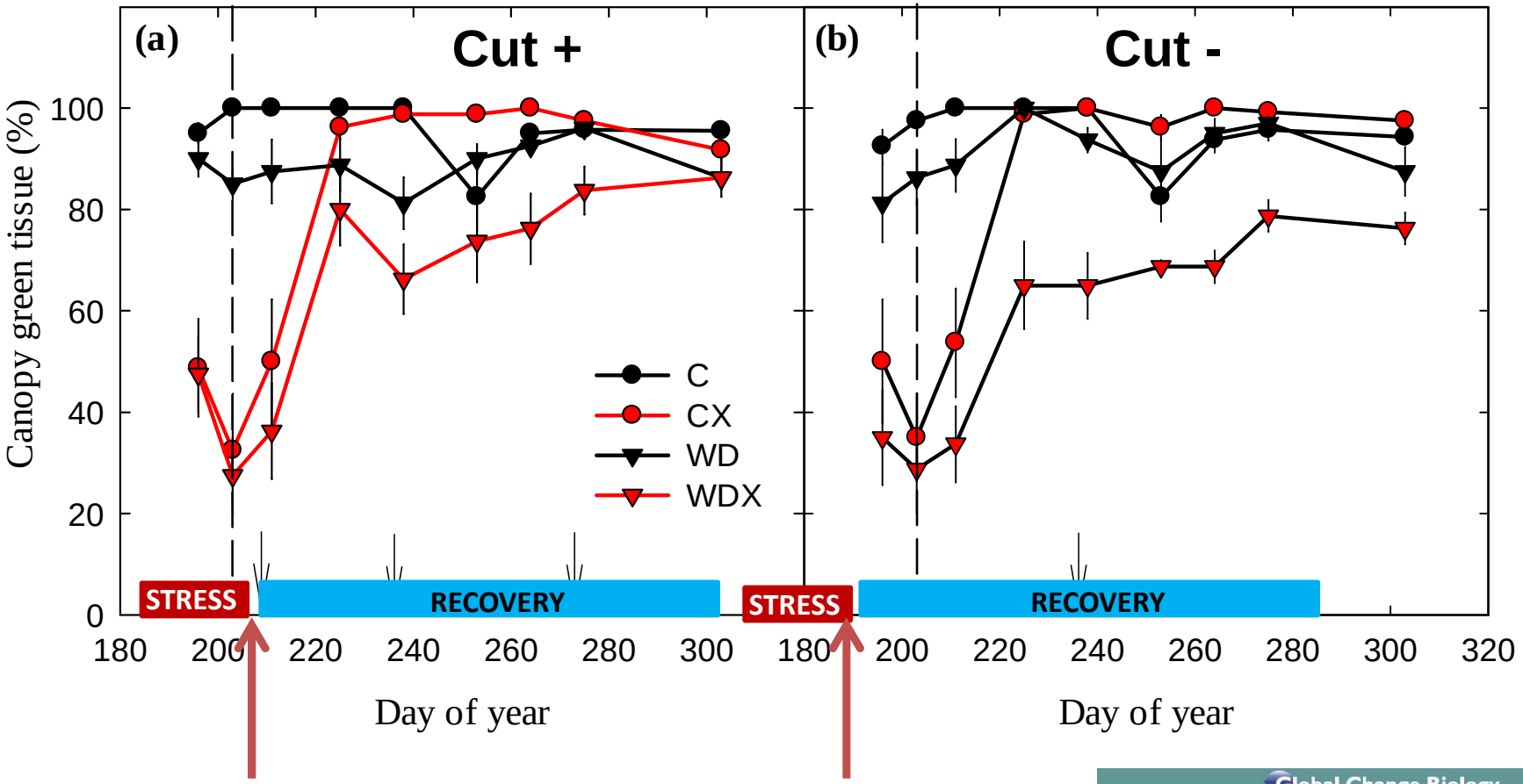
Global Change Biology
Global Change Biology (2013) 19, 3435–3448, doi: 10.1111/gcb.12317

Lasting effects of climate disturbance on perennial grassland above-ground biomass production under two cutting frequencies

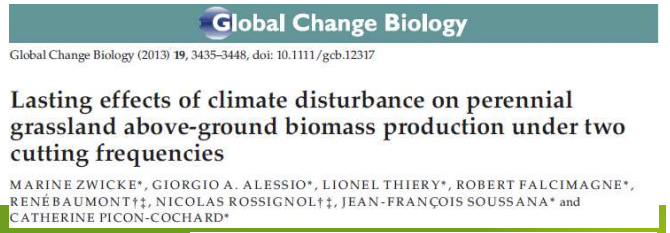
MARINE ZWICKE*, GIORGIO A. ALESSIO*, LIONEL THIERY*, ROBERT FALCIMAGNE*, RENÉ BAUMONT†‡, NICOLAS ROSSIGNOL†‡, JEAN-FRANÇOIS SOUSSANA* and CATHERINE PICON-COCHARD*

Zwicke et al GCB 2013

Phase de récupération



Fin de l'extrême : 80% sénescence


Global Change Biology

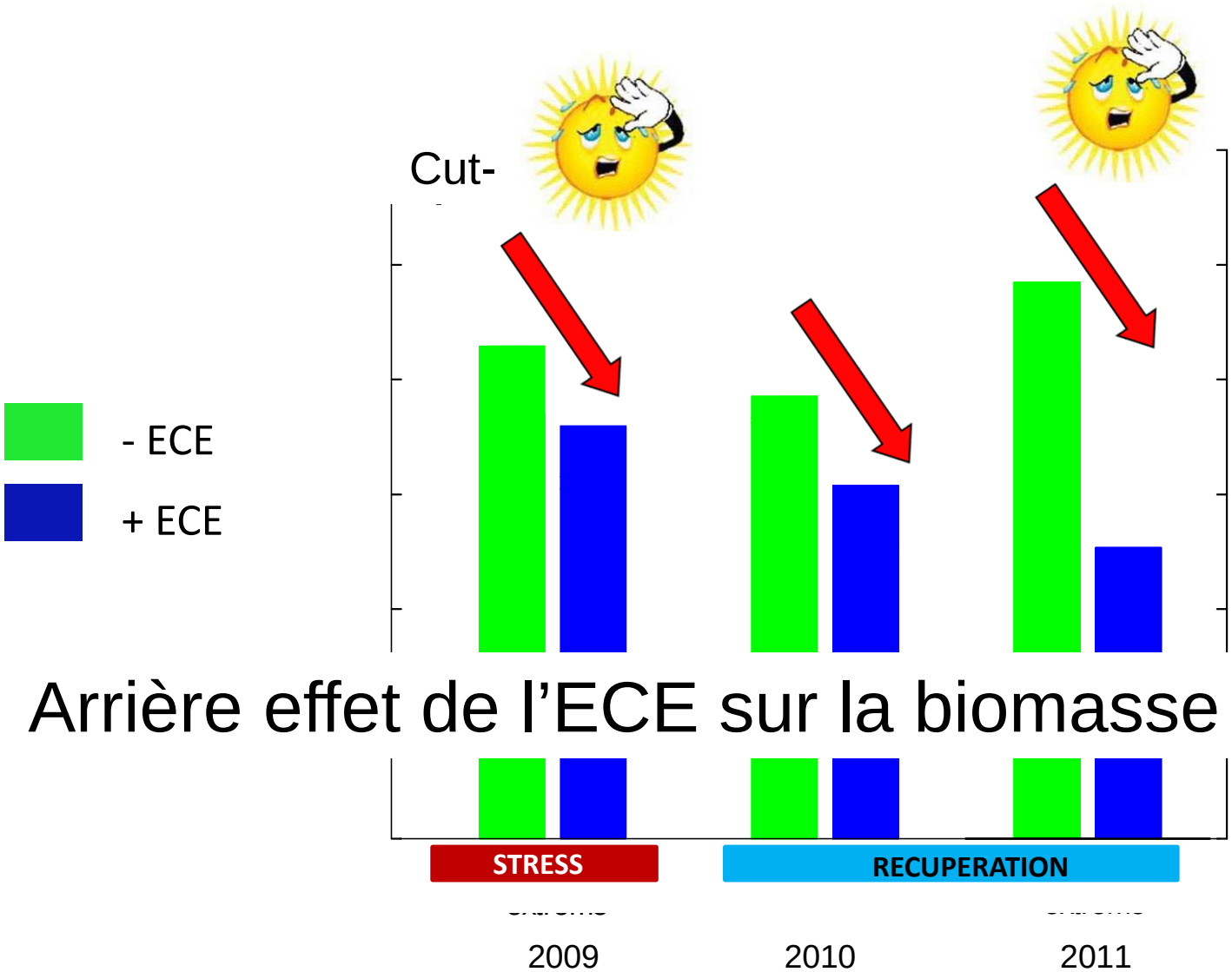
Global Change Biology (2013) 19, 3435–3448, doi: 10.1111/gcb.12317

