

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



Ghislain Vieilledent<sup>1</sup>   Tom Allnutt<sup>2</sup>   Clovis Grinand<sup>3</sup>  
Miguel Pedrono<sup>4</sup>   Jean-Roger Rakotoarijaona<sup>5</sup>   Dimby Razafimpahanana<sup>2</sup>

[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

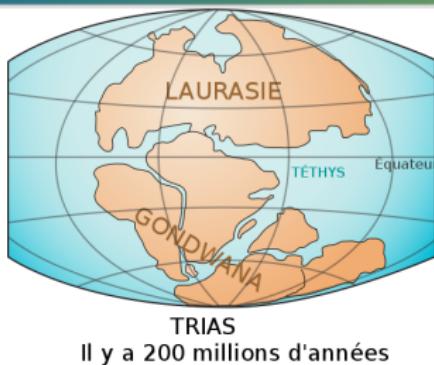
## 3 Résultats opérationnels

- Outils
- Formation
- Autres

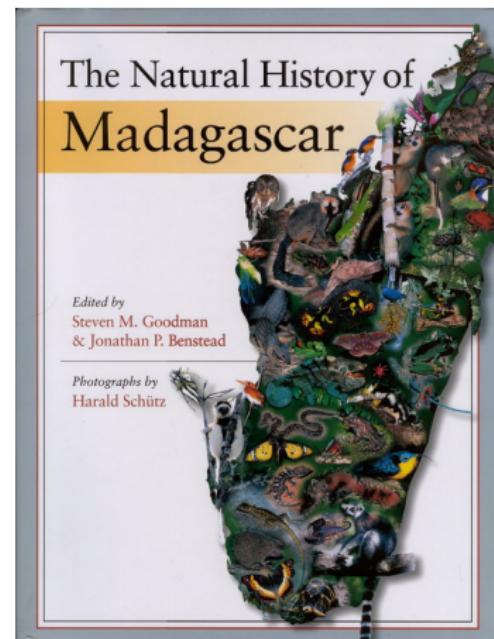
## 4 Conclusion

- Généralisation
- Leçons apprises

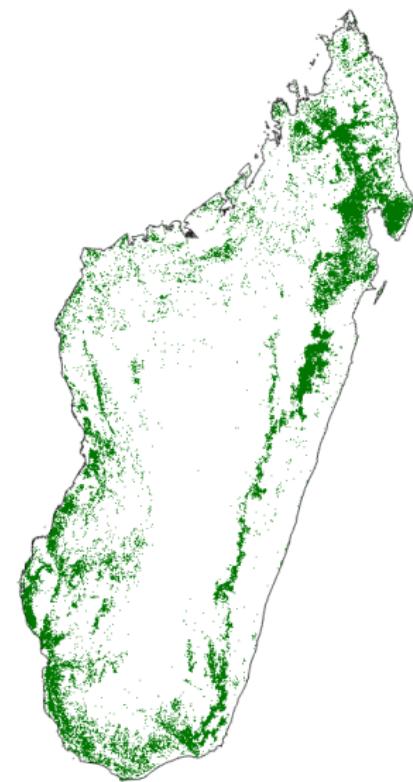
# Madagascar : une biodiversité exceptionnelle



- 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)



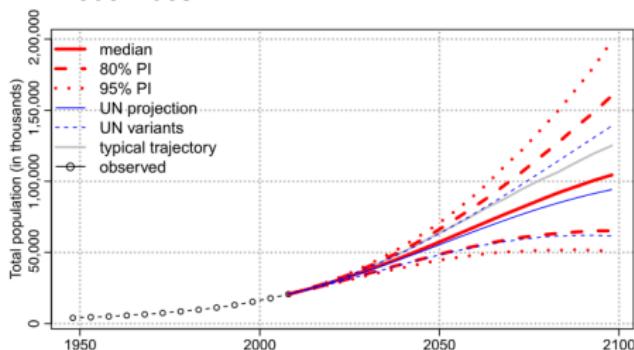
# Une biodiversité concentrée dans les forêts



