

BioSceneMada: Scénarios d'évolution de la biodiversité sous l'effet conjoint du changement climatique et de la déforestation à Madagascar



Ghislain Vieilledent¹ Tom Allnutt² Clovis Grinand³
Miguel Pedrono⁴ Jean-Roger Rakotoarijaona⁵ Dimby Razafimpahanana²

[1] Cirad AMAP/F&S, [2] WCS, [3] ETC Terra/Nitidæ, [4] Cirad ASTRE, [5] ONE

Plan

1 Introduction

- Contexte du projet
- Objectifs
- Parties prenantes
- Méthodes

2 Résultats scientifiques

- Déforestation
- Changements climatiques
- Articles scientifiques

3 Résultats opérationnels

- Outils
- Formation
- Autres

4 Conclusion

- Généralisation
- Leçons apprises

Plan

1 Introduction

- Contexte du projet
- Objectifs
- Parties prenantes
- Méthodes

2 Résultats scientifiques

- Déforestation
- Changements climatiques
- Articles scientifiques

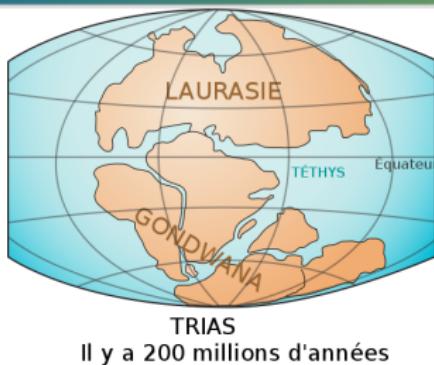
3 Résultats opérationnels

- Outils
- Formation
- Autres

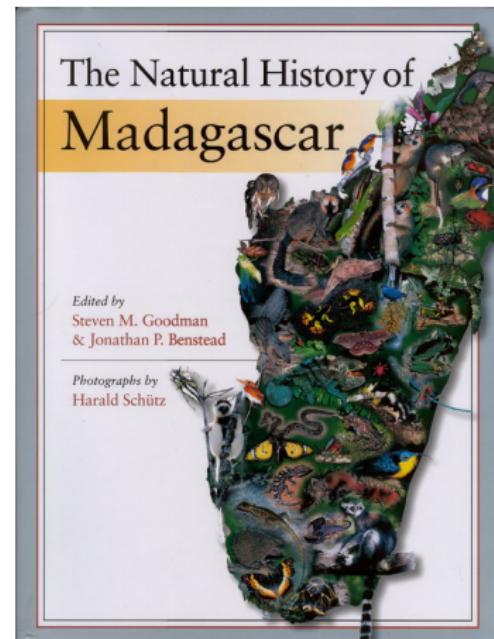
4 Conclusion

- Généralisation
- Leçons apprises

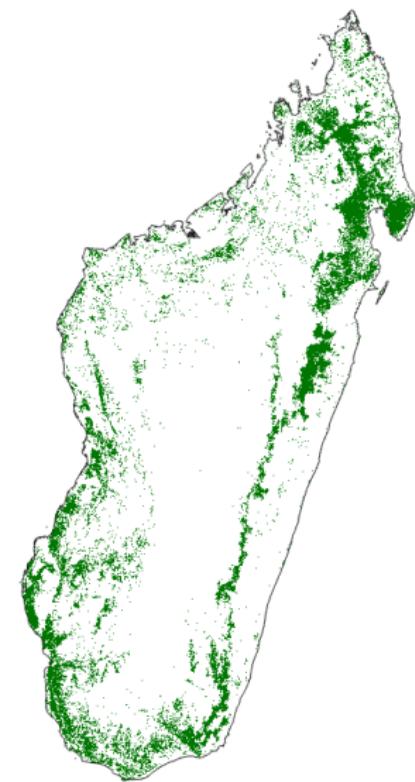
Madagascar : une biodiversité exceptionnelle



- Madagascar : top 3 des pays à forte biodiversité
- Plantes : 12000 espèces, 89% d'endémisme
- Mammifères (dont Lémuriens) : 92% d'endémisme
- Reptiles : 95% d'endémisme (Caméléons : la moitié des espèces au monde)



