



Laboratorio Nacional
de Análisis y Síntesis
Ecológica
LANASE



Modélisation des impacts environnementaux du bois de feu dans des paysages dynamiques

A Ghilardi, J-F Mas, U Olivares

CIGA-UNAM



MoFuSS v1.0 Training Course 2016



El Jadida, Morocco September 3-4



www.mofuss.unam.mx/course-2016/

Dans quelle mesure la consommation de bois de feu (et charbon de bois) traditionnel est elle durable?



Woodfuel is fuelwood(or firewood) and charcoal

Bois de feu

Charbon de bois





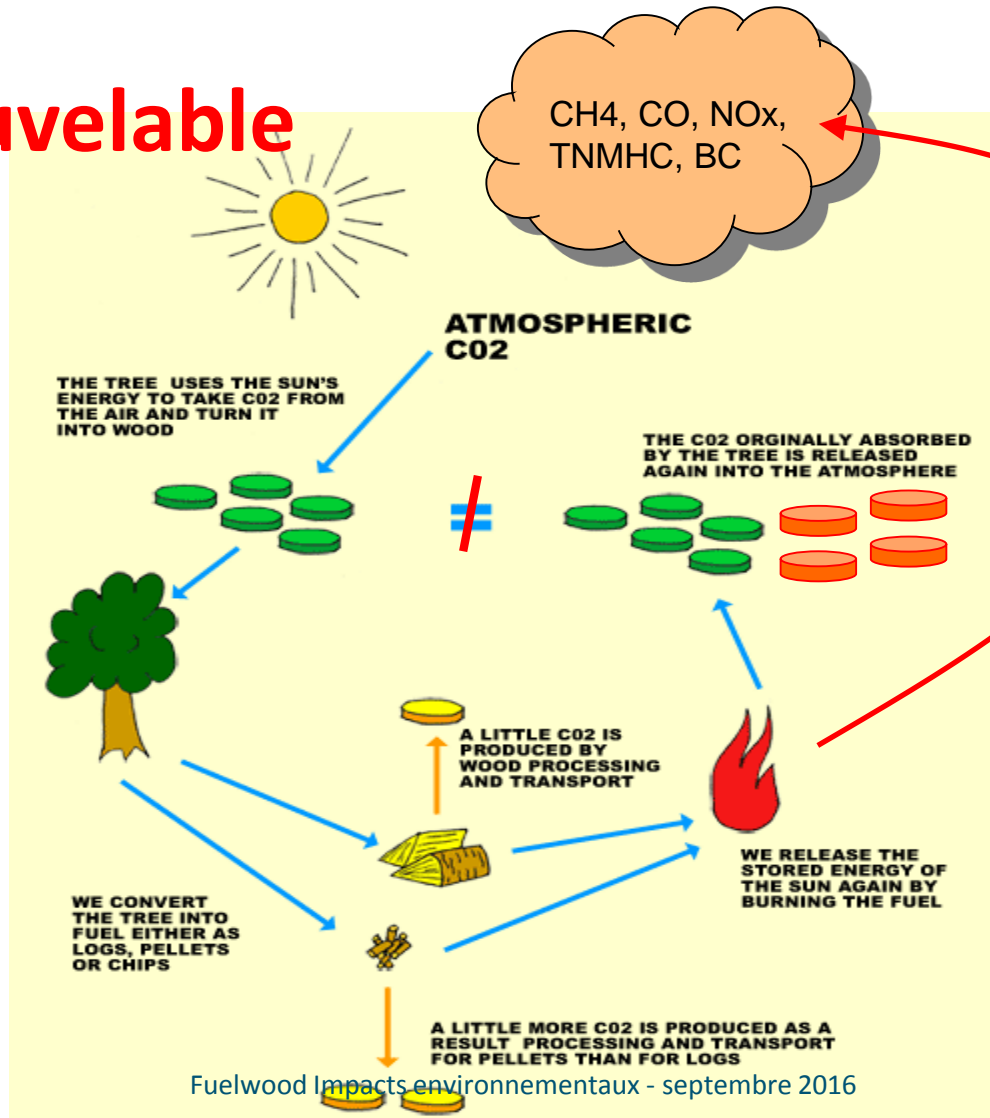
Organisation de la présentation

- 🌀 *Renouvelable vs not non renouvelable*
- 🌀 Comment pouvons-nous dire si les combustibles ligneux traditionnels sont un facteur de changement d'occupation du sol ?
- 🌀 Quelques précisions sur l'importance des échelles spatiales et temporelles
- 🌀 Bref aperçu du projet qui a donné naissance à ce modèle particulier



"...en terme de biomasse»- dû à un point de vue centré sur le changement climatique plus que sur l'environnement local et la santé.

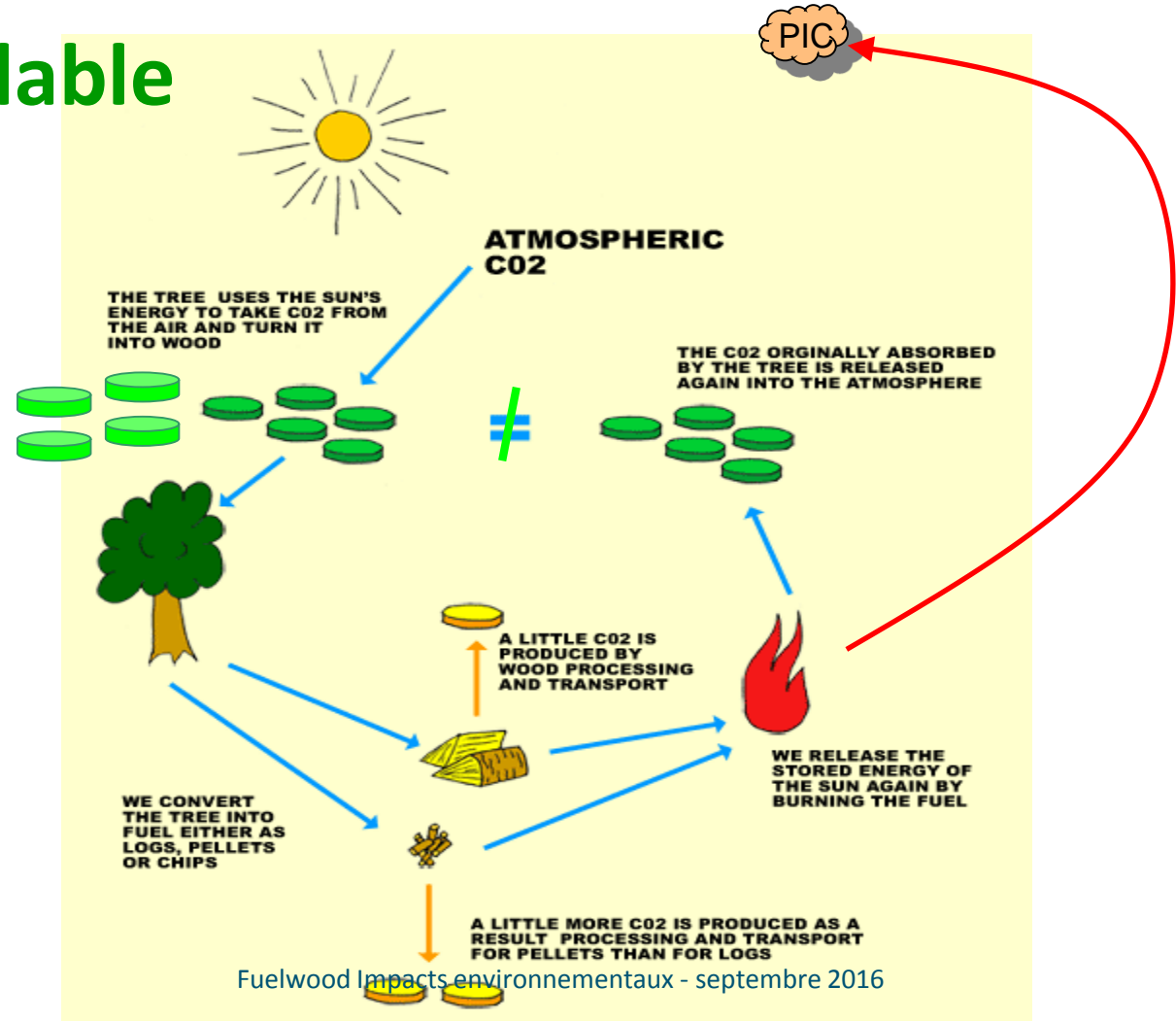
Non renouvelable





"...en terme de biomasse»- dû à un point de vue centré sur le changement climatique plus que sur l'environnement local et la santé.

Renouvelable





Combustibles ligneux...

... L'autre **crise de l'énergie** (Eckholm, 1975)

...un **facteur majeur** majeur de dégradation de l'environnement (de Montalembert & Clement, 1983).

... **Créer rarement des problèmes d'une telle ampleur** ... afin d'exiger des interventions majeures ... (Arnold, et. Al, 2006)

...causant une **grave déforestation** (e.g. Singh, et al., 2010) ...ou une **degradation des habitats** (e.g. Ahrends, et al., 2010; Ryan, et al., 2012).

...ont un **impact très limité** (e.g. Hansfort & Mertz, 2011)

Nous pourrions résumer la compréhension actuelle de cette façon

Dans certains endroits et dans certaines conditions, l'exploitation des combustibles ligneux peut contribuer à la déforestation et à la dégradation des forêts



A. Ghilardi

Questions

- ❧ Dans quelles conditions l'exploitation de combustibles ligneux est elle durable?
 - Peut-on quantifier la durabilité dans ce contexte?
- ❧ Les fourneaux efficaces (ou le changement de combustible) peuvent ils réduire la déforestation et la dégradation des forêts ?



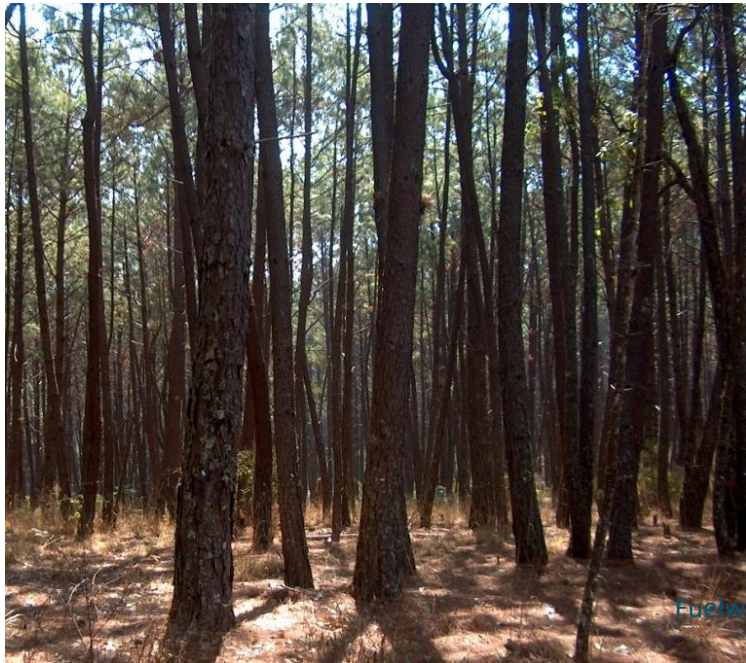
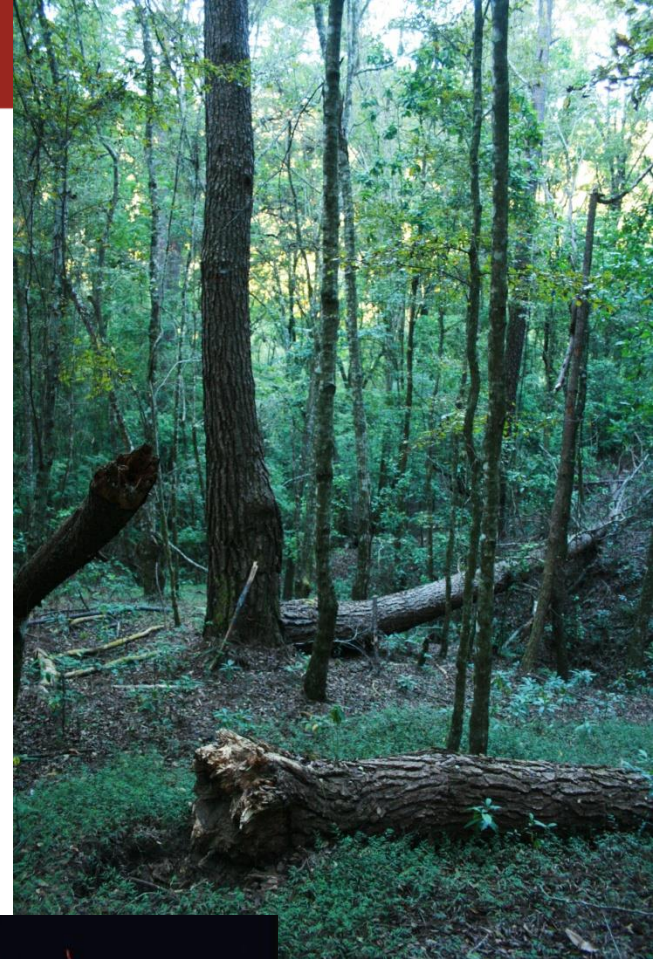
A. Ghilardi



Les paysages, où se produisent les interactions homme-environnement, sont intrinsèquement *dynamiques*

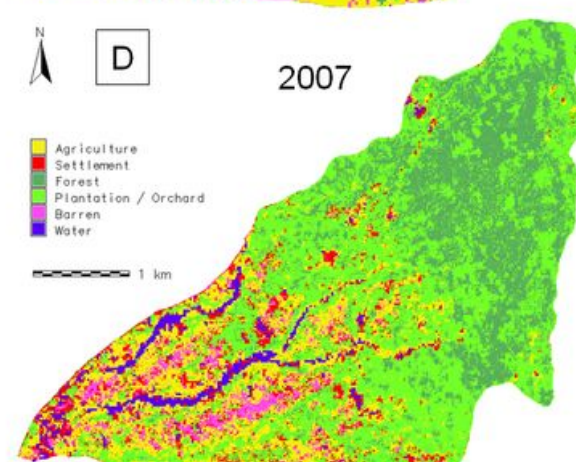
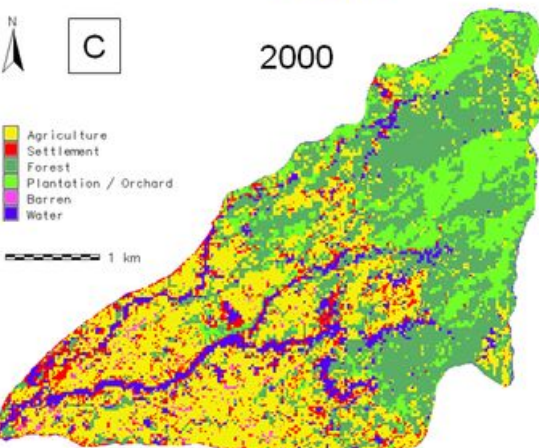
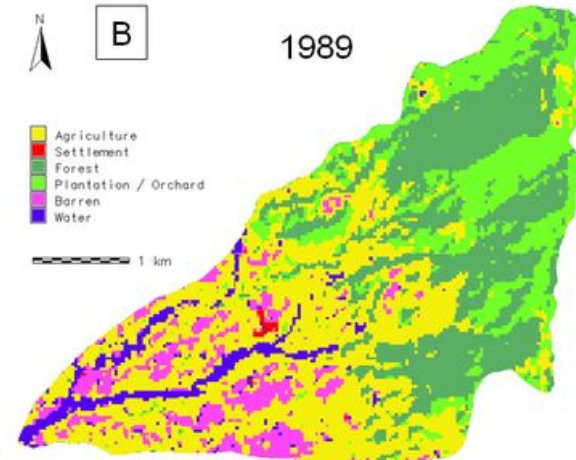
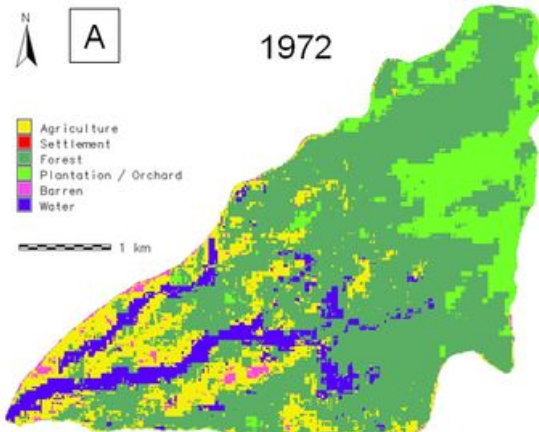
 C'est à dire qu'ils changent au cours du temps

Naturellement dynamique...



