Impact de « l'abattis-brulis » sur la dynamique végétale dans l'Etat de Pará, en Amazonie brésilienne de 2013 à 2023

SERY Ange[1], UOZUMI Misaki[1], KONE Djakaridja[1]

[1]Etudiant en Master 2 OTG (Observation de la Terre et Géomatique) à l'Université de Strasbourg – Faculté de géographie et aménagement

1. Contexte

La forêt amazonienne, couvrant environ 5,5 millions de Km², est la plus vaste au monde, dont près de 60 % se situe au Brésil [1]. Ce « poumon vert » mondial joue un rôle crucial pour la biodiversité, le stockage du carbone et le climat. Toutefois, la déforestation demeure un problème majeur depuis des décennies, principalement en raison de plusieurs activités anthropiques [2] dont **« l'abattis-brulis ».** Cette pratique consiste à défricher des parcelles de forêts et à les brûler pour en restaurer temporairement leur fertilité [3]. Notre objectif était donc d'**évaluer l'impact de « l'abattis-brulis » sur la dynamique végétale en amazonienne de 2013 à 2023,** et plus précisément dans l'**Etat de Pará**.

2. Site d'étude et Données

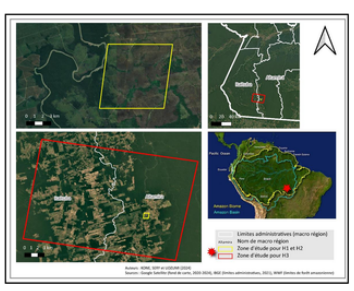


Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude.

Pour cette étude, nous avons considéré **2 sites d'étude**, situés dans **l'Etat de Pará** (le premier en jaune et le deuxième en rouge) (*Figure 1*). Cet Etat a été choisi pour son statut d'épicentre de la déforestation en Amazonie légale [4]. Le climat est de type **tropical humide**, avec une saison pluvieuse d'octobre à avril et une saison sèche de mai à septembre. **Les précipitations totales** annuelles entre 2013 et 2023 sont de **2 349 mm** et la **température annuelle** moyenne est de **28 °C** (*Figure 2*)

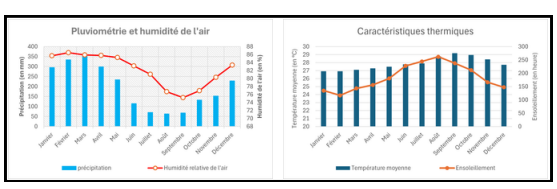


Figure 2 : Pluviométrie, ensoleillement, et caractéristiques thermiques mensuelle. (Station d'Itaituba)

Les données utilisées sont :

- **2 produits** du capteurs MODIS (**MOD13Q1** et **MOD15A2H** – qui fournissent des données sur les indices globaux de végétation, respectivement l'**EVI** et le **LAI** avec une résolution spatiale de 250 m et 500 m) de septembre à décembre ;
- **2 images multispectraux** du satellite Landsat 8, téléchargées pour les mois de novembre 2013 et novembre 2023.

3. Méthodologie

Hypothèse 1 : la capacité de régénération de la végétation post abattis-brûlis est influencée par les conditions climatiques (température, précipitation, ensoleillement et humidité relative de l'air)

Données climatiques mensuels (de 2013 à 2023)
- Précipitations (mm)
- Températures (°C)
- Ensoleillement (heure)
- Humidité de l'air (%)

→ Calcul des moyennes annuelles → **ACP**
- Matrice de corrélation
- Contribution des valeurs propres et des variances
- Cercle de corrélation + plan factoriel

→ **CAH**
- Dendogramme
- Regroupement des années par classes

→
- Régression linéaire multiple
- Modèle de prédiction de l'EVI

40 Images EVI (MOD13Q1) → Extraction des valeurs d'EVI sur R → **Standardisation des données** : calcul des moyennes → Graphique des variables interannuelles des valeurs de LAI et d'EVI de 2013 à 2023

Hypothèse 2 : La pratique récurrente de l'abattis-brûlis nuit à la régénération de la végétation : la capacité de résilience des végétaux affectés est insuffisante pour rétablir un couvert « normal » sur une période de 4 mois (de septembre à décembre).