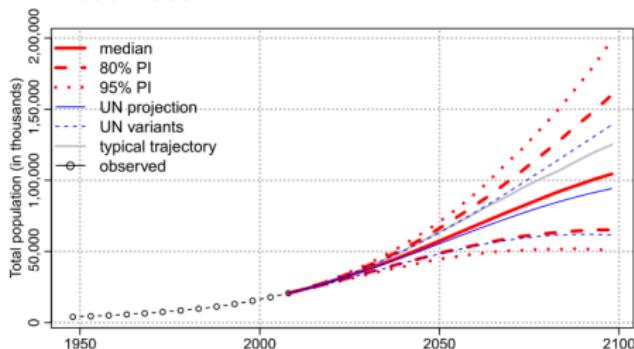
Une biodiversité concentrée dans les forêts



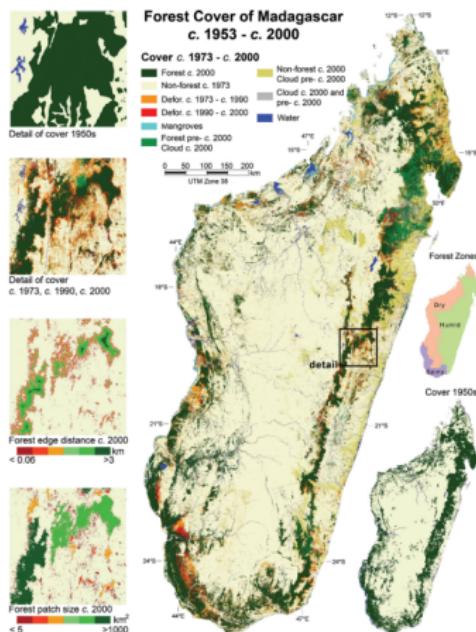
- Les forêts tropicales : >50% des espèces terrestres.
- Si les forêts malgaches disparaissent, c'est **un pan entier de la biodiversité mondiale** qui s'éteint.

Une biodiversité menacée par la déforestation

- Taux de déforestation : $\sim 1\%/\text{an}$
- 1950–2000 : 10% des espèces éteintes

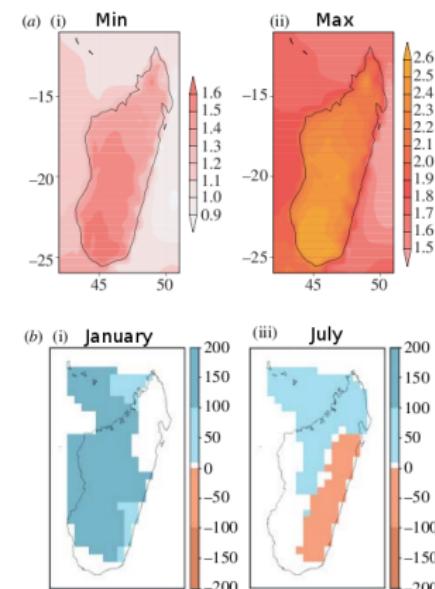


- Démographie : $>3\%/\text{an}$
- Doublement tous les 25 ans



Une biodiversité menacée par les changements climatiques

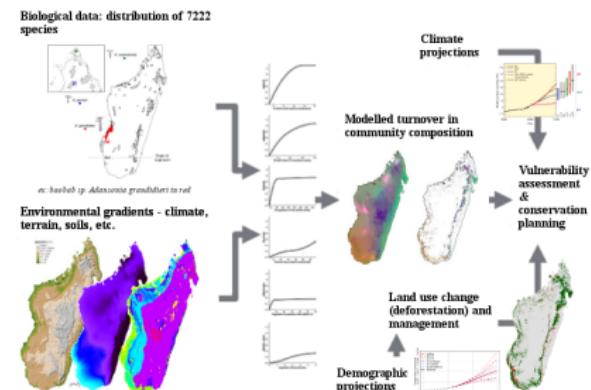
- Augmentation de la température
- Changement de régime des précipitations



Objectifs

BioSceneMada : Scénarios d'évolution de la **biodiversité** sous l'effet conjoint du **changement climatique** et de la **déforestation** à Madagascar (<https://bioscenemada.cirad.fr>).

