

Effet de la sécheresse sur le fonctionnement des arbres et des écosystèmes forestiers tropicaux

*Est-ce que les forêts tropicales humides résisteront au changement
climatique et se maintiendront à court / moyen / long terme ?*

Damien BONAL



Arbres et Ecosystèmes Forestiers Tropicaux et Tempérés

**Ecologie
des
Communautés**

**Ecologie
Fonctionnelle**

**Bio-
climatologie**

Comprendre les mécanismes qui expliquent la réponse des arbres et des écosystèmes forestiers aux contraintes de l'environnement



Questions



- Quels changements climatiques les forêts tropicales humides subissent-elles ?
- Quels impacts peuvent avoir des sécheresses extrêmes sur les forêts tropicales humides ?
- Est-ce que les capacités intrinsèques des espèces d'arbre leur permettent de résister aux fortes sécheresses ?
- Est-ce que des changements de composition en espèces dans les forêts tropicales humides sont déjà observés, et/ou devraient apparaître à l'avenir ?

Plan

- Les Forêts Tropicales Humides (FTH)
- Impact de la sécheresse sur le fonctionnement des plantes
- Changements climatiques en FTH
- Impact de sécheresses extrêmes et des changements climatiques sur les FTH
- Que peut-on apprendre des travaux sur l'impact de la diversité en espèce d'arbres sur le fonctionnement des écosystèmes en forêts mélangées tempérées ou boréales ?
- Perspectives



Distribution des Forêts Tropicales



Tropical
45%



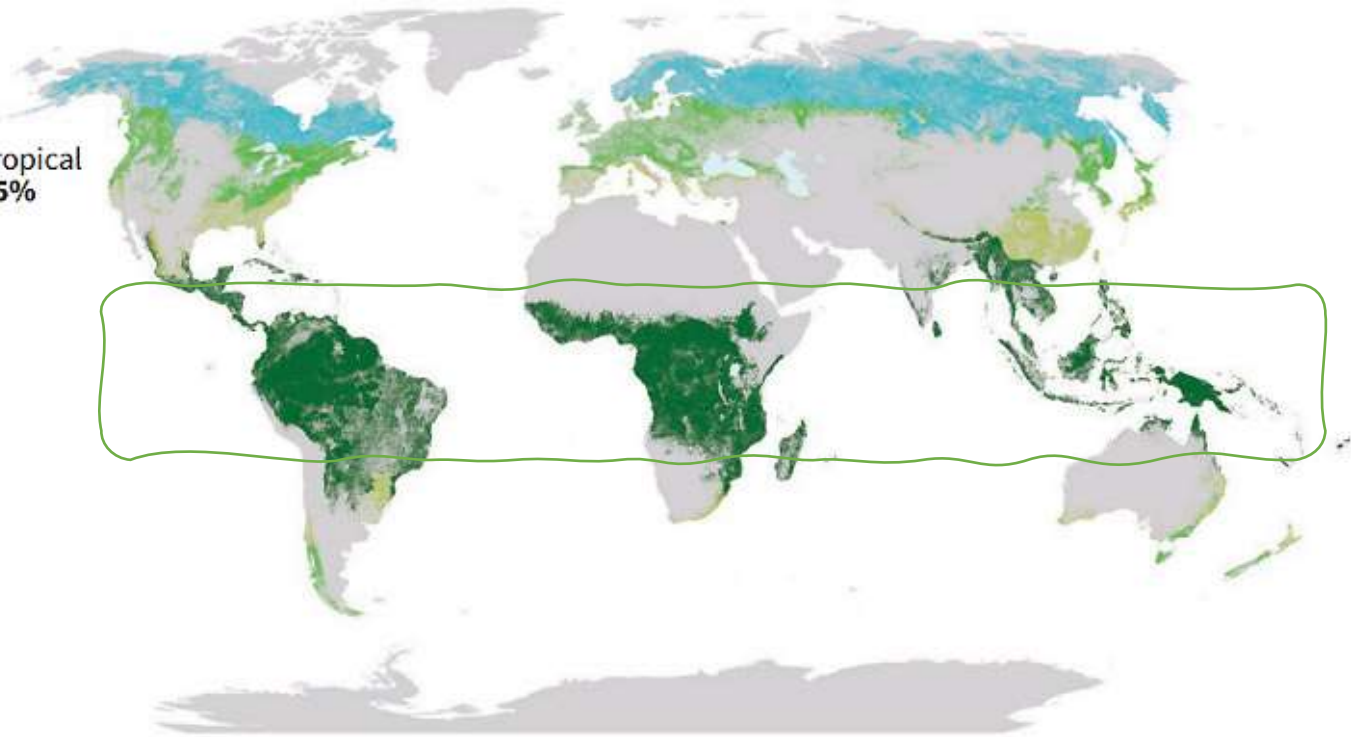
Boreal
27%



Temperate
16%

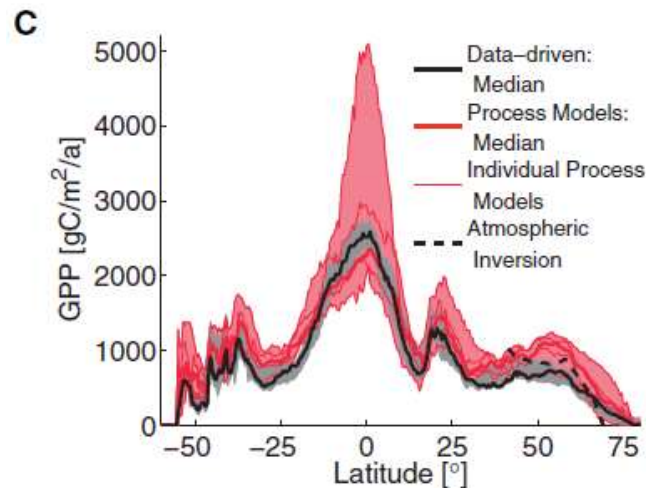
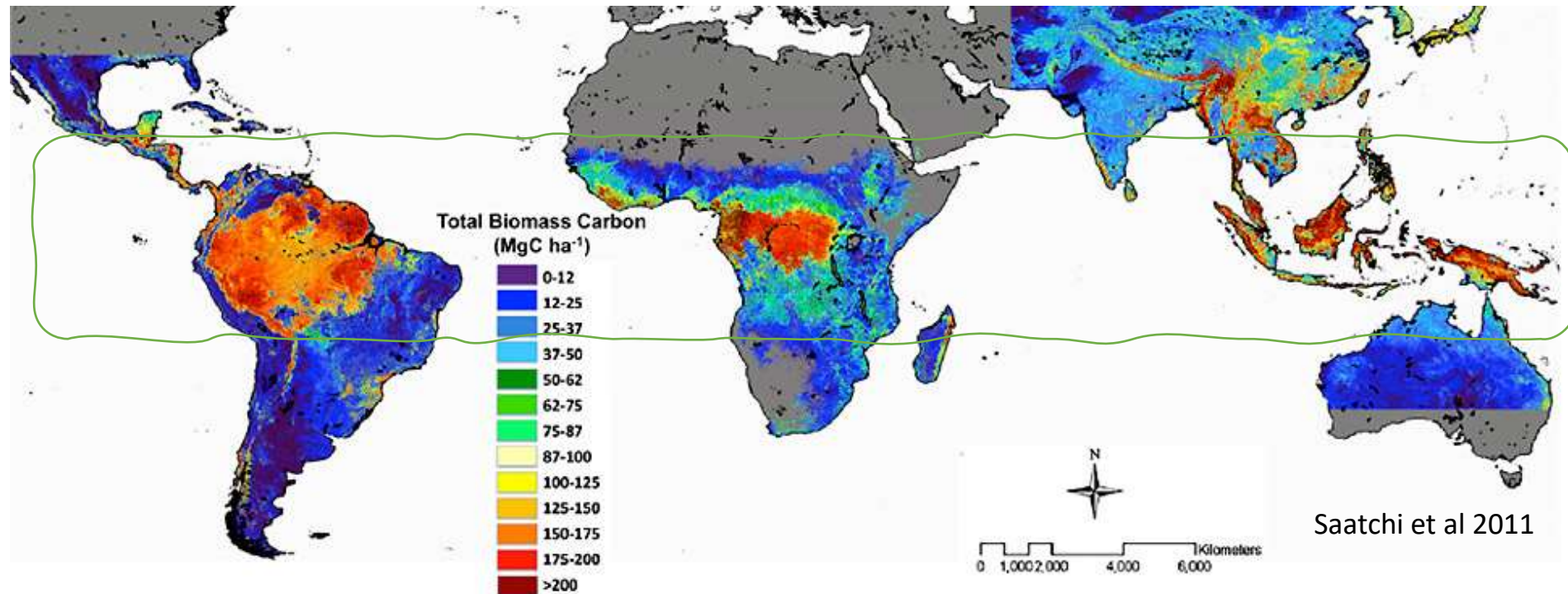


Subtropical
11%



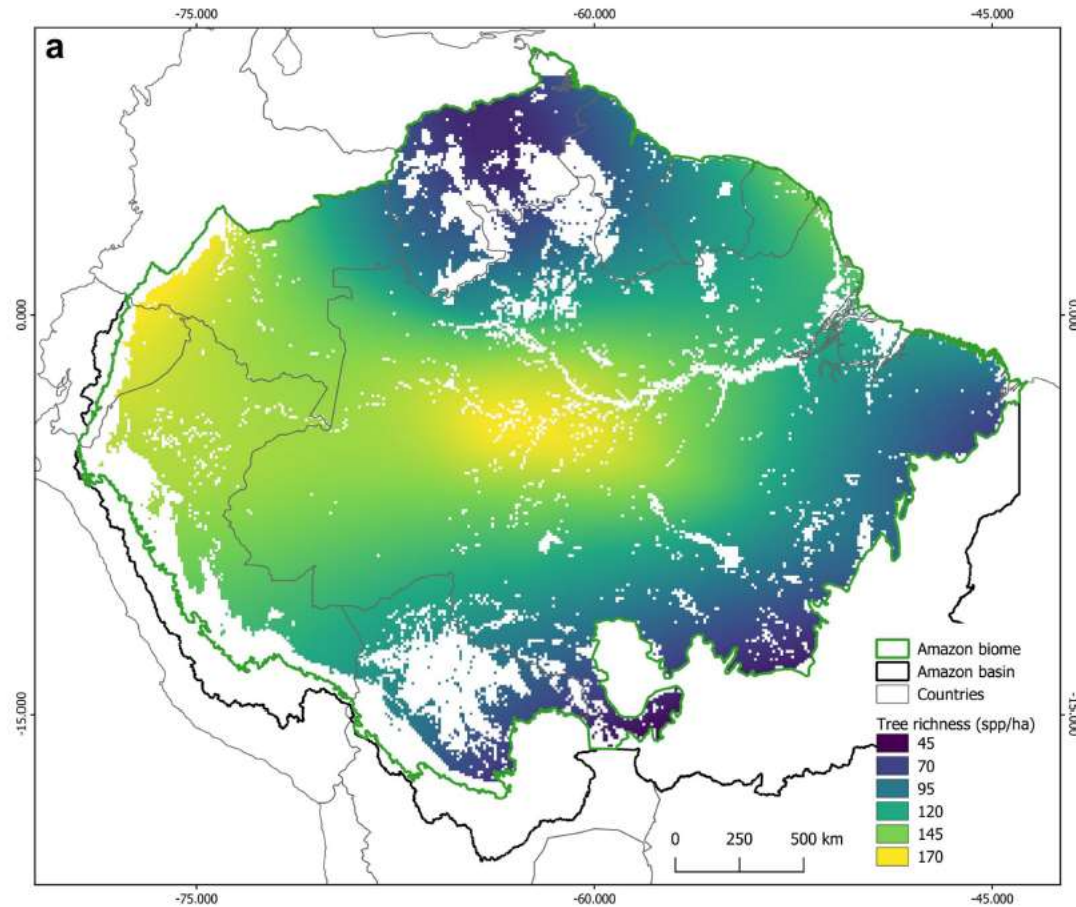
Source: Adapted from United Nations World map, 2020.

Répartition de la Biomasse (C) dans les Ecosystèmes Terrestres



Beer et al. 2010

Gradient de richesse spécifique en Amazonie



Une forêt tropicale humide : A quoi cela ressemble ?



Environ 150 espèces d'arbres différentes à l'écran

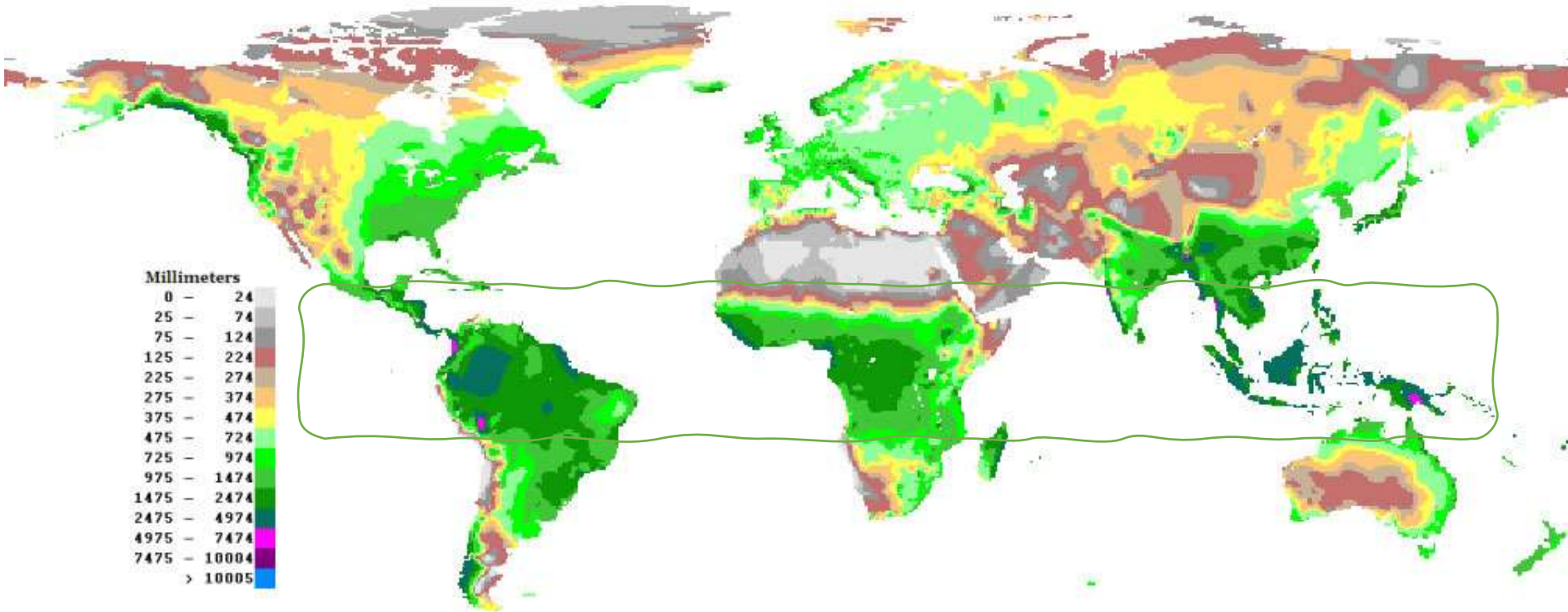
Une forêt tropicale humide : A quoi cela ressemble ?



Une forêt tropicale humide : A quoi cela ressemble ?