Lasting effects of climate disturbance on perennial grassland above-ground biomass production under two cutting frequencies

MARINE ZWICKE*, GIORGIO A. ALESSIO*, LIONEL THIERY*, ROBERT FALCIMAGNE*, RENÉ BAUMONT†‡, NICOLAS ROSSIGNOL†‡, JEAN-FRANÇOIS SOUSSANA* and CATHERINE PICON-COCHARD*

Zwicke et al GCB 2013

Production annuelle (g m^{-2})



Arrière effet de l'ECE sur la biomasse aérienne +2 ans

Global Change Biology
Global Change Biology (2013) **19**, 3435–3448, doi: 10.1111/gcb.12317

Lasting effects of climate disturbance on perennial grassland above-ground biomass production under two cutting frequencies

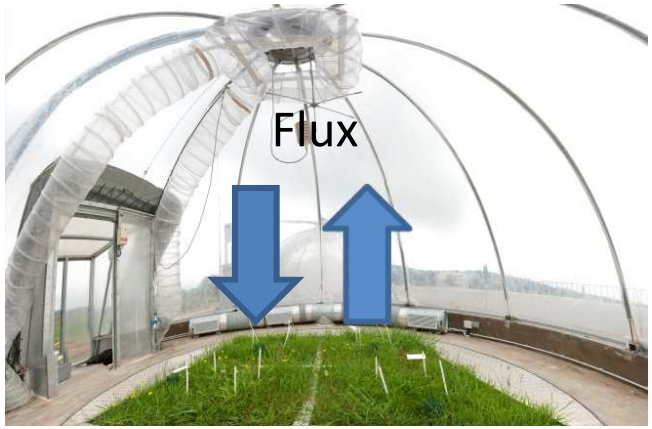
MARINE ZWICKE*, GIORGIO A. ALESSIO*, LIONEL THIERY*, ROBERT FALCIMAGNE*, RENÉ BAUMONT†‡, NICOLAS ROSSIGNOL†‡, JEAN-FRANÇOIS SOUSSANA* and CATHERINE PICON-COCHARD*

Réponse de prairies permanentes à des sécheresses extrêmes sous atmosphère enrichie en CO_2

- Etudier le fonctionnement d'une prairie permanente sous climat futur : plus chaud et plus sec avec ou sans enrichissement en CO_2 de l'air
- L'enrichissement en CO_2 de l'air peut-il atténuer les effets < 0 d'un évènement extrême estival (canicule-sécheresse) ? Comment ?

Flux aériens de l'écosystème
Sénescence du couvert
Croissance des racines
Production aérienne

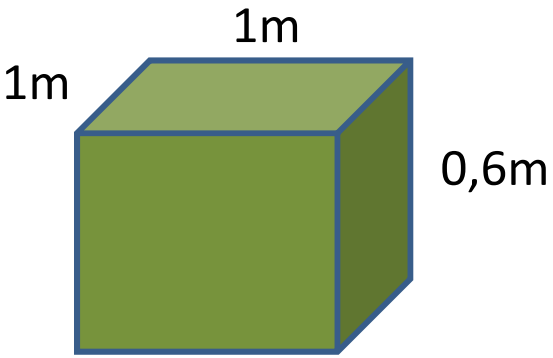
Semi-controlled experiment



- 12 macrocosmes
- Chaque macrocosme : 4 monolithes ($4m^2$)
- 4 traitements plus chaud (+3.6°C) et réduction précipitation (-74 mm)
  - ✓ CO_2 concentration: 390 et 520 ppm (scénario 2050)
  - ✓ - et + ECE: 2 semaines : +3.1°C et 0 précipitation

23 mai 2019

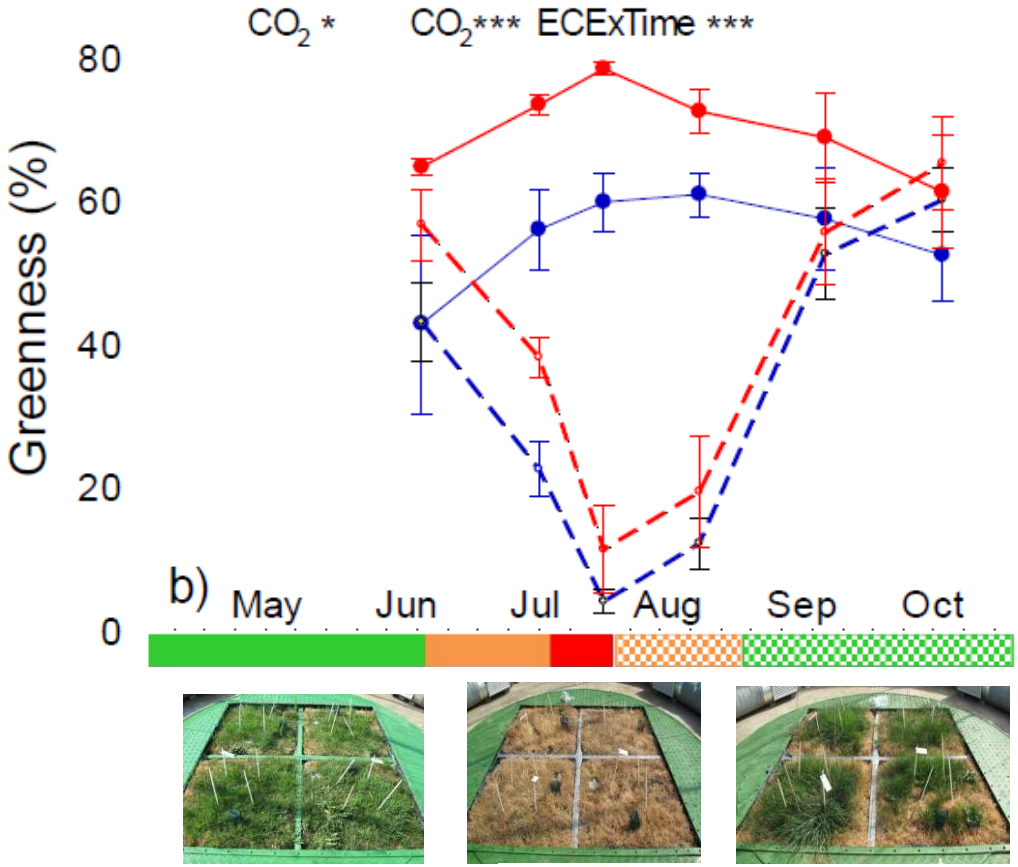
Monolithes de PP (Redon, 800 m)



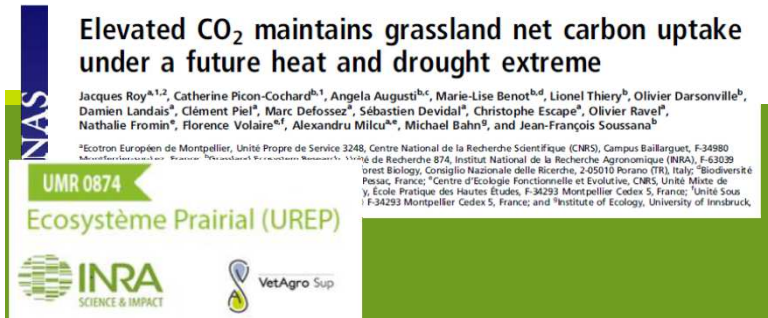
Groupes	graminées	légumineuses	diverses
A	65	29	6
B	50	49	1
C	67	29	4
D	62	31	7
Total	61	35	5