- ➊ **Anticiper les scénarios** possibles de la biodiversité
- ➋ **Construire des outils** d'aides à la décision pour la conservation
- ➌ **Proposer des solutions** de gestion : aires protégées + mécanisme REDD (accord de Paris)



Partenaires

Ghislain Vieilledent¹ Tom Allnutt² Clovis Grinand³
Miguel Pedrono⁴ Jean-Roger Rakotoarijaona⁵ Dimby Razafimpahanana²

[1] Cirad AMAP, [2] WCS, [3] ETC Terra/Nitidæ, [4] Cirad ASTRE, [5] ONE



Parties-prenantes

- Madagascar National Parks (MNP)
- Bureau National de Coordination REDD+ (BNC-REDD)
- ONG environnementales à Madagascar : WCS, CI, WWF, Blue Ventures, Asity Madagascar
- Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD)

Méthodes

- ① **Modèles spatialisés de la déforestation :**
déforestation = $f(\text{variables géographiques})$
- ② **Modèles d'enveloppe bioclimatique** pour les espèces/écosystèmes : présence d'espèce = $f(\text{climat})$
- ③ **Projections** selon des scénarios de déforestation ou de changement climatique.

Plan

1 Introduction

- Contexte du projet
- Objectifs
- Parties prenantes
- Méthodes

2 Résultats scientifiques

- Déforestation
- Changements climatiques
- Articles scientifiques

3 Résultats opérationnels

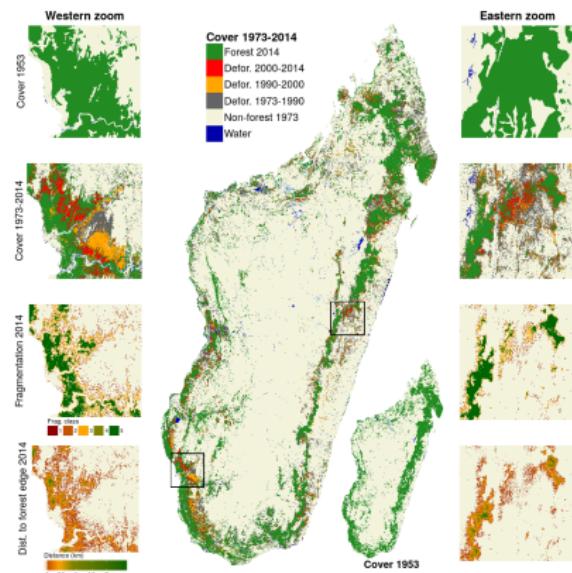
- Outils
- Formation
- Autres

4 Conclusion

- Généralisation
- Leçons apprises

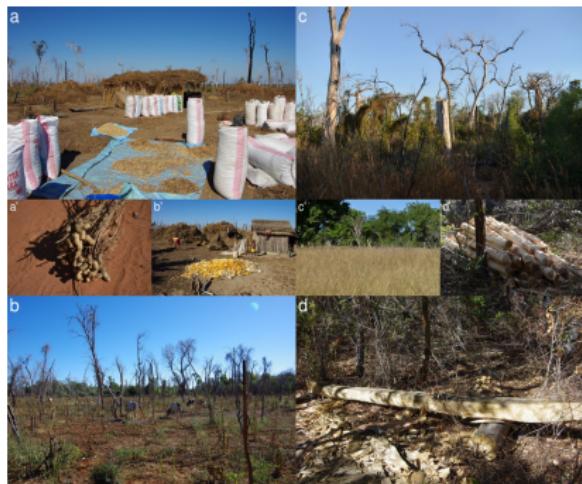
Déforestation historique

- Historique de la déforestation : 1953-2017
- 47% de forêt perdue sur 1953-2017
- 8.4 Mha en 2017
- Augmentation du rythme de déforestation depuis 2005
- Déforestation : 125,000 ha/an



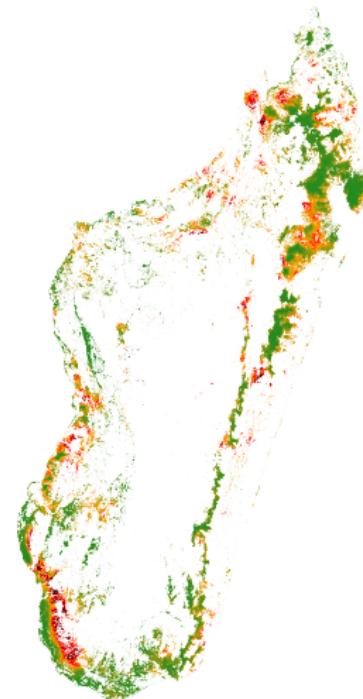
Causes de la déforestation

- Agriculture sur brulis
- Culture de rente (maïs, arachide)
- Exportation (arachide)
- Marché non-régulé et faible gouvernance