40 Images LAI (MOD15A2H) → Extraction des valeurs de LAI sur R → Pondération des valeurs de LAI par zone (**In-Situ et Ex-Situ***) → **ACP**
- Matrice de corrélation (Ex-Situ)
- Résumer des tendances (Ex-Situ)

→ Moyennes pondérée des LAI des années de contrôle (Ex-Situ) en fonction des tendances et d'un seuil de corrélation fixé à 0,7 → **Graphique** : Comparaison des valeurs de LAI du site d'étude In-Situ au **seuil de résilience***

***In-Situ** : Le premier site d'étude (Figure 1)
***Ex-Situ** : Zone témoin (non affectée par l'abatis-brûlis)
***Seul de résilience** : moyenne des LAI des années témoins - écart-type des années témoins

Hypothèse 3 : la pratique de l'abattis-brûlis a conduit à une réduction notable des surfaces de la forêt primaire amazonienne entre 2013 et 2023.

Image Landsat 8 (2013) / **Image Landsat 8 (2023)** → Découpage de l'emprise → Construction de raster (R-V-B) → Classification supervisée → **Occupation du sol (2013)** / **Occupation du sol (2023)** → Statistique de l'occupation du sol des deux dates étudiées

4. Résultats

Hypothèse 1

Le plan factoriel (*Figure 4*) fait ressortir des oppositions entre certaines années. **2013**, **2014, 2015** et **2016** se caractérisent par des années plutôt ensoleillées avec un EVI élevé. Tandis que **2023** est une année plutôt froide, avec un EVI faible. **2021** est l'année la plus humide et **2014**, la plus sèche. Cependant, les années proches du centre (**2017**, **2020**, **2019**, **2022**) sont des années avec des conditions climatique moyennées, sans grandes variations.

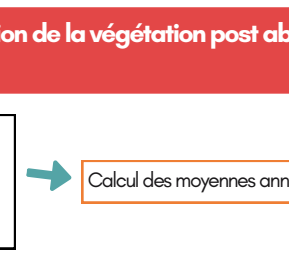
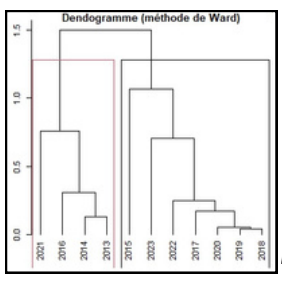


Figure 3 : ACP des variables climatiques et des années



La CAH (*Figure 4*) a permis de regrouper les années ayant des conditions climatiques similaires et de les relier à la régénération de la végétation grâce à l'EVI. La méthode de Ward a été choisie pour minimiser l'inertie intra-classe et maximiser l'inertie inter-classe, afin d'obtenir des classes aussi homogènes que possible. **Deux (2) classes ont donc été constituées** (*Figure 5*)

Figure 5 : CAH des années étudiées.

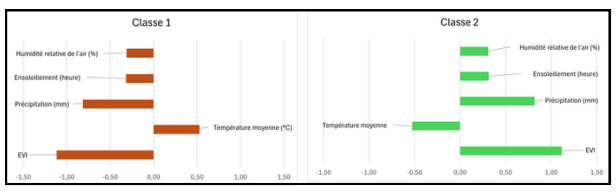


Figure 6 : Classe représentatives des années

La classe 1 inclut les années 2015, 2017, 2018, 2019, 2020, 2022 et 2023, qui sont plus chaudes que la moyenne (sur la période de septembre à décembre), avec un ensoleillement plutôt faible et un EVI également faible. **La classe 2** regroupe les années 2013, 2014, 2016 et 2021, qui sont plutôt froides que la moyenne, avec un ensoleillement élevé et un EVI très élevé.

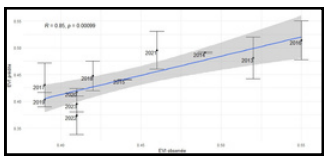


Figure 7 : Modèle de prédiction de l'EVI. Moyenne des erreurs du modèle : 0,0229

Un modèle de prédiction de l'EVI (*Figure 7*) a été mise en place pour expliqué l'influence directe des variables climatiques sur la régénération de la végétation post-abattis-brûlis. Le R^2 de 0,85 et le P-value de 0,00099 indique que les valeurs prédites et observées sont étroitement alignées.