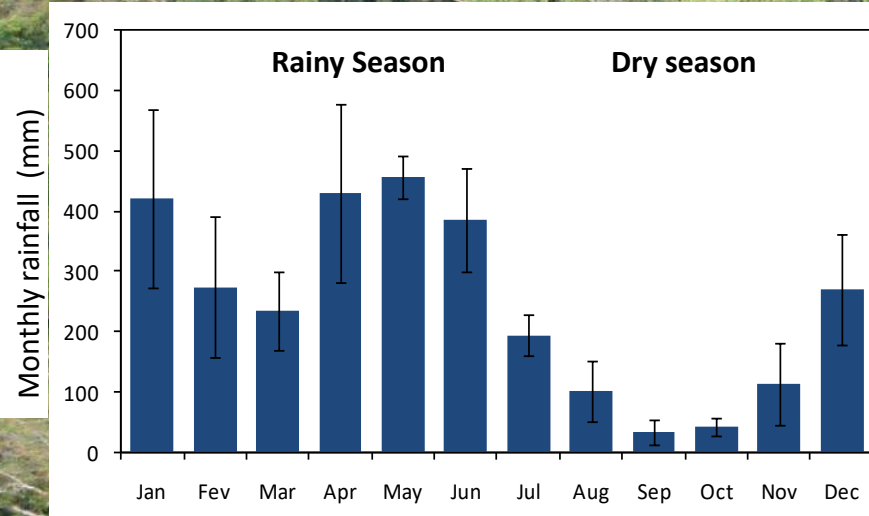
Carte de Pluviométrie



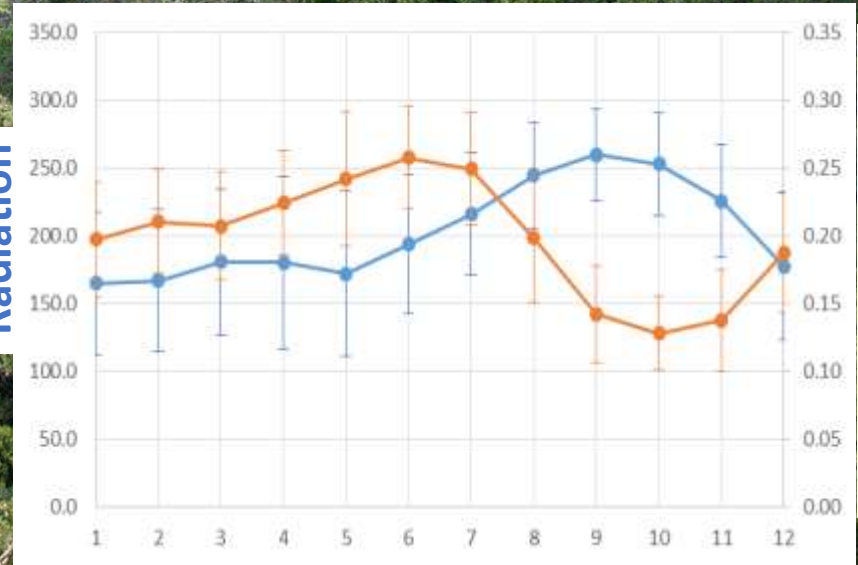
> 1500 mm / an

Variations saisonnières du climat en Forêt tropicale humide – Exemple Guyane

Forte pluviométrie, avec variations saisonnières et forte variabilité interannuelle



Radiation



Soil Water Content (%)

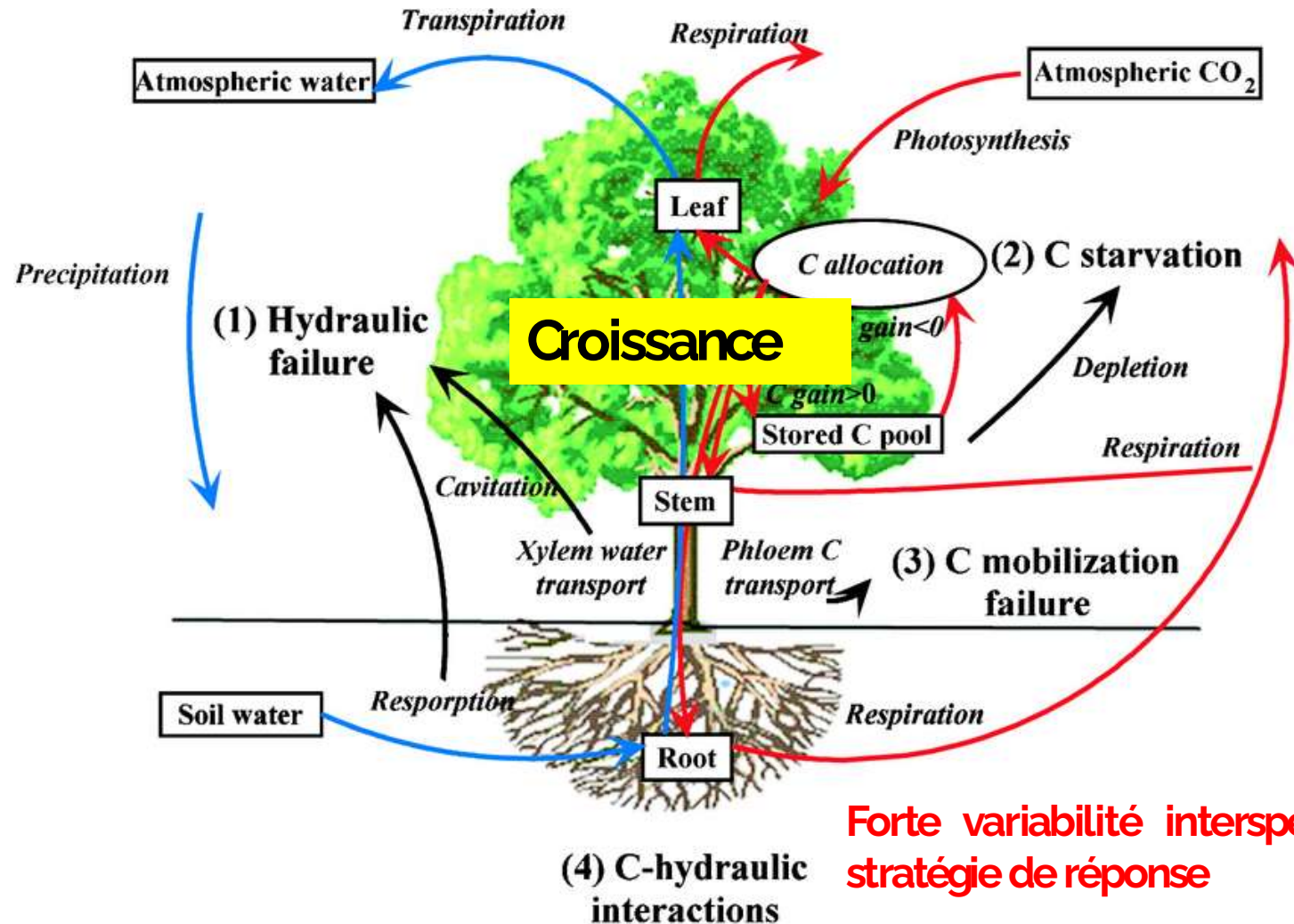
Plan

- Les Forêts Tropicales Humides (FTH)
- Impact de la sécheresse sur le fonctionnement des plantes

Quelques notions

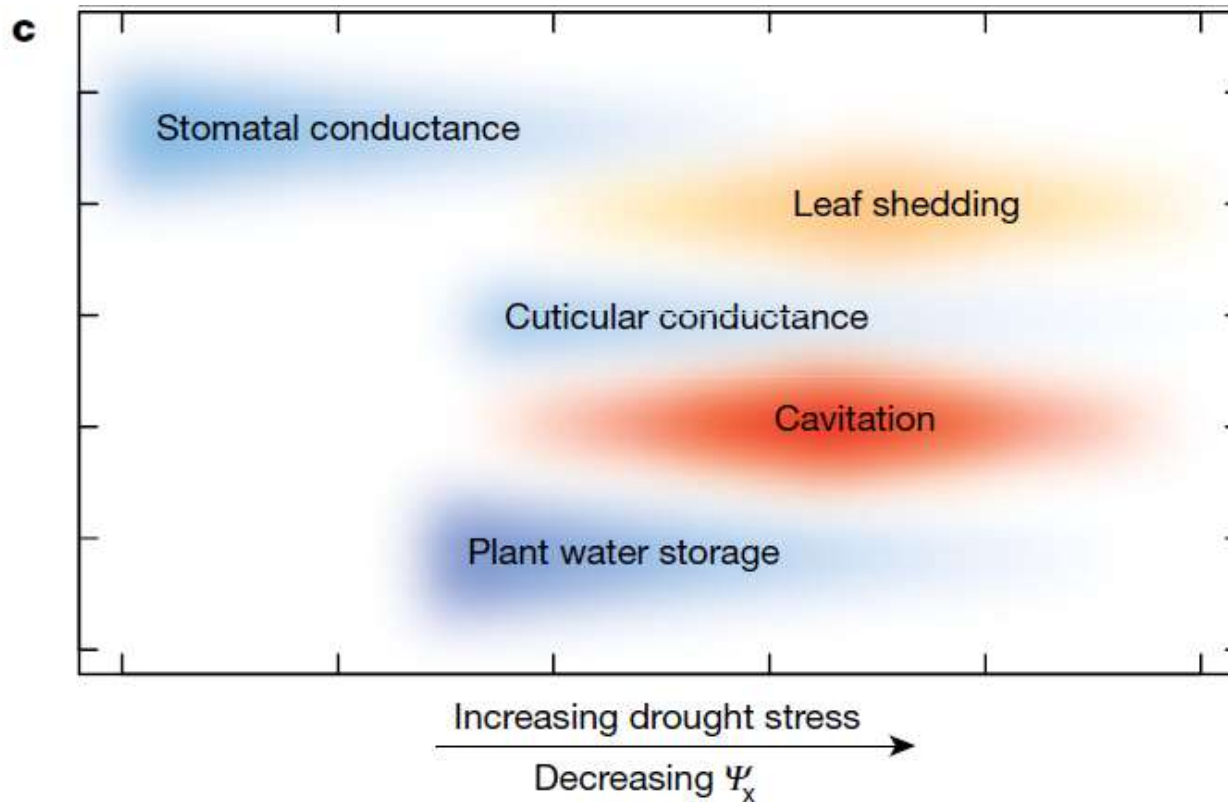


Impact de la sécheresse sur le fonctionnement des arbres



Forte variabilité interspécifique de stratégie de réponse

Impact de la sécheresse sur le fonctionnement des arbres



Différentes phases de la réponse des plantes à la sécheresse édaphique

Forte variabilité interspécifique de stratégie de réponse

Plan

- Les Forêts Tropicales Humides (FTH)
- Impact de la sécheresse sur le fonctionnement des plantes
- Changements climatiques en FTH



Les changements climatiques en FTH

“Since the early 1980s, the Amazonian region has been warming significantly at an average rate of 0.27 °C per decade during the dry season, with the highest rates of up to 0.6 °C per decade in the centre and southeast of the biome.”

“Only a few small areas in the west of the biome are significantly cooling, by around 0.1 °C per decade. »
[Flores et al 2024.](#)

Since the early 1980s, rainfall conditions have also changed.
Peripheral and central parts of the Amazon forest **are drying** significantly, such as in the southern Bolivian Amazon, where annual rainfall reduced by up to 20 mm yr⁻¹.

By contrast, parts of the western and eastern Amazon forest are **becoming wetter**, with annual rainfall increasing by up to 20 mm yr⁻¹.

[Marengo et al 2022](#)

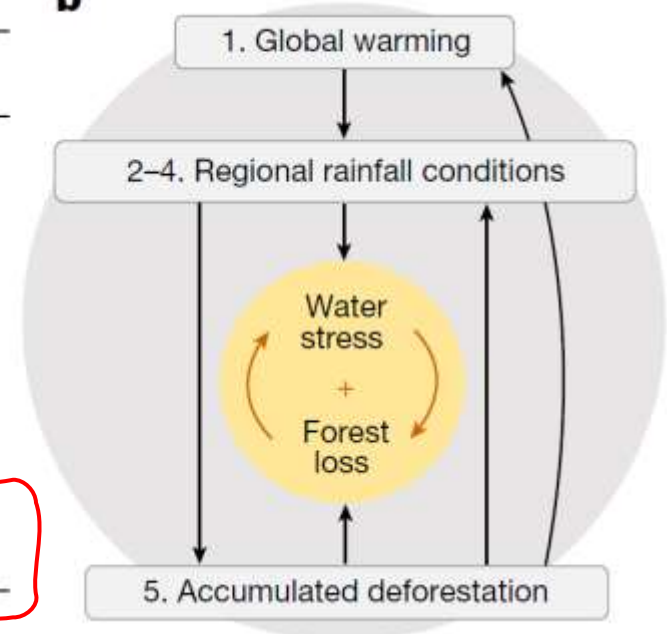
Variabilité spatiale !

Principaux facteurs critiques

a

Drivers of water stress	Critical threshold	Safe boundary	Confidence
1. Global warming	2 °C (2 to 6 °C)	1.5 °C	Low ^{3,14,71–74}
2. Annual rainfall	1,000 mm (800 to 1,150 mm)	1,800 mm	Medium ^{78,79}
3. Rainfall seasonality intensity (MCWD)	–450 mm (–400 to –500 mm)	–350 mm	Medium ^{37,80}
4. Dry season length	8 months (7.5 to 8.5 months)	5 months	Medium ⁷⁹
5. Accumulated deforestation	20% deforested (20 to 50%)	10% deforested	Low ^{67,81}

b



Analysis

Critical transitions in the Amazon forest system

<https://doi.org/10.1038/s41586-023-06970-0>

Received: 29 August 2022

Accepted: 13 December 2023

Published online: 14 February 2024

Bernardo M. Flores^{1,2}, Encarni Montoya³, Boris Sakschewski⁴, Nathália Nascimento¹, Arie Staal⁵, Richard A. Betts^{6,7}, Carolina Levis⁸, David M. Lapola⁹, Adriane Esquivel-Muelbert¹⁰, Catarina Jakovaci¹¹, Carlos A. Nobre¹², Rafael S. Oliveira¹³, Laura S. Borma¹⁴, Da Nian¹⁵, Niklas Boers¹⁶, Susanna B. Hecht¹⁷, Hans ter Steege^{18,19}, Julia Arielira²⁰, Isabella L. Lucas²¹, Erika Berenguer²², José A. Marengo^{23,24}, Luciana V. Gatti²⁵, Caio R. C. Mattos²⁶ & Marina Hirota^{12,28,29}

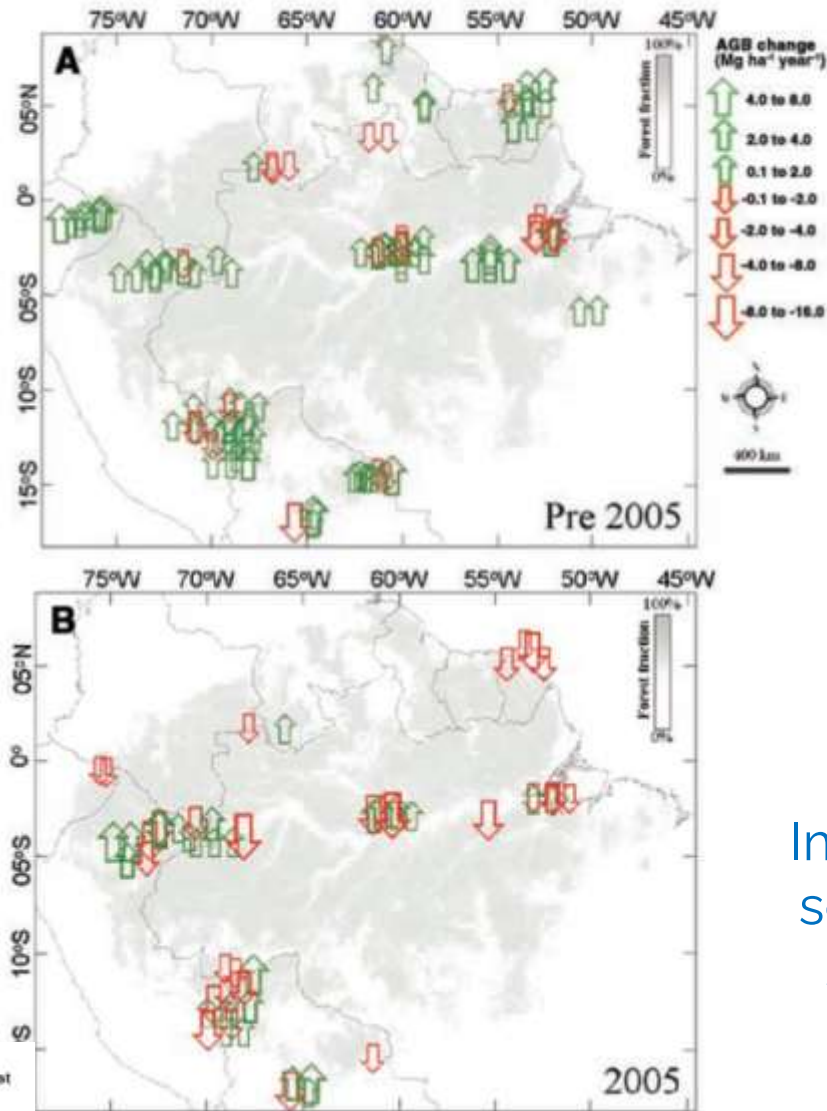
Plan

- Les Forêts Tropicales Humides (FTH)
- Impact de la sécheresse sur le fonctionnement des plantes
- Changements climatiques en FTH
- Impact de sécheresses extrêmes et des changements climatiques sur les FTH