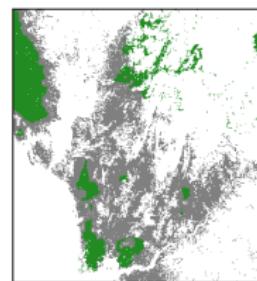
Modèle de déforestation

Déforestation = $f(\text{distance aux routes, aires protégées, distance à la lisière de la forêt, ...})$



Projection de la déforestation

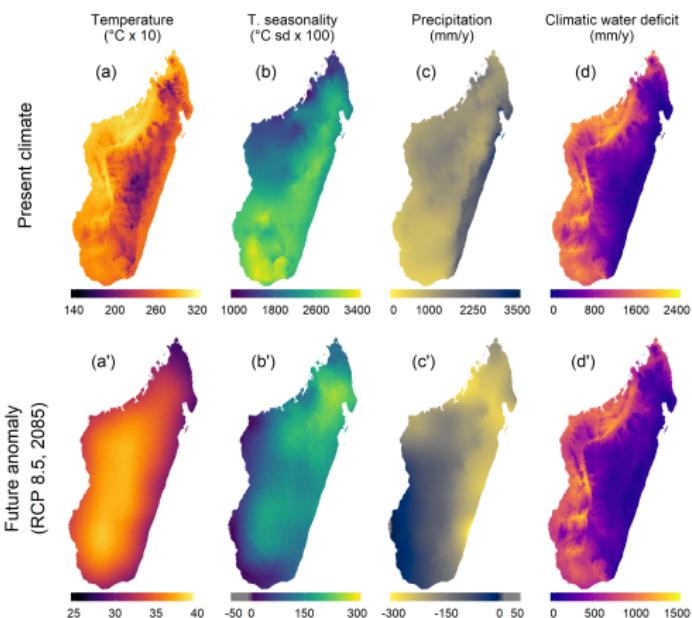
- Scénario BAU (“business-as-usual”)
- 2050 : 4.3 Mha
- **Disparition de la forêt tropicale avant 2100**
- Projections spatialisées



<https://forestatrisk.cirad.fr/mada/>

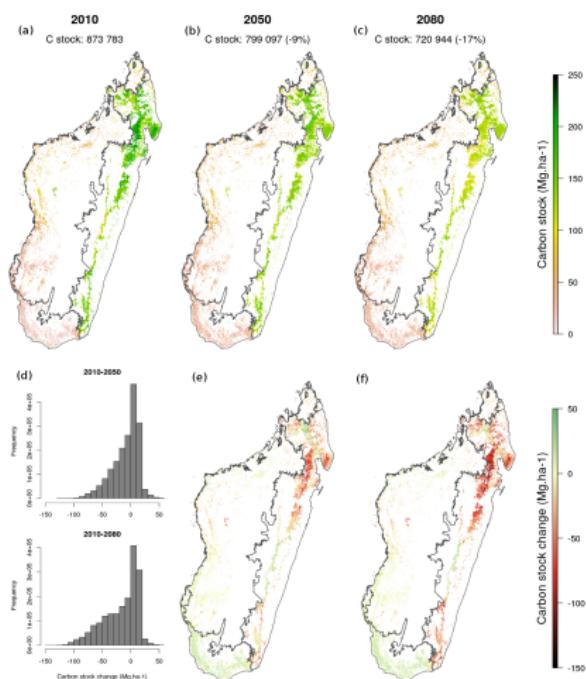
Anomalies climatiques à Madagascar

- Baisse des précipitations
- Augmentation de la température et du stress hydrique
- Augmentation de la saisonnalité