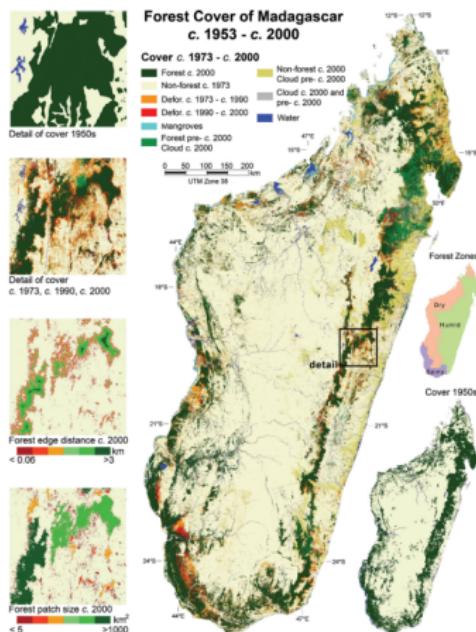
- Les forêts tropicales : >50% des espèces terrestres.
- Si les forêts malgaches disparaissent, c'est **un pan entier de la biodiversité mondiale** qui s'éteint.

# Une biodiversité menacée par la déforestation

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

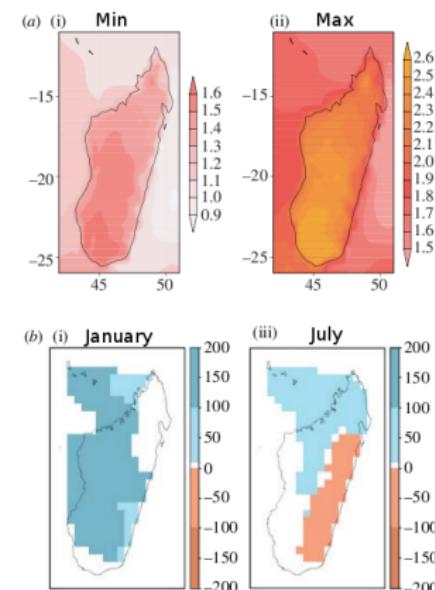


- Démographie :  $>3\%/\text{an}$
- Doublement tous les 25 ans



# Une biodiversité menacée par les changements climatiques

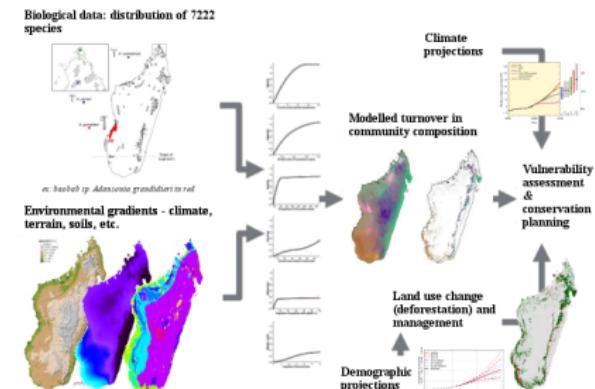
- Augmentation de la température
- Changement de régime des précipitations



# 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 Vieilledent<sup>1</sup> Tom Allnutt<sup>2</sup> Clovis Grinand<sup>3</sup>  
Miguel Pedrono<sup>4</sup> Jean-Roger Rakotoarijaona<sup>5</sup> Dimby Razafimpahanana<sup>2</sup>

[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 :

- Estimation du taux de déforestation historique
- Estimation du risque spatialisé de déforestation.

## ② Modèles d'enveloppe bioclimatique pour les espèces :

- Inventaires : bases de données d'occurrence des espèces
- Estimation de la niche climatique des espèces

## ③ Projection de la déforestation dans le futur et des changements de biodiversité associés aux changements climatiques via des scénarios et des simulations