Impact d'un évènement extrême (El Nino 2005) sur la productivité

2005 El Nino event



Impact très fort de la sécheresse de 2005 sur la productivité

Tendances générales sur AGB, Productivité et Mortalité

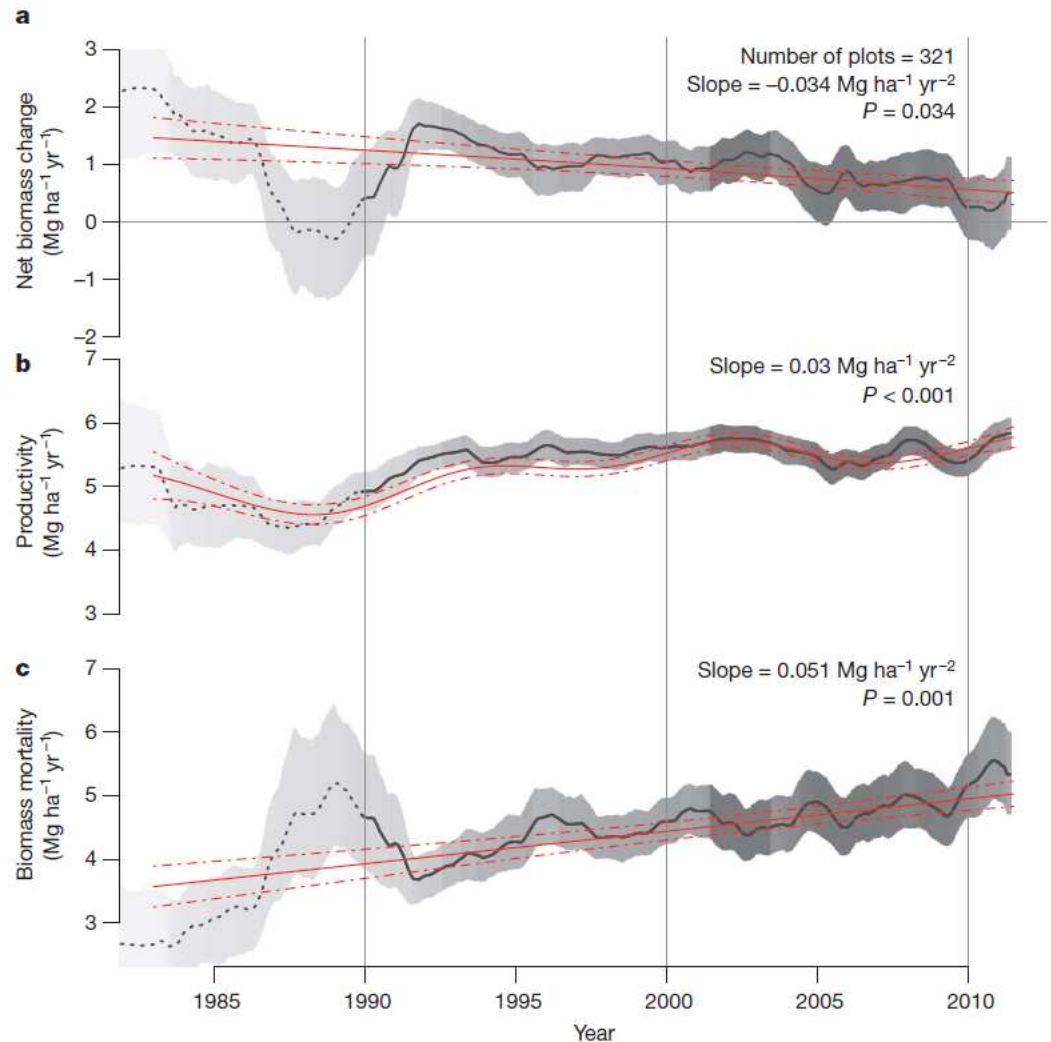
A travers l'Amazonie, les taux de mortalité des arbres augmentent dans la plupart des sites, réduisant le stockage de carbone (Brienen et al. 2015).

LETTER

Long-term decline of the Amazon carbon sink

Brienen et al 2015

Cela a tendance à favoriser le remplacement par des espèces mieux adaptées à la sécheresse (Esquivel-Muelbert et al. 2019).



Received 10 February 2019 | Revised 27 June 2019 | Accepted 9 July 2019
DOI: 10.1111/rosc.12288

PRIMARY RESEARCH ARTICLE

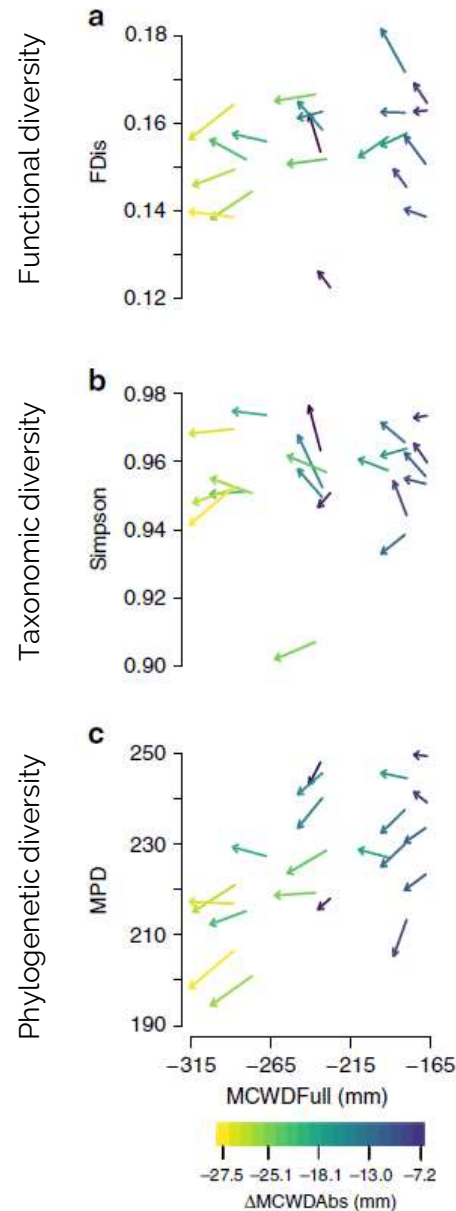
WILEY Global Change Biology

Compositional response of Amazon forests to climate change

Adriane Esquivel-Muelbert¹ | Timothy R. Baker¹ | Kyle G. Dexter^{2,3} | Simon L. Lewis^{1,4} |
Roel J. W. Brienen⁵ | Ted R. Feldpausch⁶ | Jon Lloyd⁶ | Abel Monteagudo-Mendoza^{7,8} |

Changement de composition floristique dû aux sécheresses

1 flèche = Tendance pour 1 plot
 La pente = Changement de diversité
 La couleur = Changement de déficit hydrique maximum subi



2020

ARTICLE

<https://doi.org/10.1038/s41467-020-16775-4>

OPEN

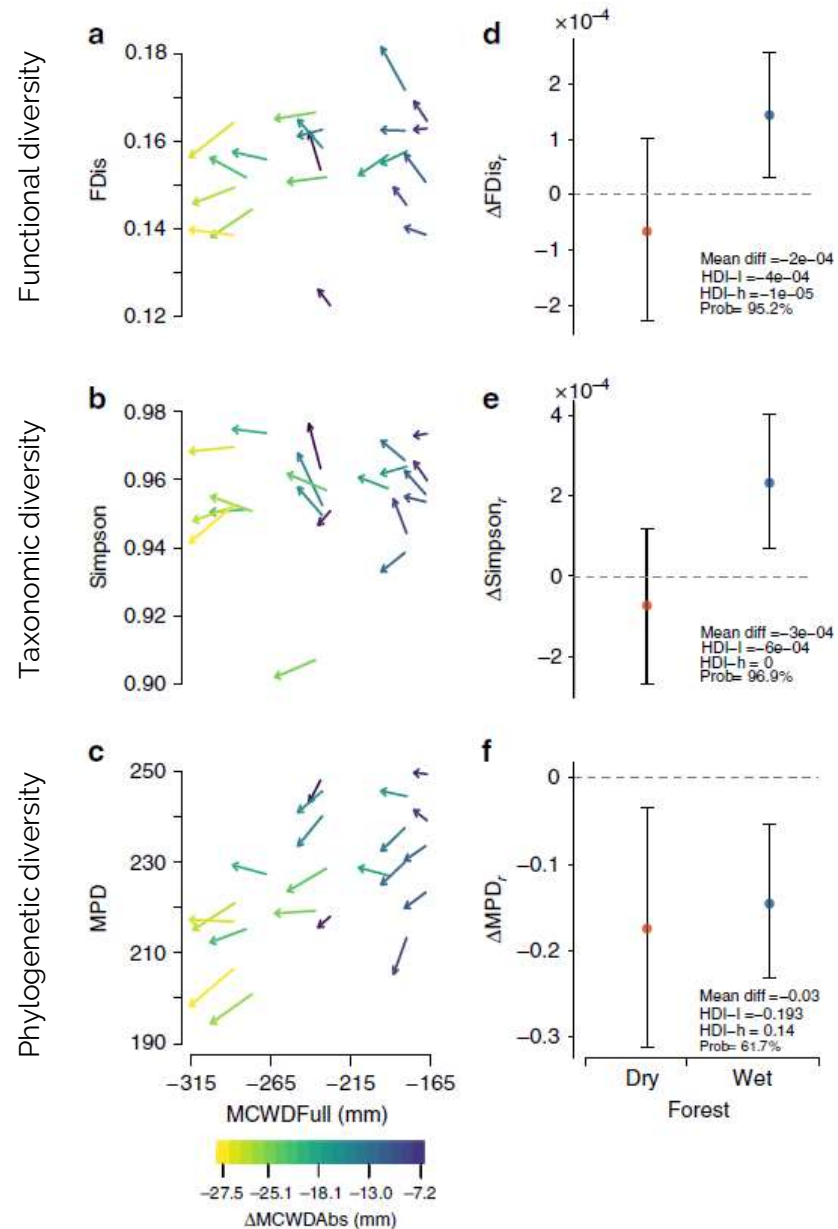
Long-term droughts may drive drier tropical forests towards increased functional, taxonomic and phylogenetic homogeneity

Jesús Aguirre-Gutiérrez^{1,2,10}, Yaduvinder Malhi¹, Simon L. Lewis^{3,4}, Sophie Fauset⁵,
 Stephen Adju-Breda⁶, Kofi Affum-Baffoe⁷, Timothy R. Baker⁸, Agnė Gvozdevaitė¹, Wannes Hubau^{1,8},
 Sam Moore¹, Theresa Poprah⁹, Kasia Ziemińska^{9,10}, Oliver L. Phillips⁹ & Imma Oliveras¹

Mean maximum climatic water deficit by plot over 1964–2013

Changement de composition floristique dû aux sécheresses

1 flèche = Tendance pour 1 plot
La pente = Changement de diversité
La couleur = Changement de déficit hydrique maximum subi



2020

ARTICLE

<https://doi.org/10.1038/s41467-020-16775-4>

OPEN

Long-term droughts may drive drier tropical forests towards increased functional, taxonomic and phylogenetic homogeneity

Jesús Aguirre-Gutiérrez^{1,2,10}, Yadinder Malhi¹, Simon L. Lewis^{3,4}, Sophie Fauset⁵, Stephen Adju-Breda⁶, Kofi Affum-Baffoe⁷, Timothy R. Baker⁸, Agne Gvozdevaitė¹, Wannes Hubau^{1,8}, Sam Moore¹, Theresa Poprah⁹, Kasia Ziemińska^{9,10}, Oliver L. Phillips⁹ & Imma Oliveras¹

Mean maximum climatic water deficit by plot over 1964–2013

Importante littérature sur un avenir incertain ...

RESEARCH ARTICLE | ECOLOGY |



Increasing and widespread vulnerability of intact tropical rainforests to repeated droughts

Shengli Tao, Jérôme Chave, Pierre-Louis Frison, and Sassan Saatchi [Authors Info & Affiliations](#)

nature
climate change

ARTICLES

<https://doi.org/10.1038/s41558-022-01287-8>



OPEN

Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s

Chris A. Boulton¹, Timothy M. Lenton¹ and Niklas Boers^{1,2,3}

Satellite observations from across the Amazon suggest that forest resilience has been decreasing since the early 2000s, possibly as a result of global changes

ECOLOGY LETTERS

Letter

Drought-induced shifts in the floristic and functional composition of tropical forests in Ghana

Sophie Fauset, Timothy R. Baker, Simon L. Lewis, Ted R. Feldpausch, Kofi Affum-Baffoe, Ernest G. Foli, Keith C. Hamer, Michael D. Swaine

First published: 19 July 2012 | <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01834.x> | Citations: 192

Et pas qu'en Amazonie !

Les sécheresses répétées ont provoqué un déclin soutenu du signal radar dans 93 %, 84 % et 88 % des forêts tropicales humides intactes des Amériques, de l'Afrique et de l'Asie, respectivement.

Cela souligne que la capacité des forêts tropicales humides à travers le globe à résister aux futures sécheresses est limitée.

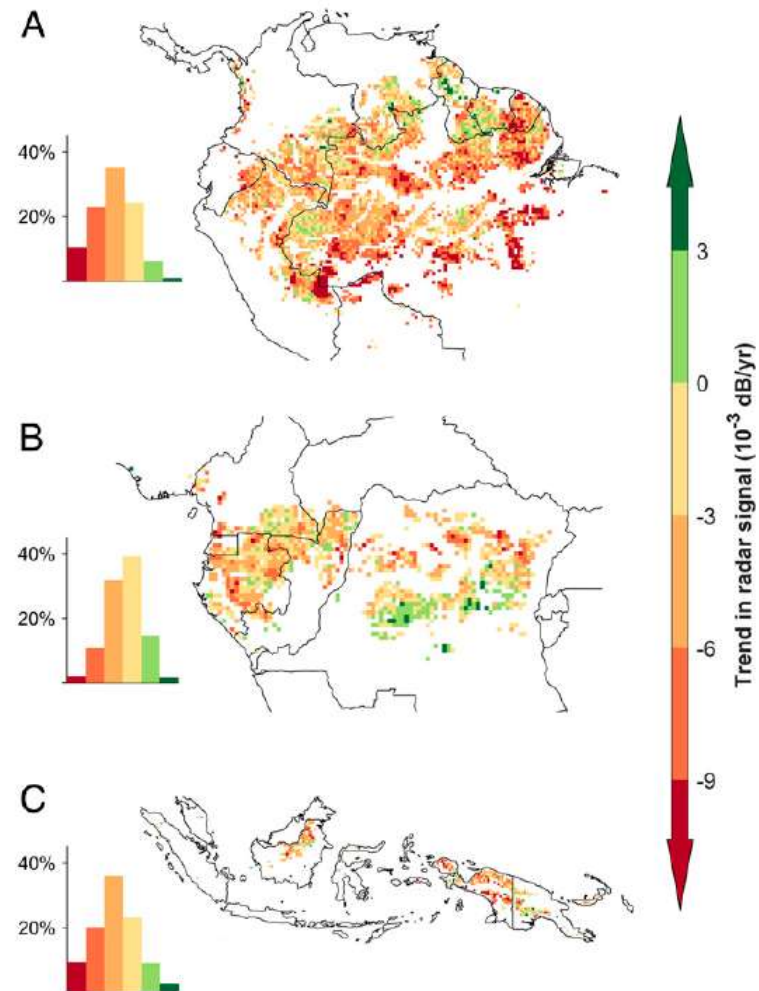


Fig. 2. Spatial patterns of the radar signal trends (1992–2018) for the (A) American, (B) African, and (C) Asian intact tropical rainforests. A linear regression was fitted to the monthly radar signals in each intact tropical rainforest pixel, and the slope of the regression is reported. The histograms beside each regional map show the proportion of pixels in each trend class. The color bar and numeric legend values are the same in the histograms and maps.

Importante littérature sur un avenir incertain ...