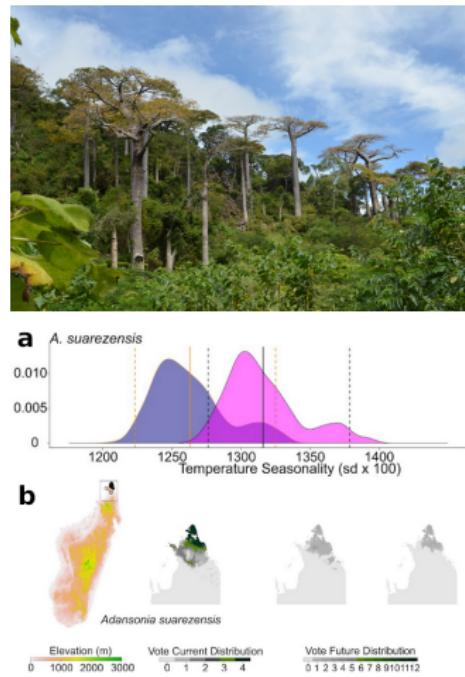
Changements climatiques et forêts

- Baisse des stocks de carbone forestier : -17% (7-24%)
- Changement de composition en espèces
- Sélection d'individus/espèces d'arbres de plus petite stature
- Forêt humide de l'est largement impactée (-100 Mg C/ha)



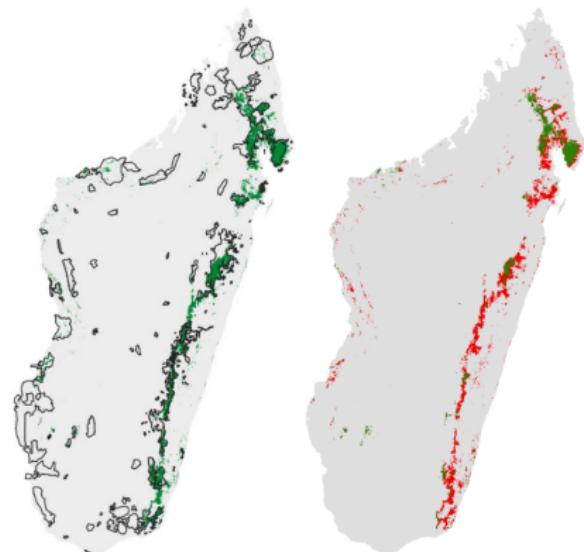
Changements climatiques et baobabs

- 7 espèces de baobab à Madagascar
- 3 espèces menacées d'extinction
- *A. suarezensis* : augmentation de la saisonnalité
- Migration vers l'équateur impossible
- Contraction de l'aire de distribution et extinction



Changements climatiques et lémuriens

- 55 espèces de lémuriens
- Réduction des aires de distribution en 2085 : climat 65%, déforestation 50%
- Identification des zones de refuge climatique (55% en dehors du réseau d'aires protégées)
- 75% des zones refuges menacées par la déforestation d'ici à 2085



Articles scientifiques

- 17 articles scientifiques : 7 acceptés, 4 soumis, 6 en préparation.
- Journaux scientifiques de haut rang : *Journal of Ecology* (IF : 5.762), *Biological Conservation* (IF : 4.711), *Science Advances* (IF : 13.117), *Global Change Biology* (IF : 8.555).
- Articles largement cités (ex. Vieilledent et al. 2018 in *Biological Conservation*, >100 citations).
- Liste complète : <https://bioscenemada.cirad.fr/publications/>

Plan

1 Introduction

- Contexte du projet
- Objectifs
- Parties prenantes
- Méthodes

2 Résultats scientifiques

- Déforestation
- Changements climatiques
- Articles scientifiques

3 Résultats opérationnels

- Outils
- Formation
- Autres

4 Conclusion

- Généralisation
- Leçons apprises

Jeux de données

- Base de données **climatiques et environnementales** à Madagascar (MadaClim).
- Inventaires forestiers et **stocks de carbone** pour 1771 placettes réparties sur l'ensemble de Madagascar.
- Base de données de **biodiversité** : compilation de 300 000 points de présences pour 4969 espèces représentatives de la biodiversité à Madagascar. Intégrée à la base ReBioMa gérée par le WCS Madagascar (<https://www.rebioma.org/>).

Jeux de données

	Espèces	Genres	Obs.
Plantes			
Arbres	531	283	40178
Palmiers	178	16	5105
Fougères	317	82	1664
Légumineuses	724	149	30305
Graminées	283	113	3469
Autres	1229	359	34265
Vertébrés			
Mammifères	189	69	28316
Lémuriens	64	15	3136
Oiseaux	285	172	60895
Reptiles	153	41	4938
Amphibiens	78	21	208
Invertébrés			
Escargots	537	113	1635
Fourmis	379	46	70012
Papillons	262	82	16396
Autres	355	203	6202
TOTAL=	4969	1749	303588

Cartes

- Carte de changement (1953-2017) du couvert forestier à Madagascar.
- Carte des stocks de carbone forestiers en 2010.
- Carte du risque de déforestation (2020).
- Cartes du couvert forestier probable en 2050 et 2100.