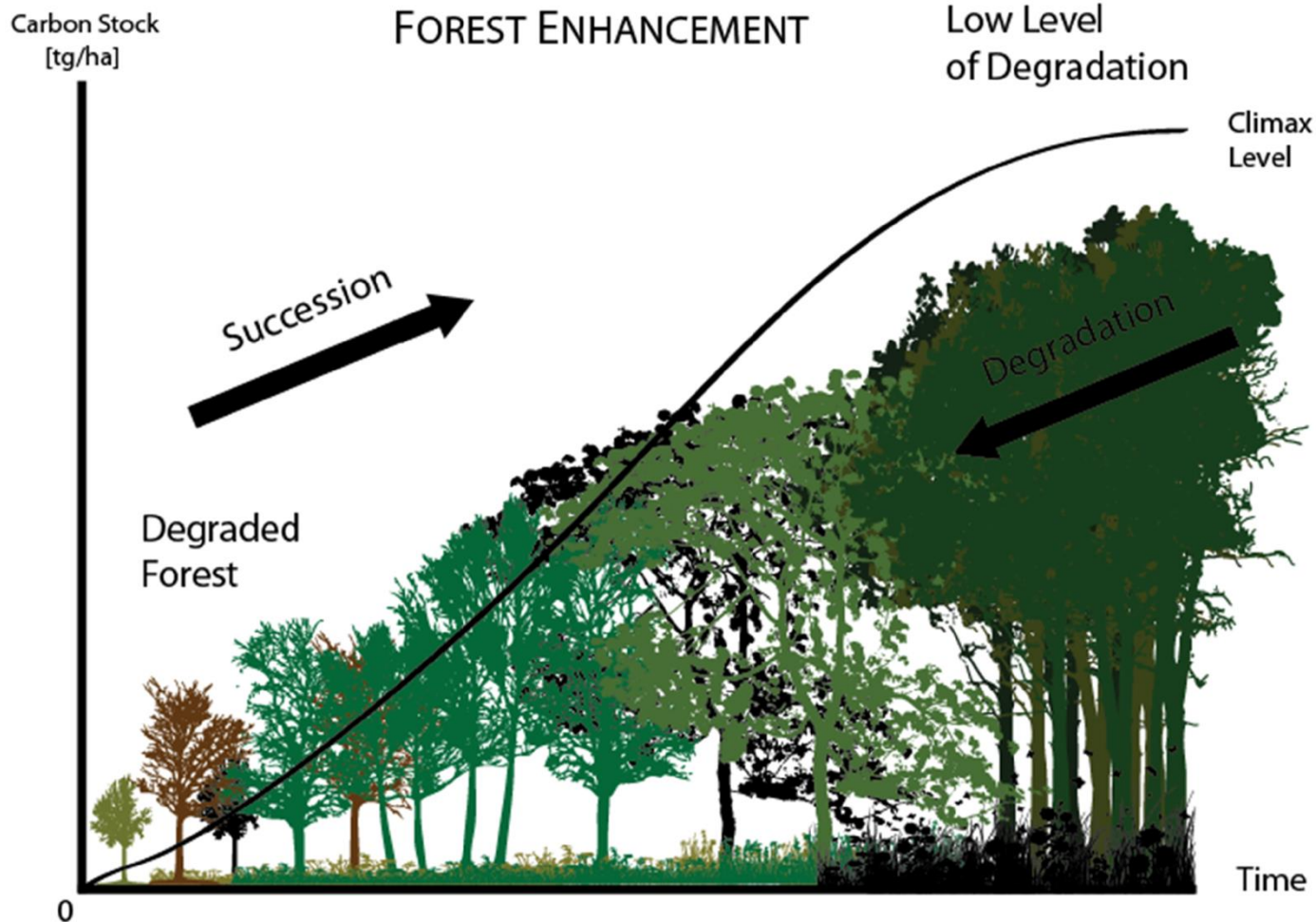
Ghilardi, Pelaez et al., 2013, Tech Rep

Dynamique due à l'action de l'homme





Certains changements anthropiques sont ne pas évident à détecter "vu du ciel"

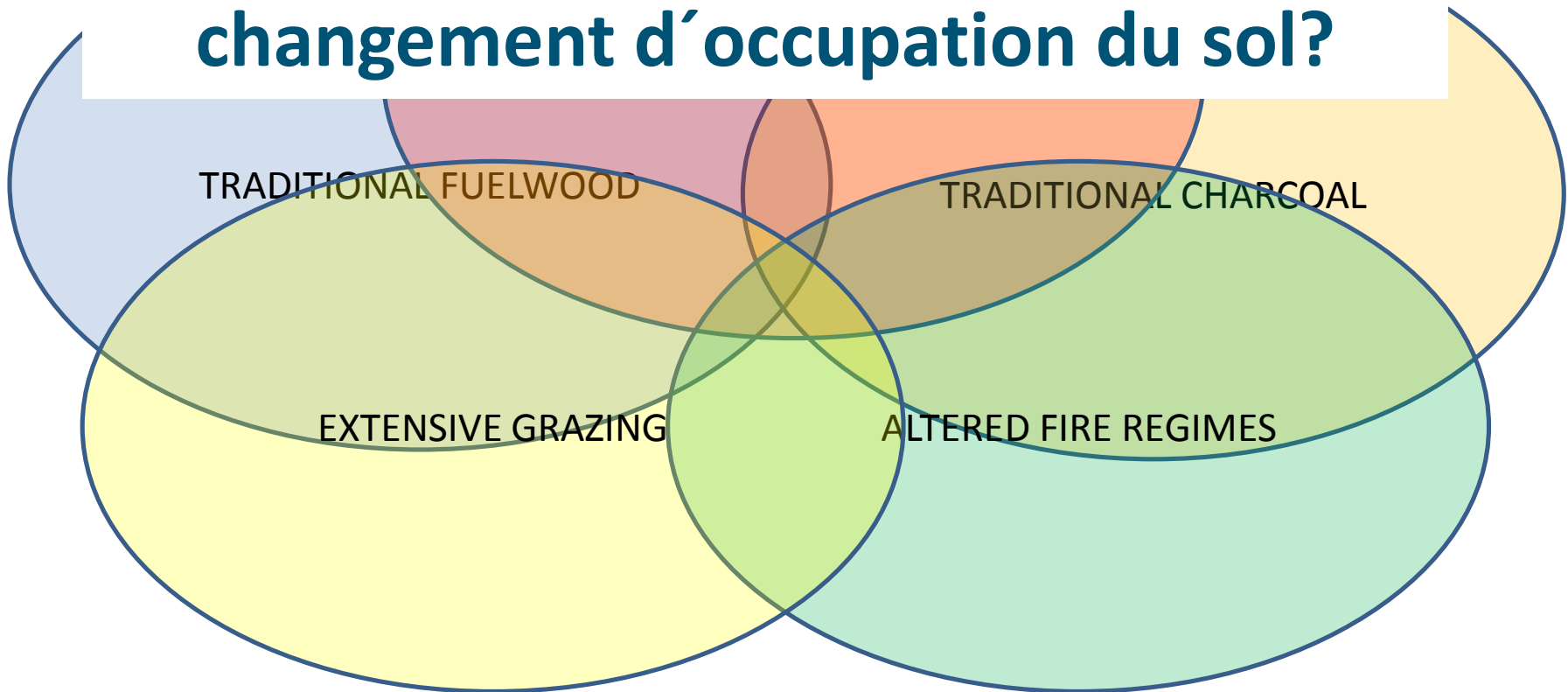


Deforestation

Morales, Skutsch, Pelaez, Ghilardi, *et al* 2014



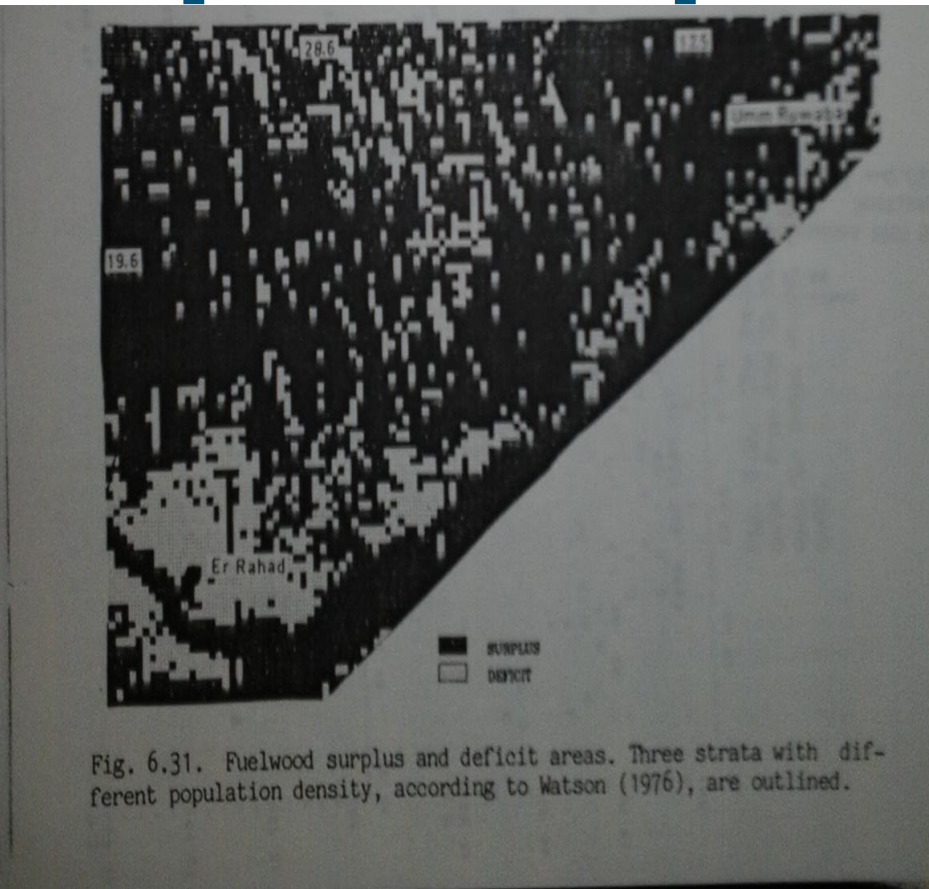
Alors, comment pouvons-nous dire quand les combustibles ligneux traditionnels sont un facteur de changement d'occupation du sol?



Exemples de travaux antérieurs

Changement d'occupation du sol \leftrightarrow combustibles ligneux

Spatiallement explicite



Simulations temporelles

A dynamic model of deforestation around production cost and demand for charcoal. The exploited area forms a wedge, which expands

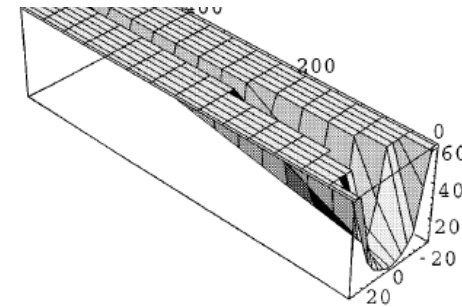


FIG. 3. Woodland degradation when harvesting costs vary with standing volume. Standing volume (vertical axis) as a function of distance from Dar es Salaam (origin at the lower right of the surface) along tarred and dirt road (horizontal axes).

par ex. Hofstad, 1997, J. Environ. Econ.Manag

Par exemple. KatrinaOlson1981, Lund Université



Peu de travaux "spatio-temporels"



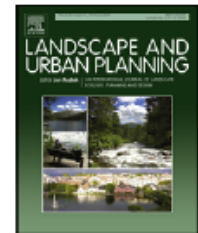
ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Landscape and Urban Planning

journal homepage: www.elsevier.com/locate/landurbplan

est un dans beaucoup



Spatial and temporal patterns of fuelwood collection in Wolong Nature Reserve: Implications for panda conservation

Guangming He^{a,*}, Xiaodong Chen^a, Scott Beier^a, Manuel Colunga^b, Angela Mertig^c, Li An^a, Shiqiang Zhou^d, Marc Linderman^a, Zhiyun Ouyang^e, Stuart Gage^b, ShuXin Li^a, Jianguo Liu^a

^a Center for Systems Integration and Sustainability, Department of Fisheries and Wildlife, Michigan State University, East Lansing, MI 48824, USA

^b Computational Ecology and Visualization Laboratory, Department of Entomology, Michigan State University, East Lansing, MI 48824, USA


^c Department of Sociology & Anthropology, Middle Tennessee State University, Murfreesboro, TN 37132, USA

^d China's Center for Giant Panda Research and Conservation, Wolong Nature Reserve, Wenchuan County, Sichuan Province, China

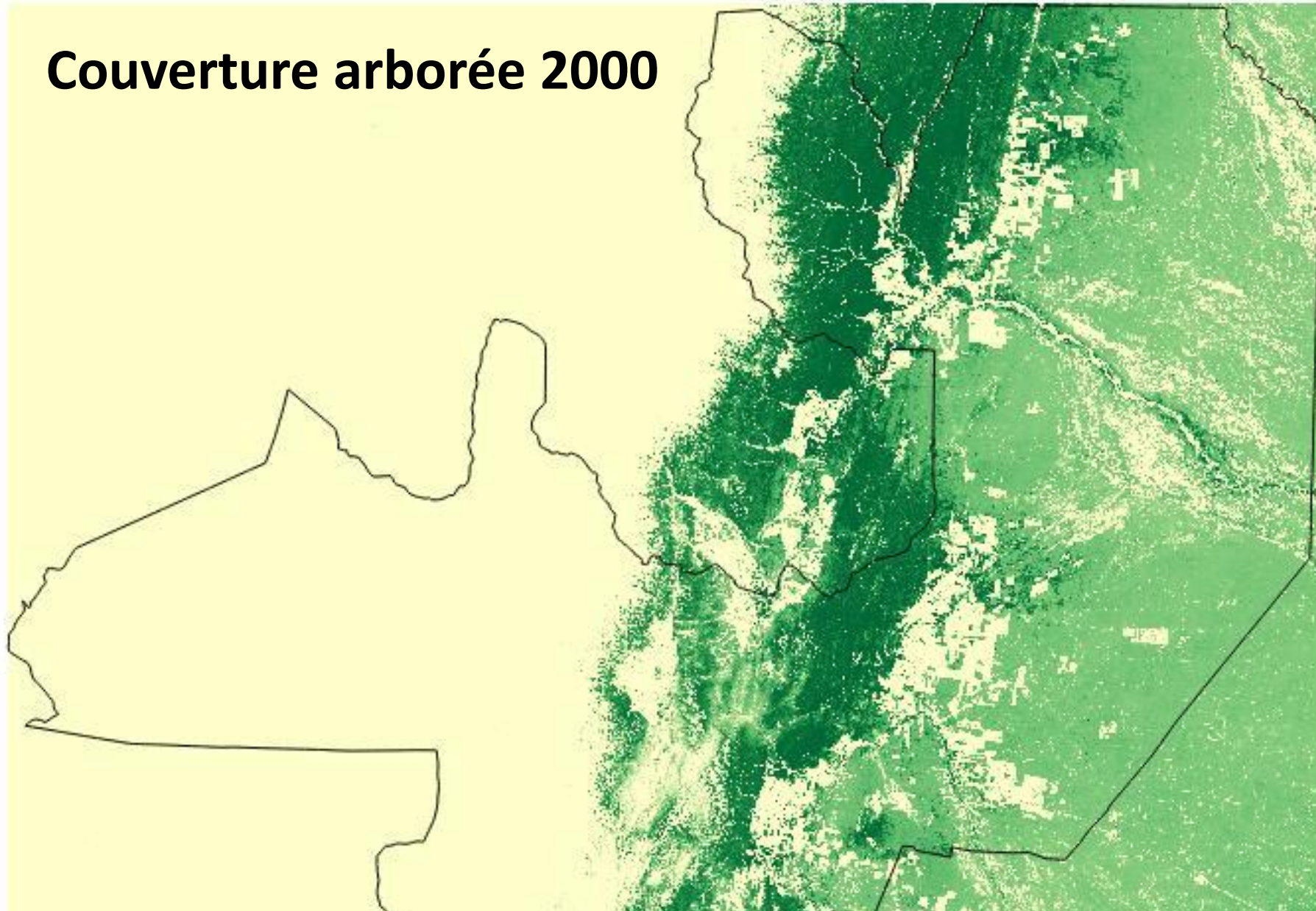
^e Department of Systems Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China



Le temps est important! **Deux** raisons principales:

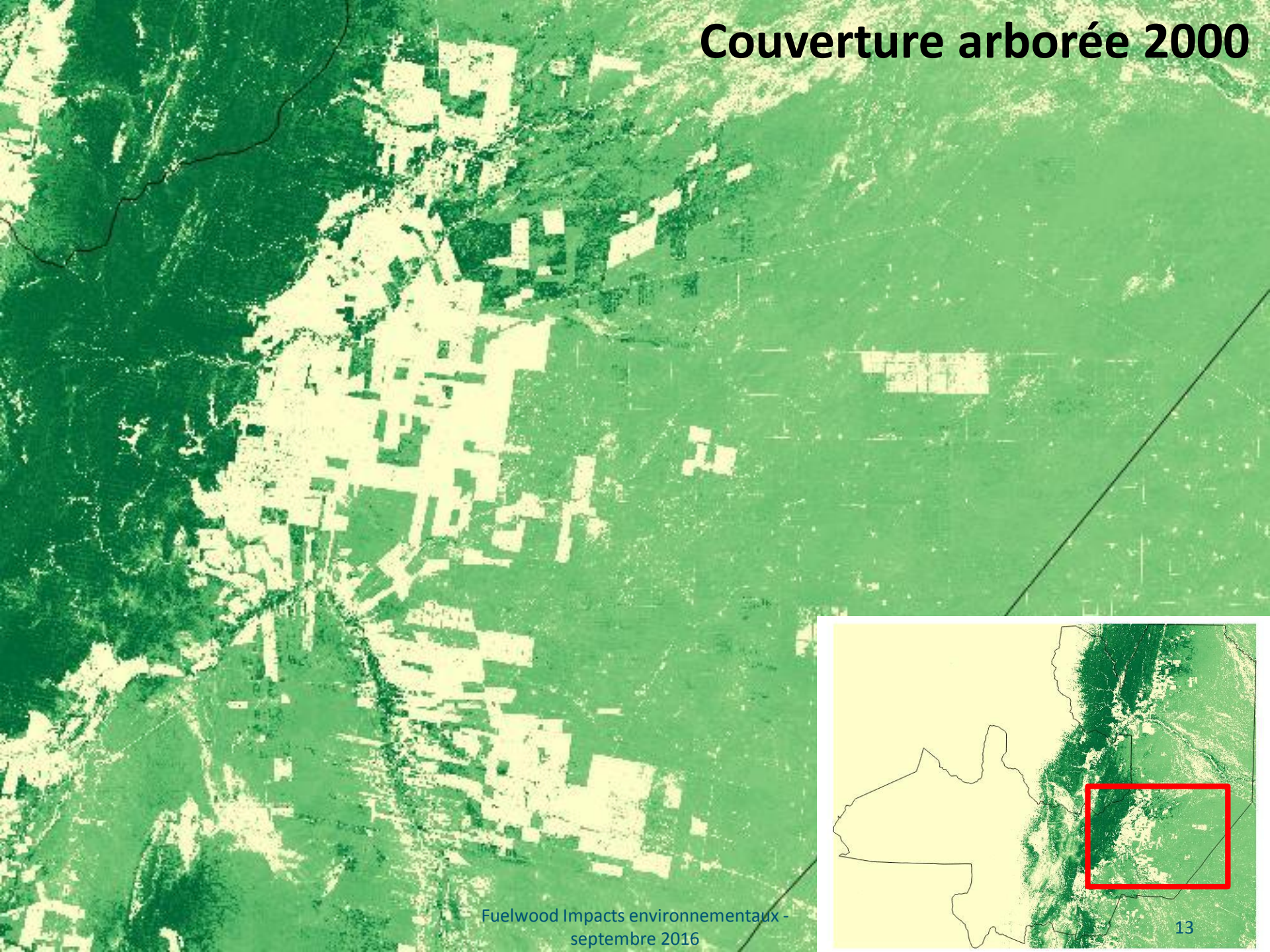
- Avant tout: *L'espace* est important car les relations entre l'approvisionnement de bois de feu et sa demande dépendent de l'espace.
 - Pourquoi ajouter le facteur *temps* pourrait il améliorer les estimations spatialement explicites ?
-  **Raison n ° 1: Les paysages, où les interactions homme-environnement se produisent, sont intrinsèquement *dynamiques***
- Voyons un Exemple:

Couverture arborée 2000

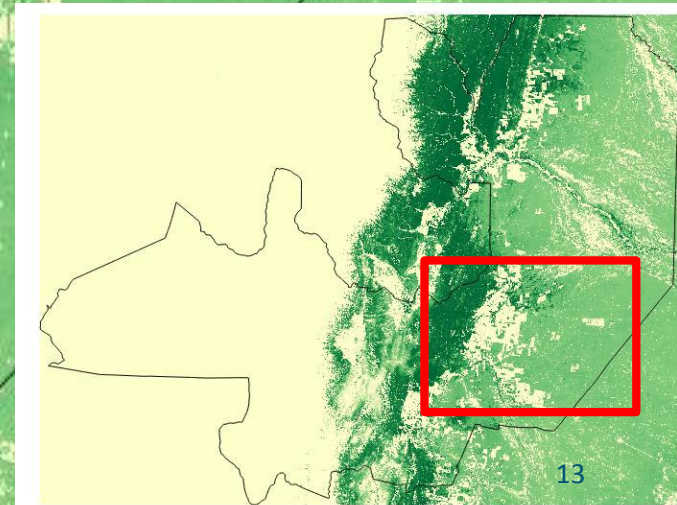


Hansen, MC, PV Potapov, R. Moore, M. Hancher, SA Turubanova, UNE. Tyukavina, RÉ. Thau, SV Stehman, SJ GoetzTR
Terre d'amour, UNE. Kommareddy, UNE. Egorov, L. ChiniCO JusticeEt JRG Townshend. 2013. "Haute-Résolution
Global Cartes du 21-siècle Forêt Couverture Changement». Science 342 (15 novembre): 850-53.
Fuelwood Impacts environnementaux - septembre 2016