Armstrong McKay *et al.*, *Science* **377**, 1171 (2022) | 9 September 2022

RESEARCH

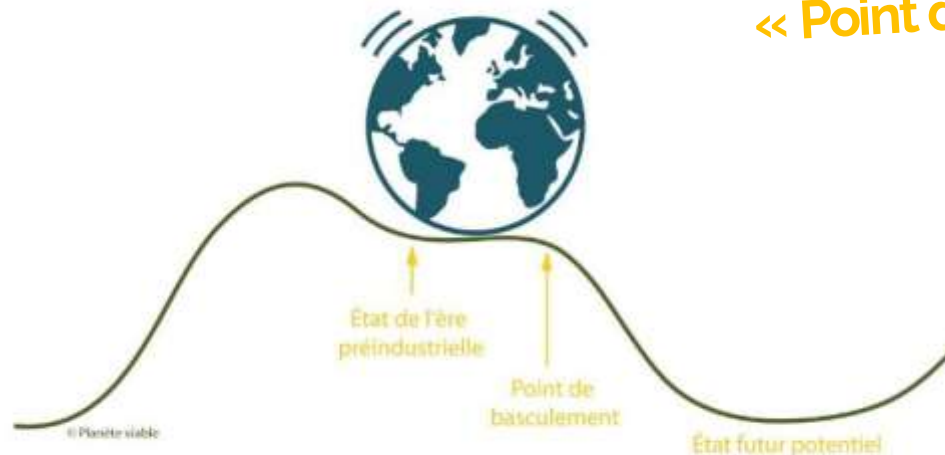
RESEARCH ARTICLE

CLIMATE CHANGE

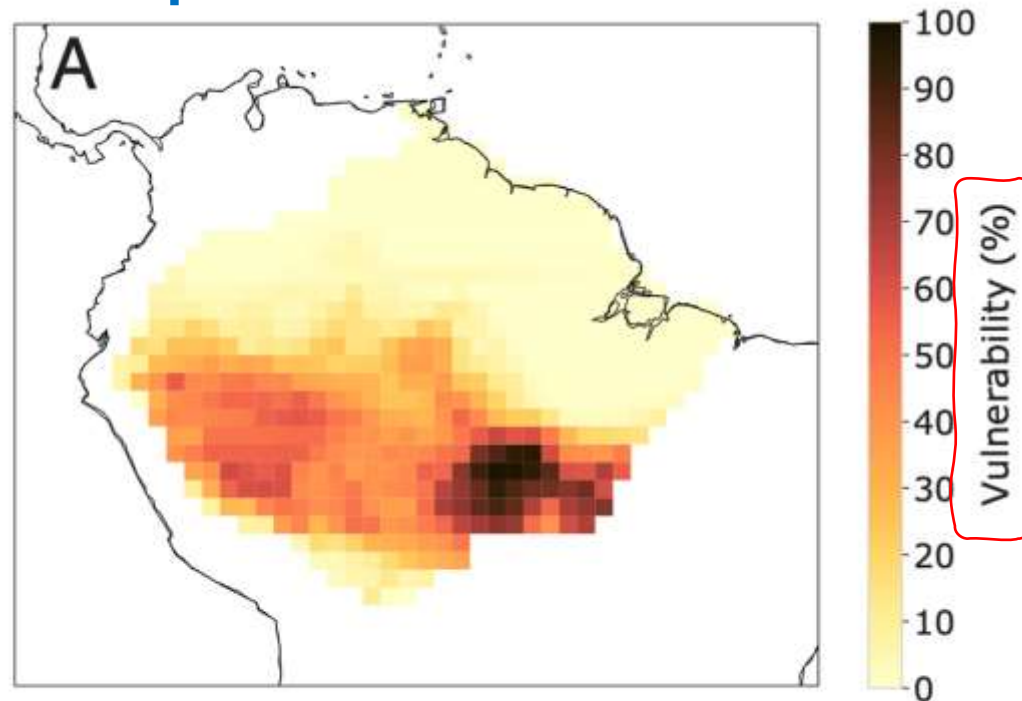
Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points

David I. Armstrong McKay^{1,2,3,4*}, Arie Staal^{1,2,5}, Jesse F. Abrams³, Ricarda Winkelmann^{6,7}, Boris Sakschewski⁸, Sina Loriani⁶, Ingo Fetzer^{1,2}, Sarah E. Cornell^{1,2}, Johan Rockström^{1,6}, Timothy M. Lenton^{3*}

« Tipping point »
« Point critique »
« Point de basculement »



Est-ce que les forêts tropicales humides sont proches d'un point de basculement ?



The map shows the likelihood of tipping (vulnerability) as an average across the Amazon. The southeastern region is more vulnerable than other regions, but also the southern and southwestern regions are affected. Figure from [Wunderling et al 2022](#). (CC BY-NC-ND).

RESEARCH ARTICLE | ENVIRONMENTAL SCIENCES



Recurrent droughts increase risk of cascading tipping events by outpacing adaptive capacities in the Amazon rainforest

Nico Wunderling, Arie Staal, Boris Sakschewski, and Ricarda Winkelmann [Authors Info & Affiliations](#)

Edited by Arun Agrawal, University of Michigan, Ann Arbor, MI; received November 15, 2021; accepted July 6, 2022

August 2, 2022 119 (32) e2120777119 <https://doi.org/10.1073/pnas.2120777119>

Est-ce que les forêts tropicales humides sont proches d'un point de basculement ?

nature climate change

Matters arising

<https://doi.org/10.1038/s41558-023-01853-8>

Little evidence that Amazonian rainforests are approaching a tipping point

Received: 31 July 2022

Accepted: 6 October 2023

Published online: 9 November 2023

 Check for updates

Shengli Tao¹, Jean-Pierre Wigneron², Jerome Chave³,
Zhiyao Tang¹, Zhiheng Wang¹, Jiangling Zhu¹, Qinghua Guo⁴, Yi Y. Liu⁵ &
Philippe Ciais⁶

ARISING FROM C. A. Boulton et al. *Nature Climate Change* <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01287-8> (2022)



Controverse

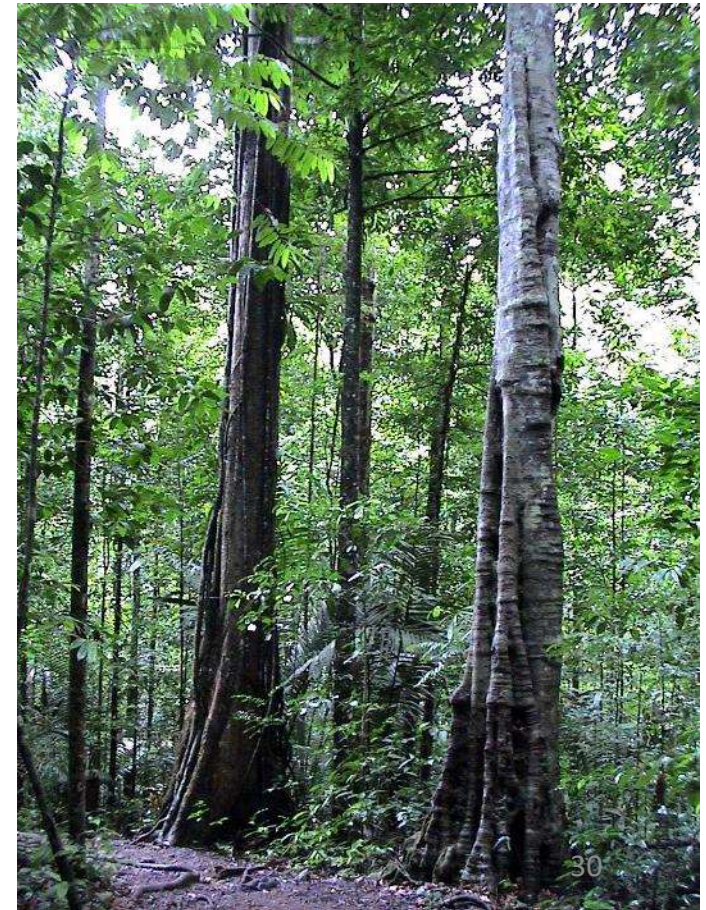
Des stratégies différentes de réponse à la sécheresse ?



Est-ce que les espèces d'arbre ont les mêmes capacités d'adaptation ?

Est-ce que toutes les espèces répondent de la même façon à la sécheresse ?

Etudes en écologie fonctionnelle depuis des décennies pour comprendre la diversité de réponse des espèces d'arbre de la canopée aux sécheresses et imaginer la composition future de ces écosystèmes



Des stratégies différentes de réponse à la sécheresse



Photosynthèse

BIOTROPICA 45(2): 155–164 2013

10.1111/j.1744-7429.2012.00902.x

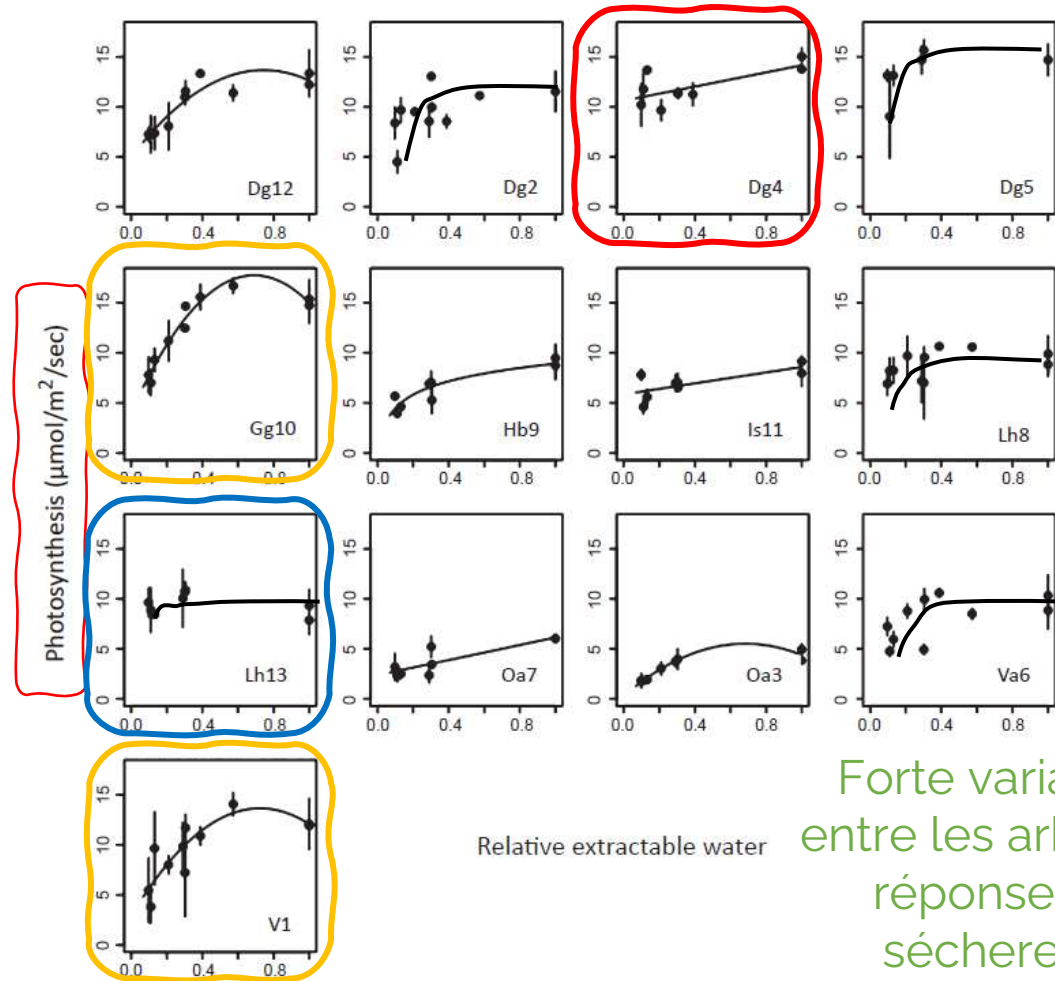
Influence of Seasonal Variations in Soil Water Availability on Gas Exchange of Tropical Canopy Trees

Clément Stahl¹, Benoit Burban¹, Fabien Wagner², Jean-Yves Goret¹, Félix Bompy¹, and Damien Bonal^{1,3,4}

Des stratégies différentes de réponse à la sécheresse



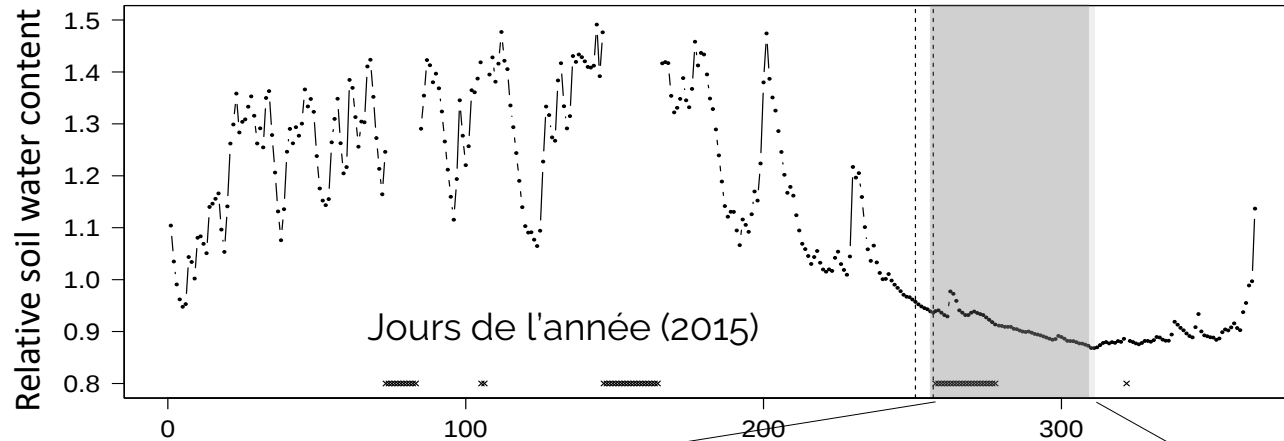
Photosynthèse



Forte variabilité
entre les arbres de
réponse à la
sécheresse

FIGURE 3. Relationships between saturated net photosynthesis (A_{sat} , $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) (mean $\pm$ SE) and relative extractable water (REW) for each tree. Solid lines indicate significant relationships at $P < 0.05$.

Des stratégies différentes de réponse à la sécheresse



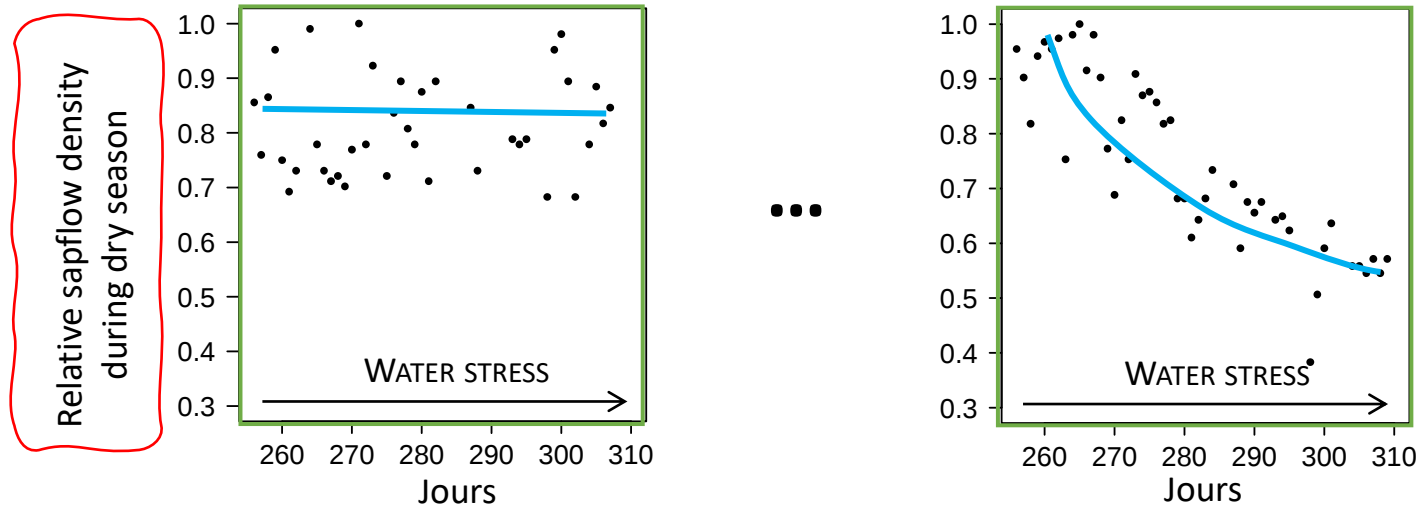
Transpiration



Mesures de densité de flux de sève sur 22 arbres adultes de la canopée :
10 espèces différentes

Suivi en continu de la transpiration des arbres au cours de la saison sèche

Des stratégies différentes de réponse à la sécheresse



Des réponses très différentes entre arbres voisins

Qu'est-ce qui pourrait expliquer ces différences ?