Atlas

- Atlas de la vulnérabilité des espèces au changement climatique.
- Prototype d'atlas : 7 espèces de baobab à Madagascar et 55 espèces de lémuriens.
- Lémuriens : <http://etclab.org/atlas/>.

Bibliothèques logicielles

- hSDM and jSDM R packages : modélisation de la distribution des espèces.
- speciesatlas R package : atlas de la vulnérabilité des espèces au changement climatique.
- forestatrisk Python package : modélisation et projection de la déforestation.
- Plusieurs répertoires GitHub, Dryad et Dataverse (incluant scripts et données) pour la reproductibilité des résultats de recherche.

Sites-web

- BioSceneMada (projet) : <https://bioscenemada.cirad.fr>.
- MadaClim (climat et environnement) : <https://madaclim.cirad.fr>.
- ForestAtRisk (historique et projection de la déforestation) :
<https://forestatrisk.cirad.fr>.
- contribution à ReBioMa (Réseau de la Biodiversité à Madagascar, WCS) : <https://www.rebioma.org/>.

Encadrement d'étudiants

1 thèse, 6 étudiants Master II, 1 étudiante Master I

- Clovis GRINAND (PhD thesis)
- Ruoyin LONG (deforestation)
- Mario MUNIZ-TAGLIARI (SDM Baobabs)
- Margaux CHARRA (GDM)
- Aurélien COLAS (*speciesatlas*)
- Jeanne CLEMENT (*jSDM*)
- Corentin KNOPOLOCH (*speciesatlas/SDM Lemurs*)
- Vololoniaina Marie Rosine SOJANDRIMALALA (ReBioMa)



Renforcement de capacités

- Trois sessions de formations sur : **Modélisation de la déforestation + Modélisation de la niche écologique des espèces**
- Plus de **80** personnes formées : étudiants, chercheurs, ingénieurs, gestionnaires
- Participation de nombreux instituts : MEDD, BNC REDD, MNP, ONG (WRI, CI, WCS, Blueventures, MBG, WWF), Université d'Antananarivo (MBEV, IOGA, ESSA), Instituts de recherche (Institut Pasteur, LRI)



Communication

- Communication : 8 réunions pour présenter les avancées et résultats du projet BioSceneMada (5 réunions annuelles + 3 invitations).
- Conférences : participations à 5 conférences internationales (10 présentations au total), **ICCB-ECCB 2015, ATBC 2016, Scennet 2016, ISEC 2018, ATBC 2019** à Antananarivo.
- Médias : plusieurs interventions dans les médias (journaux papiers/web, radio, web TV).
- Réseaux sociaux : twitter.

Impact sur les politiques publiques

Communication du président malgache M. Andry Rajoelina au conseil des ministres le 27/02/2019 intitulé "**Recouvrir Madagascar de forêt**". One Planet Summit à Nairobi en 2019.