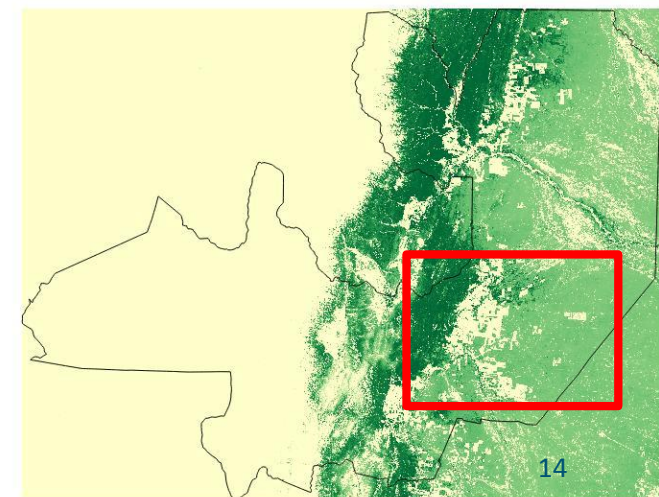
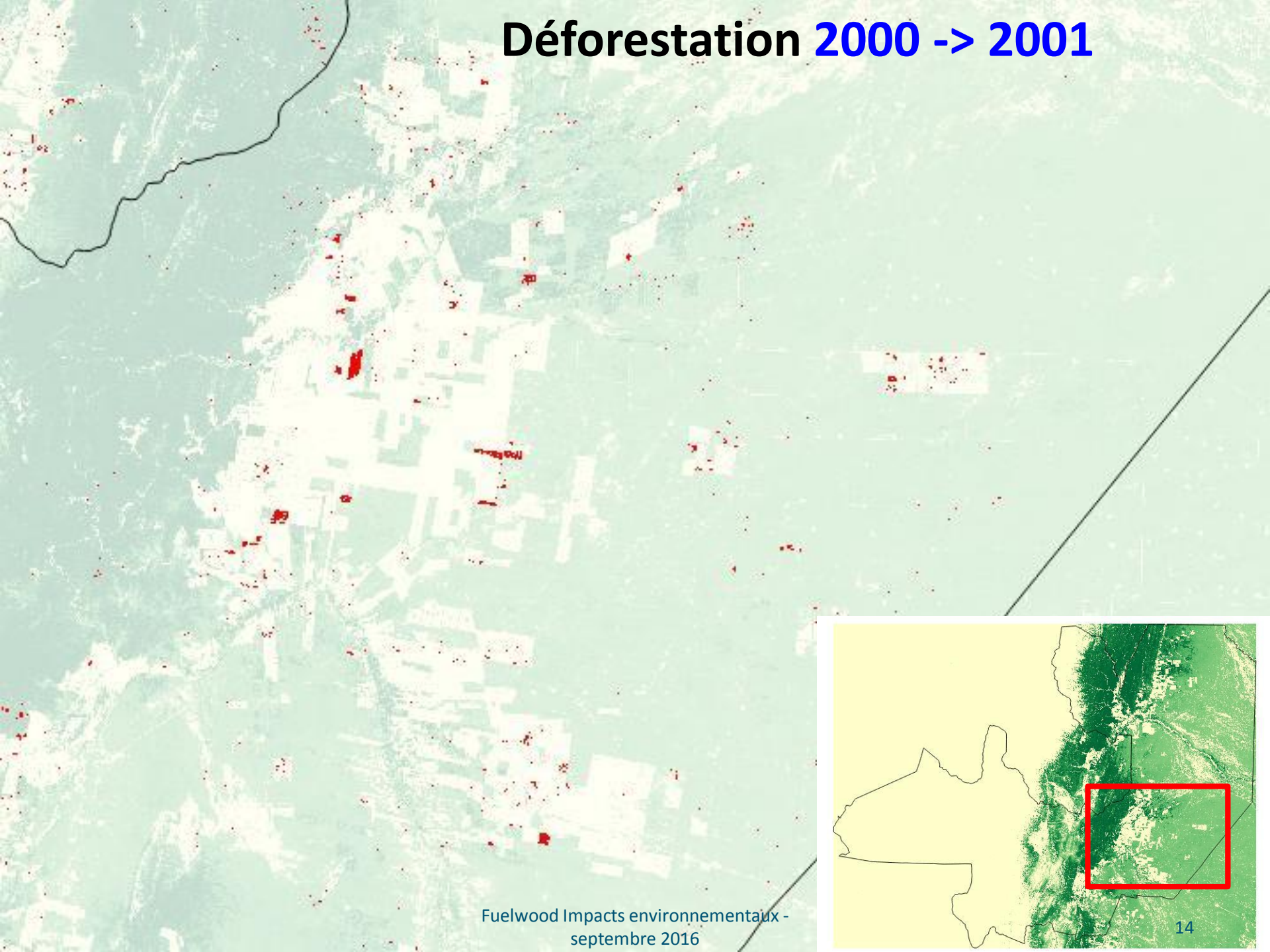
Couverture arborée 2000



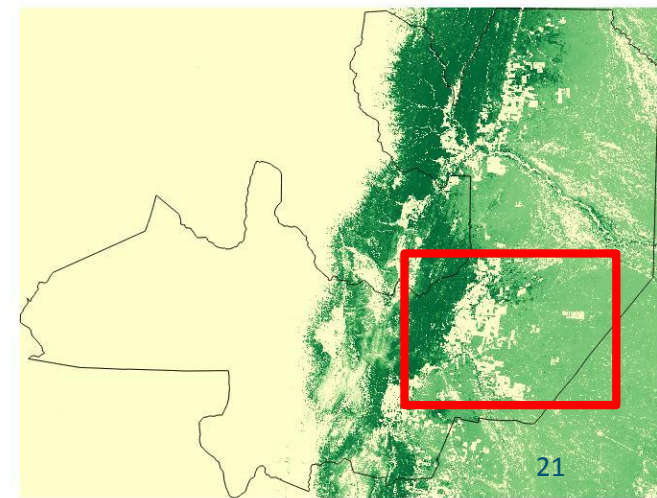
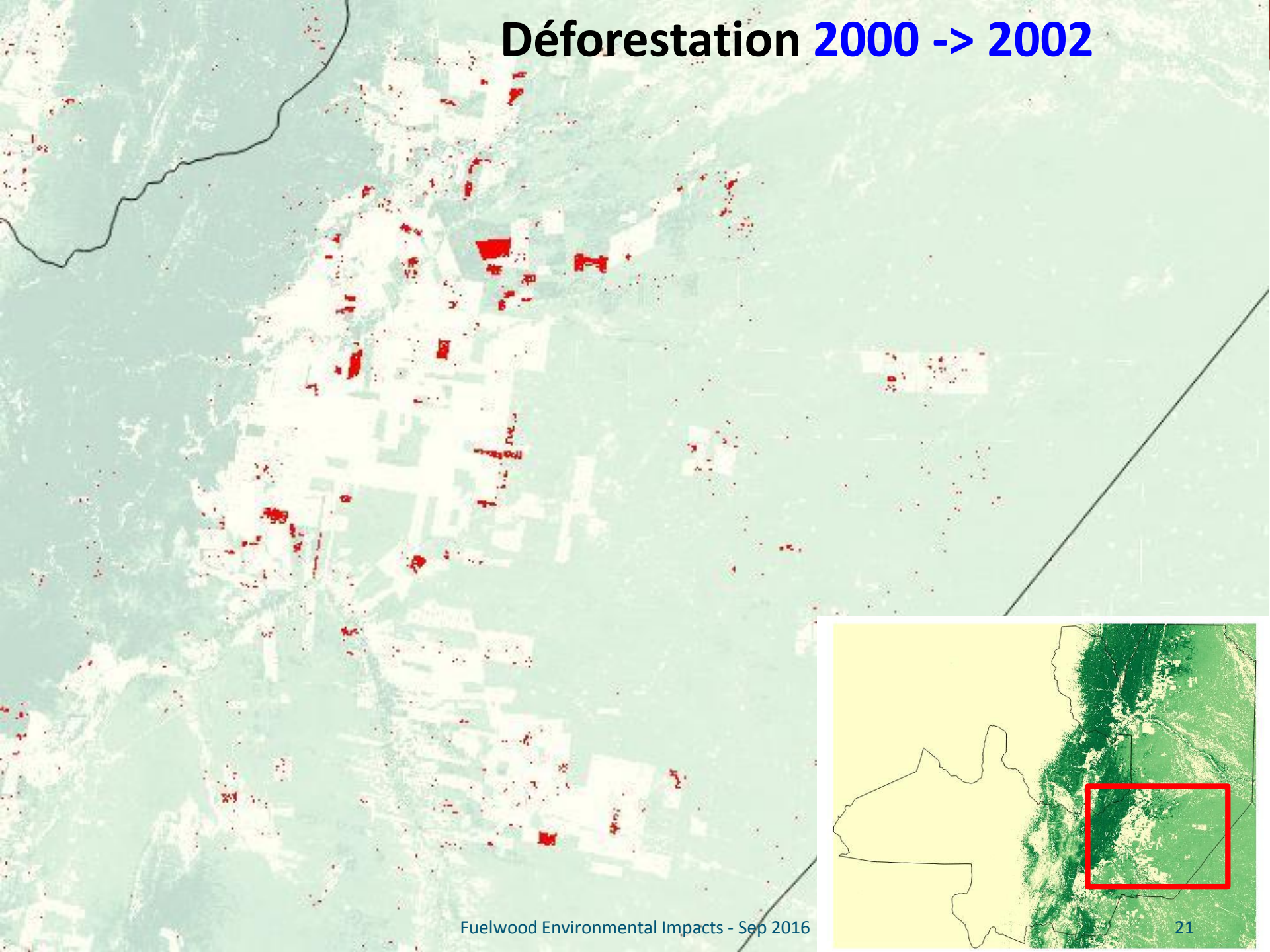
Fuelwood Impacts environnementaux -
septembre 2016



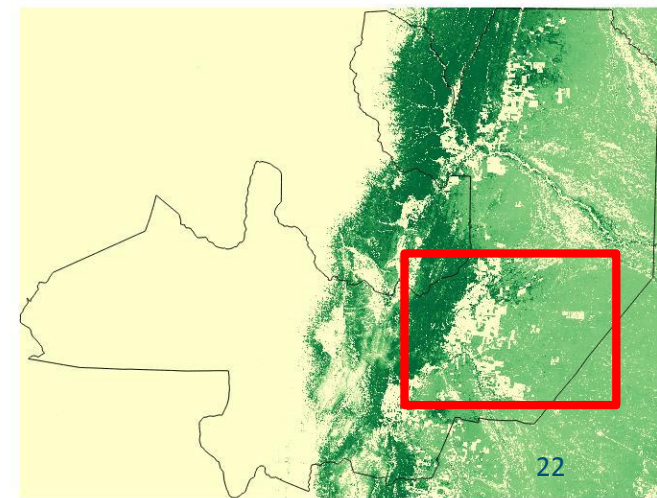
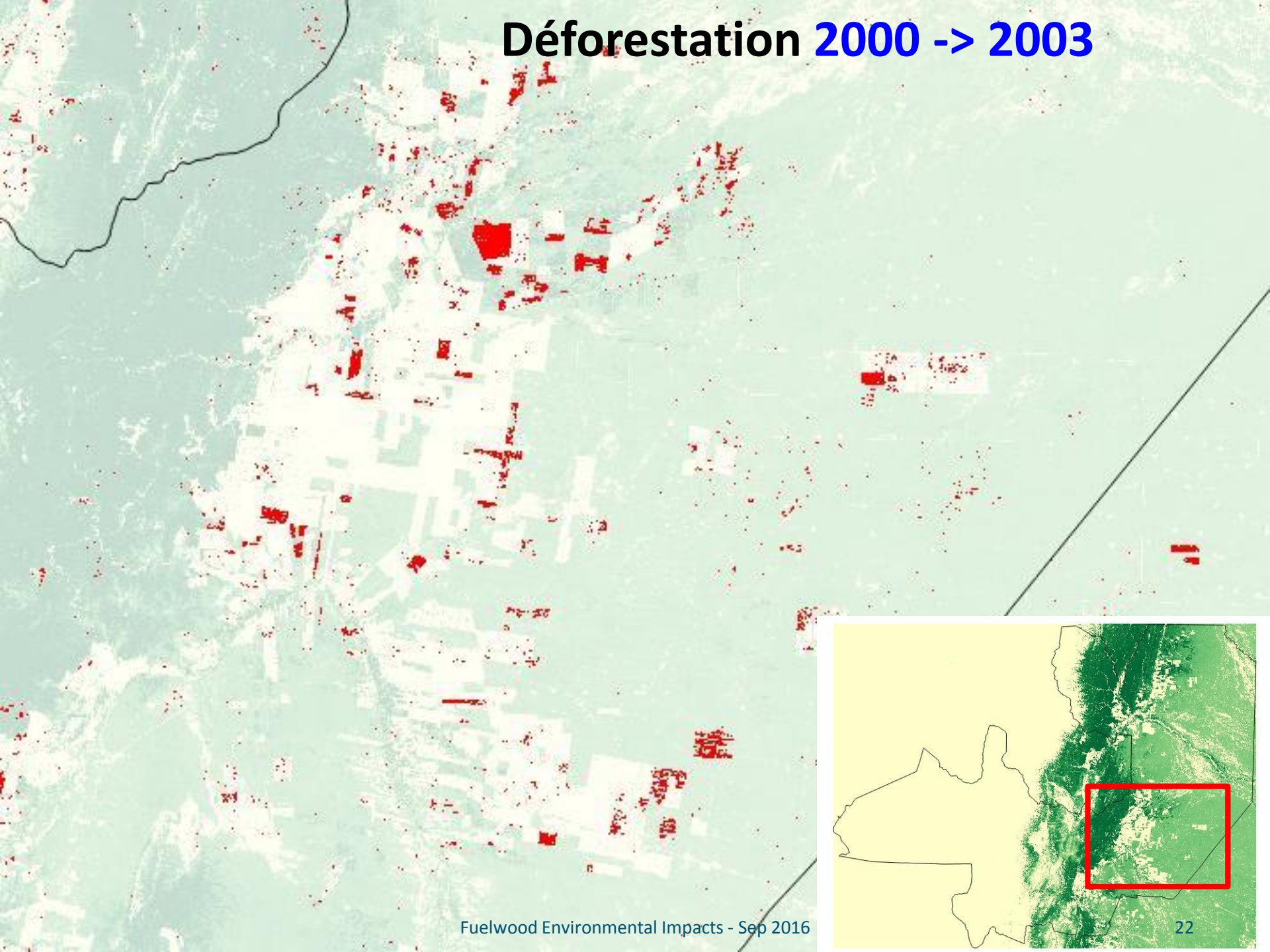
Déforestation 2000 -> 2001



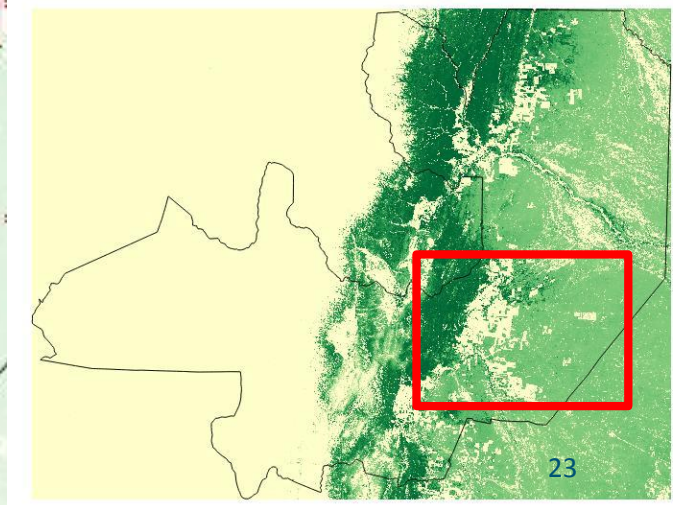
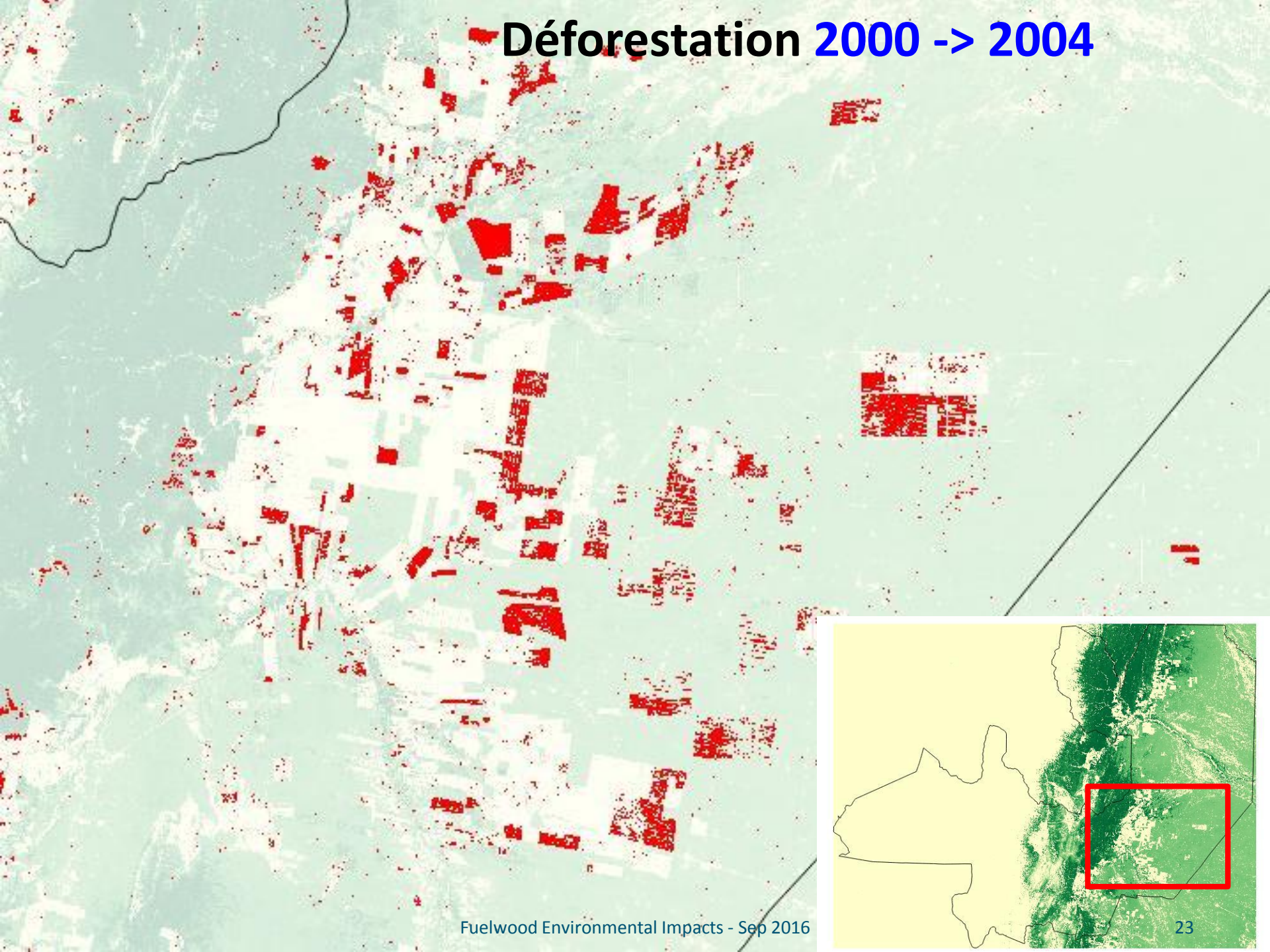
Déforestation 2000 -> 2002