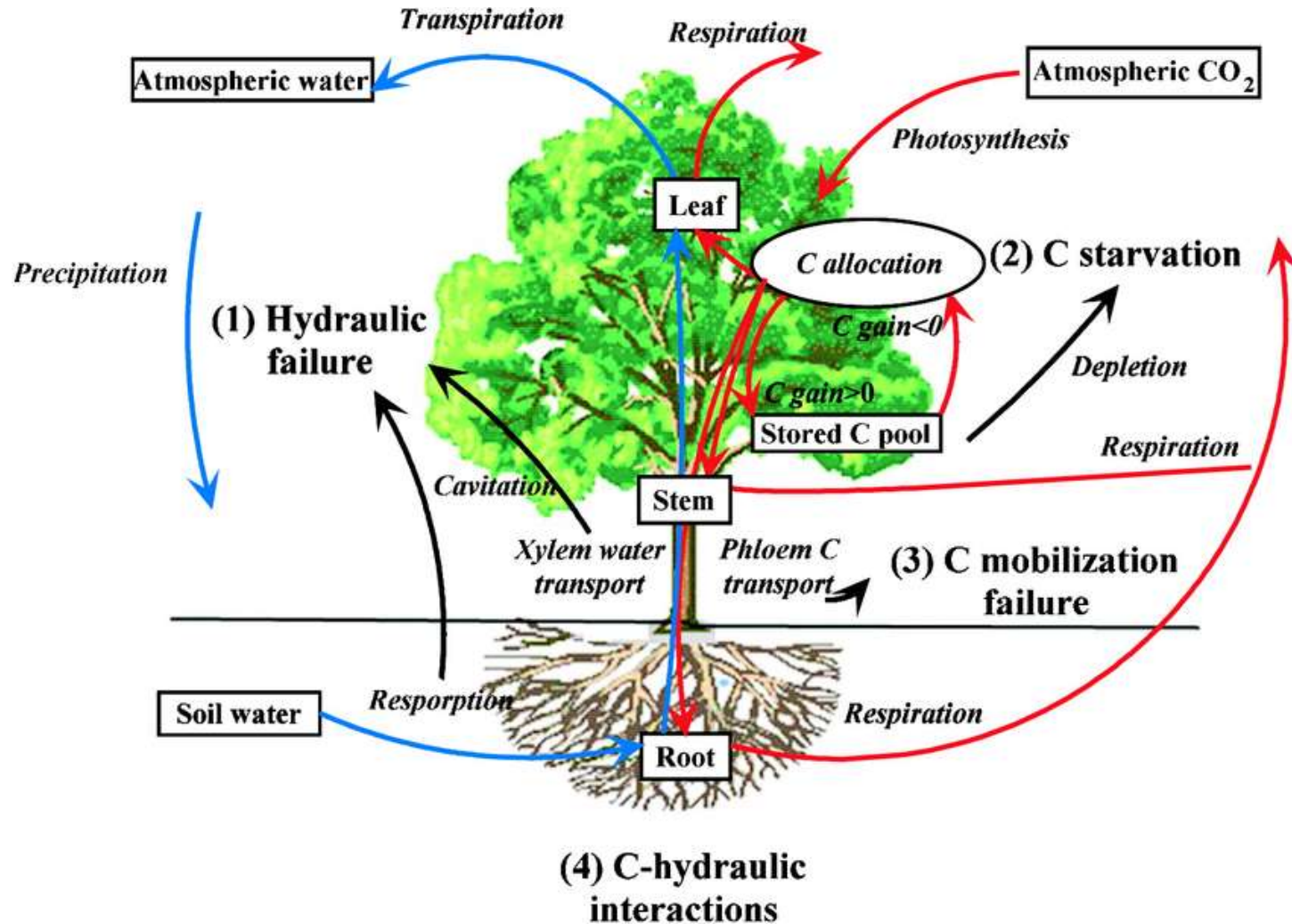
RESEARCH ARTICLE

Functional Ecology

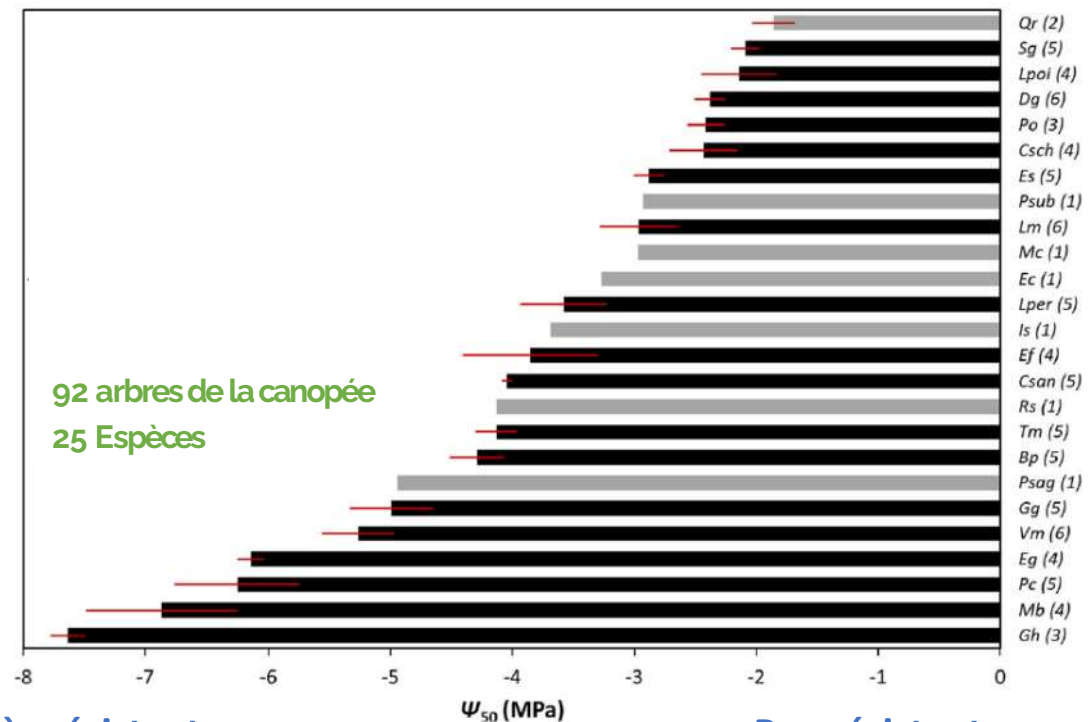
Dry-season decline in tree sapflux is correlated with leaf turgor loss point in a tropical rainforest

Isabelle Maréchaux^{1,2,3} | Damien Bonal⁴ | Megan K. Bartlett^{5,6} | Benoît Burban⁷ |
Sabrina Coste⁸ | Elodie A. Courtois^{9,10} | Maguy Dulorme¹¹ | Jean-Yves Goret⁷ |
Eléonore Mira¹¹ | Ariane Mirabel⁸ | Lawren Sack⁵ | Clément Stahl^{7,9} |
Jérôme Chave¹

Des stratégies différentes de réponse à la sécheresse



Des stratégies hydrauliques contrastées ?



Très résistantes
Marges de sécurité fortes

Peu résistantes
Marges de sécurité faibles

Annals of Forest Science (2019) 76:115
<https://doi.org/10.1007/s13595-019-0905-0>

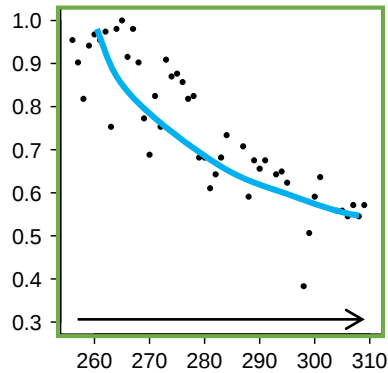
RESEARCH PAPER



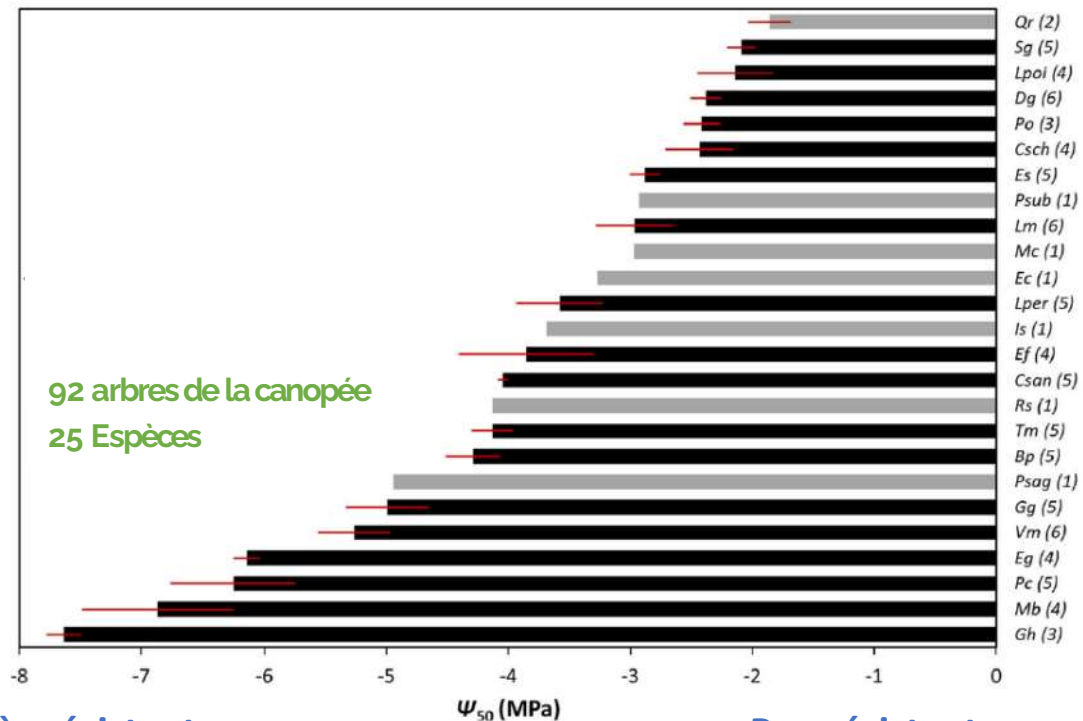
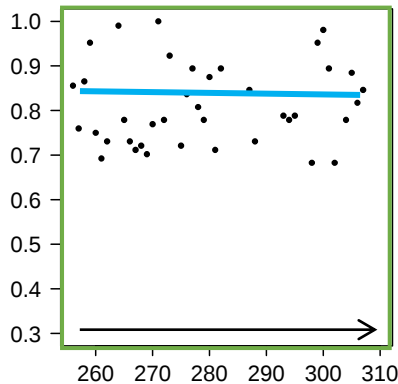
Large hydraulic safety margins protect Neotropical canopy rainforest tree species against hydraulic failure during drought

Camille Ziegler^{1,2} • Sabrina Coste³ • Clément Stahl² • Sylvain Delzon⁴ • Sébastien Levisonnois⁵ • Jocelyn Cazal² • Hervé Cochard⁶ • Adriane Esquivel-Muelbert^{7,8} • Jean-Yves Goret² • Patrick Heuret⁹ • Gaëlle Jaouen¹⁰ • Louis S. Santiago^{11,12} • Damien Bonal¹

Des stratégies hydrauliques contrastées ?



...



Très résistantes
Marges de sécurité fortes

Peu résistantes
Marges de sécurité faibles

Annals of Forest Science (2019) 76:115
<https://doi.org/10.1007/s13595-019-0905-0>

RESEARCH PAPER

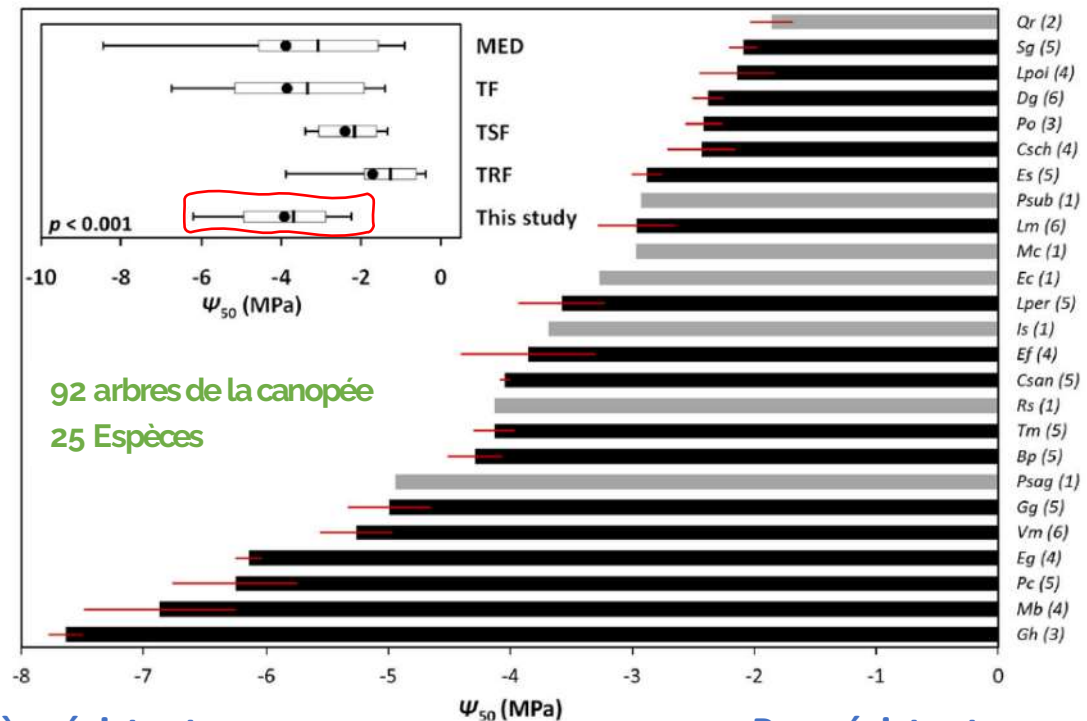
Large hydraulic safety margins protect Neotropical canopy rainforest tree species against hydraulic failure during drought

Camille Ziegler^{1,2} • Sabrina Coste³ • Clément Stahl² • Sylvain Delzon⁴ • Sébastien Levisonnois⁵ • Jocelyn Cazal² • Hervé Cochard⁶ • Adriane Esquivel-Muelbert^{7,8} • Jean-Yves Goret² • Patrick Heuret⁹ • Gaëlle Jaouen¹⁰ • Louis S. Santiago^{11,12} • Damien Bonal¹



Des stratégies hydrauliques contrastées ?