23 mai 2019

Etat du couvert

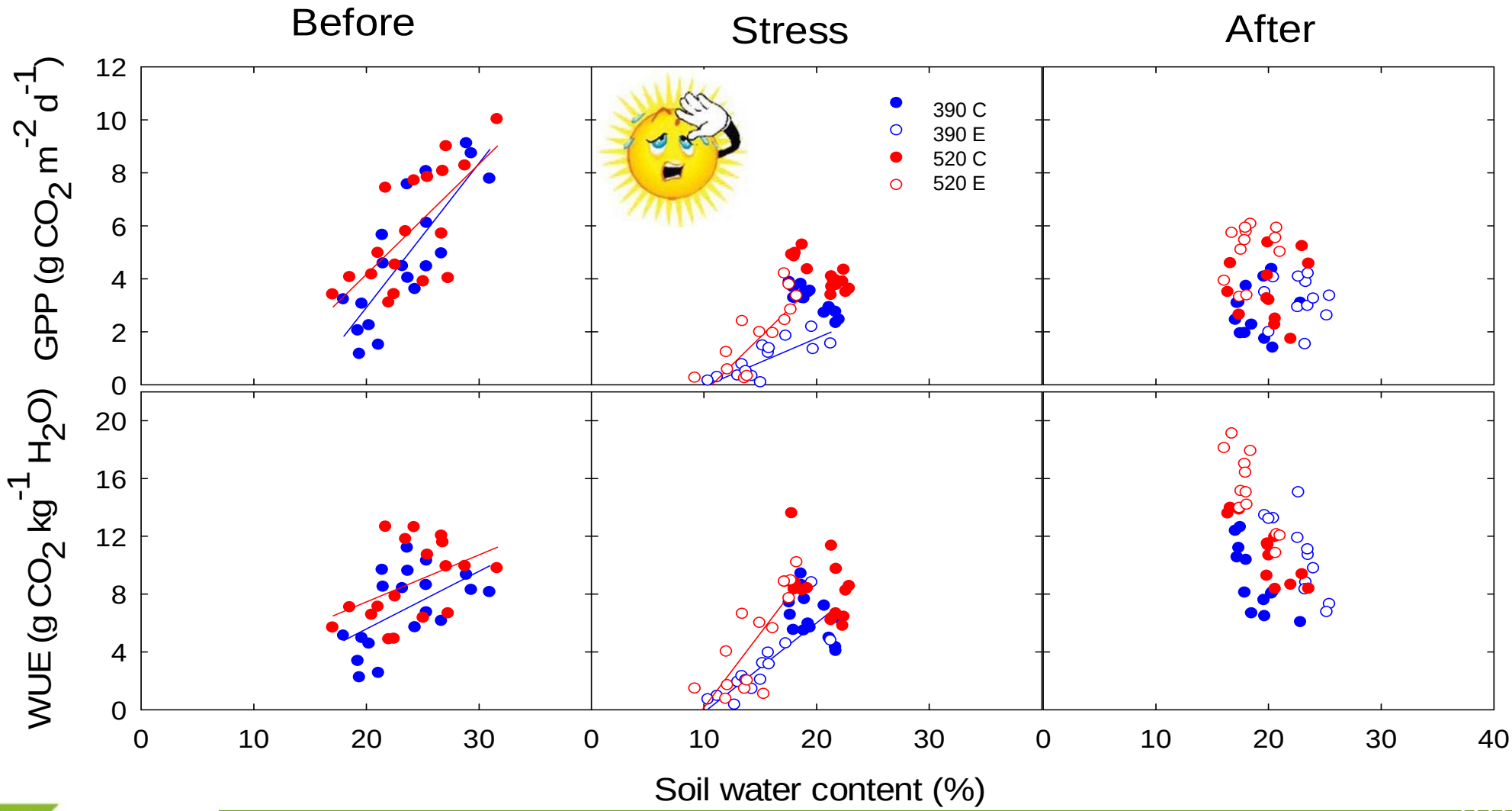


Roy, Picon-Cochard et al, 2016, PNAS


Elevated CO_2 maintains grassland net carbon uptake under a future heat and drought extreme

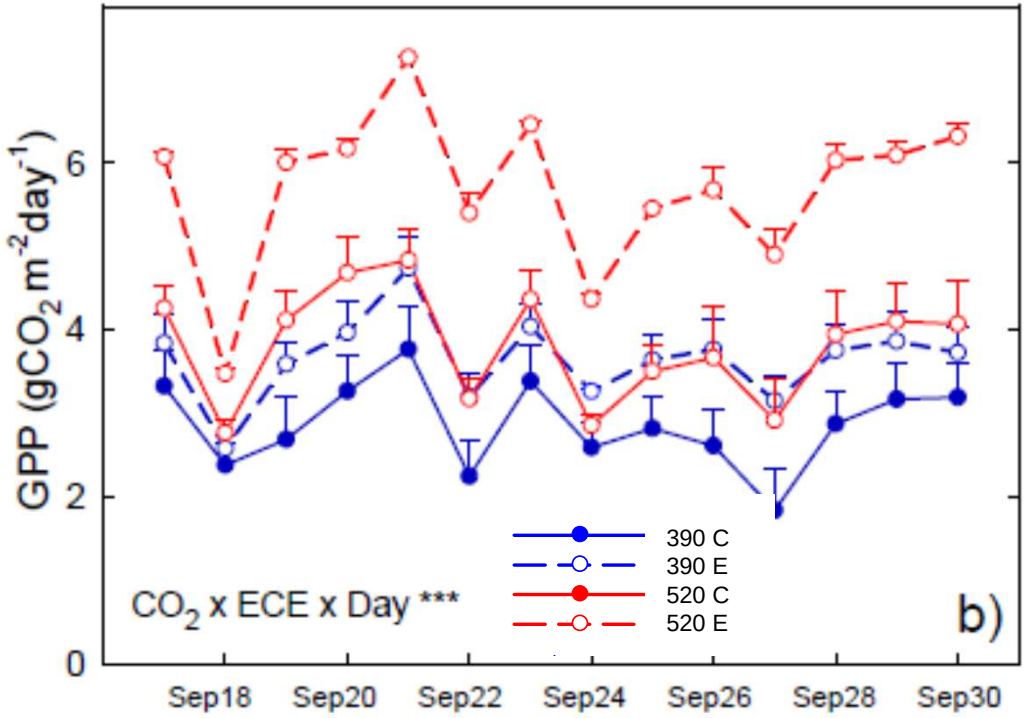
Jacques Roy[a,1,2], Catherine Picon-Cochard[b,1], Angela Augusti[b,c], Marie-Lise Benot[b,d], Lionel Thiery[b], Olivier Darsonville[b], Damien Landais[a], Clément Piel[a], Marc Defossez[a], Sébastien Devidal[a], Christophe Escape[a], Olivier Ravel[a], Nathalie Fromin[e], Florence Volaire[e,f], Alexandru Milcu[a,e], Michael Bahn[g], and Jean-François Soussana[b]