# Plan

---

## 1 Introduction

- Contexte du projet
- Objectifs
- Parties prenantes
- Méthodes

## 2 Résultats scientifiques

- Déforestation
- Changements climatiques
- Articles scientifiques

## 3 Résultats opérationnels

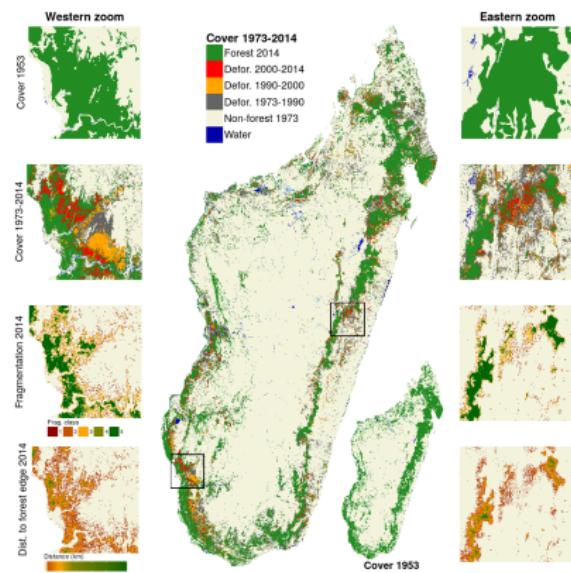
- Outils
- Formation
- Autres

## 4 Conclusion

- Généralisation
- Leçons apprises

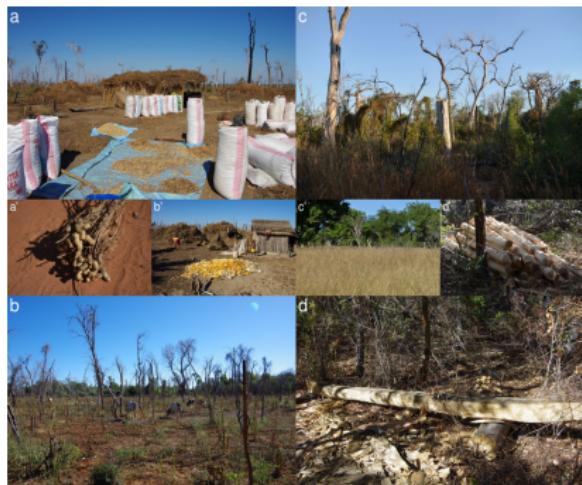
# Déforestation historique

- 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



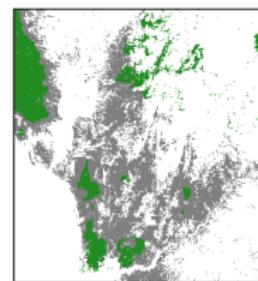
# Causes de la déforestation

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



# Projection de la déforestation

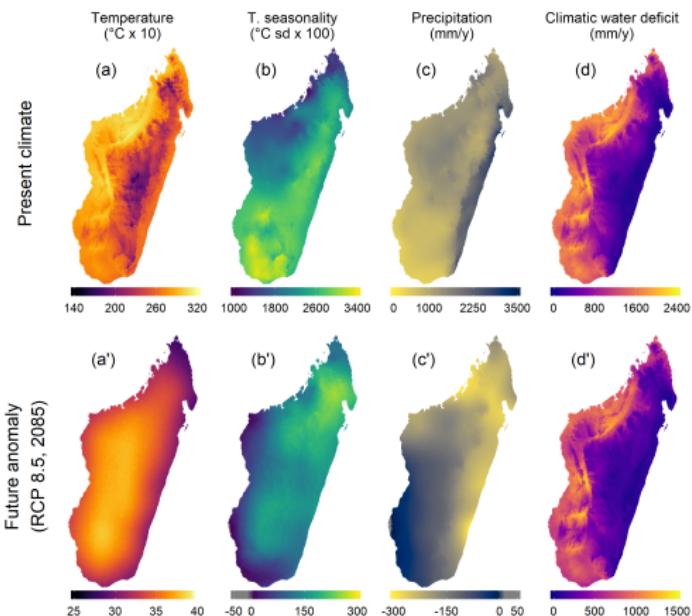
- Scénario BAU (“business-as-usual”)
- 2050 : 4.3 Mha
- **Disparition de la forêt tropicale avant 2100**
- Projections spatialisées