MED: Mediterranean forests
 TF: Temperate Forest
 TSF Tropical Seasonal Forest
 TRF: Tropical Rainforest
 TRF: Tropical Rainforest (our study)



Très résistantes
 Marges de sécurité fortes

Peu résistantes
 Marges de sécurité faibles

Annals of Forest Science (2019) 76:115
<https://doi.org/10.1007/s13595-019-0905-0>

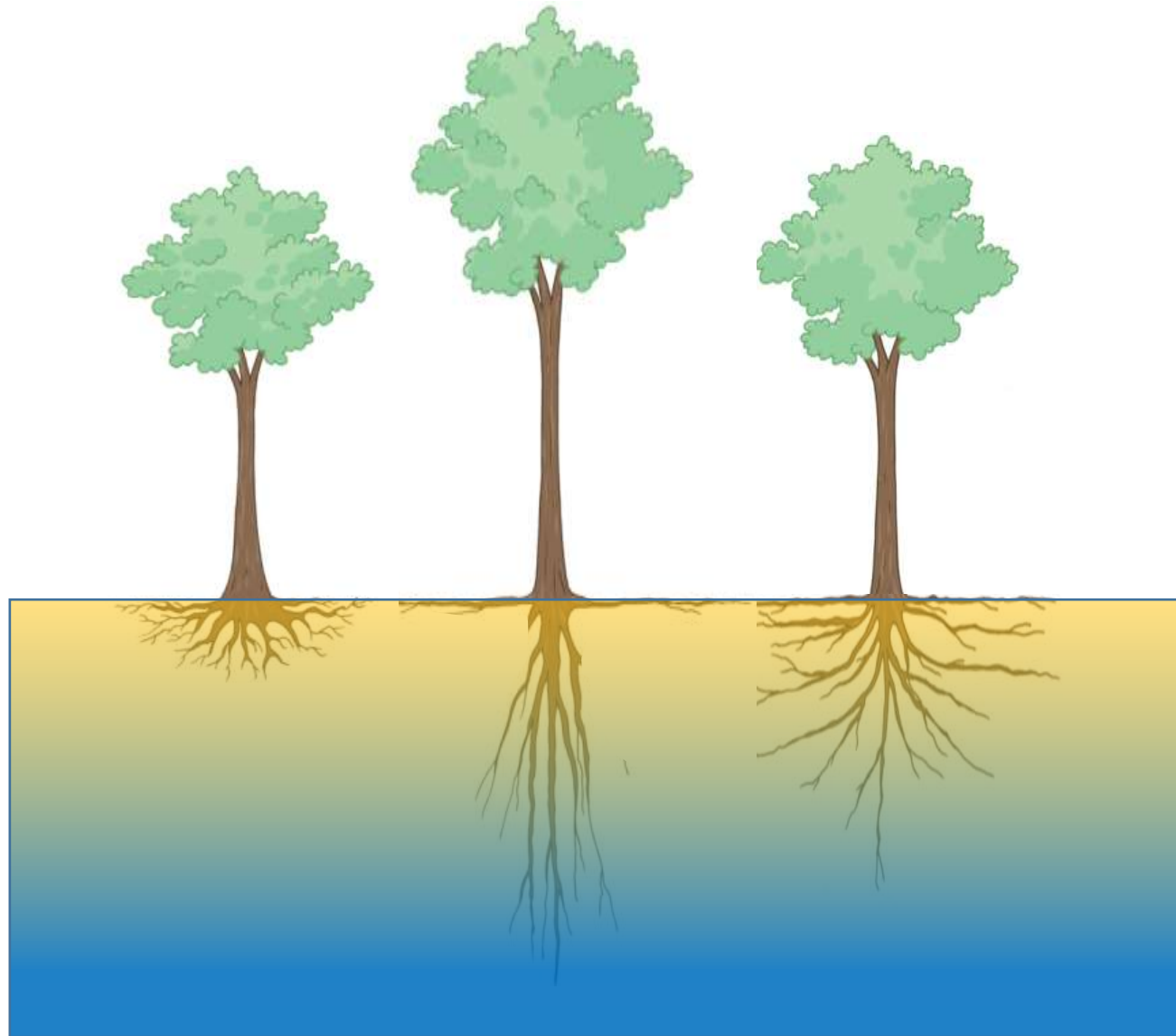
RESEARCH PAPER



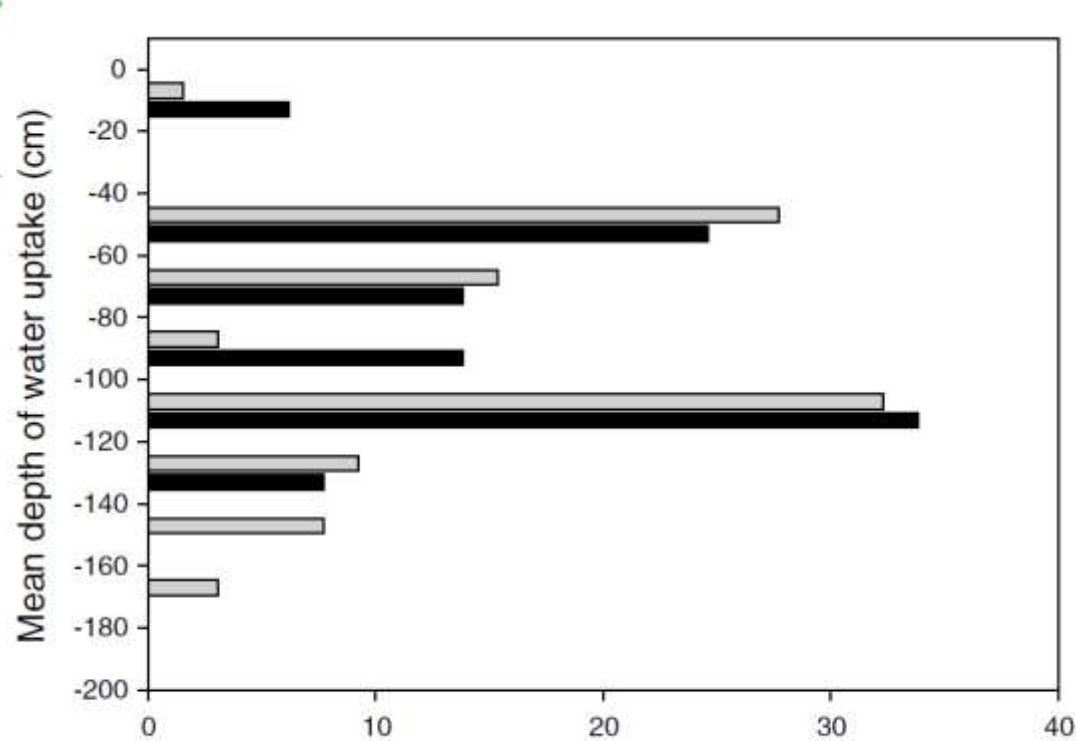
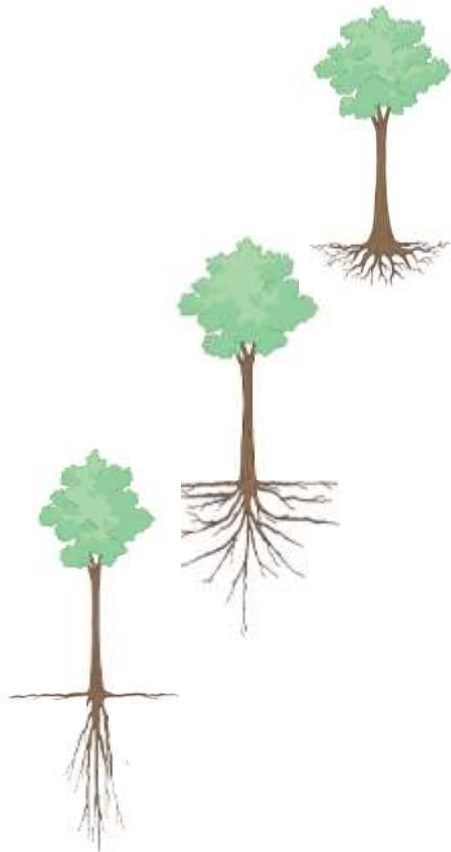
Large hydraulic safety margins protect Neotropical canopy rainforest tree species against hydraulic failure during drought

Camille Ziegler^{1,2} • Sabrina Coste³ • Clément Stahl² • Sylvain Delzon⁴ • Sébastien Levisonnois⁵ • Jocelyn Cazal² • Hervé Cochard⁶ • Adriane Esquivel-Muelbert^{7,8} • Jean-Yves Goret² • Patrick Heuret⁹ • Gaëlle Jaouen¹⁰ • Louis S. Santiago^{11,12} • Damien Bonal¹

Des stratégies différentes de développement des racines ?



Des stratégies différentes de développement des racines ?



65 trees
Diameters = 1.3–79.9 cm
Heights = 2.0–38.0 m.
47 different species

Percentage of the number of trees in the different classes of mean depth of soil water uptake during the dry season

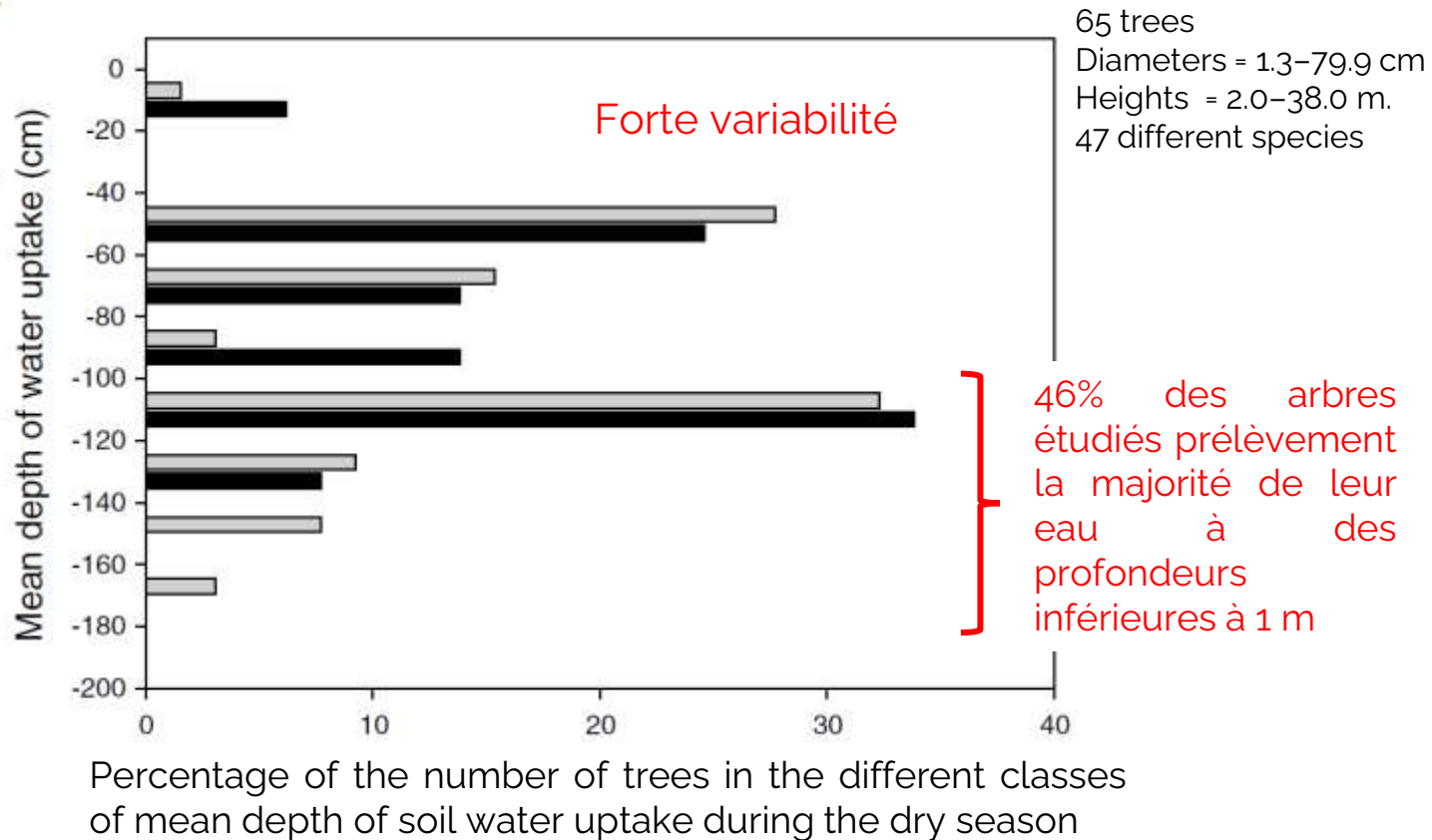
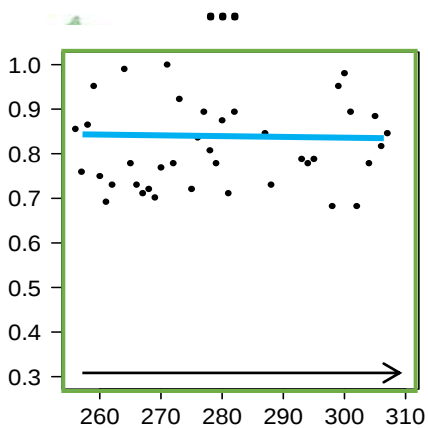
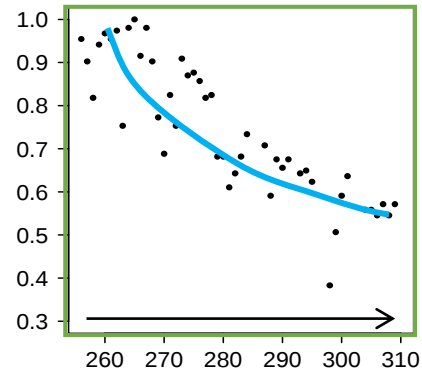
Oecologia (2013) 173:1191–1201
DOI 10.1007/s00442-013-2724-6

PHYSIOLOGICAL ECOLOGY - ORIGINAL RESEARCH

Depth of soil water uptake by tropical rainforest trees during dry periods: does tree dimension matter?

Clément Stahl · Bruno Hérault · Vivien Rossi ·
Benoît Burban · Claude Bréchet · Damien Bonal

Des stratégies différentes de développement des racines ?



Oecologia (2013) 173:1191–1201
DOI 10.1007/s00442-013-2724-6

PHYSIOLOGICAL ECOLOGY - ORIGINAL RESEARCH

Depth of soil water uptake by tropical rainforest trees during dry periods: does tree dimension matter?

Clément Stahl · Bruno Hérault · Vivien Rossi ·
Benoît Burban · Claude Bréchet · Damien Bonal

Quelles interactions entre toutes ces espèces d'arbre vis-à-vis de l'acquisition et l'utilisation des ressources ?



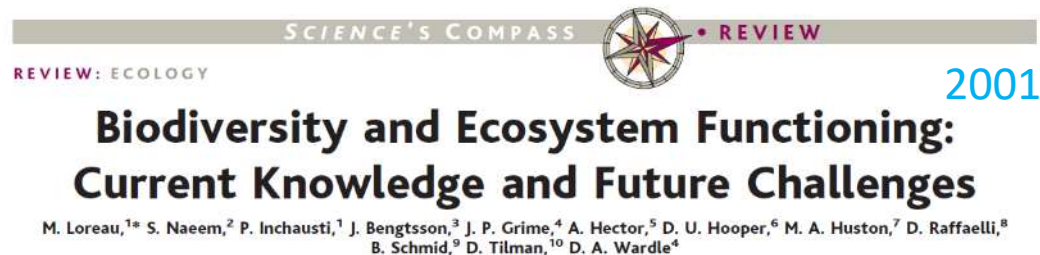
Plan

- Les Forêts Tropicales Humides (FTH)
- Impact de la sécheresse sur le fonctionnement des plantes
- Changements climatiques en FTH
- Impact de sécheresses extrêmes et des changements climatiques sur les FTH
- Que peut-on apprendre des travaux sur l'impact de la diversité en espèce d'arbres sur le fonctionnement des écosystèmes en forêts mélangées tempérées ou boréales ?

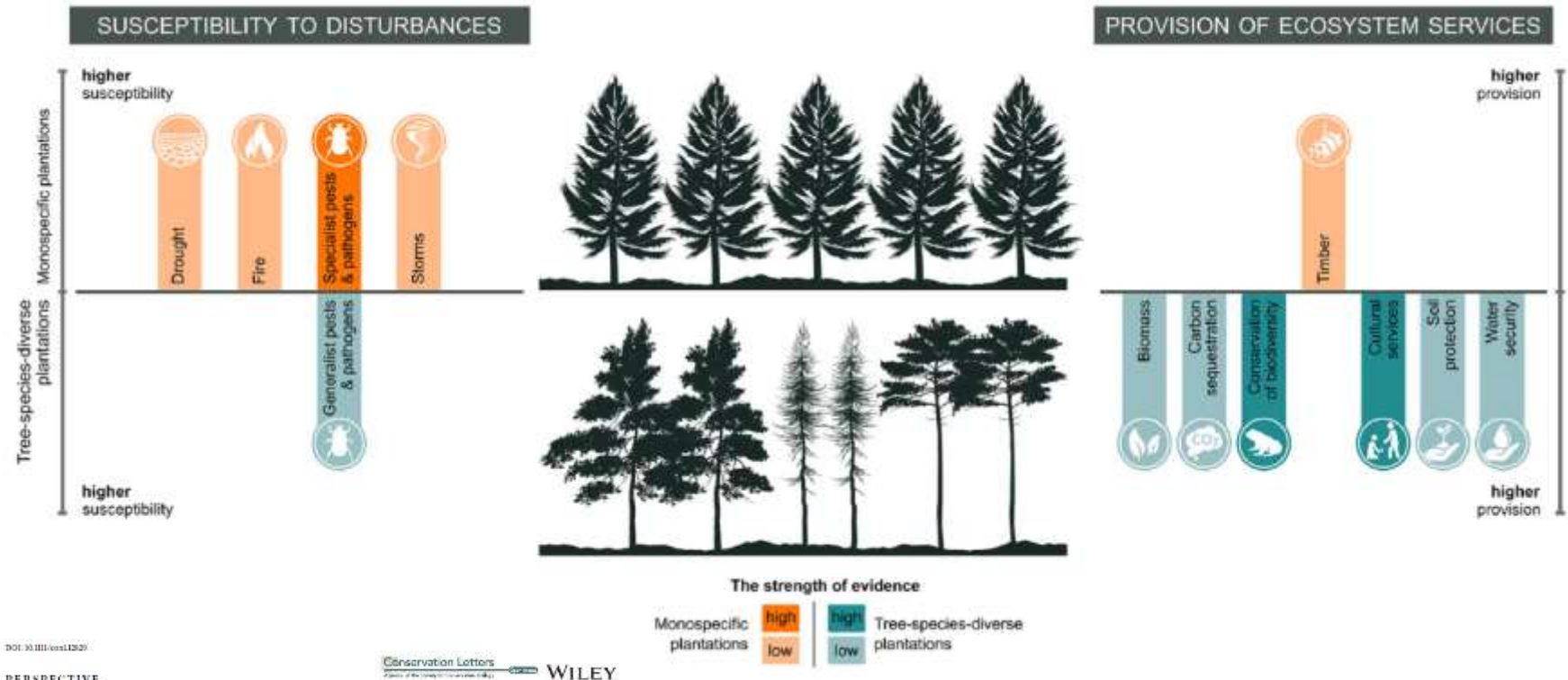


Impact de la diversité sur le fonctionnement des écosystèmes

"Theory and experiments have established the significance of biodiversity as a key driver of ecosystem functioning."