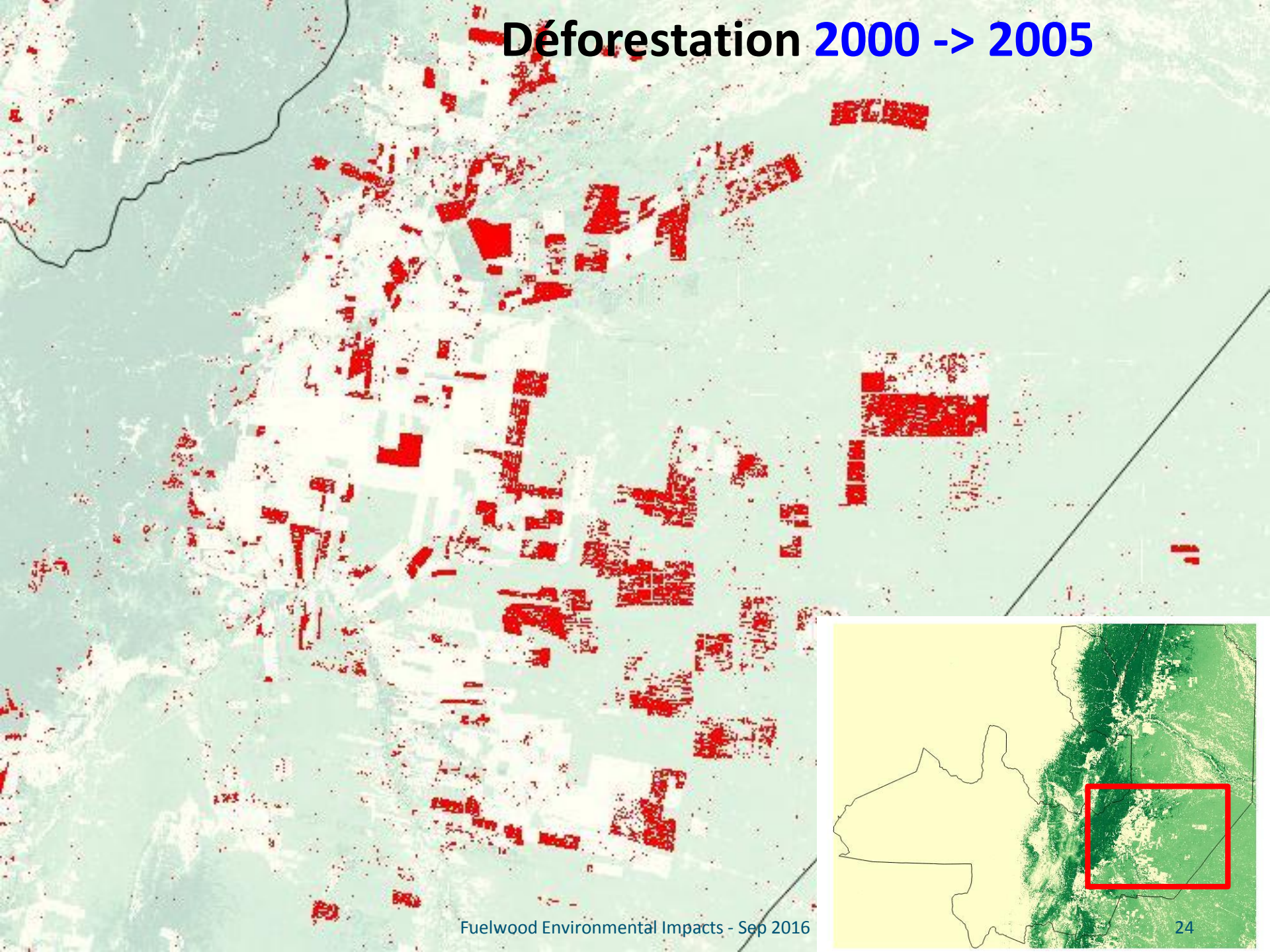
Déforestation 2000 -> 2003



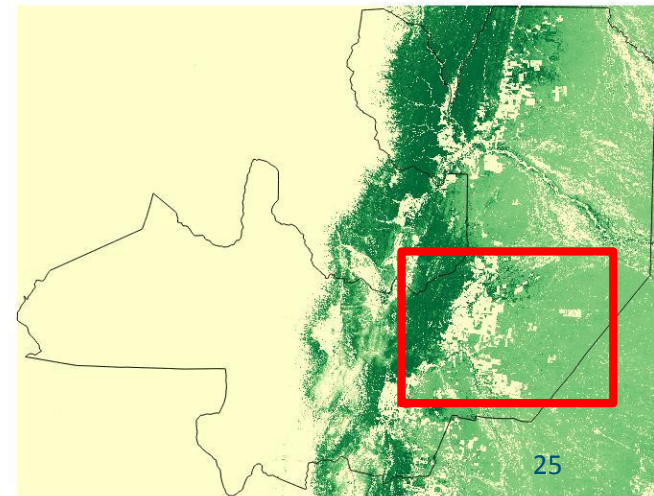
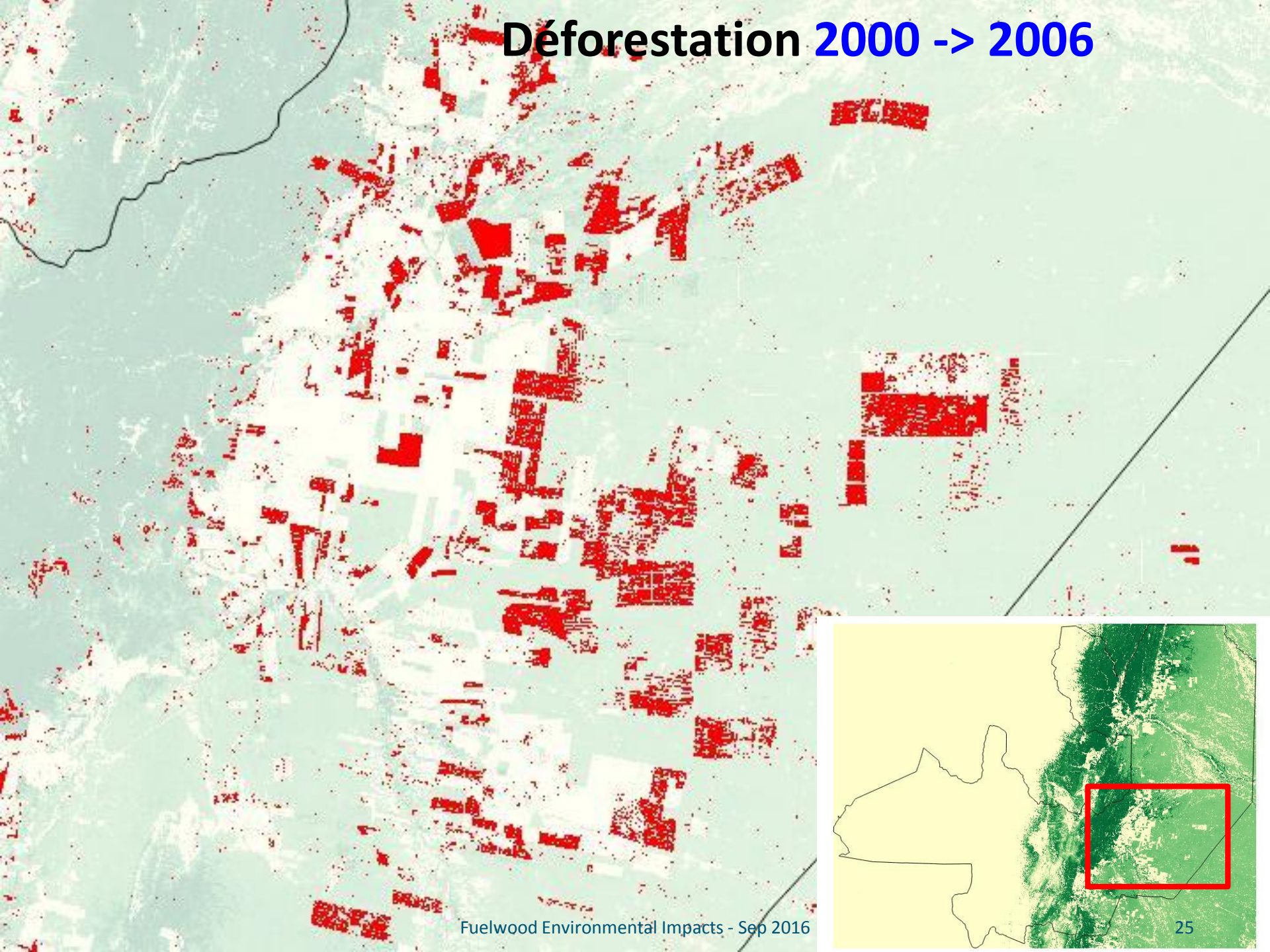
Déforestation 2000 -> 2004



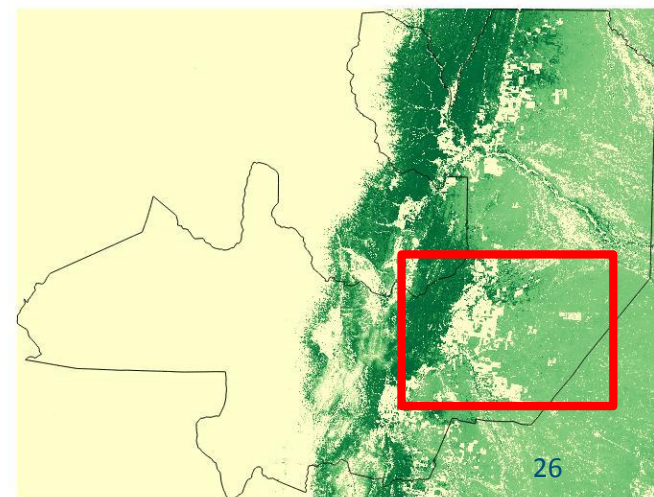
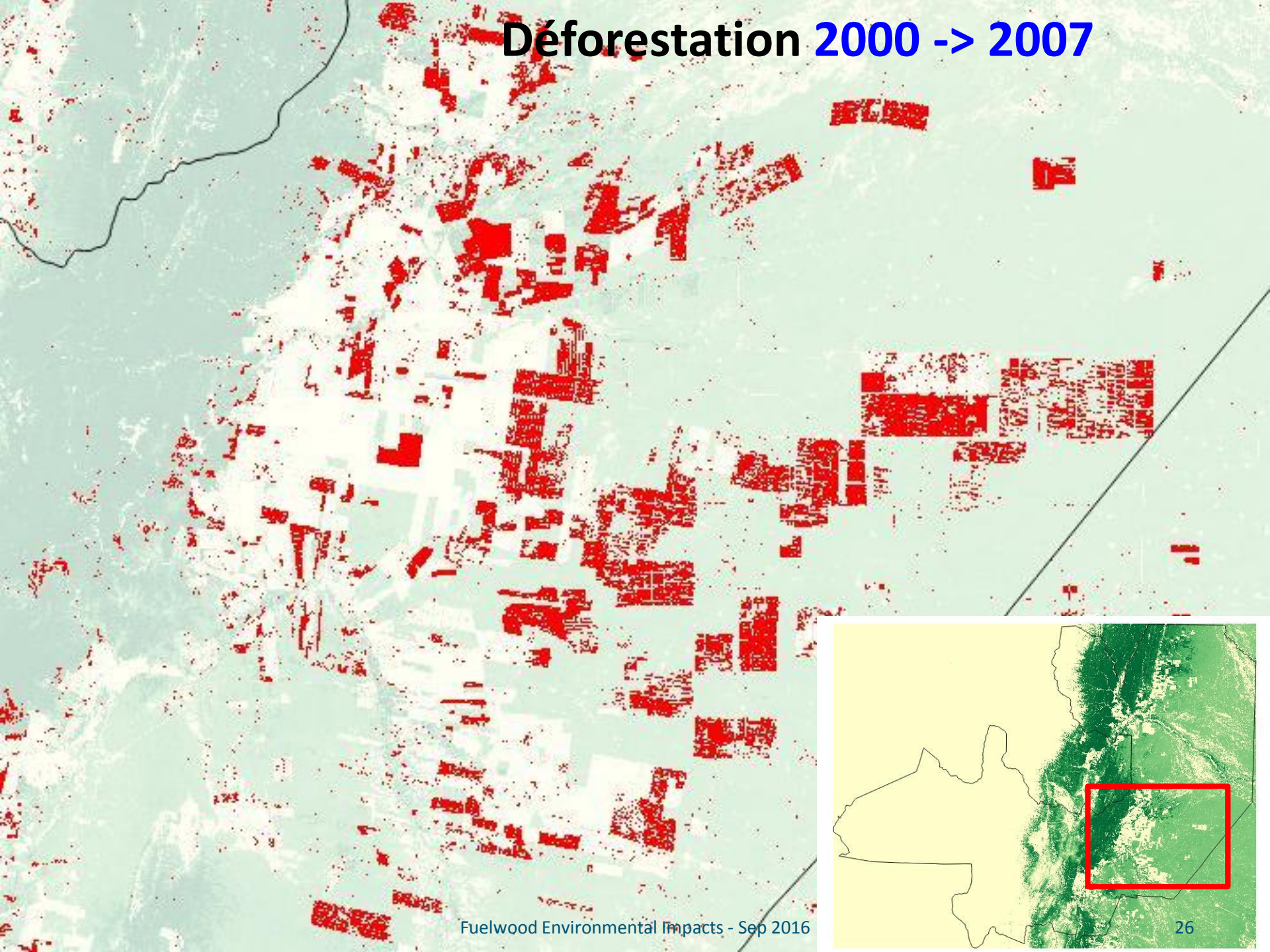
Déforestation 2000 -> 2005