Photosynthèse et efficience d'utilisation de l'eau



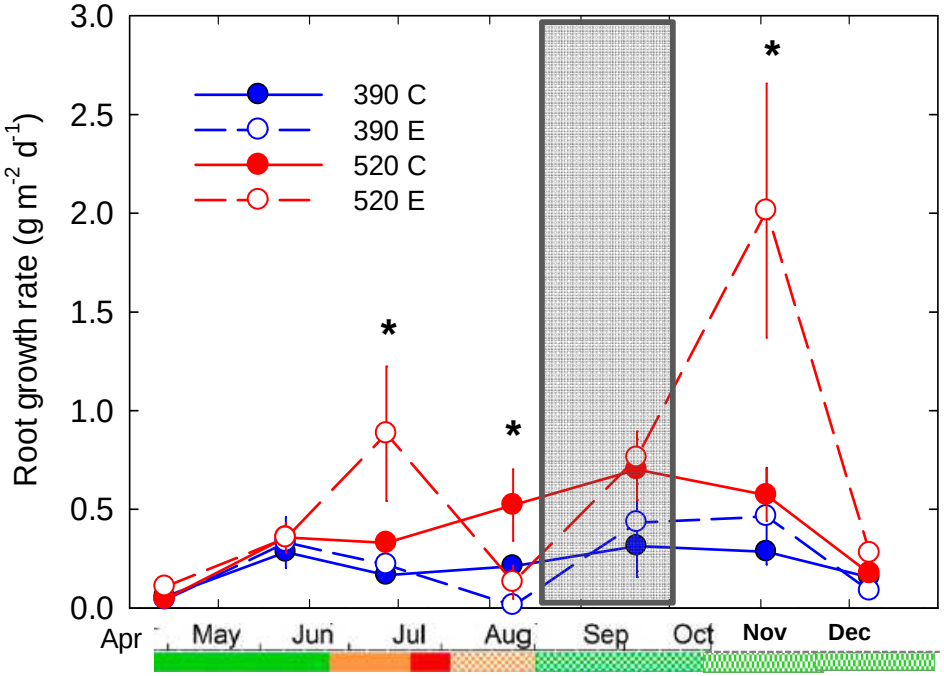
Phase de recupération

Photosynthèse



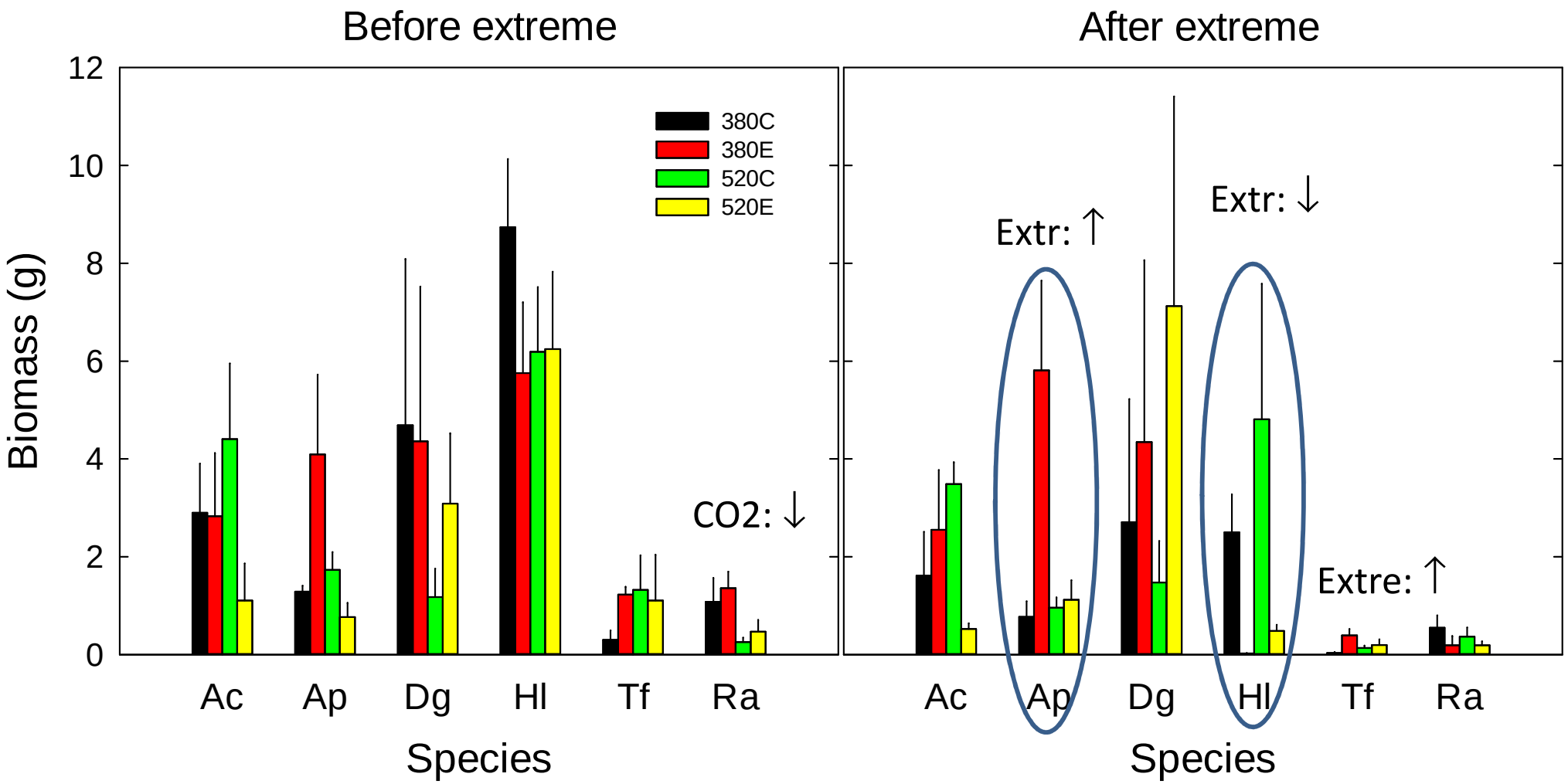
1 mois après l'ECE

Croissance des racines



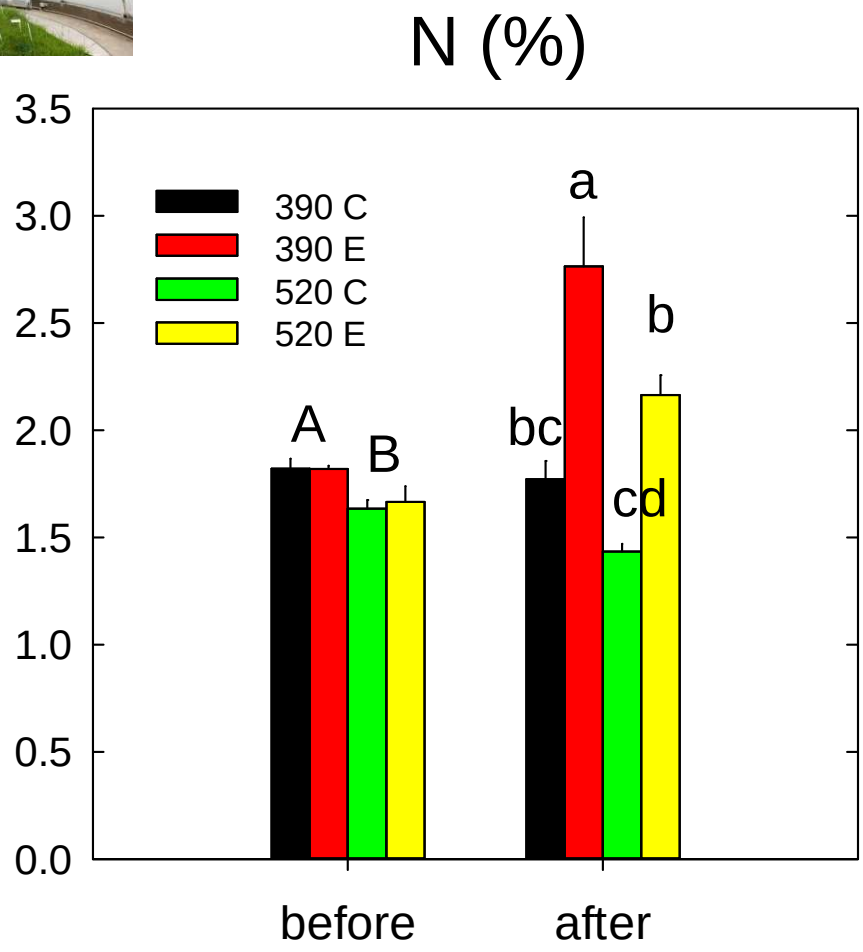
Roy, Picon-Cochard et al, 2016, PNAS

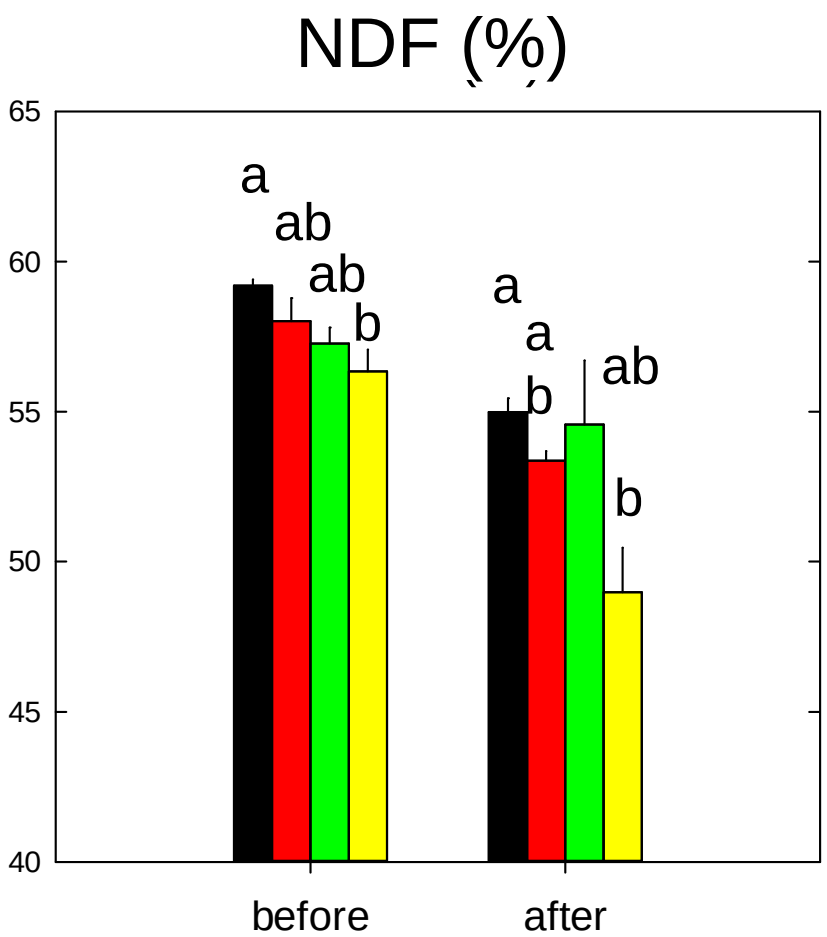