Intérêts des forêts mélangées



For the sake of resilience and multifunctionality, let's diversify planted forests! **2022**

Christian Messier^{1,2} | Jürgen Bauhus³ | Rita Sousa-Silva¹ | Harald Auge^{4,5} | Lander Baeten⁶ | Nadia Barsoum⁷ | Helge Bruelheide^{5,8} | Benjamin Caldwell⁹ | Jeannine Cavender-Bares¹⁰ | Els Dhiedt⁹ | Nico Eisenhauer^{5,11} | Gislène Ganade¹² | Dominique Gravel¹³ | Joannès Guillemot^{14,15} | Jefferson S. Hall¹⁶ | Andrew Hector¹⁷ | Bruno Hérault¹⁸ | Hervé Jactel¹⁹ | Julia Koricheva²⁰ | Holger Kreft^{21,22} | Simone Mereu^{23,24} | Bart Muys²⁵ | Charles A. Nock²⁶ | Alain Paquette² | John D. Parker²⁷ | Michael P. Perring^{6,28,29} | Quentin Ponette³⁰ | Catherine Potvin³¹ | Peter B. Reich^{12,33} | Michael Scherer-Lorenzen³⁴ | Florian Schnabel¹⁵ | Kris Verheyen⁴ | Martin Weih³⁵ | Meike Wollni³⁶ | Delphine Clara Zemp^{30,31,37}

Visual summary of the comparative
(1) susceptibility to some main forest disturbances (left)
(2) provision of key ecosystem services (right)
between monospecific (top) and tree-species-diverse plantations (bottom)

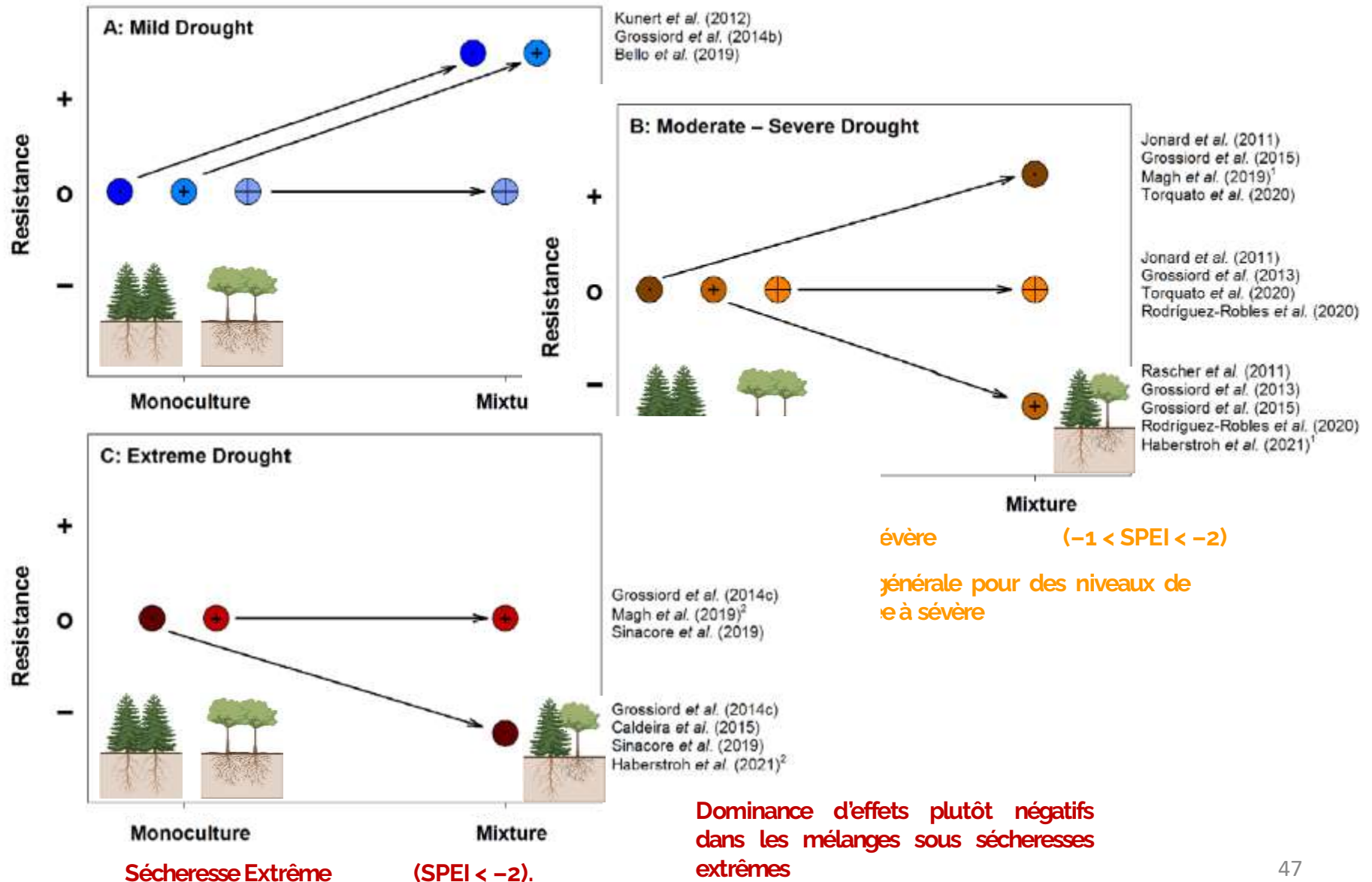
Une très grande variabilité des réponses observées ! Avec un effet du niveau des sécheresses !



Synthèse
de **18** études sur **35** espèces différentes
dans différents types d'écosystèmes
couvrant les forêts **tropicales à boréales**

Etudes qui testent les effets des **interactions**
entre la **sécheresse** et la **diversité en espèces**
sur la **transpiration** des arbres et des peuplements

Une très grande variabilité des réponses observées ! Avec un effet du niveau des sécheresses !

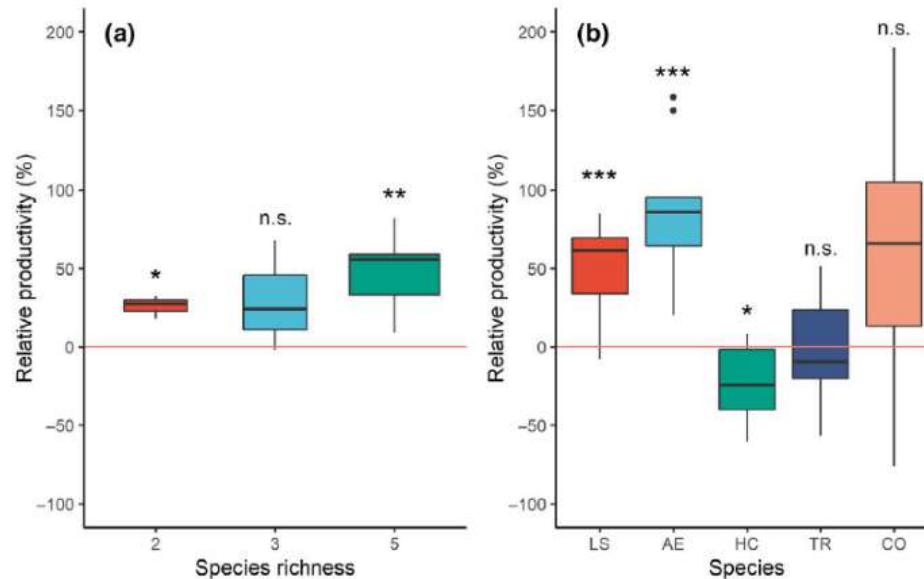


Quid des forêts tropicales humides ?



Très peu de travaux encore !
Mais quelques uns quand même !

Relation Biodiversité / Productivité en Forêt Tropicale Humide



Temporal mean (2006–2016) relative productivity of mixtures compared to monocultures



Sardinilla (central Panama)

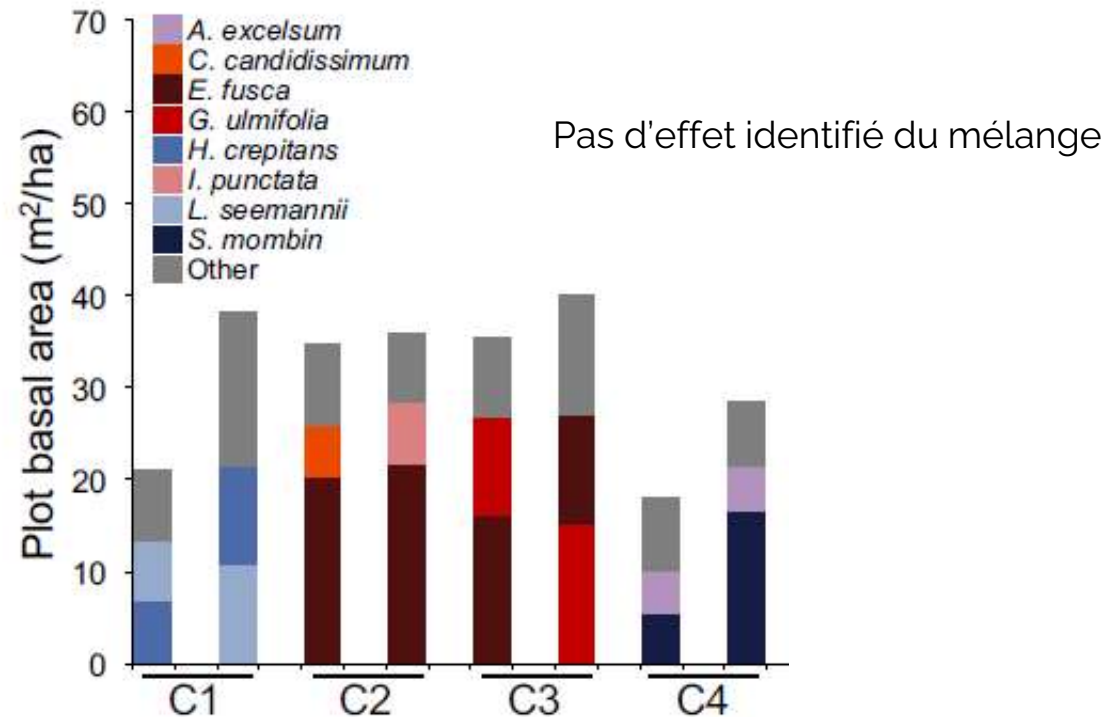
PRIMARY RESEARCH ARTICLE | [Open Access](#) |

Drivers of productivity and its temporal stability in a tropical tree diversity experiment

Florian Schnabel Julia A. Schwarz, Adrian Dănescu, Andreas Fichtner, Charles A. Nock, Jürgen Bauhus, Catherine Potvin

First published: 05 September 2019 | <https://doi.org/10.1111/gcb.14792> | Citations: 81

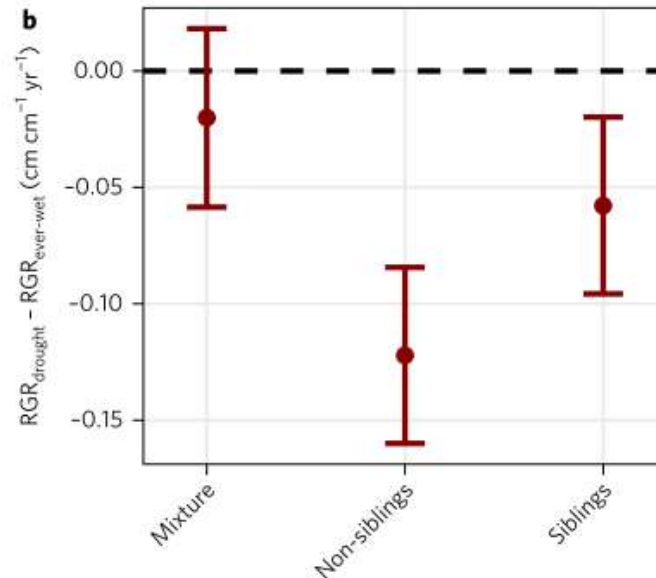
Relation Biodiversité / Productivité en Forêt Tropicale Humide



Basal area (m²/ha) of plots in year 10, with colored sections representing the BA of the two largest species within each plot.

Plots are grouped within compositions (two plots (left and right columns) per composition (C1, C2, C3, C4)).

Relation Biodiversité / Productivité / Résistance à la sécheresse en Forêt Tropicale Humide



Forte diminution de RGR pour les purs (Siblings ou non-siblings) entre DROUGHT / WET, mais pas pour les plants en mélange

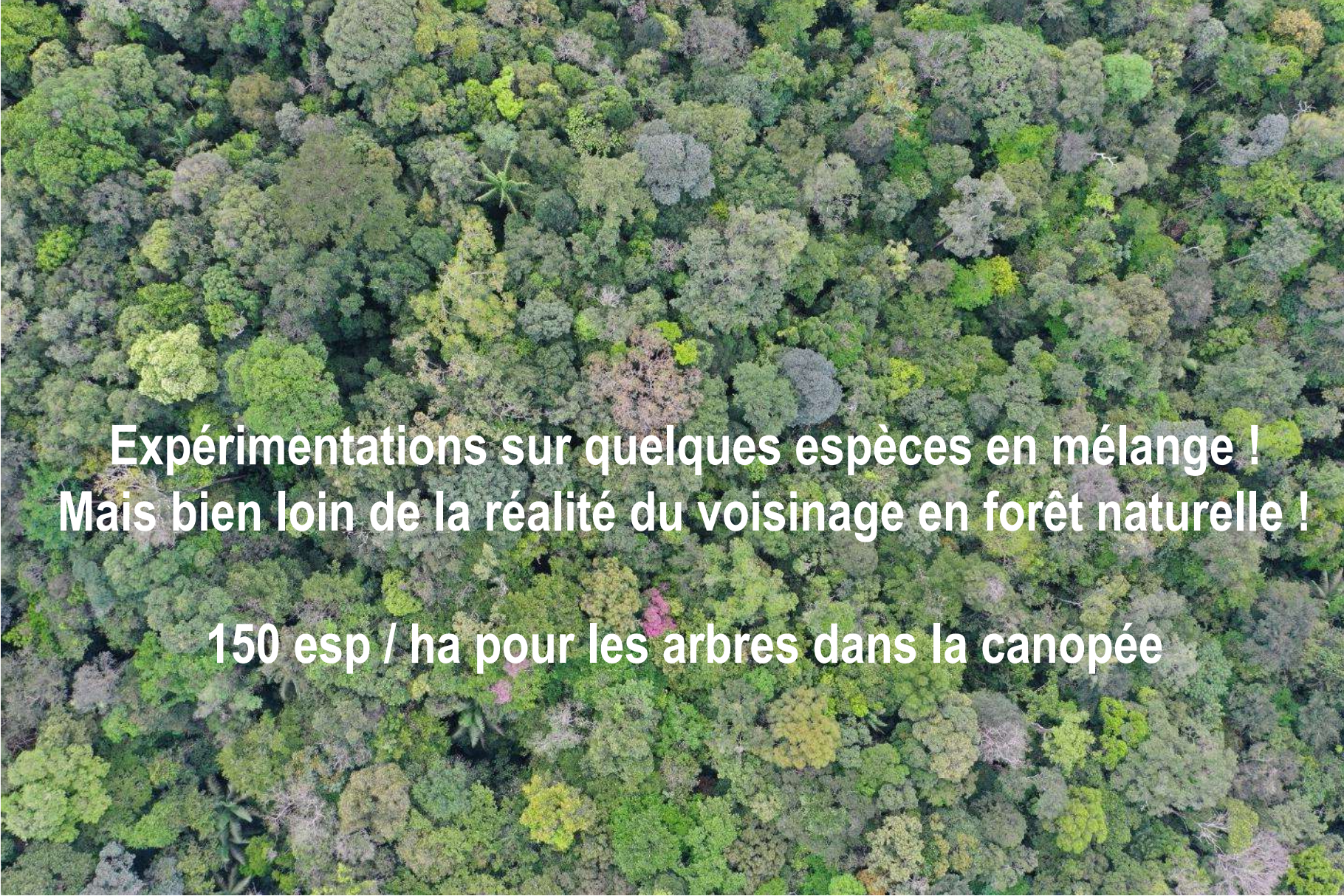


Resistance of tropical seedlings to drought is mediated by neighbourhood diversity

Michael J. O'Brien^{1,2,3*}, Glen Reynolds², Robert Ong⁴ and Andy Hector³

4 Dipterocarp Species
Planted
Rainfall exclusion
Sabah, Malaysia

Quid des forêts tropicales humides ?