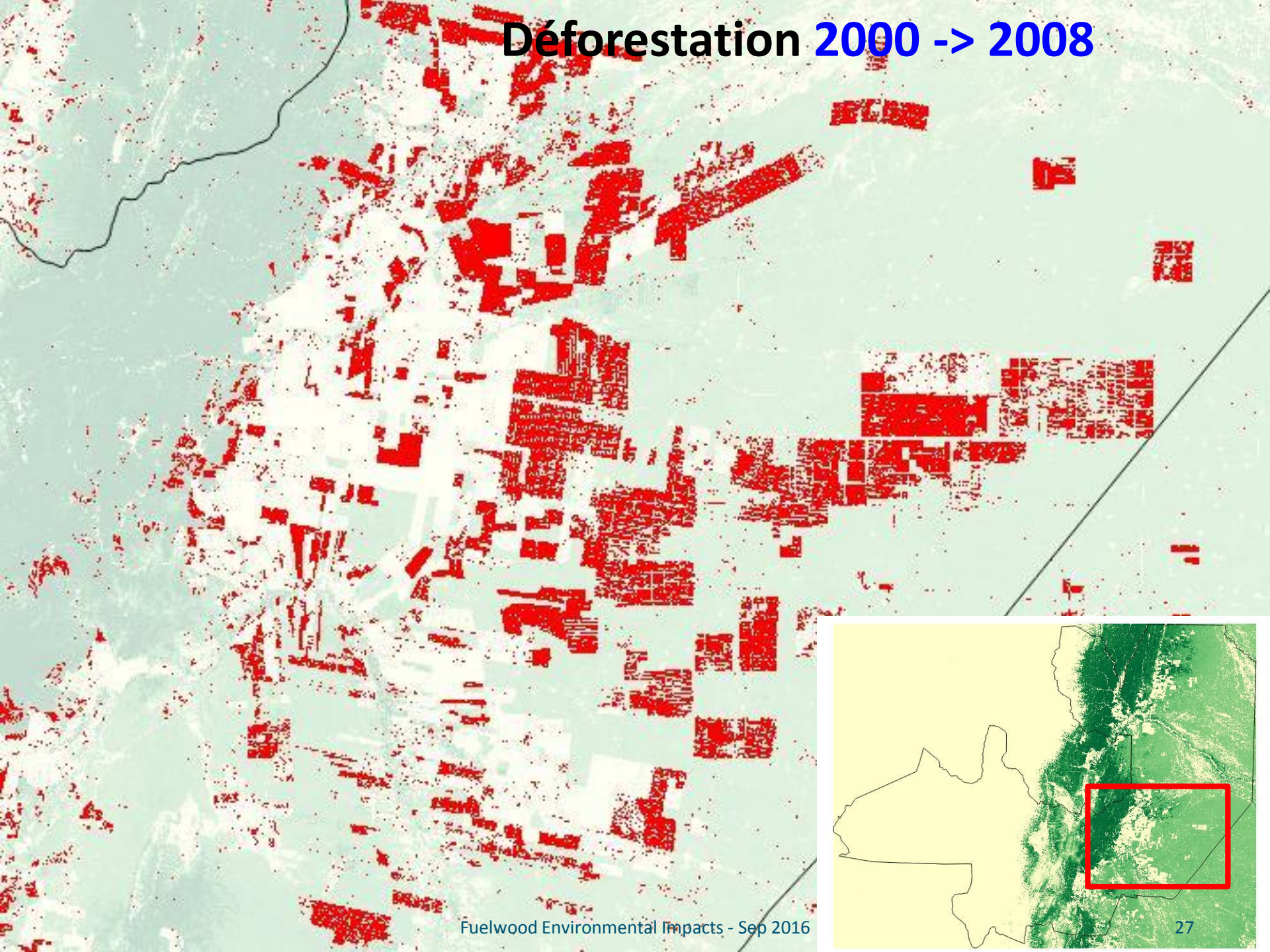
Déforestation 2000 -> 2006



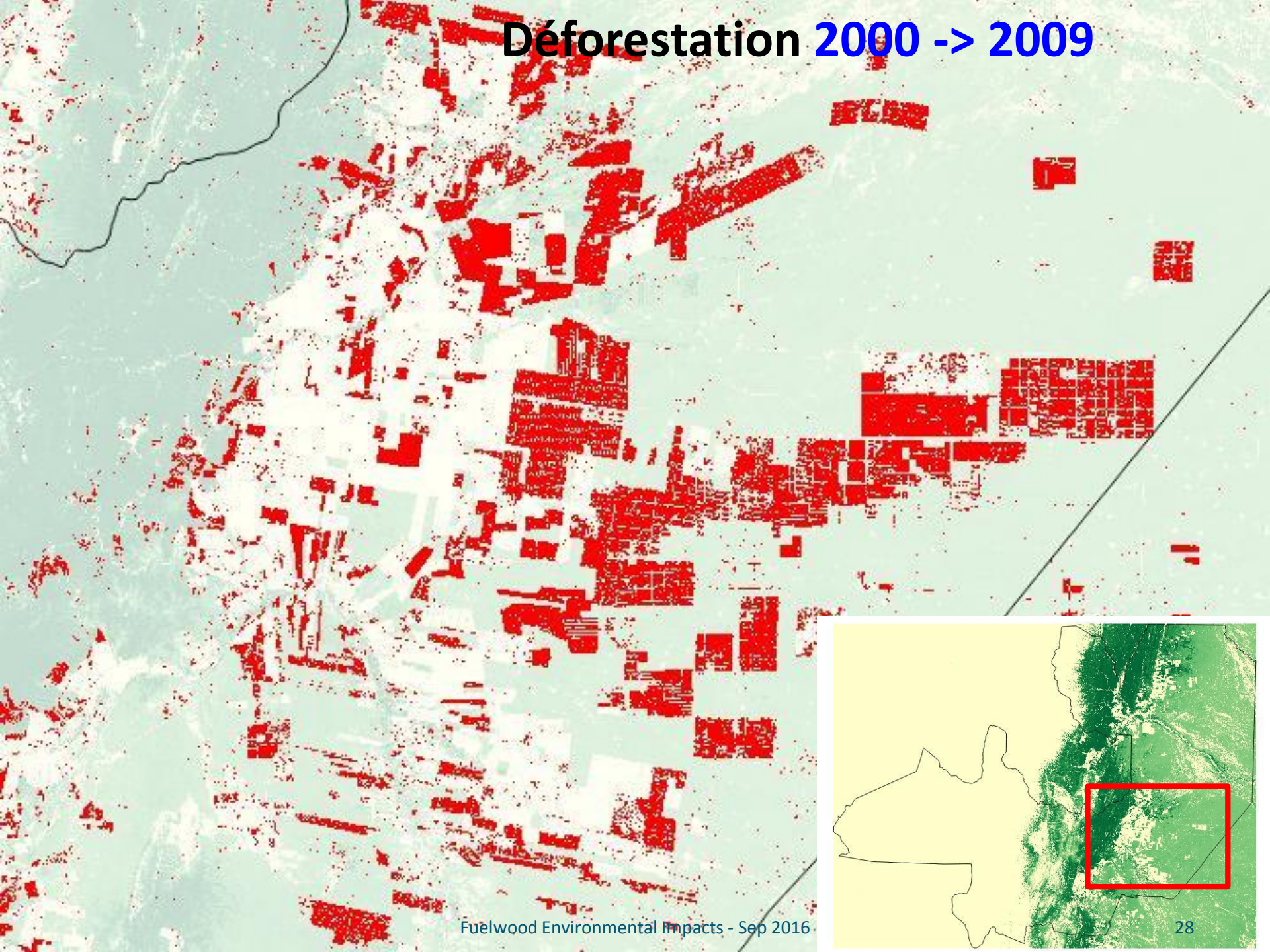
Déforestation 2000 -> 2007



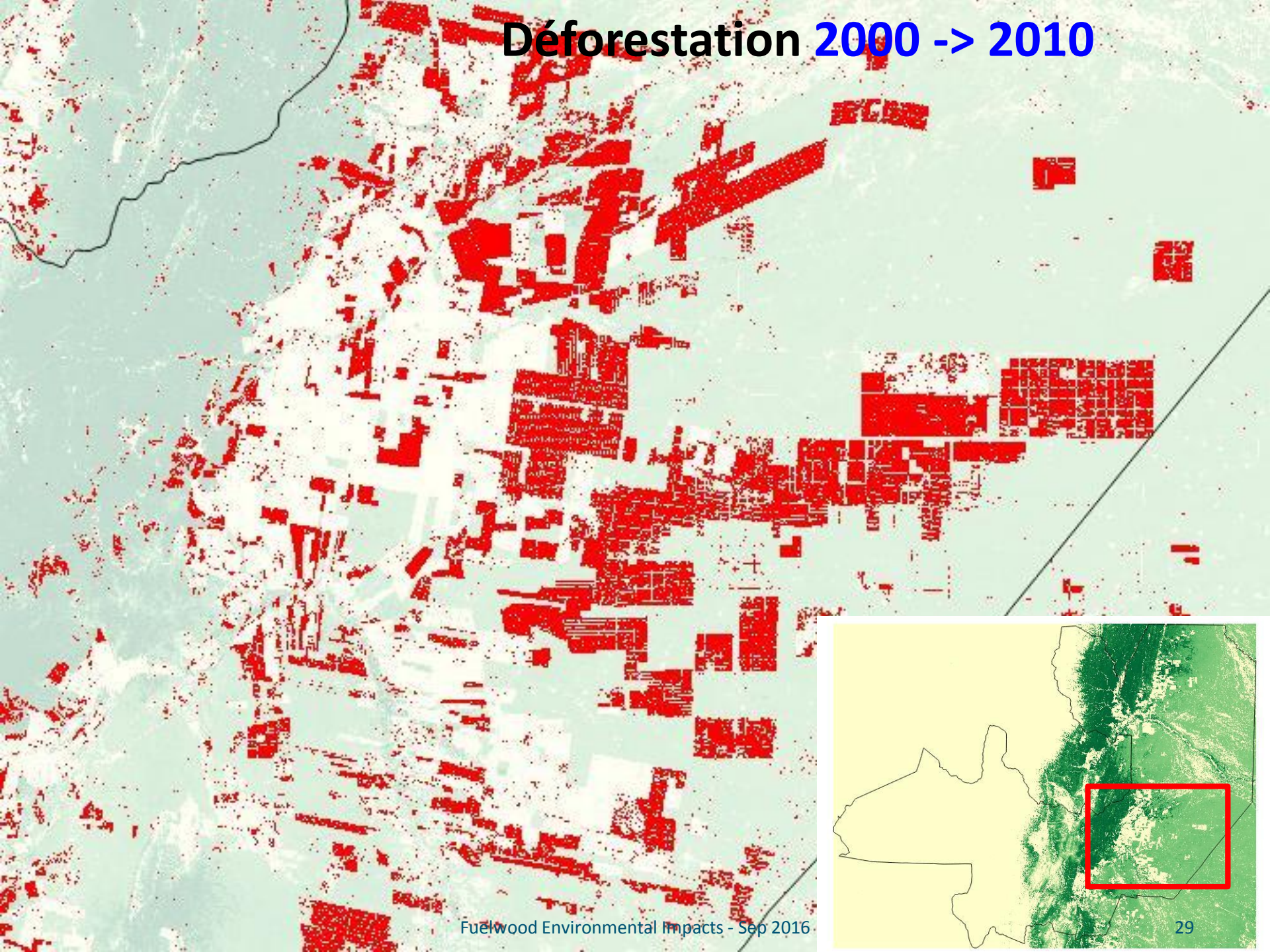
Déforestation 2000 -> 2008



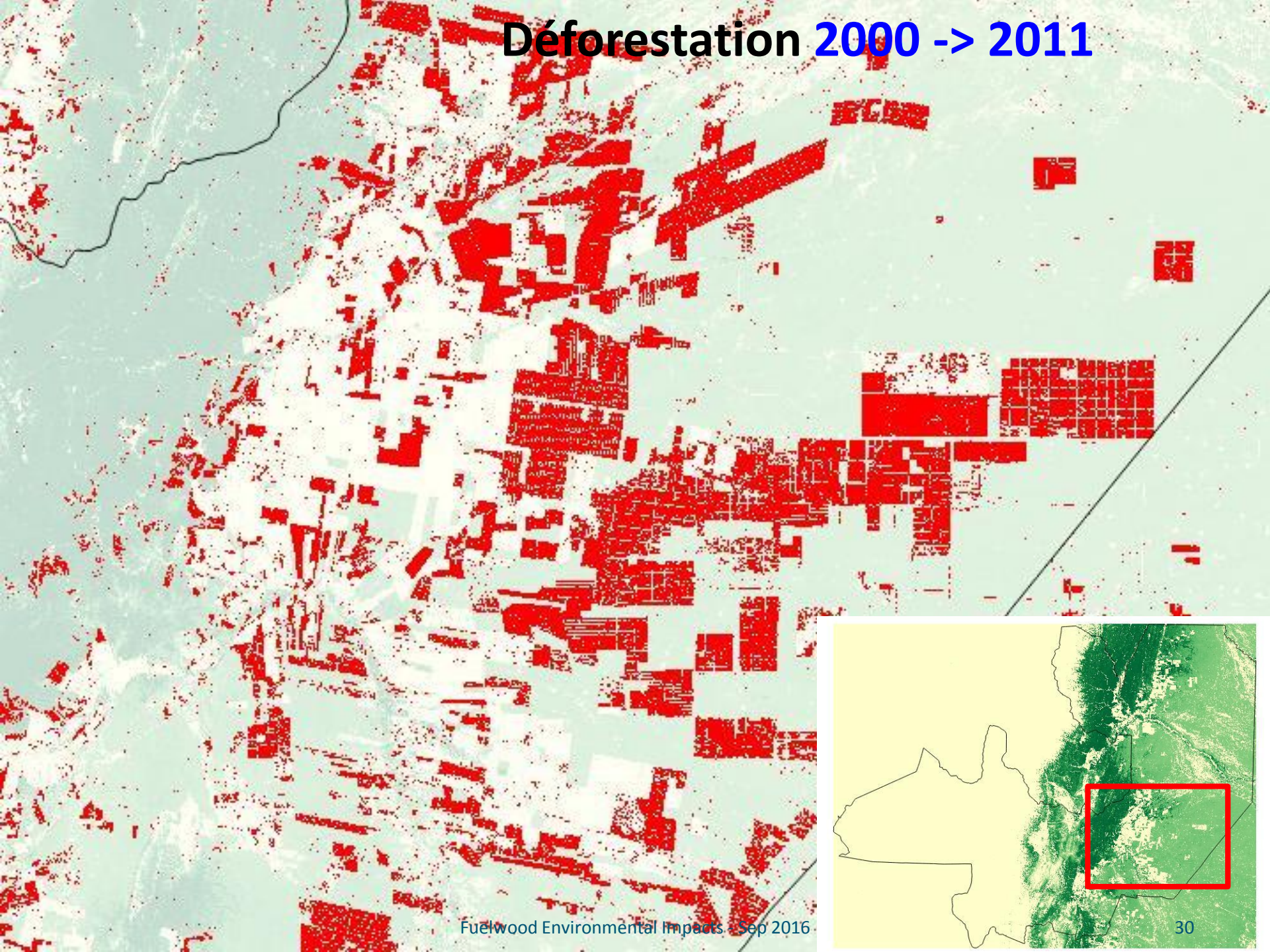
Déforestation 2000 -> 2009



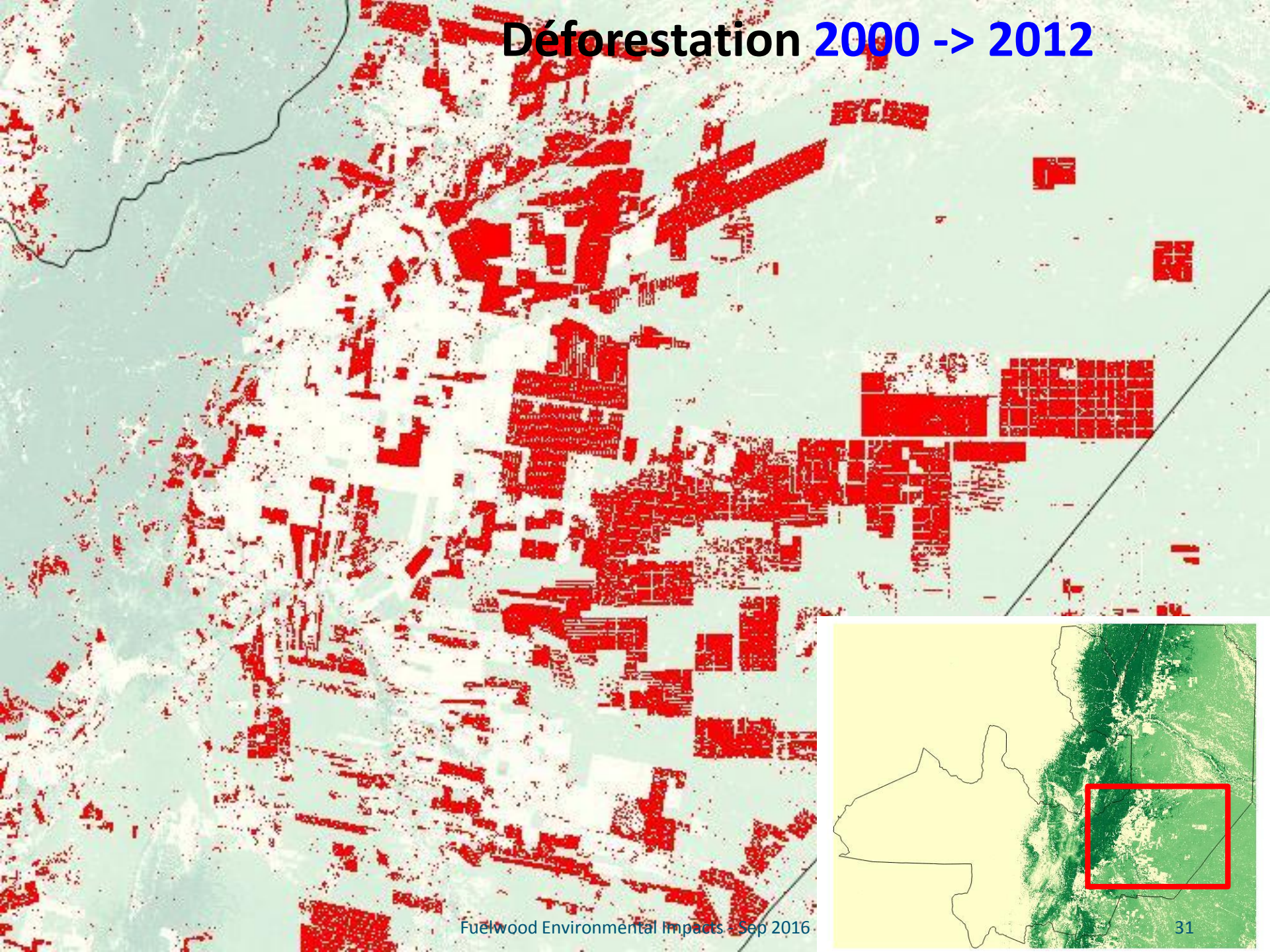
Déforestation 2000 -> 2010



Déforestation 2000 -> 2011



Déforestation 2000 -> 2012





L'échelle compte!

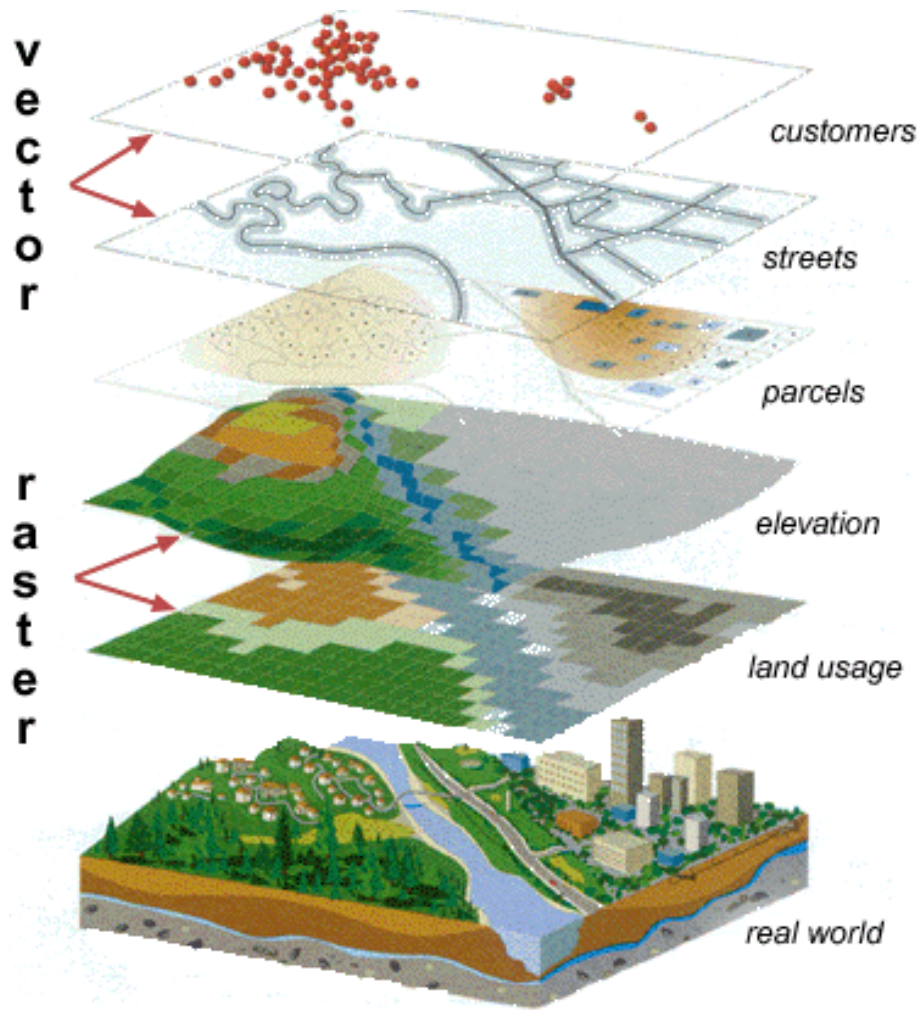
Raison n° 2: L'échelle

- Les interactions homme-environnement sont connus pour être des systèmes complexes: «*Le tout est significativement différent de la simple somme des parties*»
- Ces interactions sont importantes, le changement d'échelle dans l'espace, le temps et la complexité peuvent produire des résultats différents...
- "**Échelle**" fait référence à:
 - Résolution: La taille du grain, les pas de temps et le degré de complexité du modèle
 - "Ampleur" (extension): Dans l'espace, le temps et le numéro de composants modélisés.

Voyons un autre exemple:



L'échelle spatiale et temporelle affectent les patrons de récollecion de bois de feu



❧ Résolution spatiale: la plupart des modèles de paysage sont basés sur des **bases de données géographiques raster**.