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

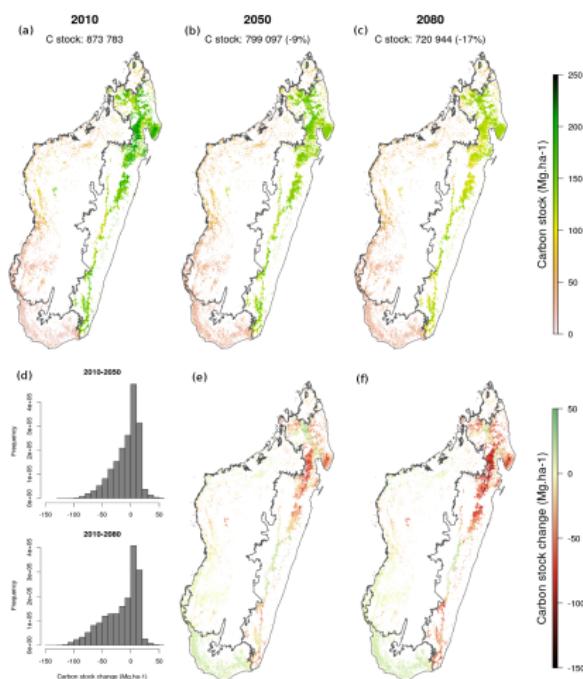
# Anomalies climatiques à Madagascar

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



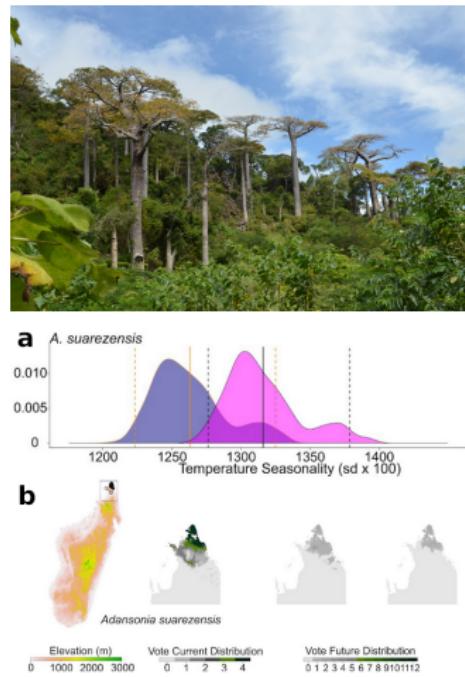
# Changements climatiques et forêts

- 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)



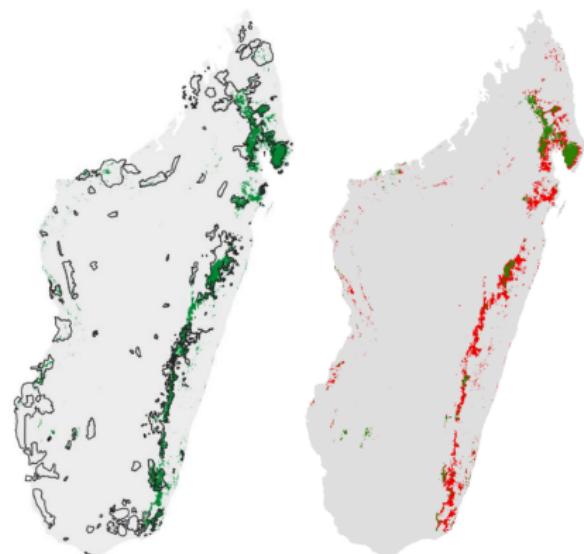
# Changements climatiques et baobabs

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

# 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) :  
<https://www.rebioma.org/>.

# Encadrement d'étudiants

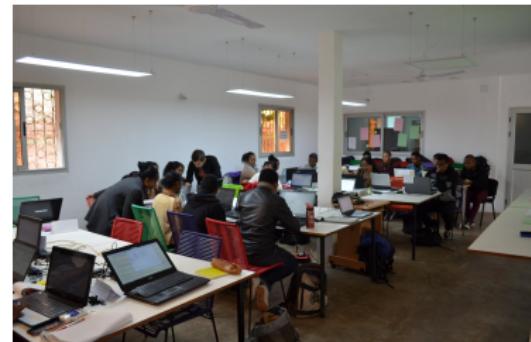
1 thèse, 1 étudiante Master I, 6 étudiants Master II