Plan

1 Introduction

- Contexte du projet
- Objectifs
- Parties prenantes
- Méthodes

2 Résultats scientifiques

- Déforestation
- Changements climatiques
- Articles scientifiques

3 Résultats opérationnels

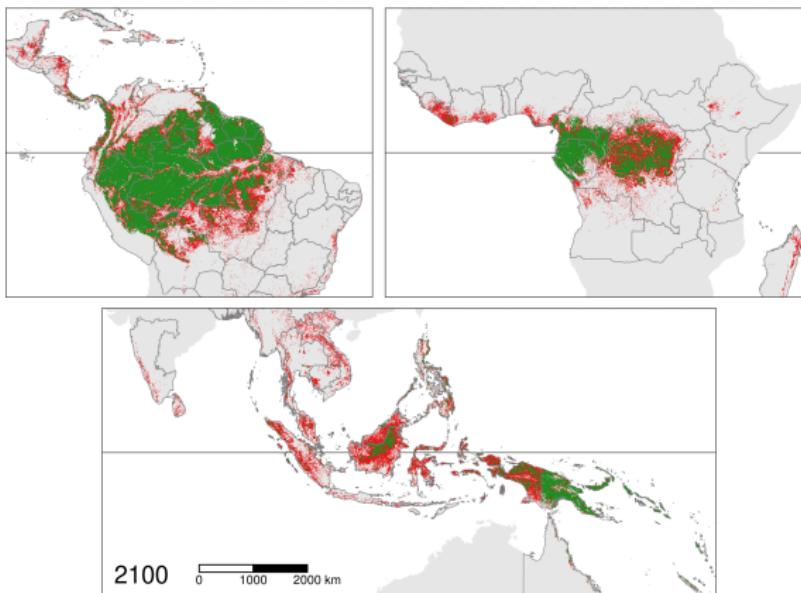
- Outils
- Formation
- Autres

4 Conclusion

- Généralisation
- Leçons apprises

Deforestation

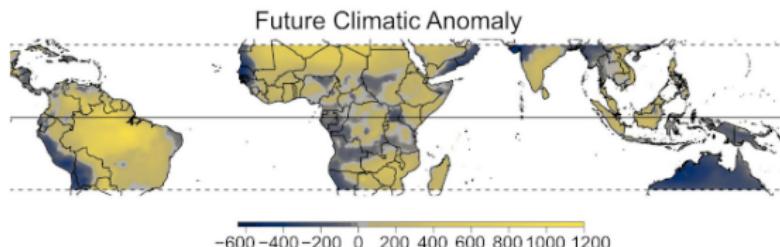
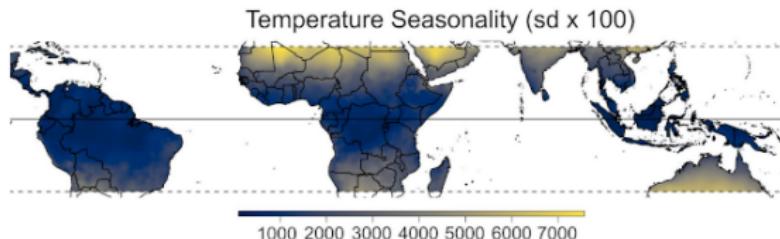
Généralisation du modèle de déforestation aux tropiques.



Changement de couvert forestier 2020-2100 :
rouge : déforestation, **vert** : forêt résiduelle.

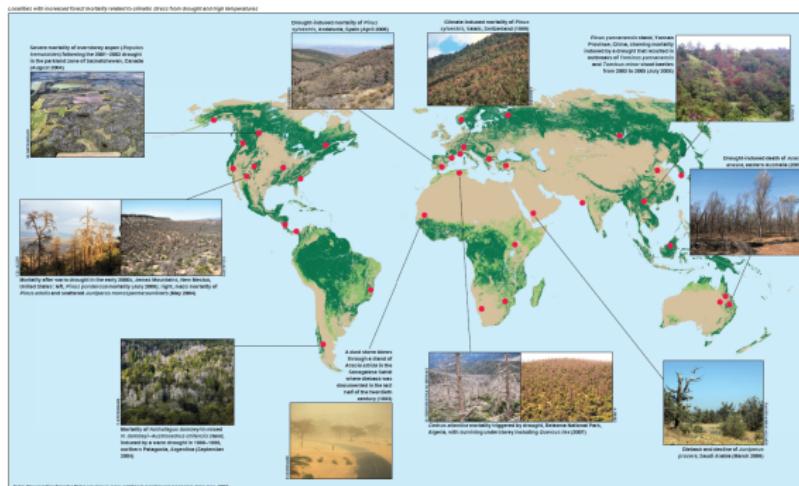
Changements climatiques et saisonnalité

- Espèces tropicales adaptées à une faible saisonnalité.
- Forte augmentation de la saisonnalité sous les tropiques.
- Risque potentielle d'extinction d'espèces tropicales.



Changements climatiques et forêt

- Mortalité en masse sous l'effet du changement climatique.
- Accélération du changement climatique (boucle de rétroaction) : climat → forêt → climat



Leçons apprises

- Forêts tropicales au centre des deux grandes crises environnementales actuelles : climatique et biodiversité.
- Les résultats sur Madagascar sont alarmants et largement généralisables aux forêts tropicales.
- **Appel à une remobilisation encore plus importante** (financements massifs, politiques publiques) pour :
 - la diminution des émissions de CO2
 - la lutte contre la déforestation importée
 - **1. la conservation des forêts existantes, 2. la reforestation**



... Merci pour votre attention ...
<https://bioscenemada.cirad.fr>



cirad Etc Terra



Office National pour l'Environnement



POUR LA RECHERCHE
SUR LA BIODIVERSITÉ