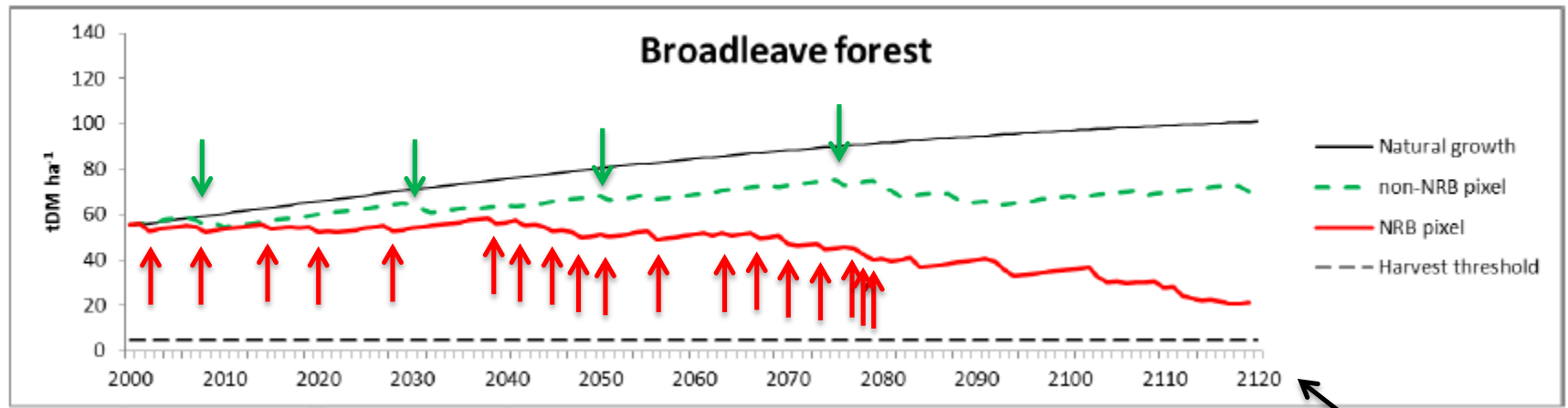
❧ "Un raster divise un lieu du monde réel à partir d'une grille et attribue certains éléments du monde réel à chaque cellule de la grille" *J. Collins-Unruh, Understanding Rasters*

L'échelle spatiale varie, l'échelle temporelle est fixée



L'échelle temporelle varie, l'échelle spatiale est fixée

Figure A.5. Temporal projections of supply/demand relations at pixel-level



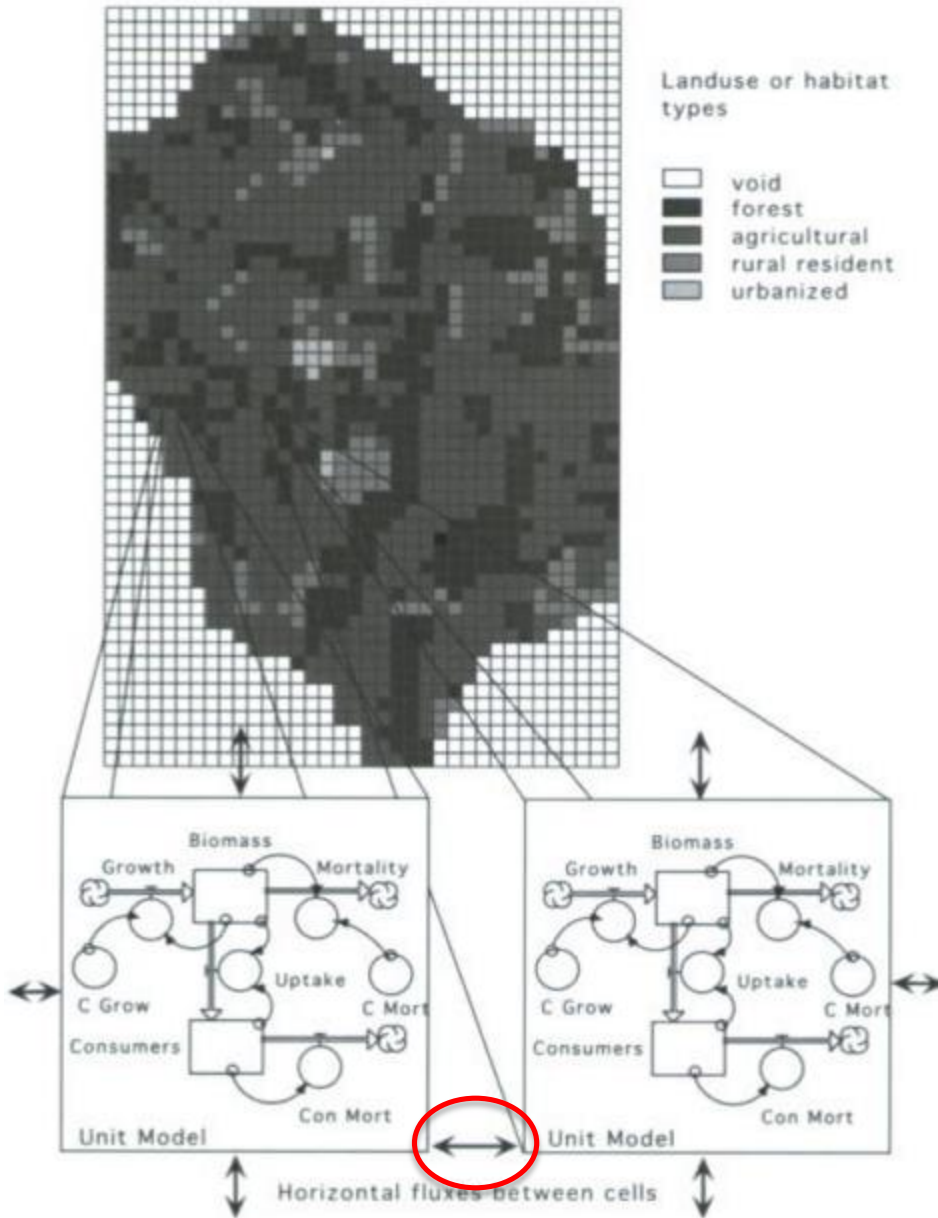
Résolution temporelle fine

Résolution temporelle grossière



L'échelle spatiale et temporelle affectent la simulation des patrons de récolte de bois de feu

- 🔥 Alors, quel est le problème?
- 🔥 Les échelles spatiale et temporelle affectent la **fréquence** et l'**intensité** avec lesquelles les cellules raster sont "récoltées".
- 🔥 Et ceci a des implications sur la modélisation de la réponse de la végétation aux perturbations.



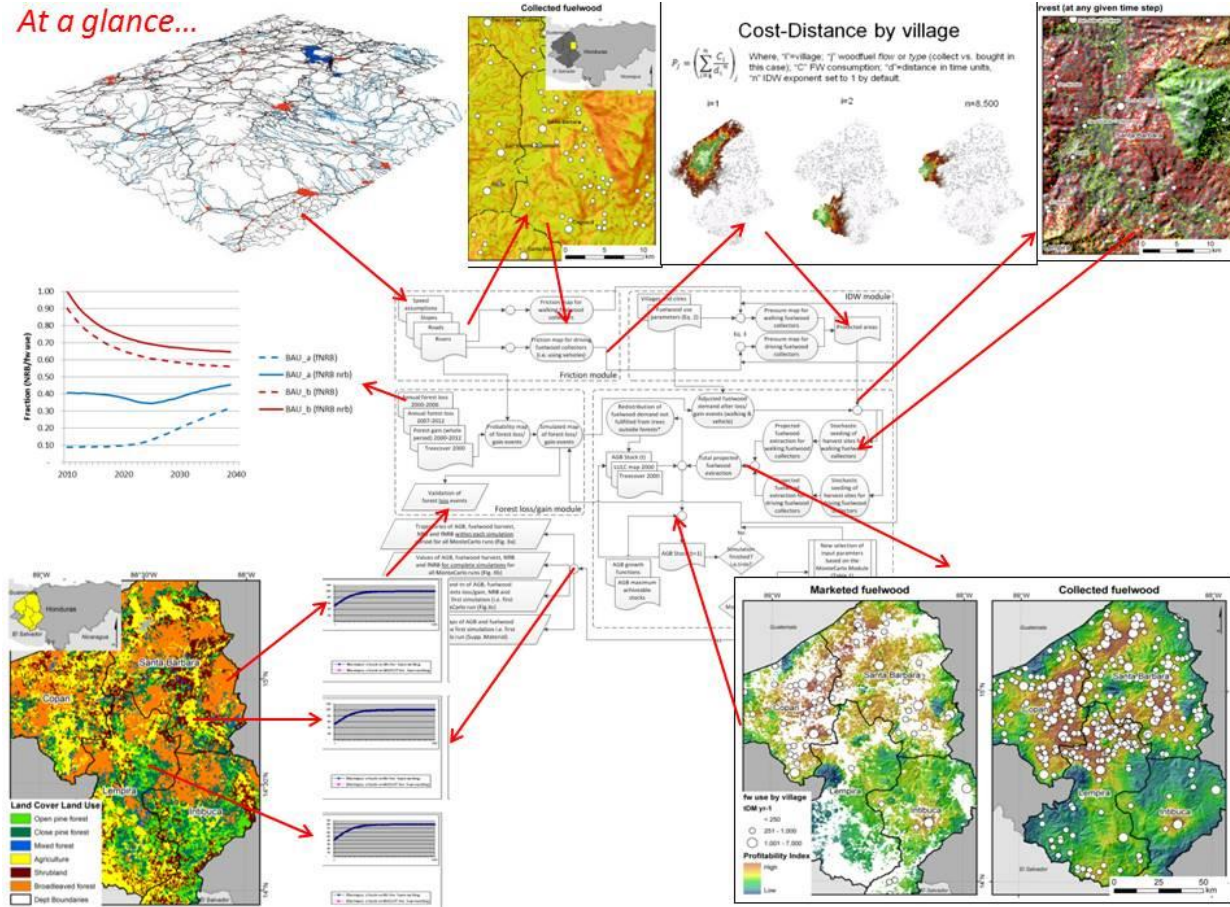
🌀 Outils de programmation disponibles pour le faire d'une manière assez facile.

🌀 Les outils les plus “à la pointe” sont *freeware*.

🌀 Beaucoup de ces outils peuvent être intégrés ensemble dans un seul modèle.



Comment inclure *dynamique spatiale* dans les analyses d'offre et de demande de bois de feu ?



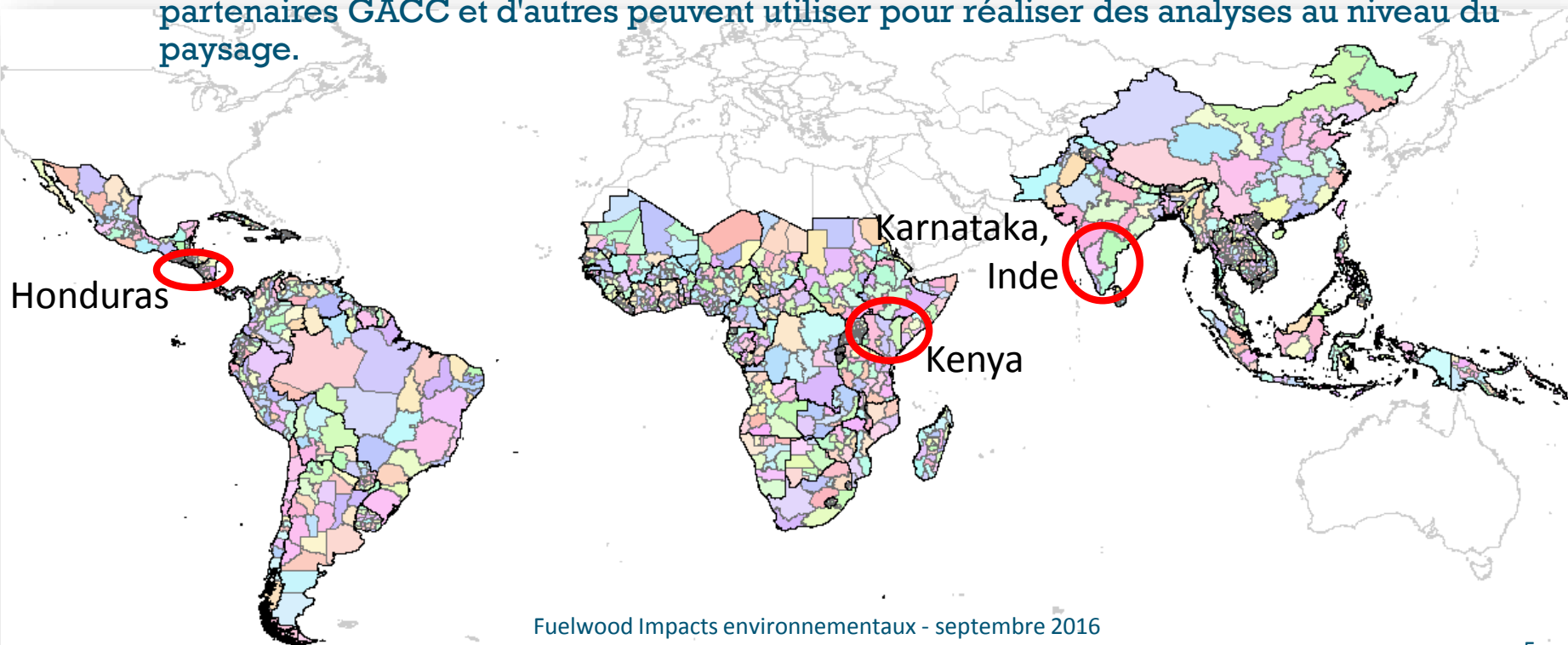


D'abord, pourquoi nous avons développé ce modèle?

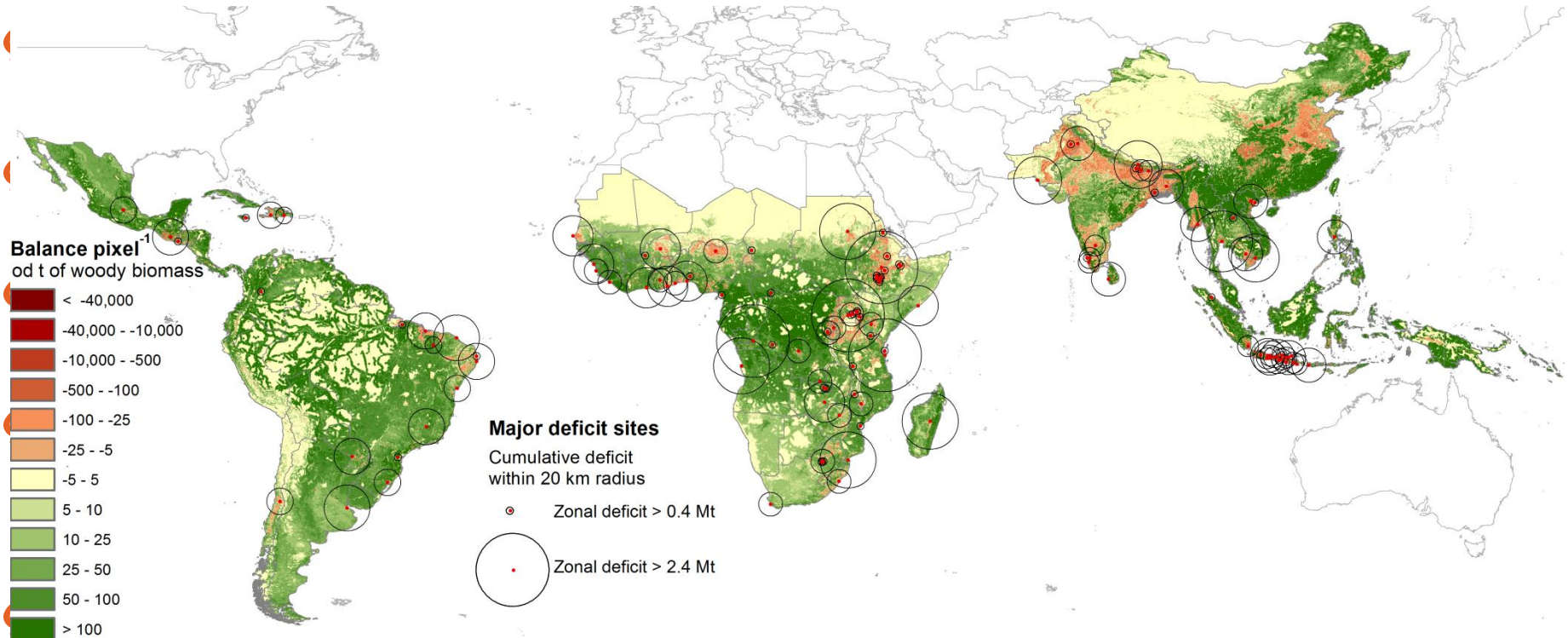
- 🌀 MoFuSS a été développé au cours de l'un des projets de l'Alliance mondiale pour les fourneaux améliorés (GACC) entre 2013 à 2015: *Geospatial Analysis and Modeling of Non-Renewable Biomass: WISDOM and beyond*.
- 🌀 It was built for GACC partners and other stakeholders to assess fuelwood-driven degradation in a variety of contexts.
- 🌀 Il a été construit pour les partenaires de la GACC et d'autres utilisateurs pour évaluer la dégradation causée par les combustibles ligneux dans différents contextes

Objectifs du projet

1. Développer des estimations spatialement explicites de la demande et l'offre de bois de feu, et de la **biomasse non renouvelable (NRB)** dans 88 pays (1482 unités infranationales analysées) - pantropical ou **analyse de niveau I**.
2. Effectuer les analyses **nationales (Tier II)** et **sous-nationales (Tier III)** dans certaines **"zones à haut risque"** d'Afrique, d'Asie, et d'Amérique latine.
3. Développer et mettre à la disposition du public un **outil facile** à utiliser que les partenaires GACC et d'autres peuvent utiliser pour réaliser des analyses au niveau du paysage.



Niveau I: déficits mondiaux de combustibles ligneux



Élaboré avec succès en utilisant la meilleure technologie disponible, les émissions diminueraient de 100-160 MtCO₂e /an

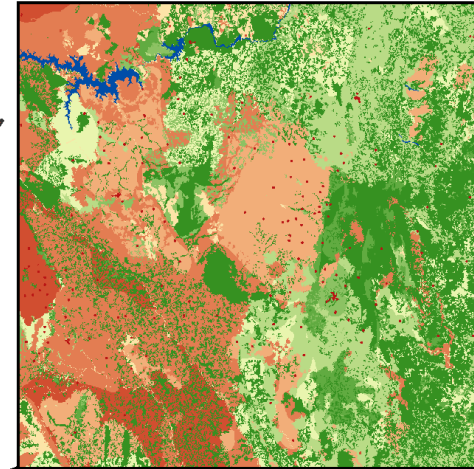
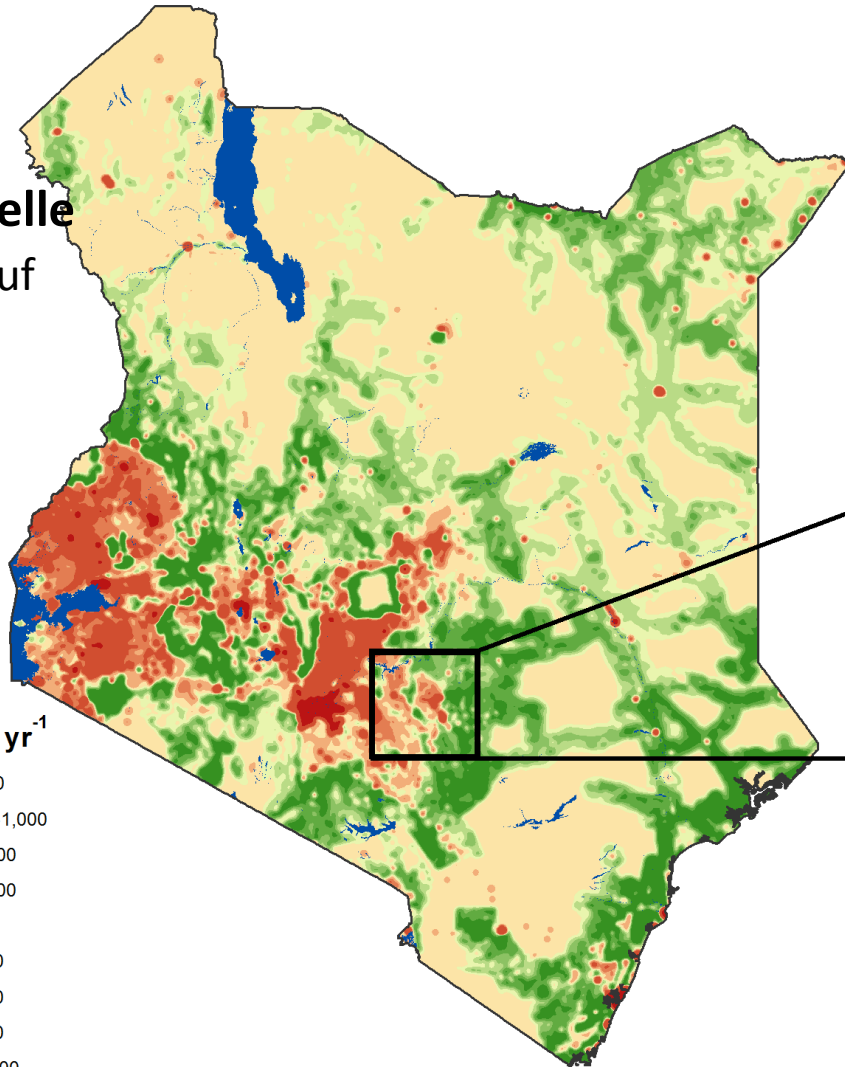
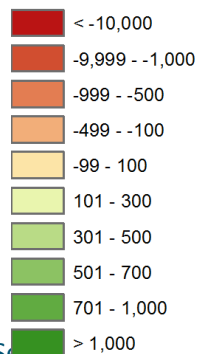
La source: Bailis, Drigo, Ghilardi, Masera. La nature Climat Changeement (2015)



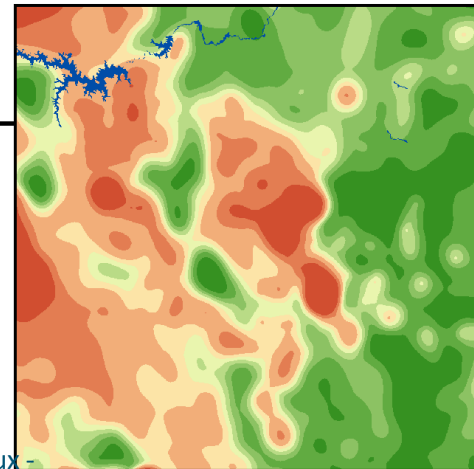
Niveau II: Évaluations nationales - Kenya

Scénario A:
demande
conventionnelle
moyenne (sauf
Fw marginale;
24% de Ch.
Rendement)

Supply/
demand
balance
od kg ha⁻¹ yr⁻¹



Bilan par
pixel
(1ha)



Bilan au
niveau
local
(Contexte
de 6 km)



Niveau III: Buts de l'analyse au niveau paysage

- 🌀 Construire un modèle informatique qui simule la **récolte de bois de feu** dans l'espace et le temps, et la **réponse attendue (repousse)** de la végétation.
- 🌀 Utilisez le modèle pour tenir compte **des économies de biomasse ligneuse non renouvelable** dues à la réduction de la consommation (en raison des interventions).