Espèces dominantes



UMR 0874
Ecosystème Prairial (UREP)
INRA SCIENCE & IMPACT
VetAgro Sup

La qualité du fourrage est peu modifiée par le changement climatique sans extrêmes



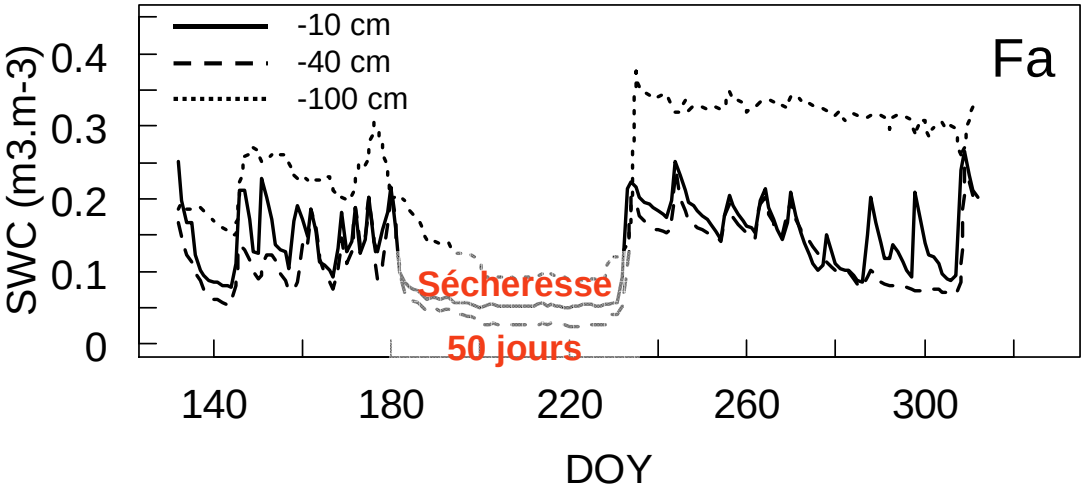


CO2: ***, extrême : ***

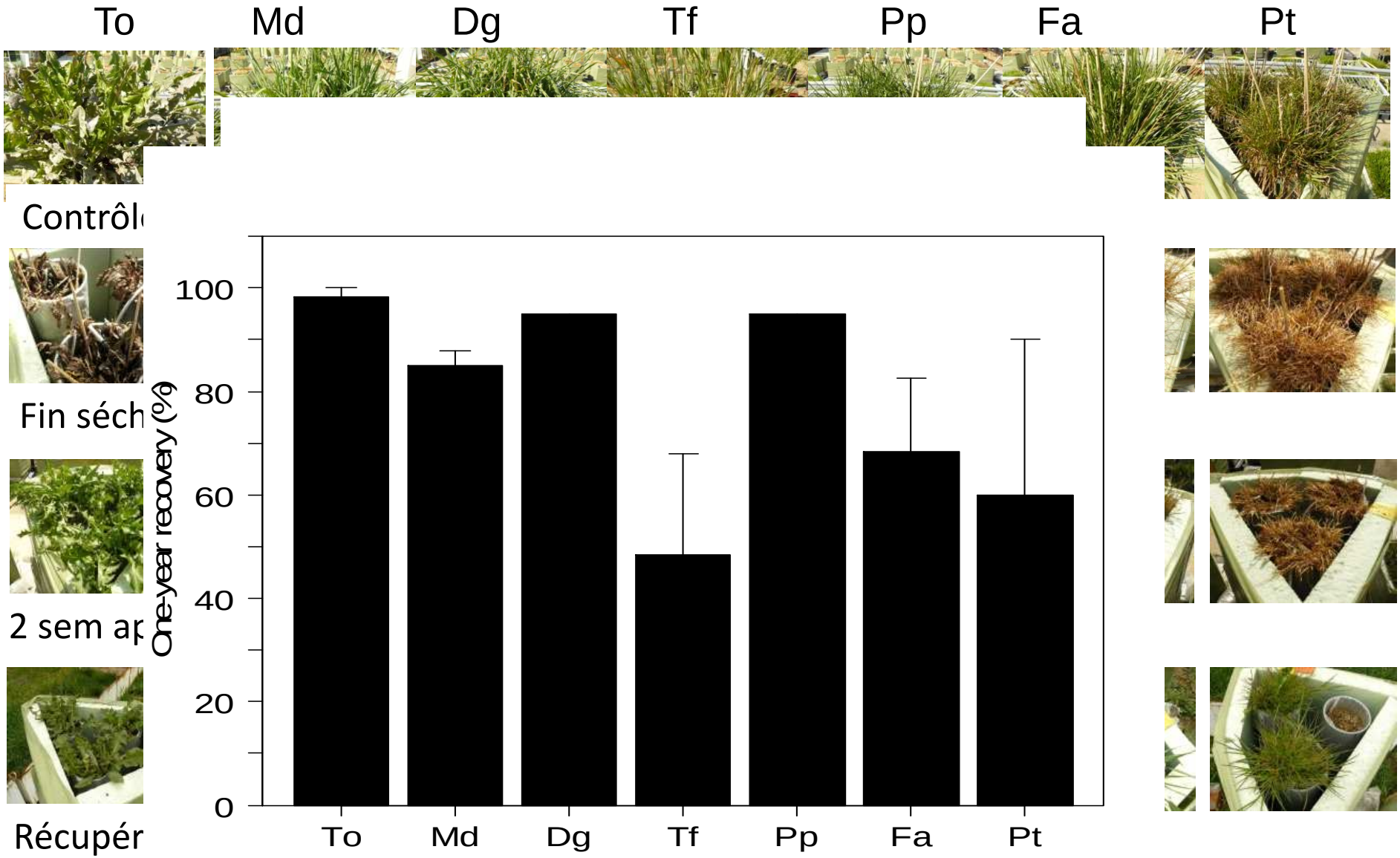
CO2: *, extrême : *

Survie des espèces et populations (monocultures)