Expérimentations sur quelques espèces en mélange !
Mais bien loin de la réalité du voisinage en forêt naturelle !

150 esp / ha pour les arbres dans la canopée

Plan

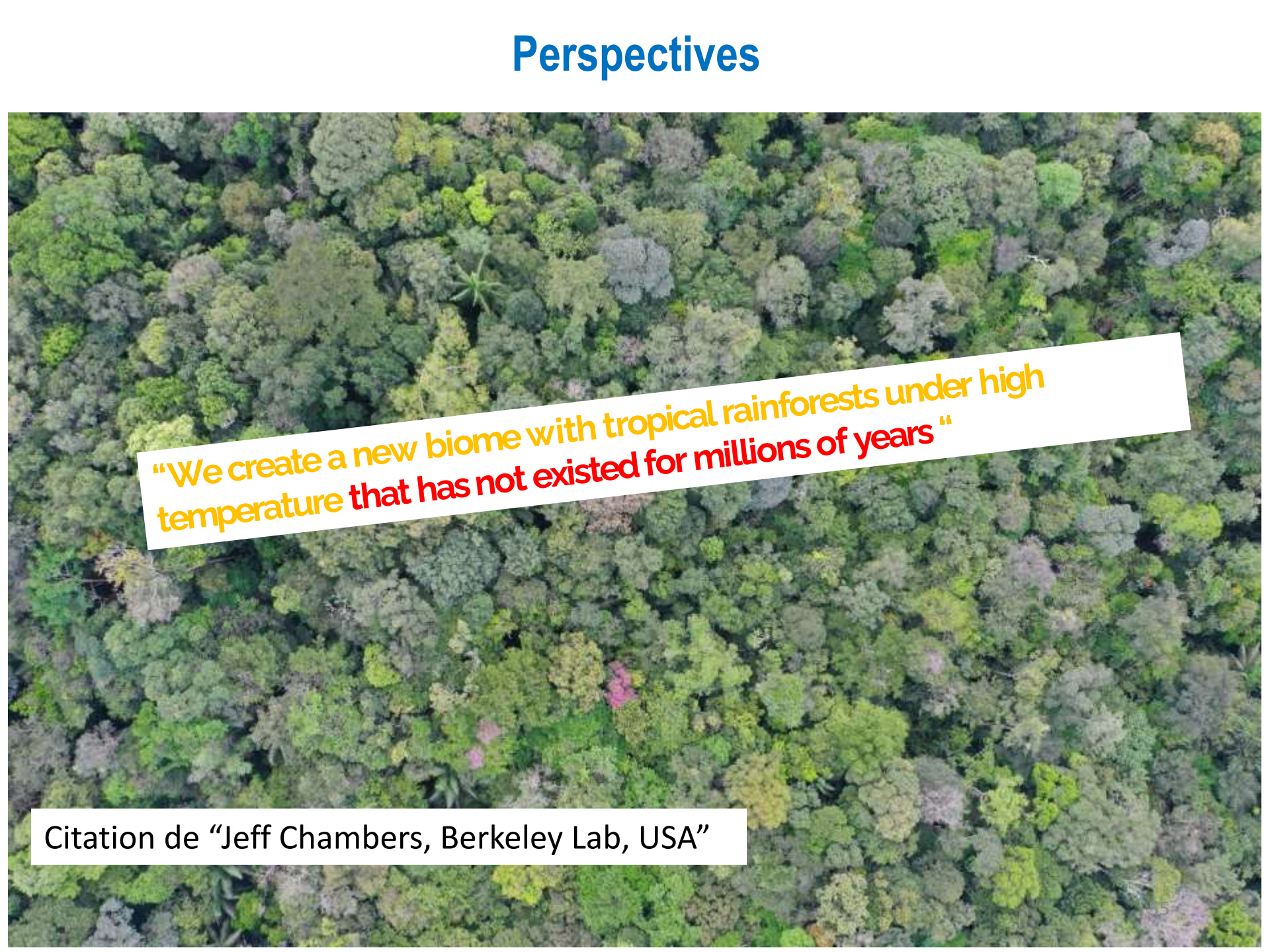
- Les Forêts Tropicales Humides (FTH)
- Impact de la sécheresse sur le fonctionnement des plantes
- Changements climatiques en FTH
- Impact de sécheresses extrêmes et des changements climatiques sur les FTH
- Que peut-on apprendre des travaux sur l'impact de la diversité en espèce d'arbres sur le fonctionnement des écosystèmes en forêts mélangées tempérées ou boréales ?
- Perspectives



Perspectives

- Prendre en compte des contraintes environnementales combinées, des épisodes de sécheresse répétitifs, et l'impact à long terme d'événements extrêmes ponctuels
- Comprendre le rôle des communautés microbiennes
- Améliorer la capacité des modèles écosystémiques ou terrestres à simuler la réponse de ces écosystèmes à la sécheresse
- Améliorer les simulations sur la réponse des forêts tropicales aux variations climatiques, afin de prédire la dynamique de la végétation et la composition future de ces forêts
- S'appuyer sur les concepts et approches en écologie des communautés pour comprendre les effets des interactions des espèces d'arbre en forêt tropicale humide.

Perspectives

An aerial photograph of a dense tropical rainforest canopy, showing a variety of green shades and textures. A white rectangular text box is tilted diagonally across the center of the image.

“We create a new biome with tropical rainforests under high temperature that has not existed for millions of years “

Citation de “Jeff Chambers, Berkeley Lab, USA”



Merci de votre attention

Des stratégies différentes de réponse à la sécheresse

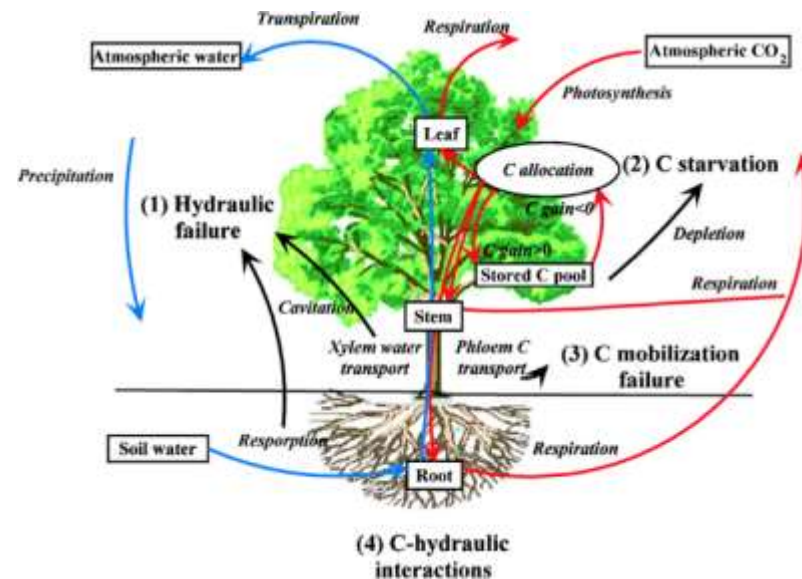


LETTER

doi:10.1038/nature15539

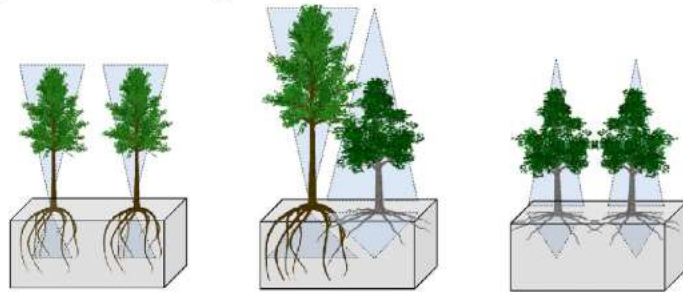
Death from drought in tropical forests is triggered by hydraulics not carbon starvation

L. Rowland¹, A. C. L. da Costa², D. R. Galbraith³, R. S. Oliveira⁴, O. J. Binks⁵, A. A. R. Oliveira², A. M. Pullen², C. E. Doughty⁶, D. B. Metcalfe⁷, S. S. Vasconcelos⁸, L. V. Ferreira⁹, Y. Malhi⁹, J. Grace¹, M. Mencuccini^{1,10} & P. Meir^{1,11}

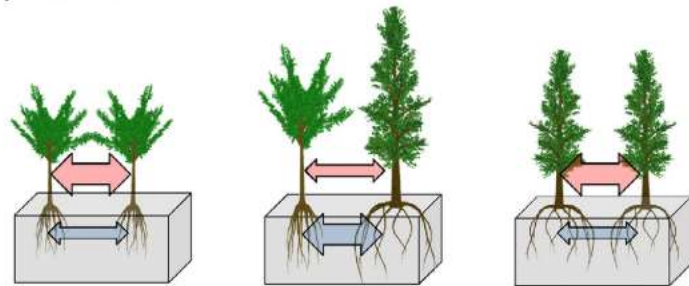


Mécanismes d'interaction des espèces d'arbres dans les forêts mélangées

(A) Resource Partitioning

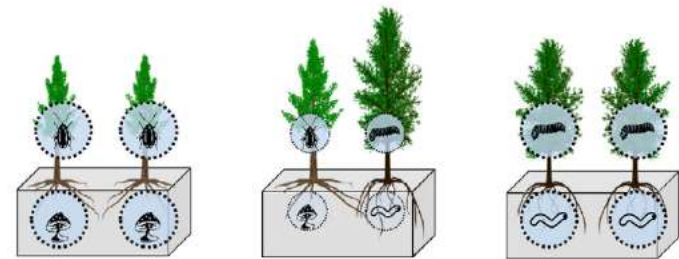


(B) Facilitation

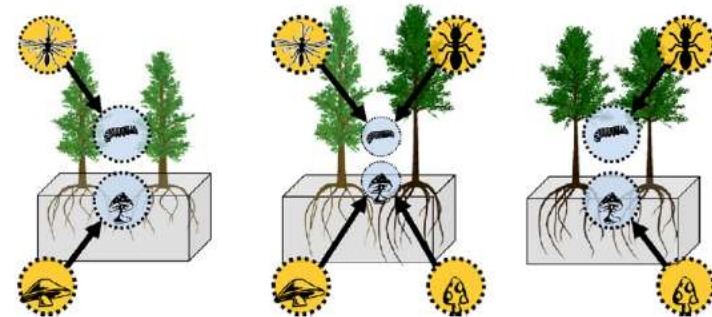


Lower density of herbivores and pathogens

(C) Dilution Effects



(D) Biotic Feedbacks



Complementarity set of predators reduces abundance of herbivores and pathogens by biotic feedbacks and enhanced top-down control of plant antagonists



Gfö

Gfö Ecological Society of Germany
Austria and Switzerland

Basic and Applied Ecology 55 (2021) 13–52

Basic and
Applied Ecology

www.elsevier.com/locate/bae

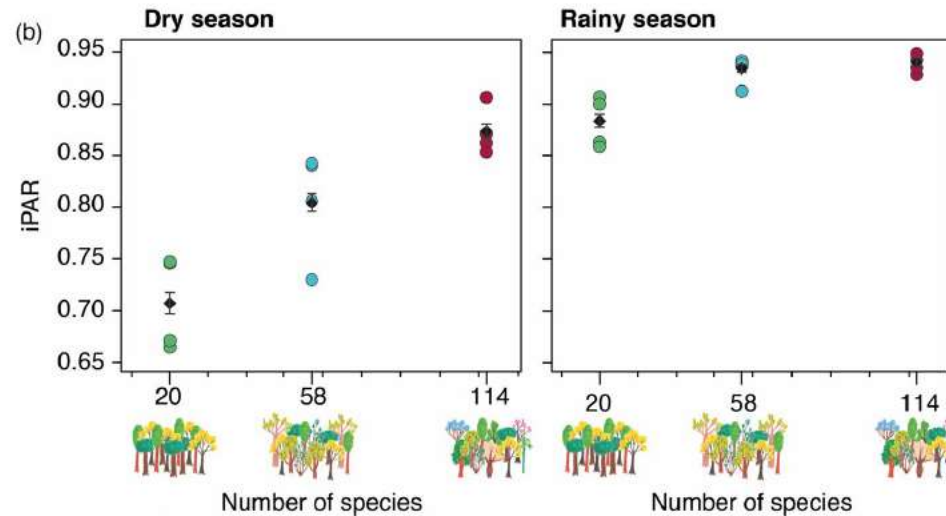
The significance of tree-tree interactions for forest ecosystem functioning

Stefan Trogisch^{a,b,h,i}, Xiaojuan Liu^{c,g}, Gemma Ruten^a, Kai Xue^{d,e,f,g,h},
Jürgen Bauhus^a, Ulrich Brose^{b,h}, Wensheng Buⁱ, Simone Cesarz^{b,i},
Douglas Chesters^k, John Connolly^{l,m}, Xiaoyong Cui^{l,m}, Nico Eisenhauer^{b,h},
Liangdong Guo^m, Sylvia Haider^{b,h}, Werner Härdtleⁿ, Matthias Kunz^o, Lingli Liu^{l,m},
Zeqing Ma^h, Steffen Neumann^{c,h}, Weiguo Sangⁱ, Andreas Schuldtⁱ, Zhiyao Tang^h,
Nicole M. van Dam^{b,h}, Goddert von Oheimb^{n,h}, Ming-Qiang Wang^{k,m},
Shaopeng Wangⁱ, Alexander Weinhold^h, Christian Wirth^h, Tesfaye Wubet^{b,h},
Xingliang Xu^{b,e}, Bo Yang^e, Naili Zhang^{u,v}, Chao-Dong Zhu^{l,m}, Keping Ma^c,
Yanfen Wang^{h,m}, Helge Bruelheide^{b,h}



Relation Biodiversité / Productivité en Forêt Tropicale Humide

Meilleure Interception de la Lumière



Mean iPAR (black points) and standard errors (bars) measured for different species richness levels at the *Anhembi* experiment (Brazil, established in 2006), in dry ($\chi^2 = 108.07$, $df = 2$, $p < 0.0001$, measurements in August, 2015) and rainy ($\chi^2 = 57.91$, $df = 2$, $p < 0.0001$, measurements in March and April, 2016) seasons.

Colored points represent every plot measured within each richness level

Received: 18 August 2020 | Accepted: 19 March 2021

DOI: 10.1111/1365-2745.13669

RESEARCH ARTICLE

Journal of Ecology

High tree diversity enhances light interception in tropical forests

Marina Melo Duarte¹ | Rafael de Andrade Moral² | Joannès Guillemot^{3,4,5} |
 Caroline Isaac Ferreira Zuim⁵ | Catherine Potvin⁶ | Wagner Hugo Bonat⁷ |
 José Luiz Stape⁸ | Pedro H. S. Brancalion⁵