Similitudes et différences du niveau III avec les niveaux I & II

Similitudes

- 🌀 Entrées similaires
- 🌀 Spatialement explicite.
- 🌀 Mêmes principes de bilan entre l'offre et la demande
- 🌀 Tient compte du bois de feu provenant de la déforestation.

Différences

- 🌀 Dynamique: itérations permettent de répéter des cycles de récolte et de repousse
- 🌀 Utilisation de fonctions de croissance de la biomasse (ex. CAI)
- 🌀 Intègre l'*incertitude* et la *stochasticité*
- 🌀 Inappropriées pour de très grandes surfaces
- 🌀 Prévu comme un outil utilisable par d'autres utilisateurs:
 - Construit sur open / freeware
 - Peut fonctionner dans le «nuage»

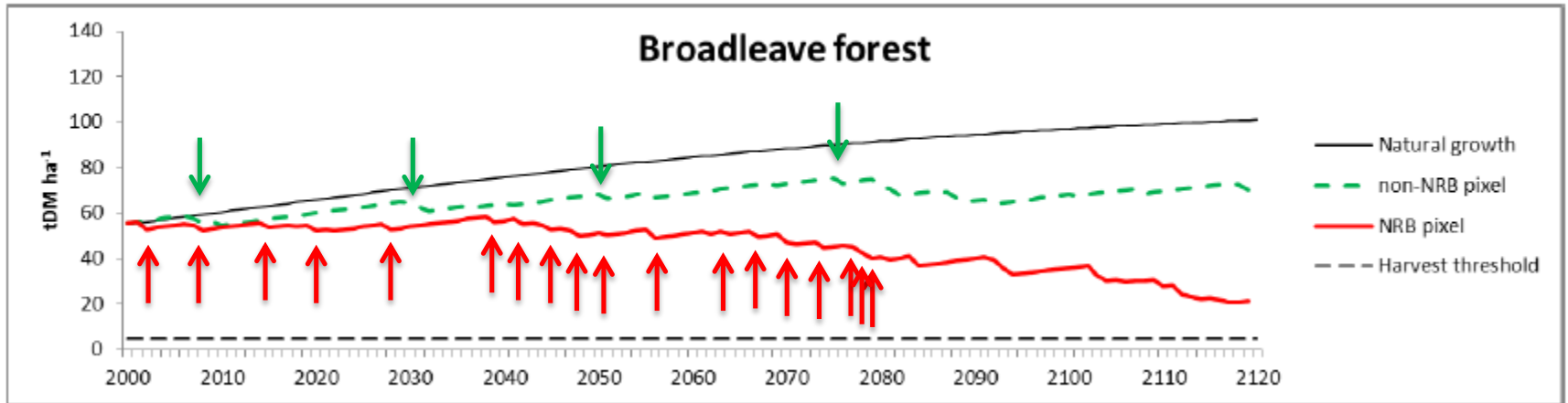


- 🔥 Nous allons maintenant installer MoFuSS sur vos ordinateurs
- 🔥 Suivra une brève présentation sur la façon dont le modèle fonctionne
- 🔥 Ensuite, nous allons exécuter le modèle

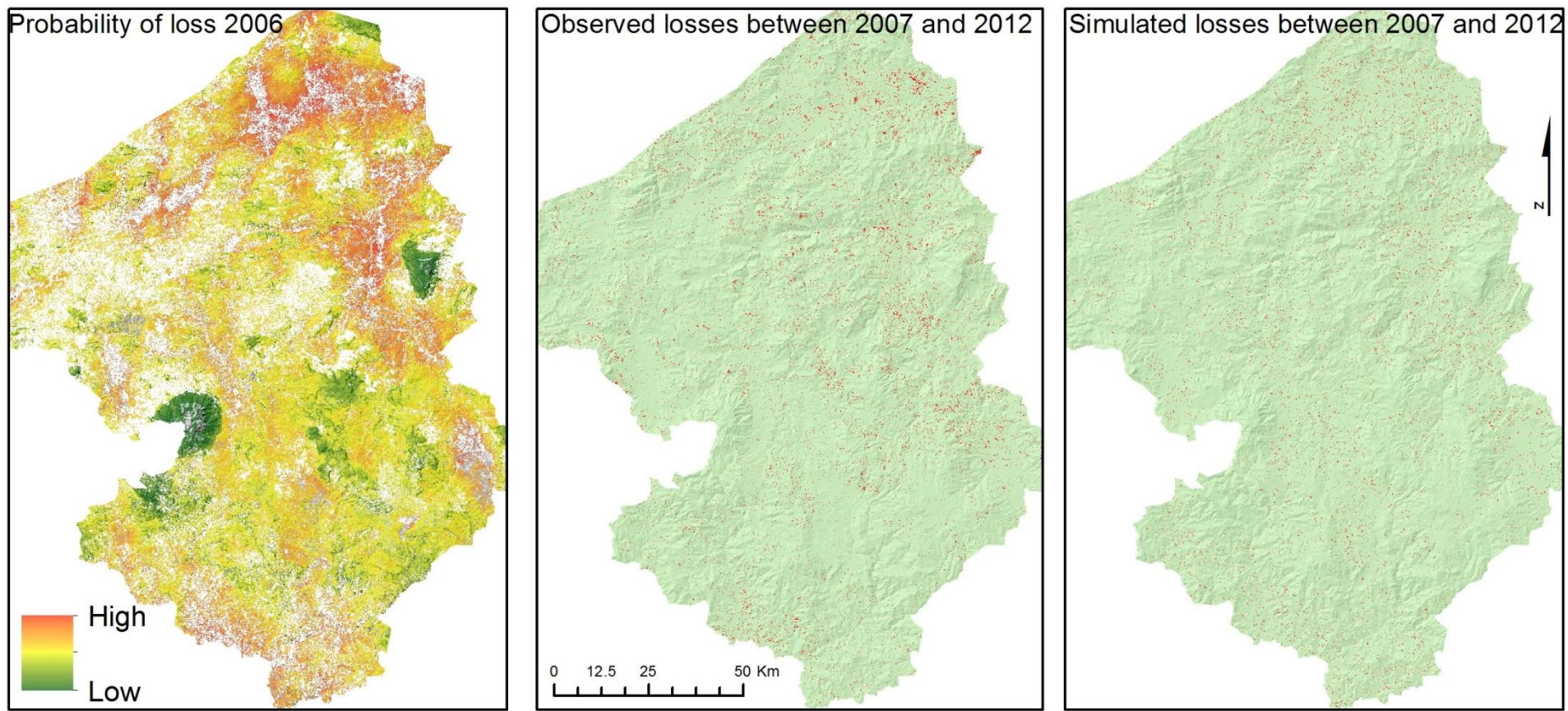


Quelle est la réponse attendue de la végétation à la perturbation

Figure A.5. Temporal projections of supply/demand relations at pixel-level



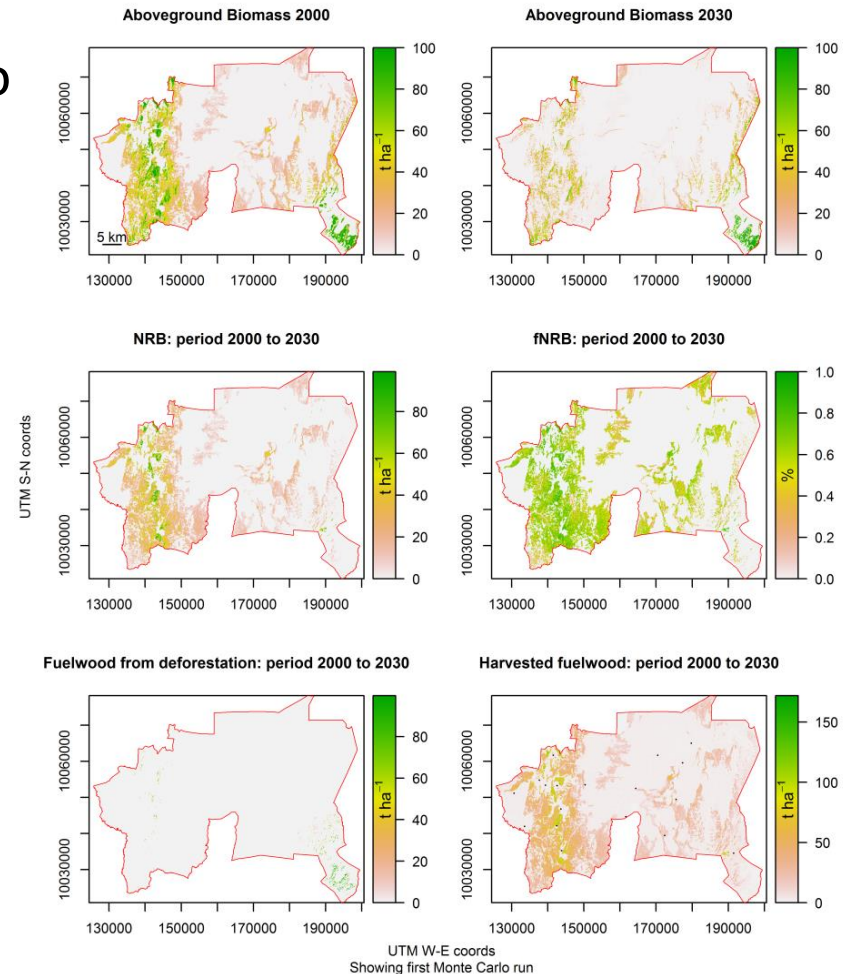
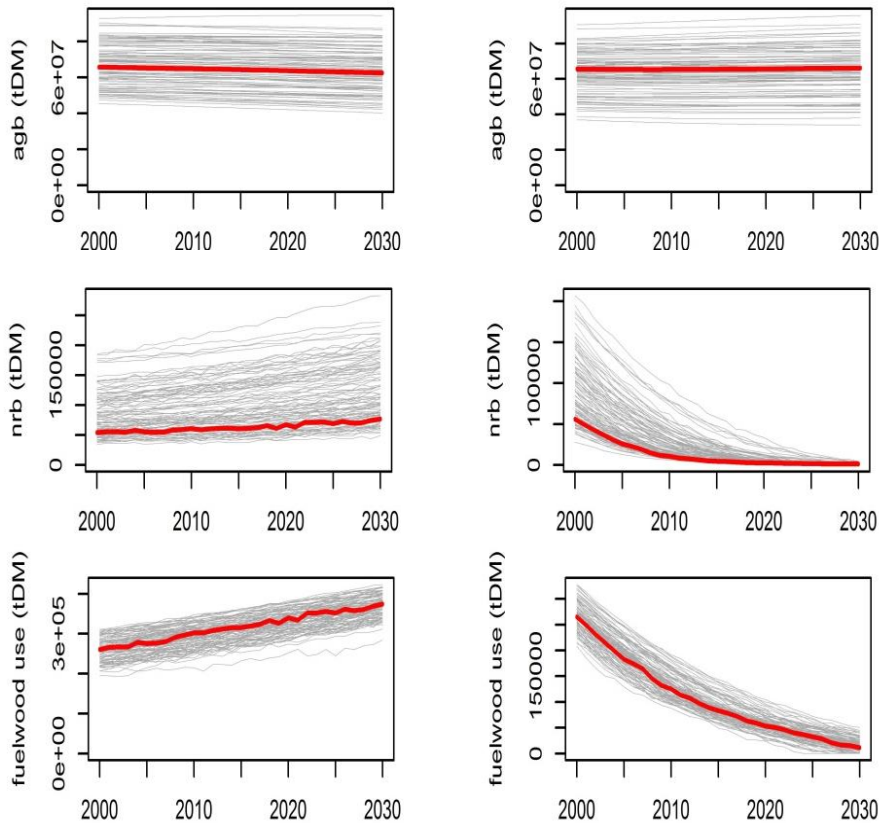
Des tendances vérifiées de perte et gains de forêt ne sont pas nécessairement en relation avec le bois de feu (sous-modèle de simulation prospective du paysage)





Comment la relation entre récolte de bois et réponse de la végétation évolue dans un paysage soumis simultanément à pertes et gains de forêt

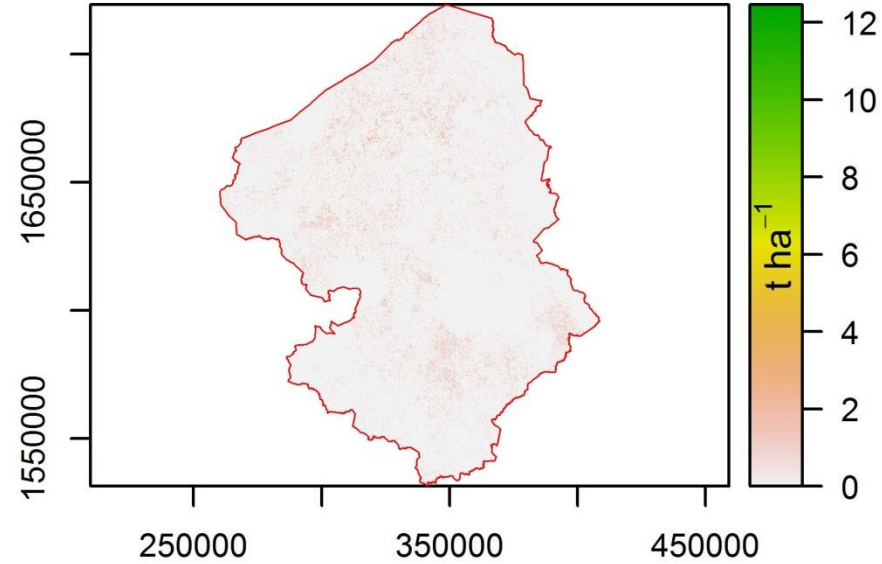
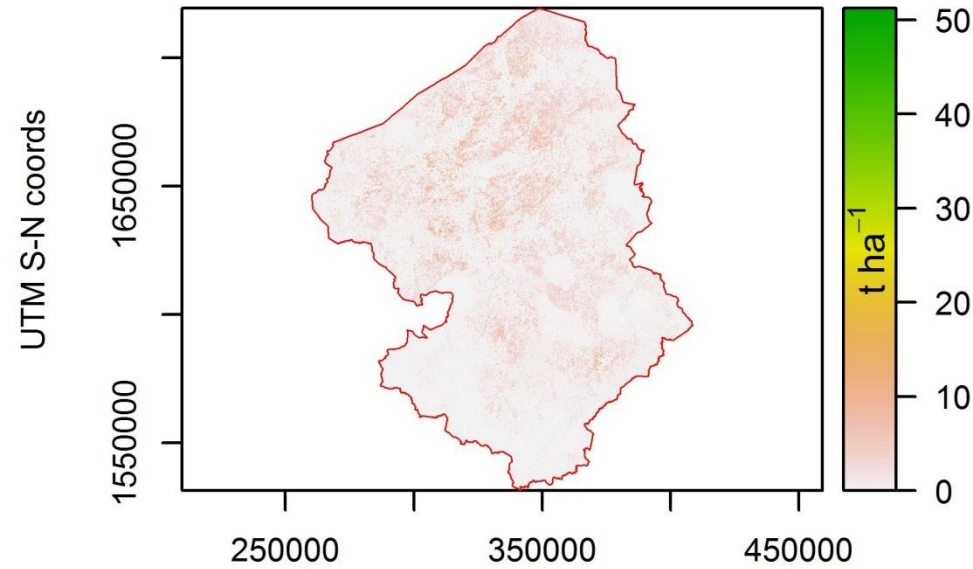
Business as Usual contre Nettoyer Coo





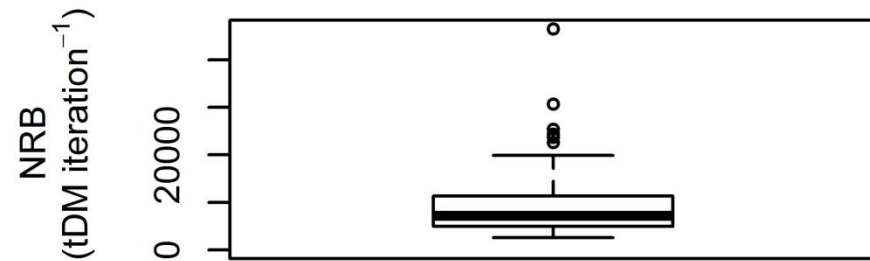
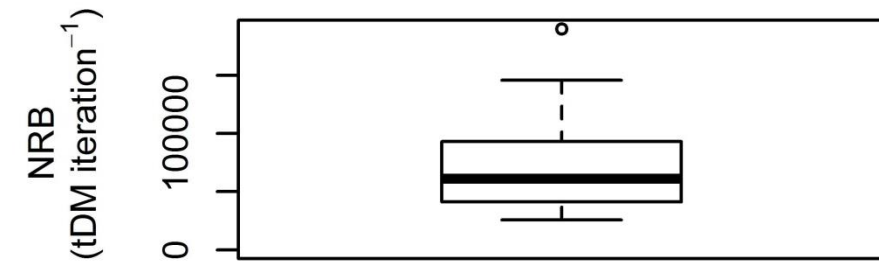
BaU: NRB: period 2000 to 2030

Fourneaux: NRB: period 2000 to 2030



BaU:

Fourneaux :



NRBv1.0 produit des tables, cartes et des animations

Summary table of key results by administrative unit

	NOM_MUN.x	NRB_MC_mean	NRB_MC_sd	CON_TOT_MC_mean	CON_TOT_MC_sd	CON_NRB_MC_mean	CON_NRB_MC_sd	fNRB	fNRB_sd	fNRB_nrb	fNRB_nrb_sd
1	Platón Sánchez	26509.14	190.79	38084.16	345.17	36839.24	59.48	0.70	0.01	0.72	0.01
2	Jaltocán	7775.19	459.62	11098.57	36.05	10624.64	338.14	0.70	0.06	0.73	0.07
3	Huejutla de Reyes	53999.44	368.03	85192.20	388.64	78686.61	1145.10	0.63	0.01	0.69	0.02
4	Huazalingo	1490.96	207.87	8843.66	45.20	6700.07	647.45	0.17	0.14	0.22	0.17
5	Atlapexco	1130.20	279.92	5695.52	99.10	4368.91	133.09	0.20	0.25	0.26	0.25
6	Chiconamel	1733.38	133.49	2681.17	90.71	2575.84	99.95	0.65	0.08	0.67	0.09
7	Chalma	22355.90	990.83	31591.36	418.97	30378.05	857.12	0.71	0.05	0.74	0.05
8	Chiconamel	17007.43	310.82	23424.19	1.26	22687.65	292.42	0.73	0.02	0.75	0.02
9	San Felipe Orizatlán	27854.90	1126.65	47628.07	270.61	44371.54	1056.53	0.58	0.04	0.63	0.05

Note:

NRB_MC_mean and NRB_MC_sd are average and standard deviation of NRB values for all Monte Carlo realizations per chosen administrative unit.