6 espèces
5 graminées : Dg (2 pop), Fa, Pp, Pt, Tf
1 diverse : To



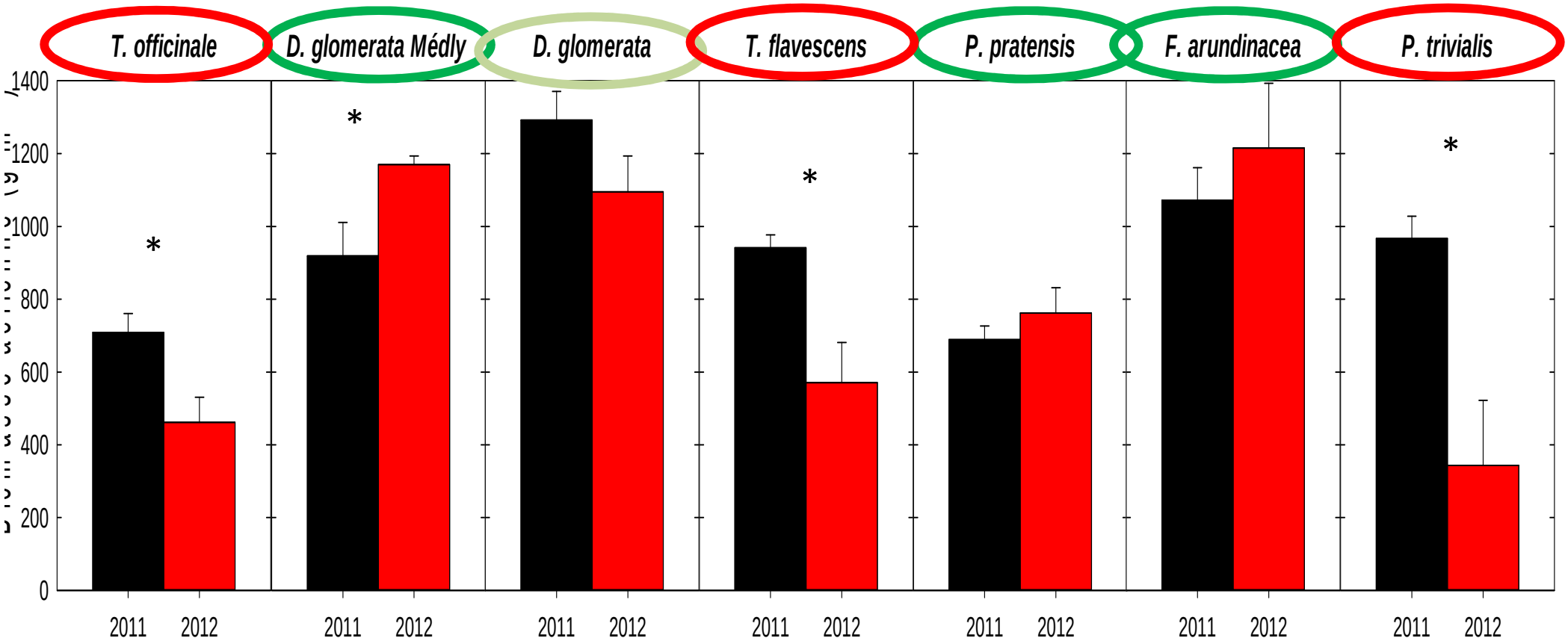
Survie des espèces



Zwicke et al 2015

Récupération de la biomasse aérienne

- Variable selon les espèces



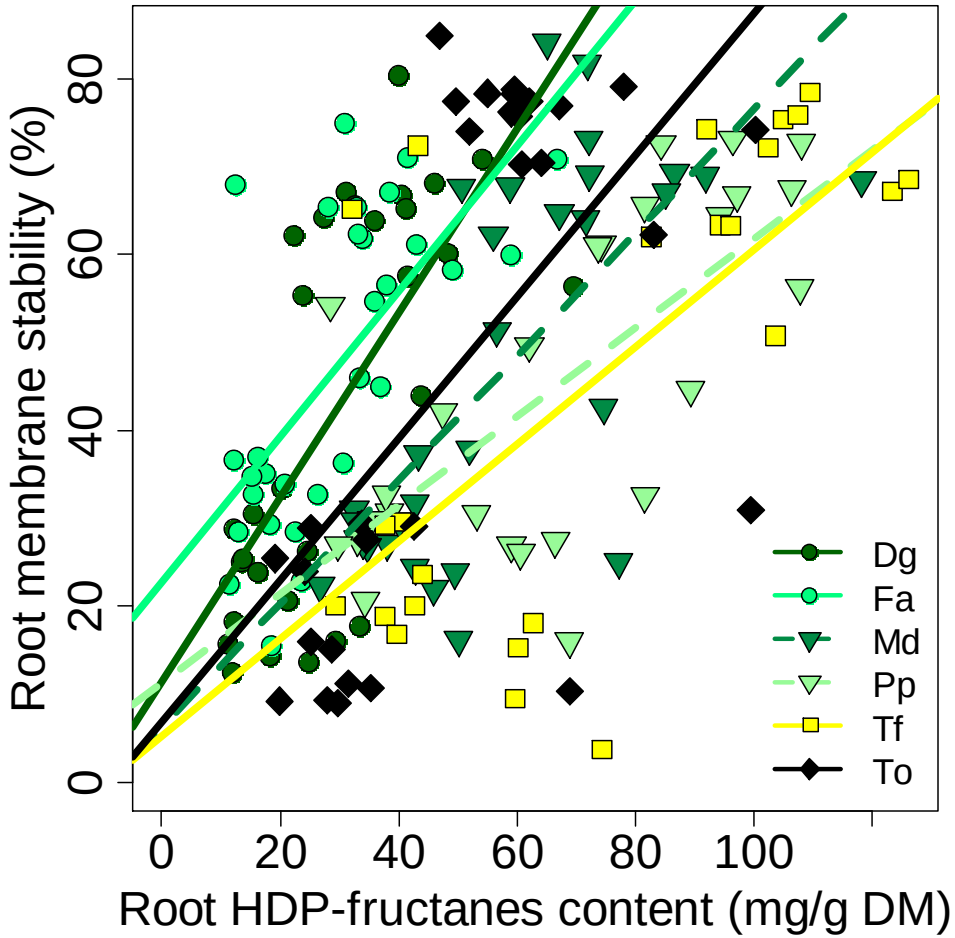
g m^{-2}

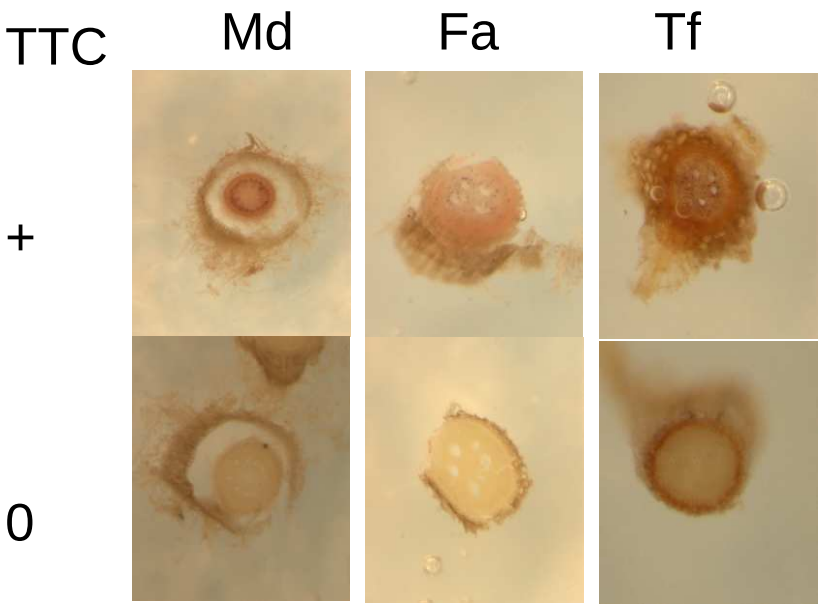
UMR 0874
Ecosystème Prairial (UREP)