- 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

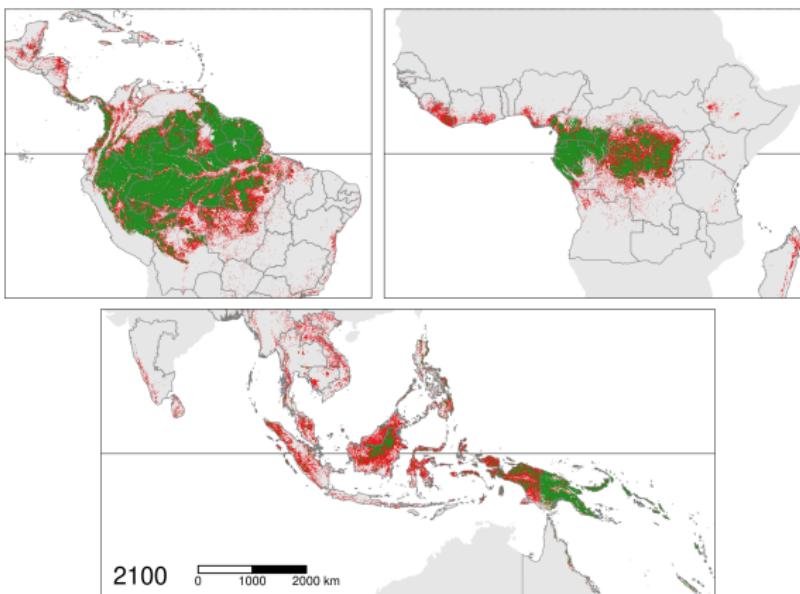
- Outils
- Formation
- Autres

## 4 Conclusion

- Généralisation
- Leçons apprises

# Deforestation

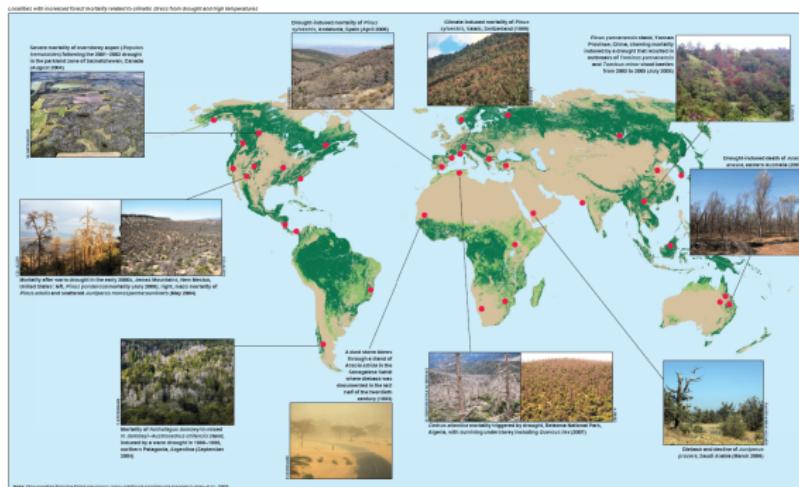
Généralisation du modèle de déforestation aux tropiques.



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

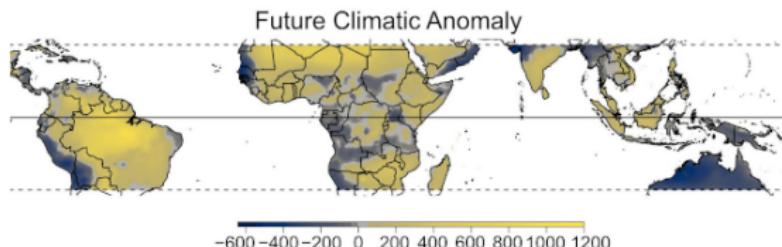
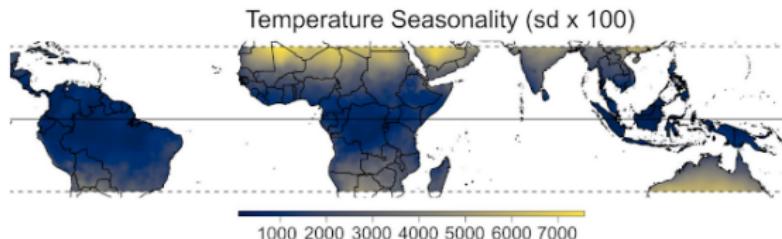
# Changements climatiques et forêt

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



# 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.



# 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



Olivier Nkembi pour l'Environnement



WCS



FONDATION  
POUR LA RECHERCHE  
SUR LA BIODIVERSITÉ