CON_TOT_MC_mean and CON_TOT_MC_sd are average and standard deviation of fuelwood use for all Monte Carlo realizations per chosen administrative unit.

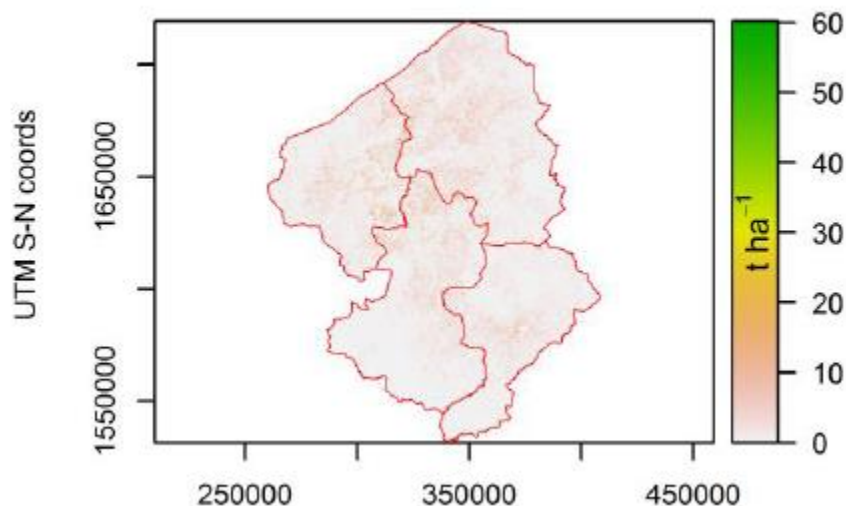
CON_NRB_MC_mean and CON_NRB_MC_sd are average and standard deviation of fuelwood use driving degradation for all Monte Carlo realizations per chosen administrative unit.

fNRB and fNRB_sd are the fraction of non-renewable biomass and its standard deviation respectively for all Monte Carlo realizations per chosen administrative unit.

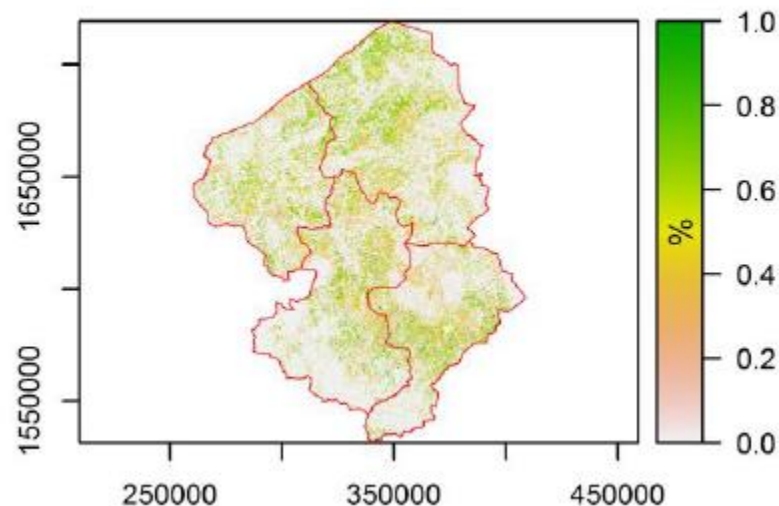
fNRB_nrb and fNRB_nrb_sd are the fraction of non-renewable biomass and its standard deviation respectively, but only accounting for fuelwood use driving degradation.

Table automatically generated by NRBv1.0, but the script producing this table is still in its Beta version

NRB: period 2000 to 2030

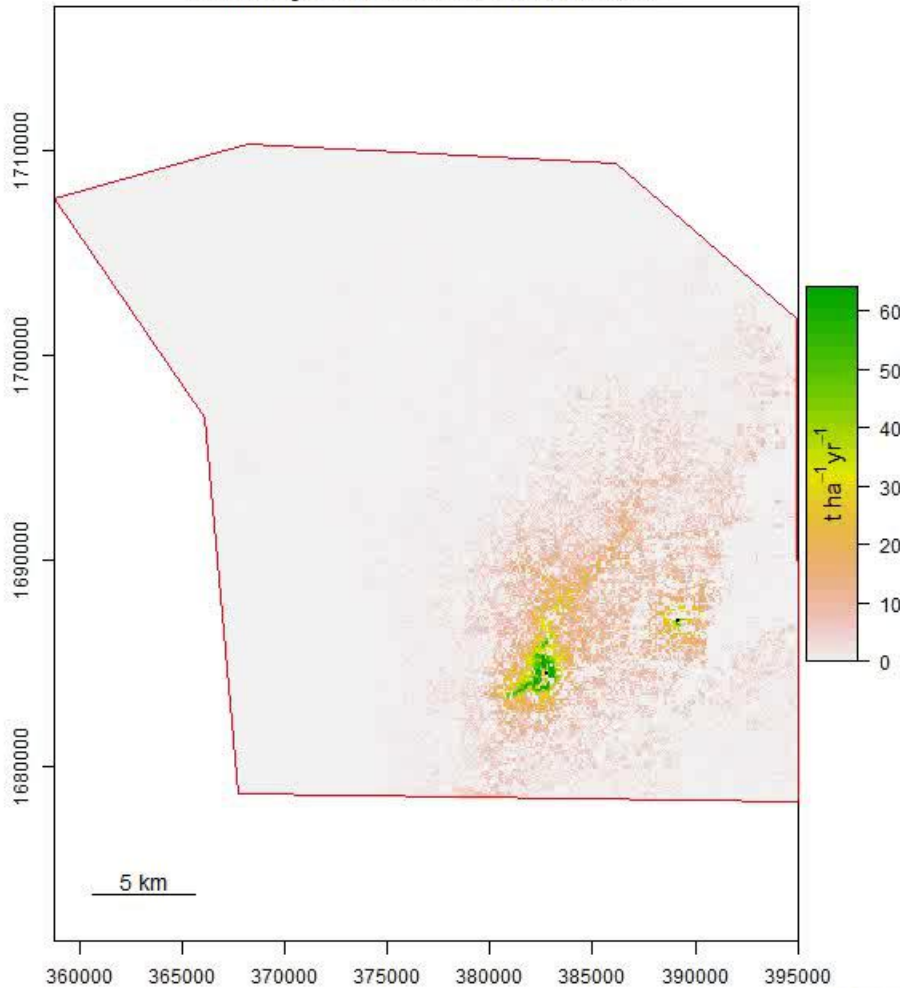


fNRB: period 2000 to 2030

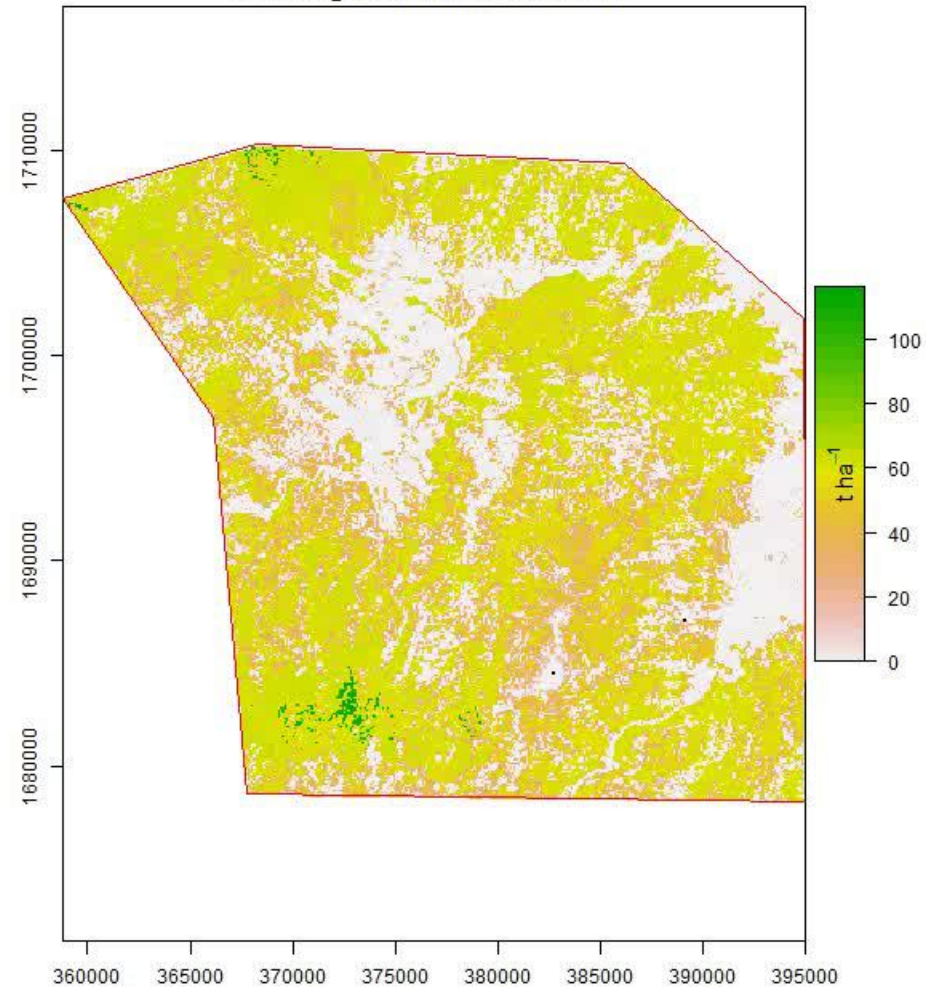




Annually harvested fuelwood 2001



Aboveground Biomass 2001



UTM W-E coords
Showing last Monte Carlo run



Conclusions de la version 1.1:

Résultats attendus et pertinence des résultats

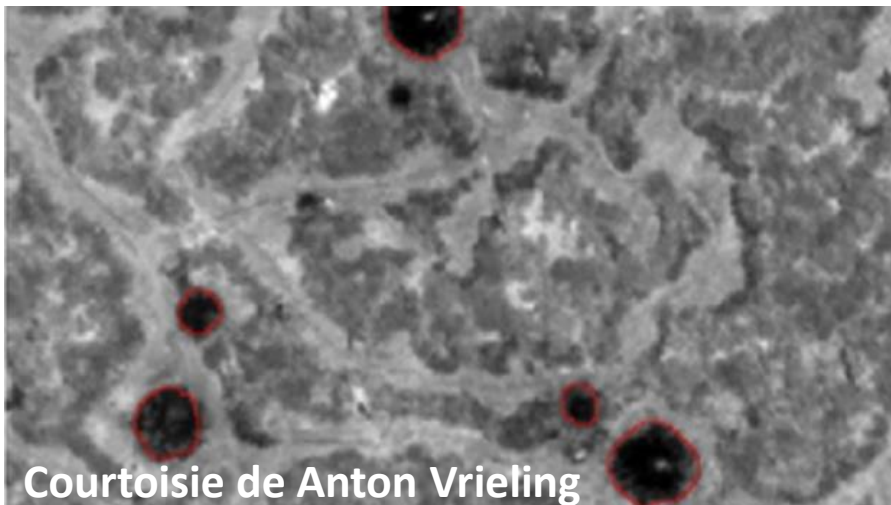
- 🌀 Permet de comparer BaU contre scénarios d'intervention en termes de risque de dégradation environnementale et émissions de GES.
- 🌀 D'une perspective de finance climatique, le modèle permet aux développeurs de projet d'utiliser leurs propres estimations de leur région d'intérêt.
- 🌀 Possibilité de calibration-validation-simulation (en principe).
- 🌀 C'est facile d'examiner la sensibilité.
- 🌀 Autre aspects des impacts des combustibles ligneux peut être éventuellement évalués: Environnement local, énergie, pauvreté, santé.



Où en seront la recherche et le développement “de pointe” dans les prochaines années?

1. Validation à l'aide de données **indépendantes** est de plus en plus **faisable** et **exigée** par des pairs spécialisés.
2. Analyse de **plusieurs facteurs** ensemble (simultanément): la complexité des modèles augmente considérablement.
3. Elaboration d'outils de modélisation **disponible**, **aplicable** et **abordable** à des praticiens non-spécialistes qui ont besoin de méthodes et de résultats quantitatifs.

Validation: l'imagerie haute résolution est maintenant disponible pour les 5-10 dernières années



Courtoisie de Anton Vrieling

03 September, 2016

Forum des impacts environnementaux -
septembre 2016

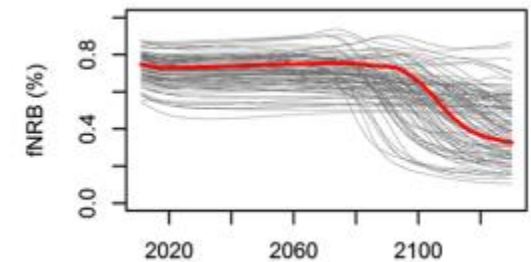
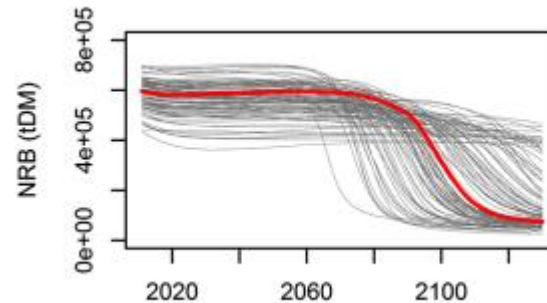
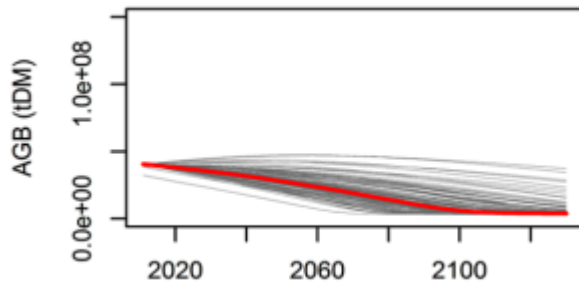
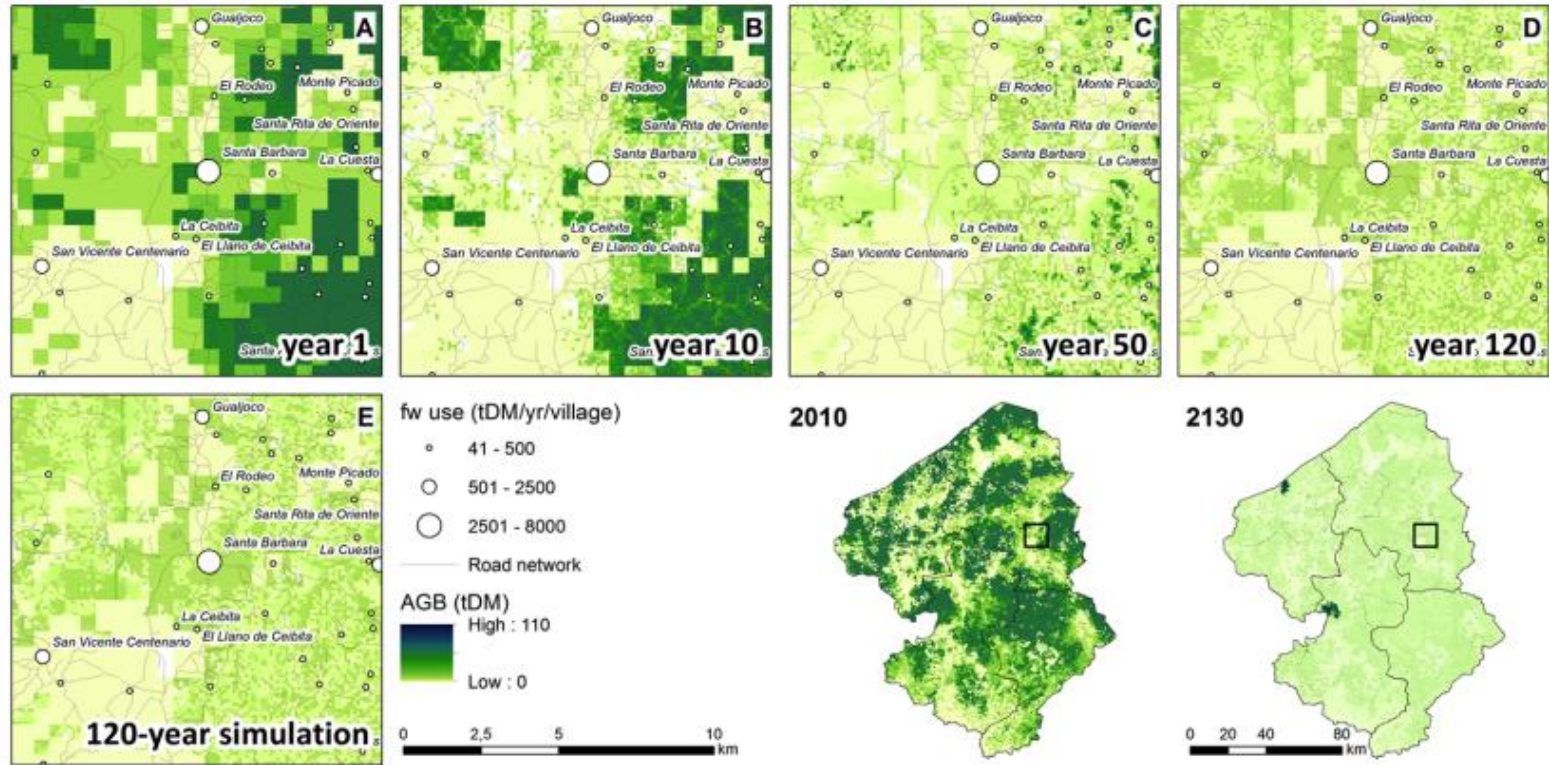


Des travaux récents sur des simulations spatio-temporelles des systèmes socio-environnementaux comprennent des outils conçus pour étudier des systèmes complexes comme:

- 🌀 **Algorithmes génétiques** (par exemple. Yu et Wei2012; Stange et al., 2011; Wendt et al., 2010).
- 🌀 **Réseaux de neurones** (par exemple. Gil-Tena et al., 2010; Li et al., 2010; Maeda et al., 2009).
- 🌀 **Celular automates** (Mahiny et Gholamalifard, 2007).
- 🌀 **Théorie des réseaux** (Yang et al., 2010)



Exploration des comportements complexes dans les systèmes non-linéaires





Elaborer des **OUTILS, pas des résultats**, utilisables par une large gamme de praticiens et fonctionnaires gouvernementaux

☞ Par exemple. La liste de souhaits de MoFuSSv2.0 (UNAM-SEI) pour 2017

- **Convivialité:**
 - Rapports automatiques
 - Installation facile "en un clic"
 - Manuels
 - Tutoriels vidéo et webinaires pour la formation
 - Ensembles de données et paramètres par défaut pour le monde entier
 - Communauté d'utilisateurs en pleine croissance
- **Fonctionnalités améliorées:**
 - Algorithmes d'optimisation pour évaluer des stratégies d'implémentation de fourneaux
 - Transitions d'usage/couverture du sol multiples
 - *...nous avons beaucoup plus de choses ici, certaines en cours ...*
- **Validation**
 - Orientation pour de bonnes pratiques de validation indépendante
- **Fonctionnalités rêvées**
 - Accouplé à une modélisation du comportement des usagers



Image © 2013 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Image NOAA, U.S. Navy, NOAA, CERCO
Image 2010 Google Earth Image

Fuelwood Environmental Impacts - Sep 2016

lat: 14.882802, long: -88.273409, elev: 223 m