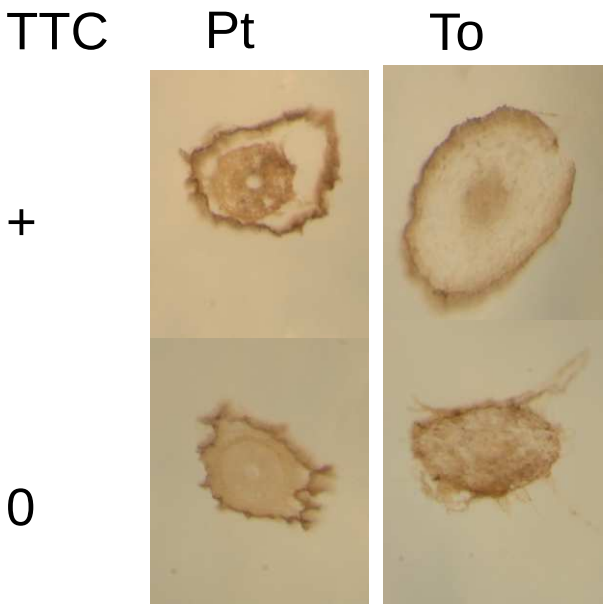
INRA SCIENCE & IMPACT
VetAgro Sup

Zwicke et al 2015

Survie des racines







Mortalité cortex
Survie stèle

→ Maintien fonction hydraulique

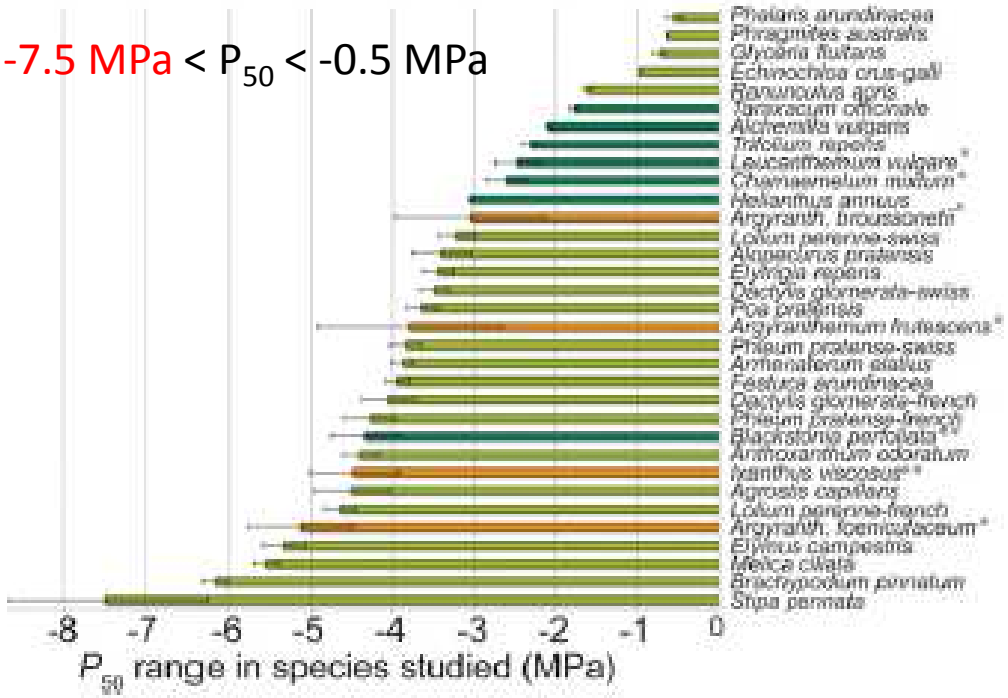
UMR 0874 Ecosystème
INRA SCIENCE & IMPACT
VetAgro Sup

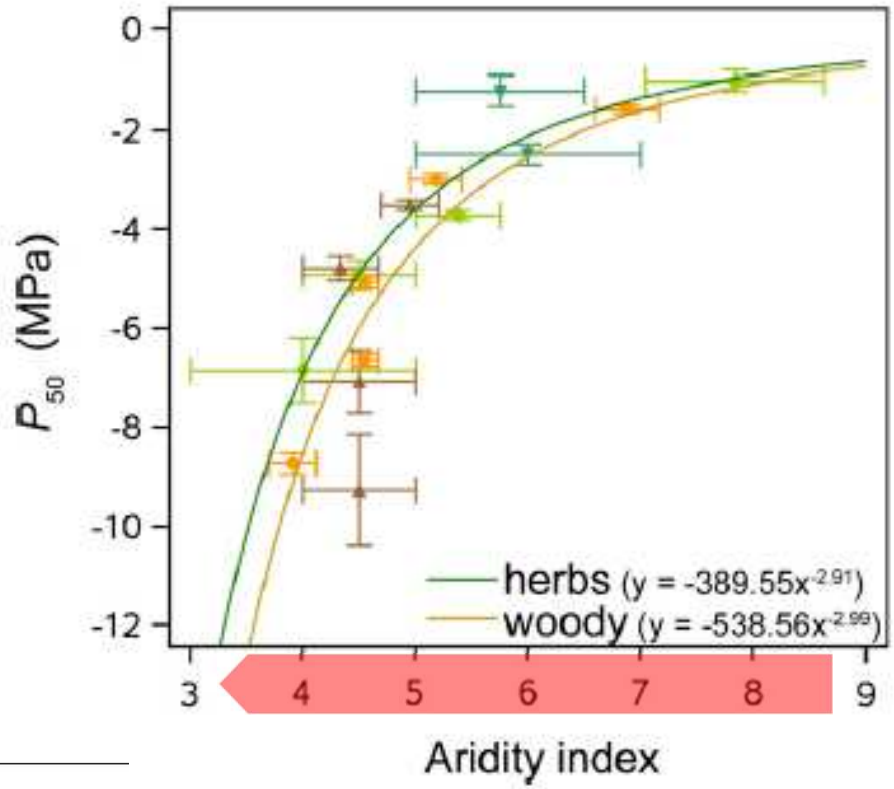
Résistance à la cavitation : un trait pour phénotyper les espèces herbacées

Écologie des espèces et P50

Gamme large de variation

-7.5 MPa < P_{50} < -0.5 MPa





Research Report

Herbaceous Angiosperms Are Not More Vulnerable to Drought-Induced Embolism Than Angiosperm Trees[1[OPEN]]

Frederic Lens*, Catherine Picon-Cochard, Chloé E.L. Delmas, Constant Signarbieux, Alexandre Buttler, Hervé Cochard, Steven Jansen, Thibaud Chauvin, Larissa Chacon Doria, Marcelino del Arco, and Sylvain Delzon

UMR 0874 Ecosystème Prairial (UP

Lens et al 2016, *Plant Physiology*, 172, 661-667

23 mai 2019

Résistance à la cavitation : un trait pour phénotyper les populations

Dactylis glomerata L.

12 populations

Nordic

Temperate

Mediterranean

Coll F Volaire

Annals of Botany **122**: 325–336, 2018
doi: 10.1093/aob/mcy073, available online at www.academic.oup.com/aob

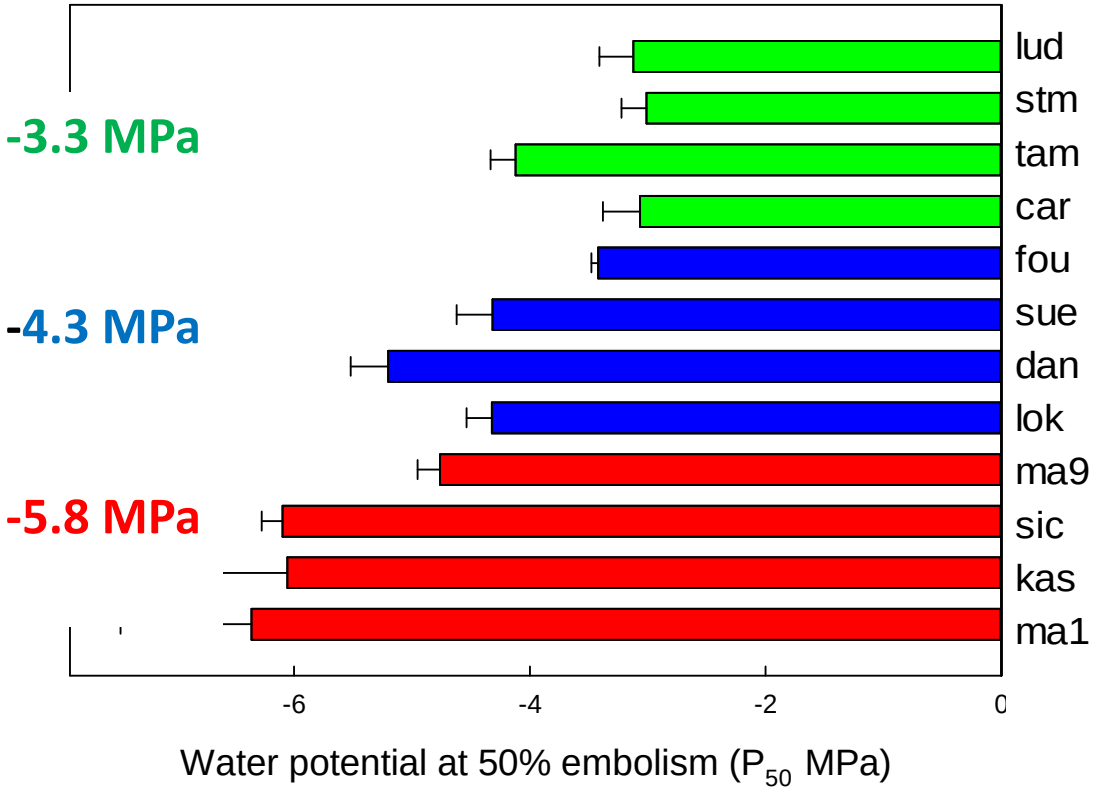
ANNALS OF BOTANY

Embolism and mechanical resistances play a key role in dehydration tolerance of a perennial grass *Dactylis glomerata* L.

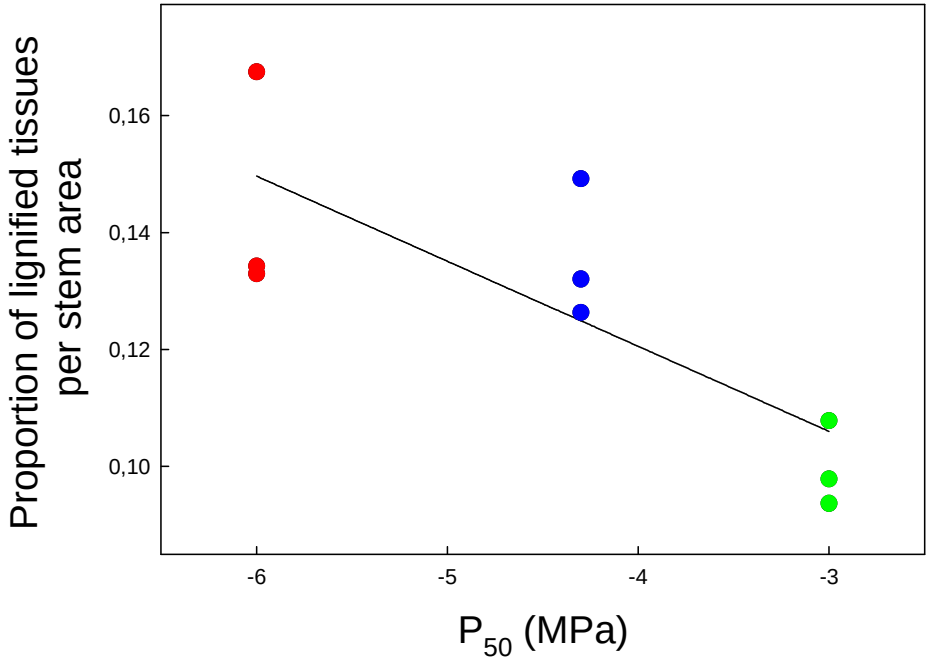
Florence Volaire[1,*], Frederic Lens[2], Hervé Cochard[3], Hueng Xu[2], Larissa Chacon-Doria[2], Pauline Bristiel[4], Jennifer Balachowski[4,5], Nick Rowe[6,7], Cyrille Violle[4] and Catherine Picon-Cochard[8]

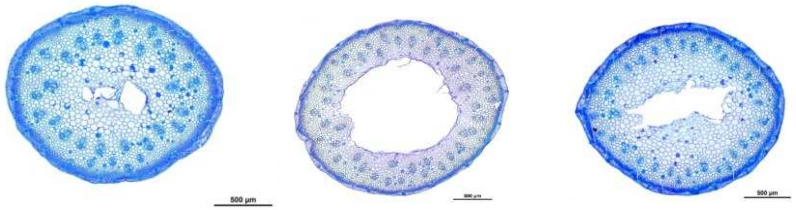
23 mai 2019

Variabilité intra-spécifique



Anatomie : lignification tige

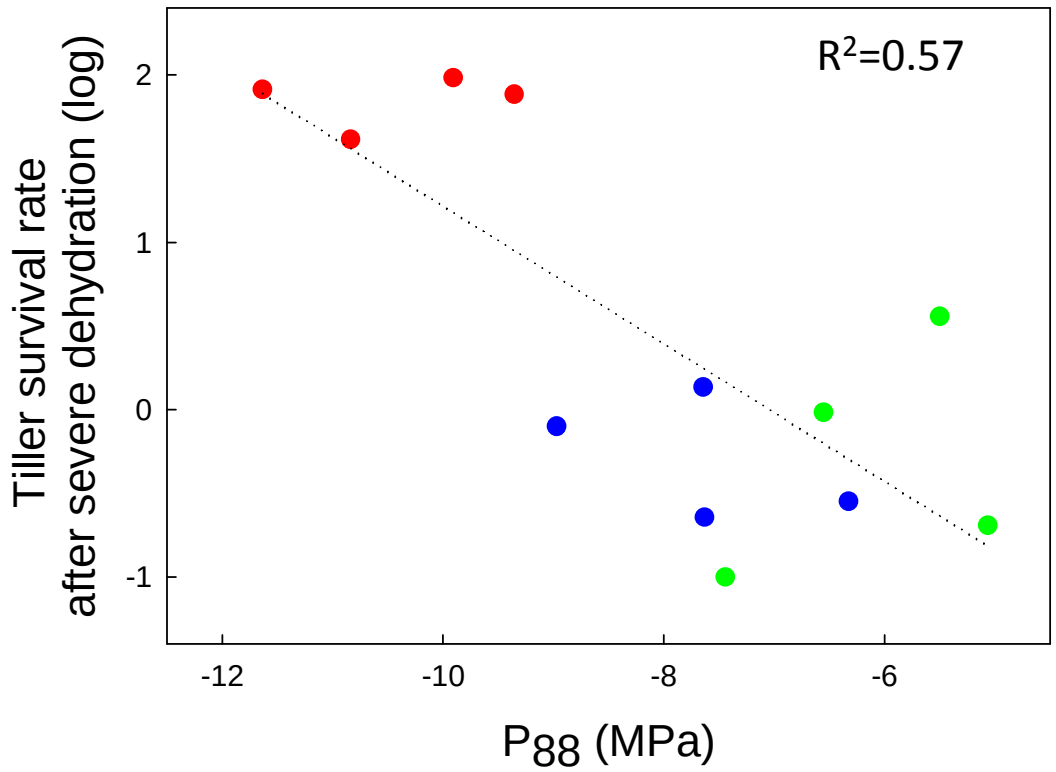




Mediterranean Nordic Temperate

23 mai 2019

Variabilité intra-spécifique



Mediterranean ≠ Temperate & Nordic

High dehydration tolerance
Low P_{88}

low dehydration tolerance
High P_{88}

23 mai 2019

Conclusions (1)

- Faible résistance des graminées (Lp, Pt) et trèfle blanc; meilleure résistance du pissenlit
- Récupération rapide de l'état du couvert (organes de réserves : pivot, rhizomes, stolons) : dactyle, pissenlit
- Récupération lente de la production aérienne 2 ans après : 1 ECE avec un seuil de P-PET = -156 mm
  - Rôle interactions plante-sol (synchronisation / désynchronisation)
- Gestion fauche peu fréquente : meilleure option pour maintenir la production de PP limitée en N

23 mai 2019

Conclusions (2)

- CO_2 atténue les effets ECE lors du stress modéré et la récupération
  - ✓ Racines et microbes : acteurs clés du fonctionnement de l'écosystème
  - ✓ Rôle des sucres dans la récupération des graminées
  - ✓ Fourrage plus digestible : ↑ N, ↓ NDF
- MAIS réponses court-terme ≠ long-terme
  - Risque élevé de perdre des graminées au profit des diverses
- Etudier les PP à long terme, dans des conditions proches des conditions naturelles
  - ✓ Quels traits étudier pour comprendre l'adaptation des espèces aux ECE?
  - ✓ Quelles espèces ? Quelles populations ? quels mélanges?
  - ✓ Quelles gestions ?

Prairies et changement climatique conclusions

- Les prairies de moyenne montagne sont résilientes aux stress extrêmes…
  - ✓ mais sont vulnérables (temps lent de récupération)
- Si la fréquence des ECE augmente, risque
  - ✓ perte d'espèce
  - ✓ émission accrue de gaz à effet de serre
  - ✓ incertitude sur le long terme : enrichissement en CO_2 bénéfique ?

- Effets « positifs » attendus du réchauffement en montagne
- Approfondir les connaissances sur les espèces/génotypes et mélanges prairiaux (graminées, diverses, légumineuses)

Merci pour votre attention