Hypothèse 2

Pour la vérification de l'hypothèse 2, une zone témoin (Ex-Situ) a été définit pour comparer dans un premier temps les valeurs de LAI à celle de la zone d'étude sur la période étudiée (2013 à 2023).

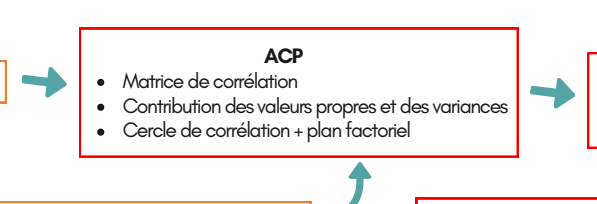


Figure 8 : Variations intra-annuelles et interannuelle des moyennes de LAI dans la zone d'étude (A) et dans une zone témoin (B).

Il en ressort que pour la zone témoin (*Figure 8-B*), le LAI affiche une tendance à la hausse, atteignant des maximas supérieurs à 6 m^2/m^2 pendant les mois de croissance (de juillet à novembre). En revanche, dans la zone d'étude (*Figure 8-A*), le LAI chute significativement durant cette période de croissance, avec une diminution continue d'année en année atteignant 2 m^2/m^2 en 2022.

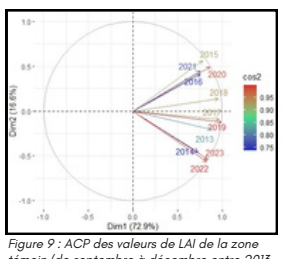


Figure 9 : ACP des valeurs de LAI de la zone témoin (de septembre à décembre entre 2013 et 2023).

L'ACP des valeurs de LAI de la zone témoin montre que toutes les années suivent une tendance phénologique similaire (de septembre à décembre) (*Figure 9*). **Le seuil de résilience** (seuil en deçà duquel un écosystème n'est plus capable de revenir à son équilibre initial [5]) a été calculé de la manière suivante : **moyenne des LAI des années témoins (de 2013 à 2023) - écart type des années témoins.**

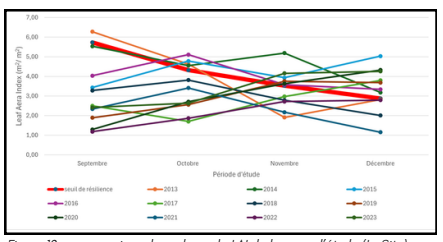


Figure 10: comparaison des valeurs de LAI de la zone d'étude (In-Situ) au seuil de résilience).

La Figure 10 montre que les valeurs de LAI de la zone d'étude varient considérablement d'une années à l'autre. On remarque aussi que dans la plupart des années observées (zone d'étude), le LAI ne parvient pas à atteindre le seuil de résilience entre septembre et novembre, mais le dépasse durant la période mi-novembre-décembre.

Ce qui pourrait corresponde à la durée nécessaire pour retrouver un couvert végétatif normal.

Hypothèse 3

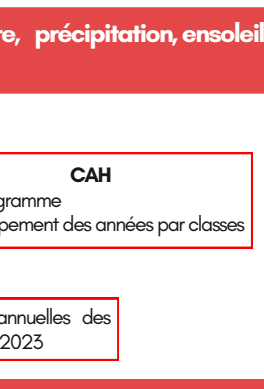


Figure 11 : Classification des images Landsat-8 des occupations du sol de 2013 et 2023.

Les classes d'occupation du sol choisies, sont inspirées de l'étude de [6], qui a défini plusieurs classes pour décrire la variation spatio-temporelle de l'occupation du sol entre les années 1975 et 1999 dans le centre du Rondônia au Brésil. **La classification de 2013,** a été validé avec un **F-Score** de **98,85 %,** pour un **rappel moyen** de **98,54** et une **précision moyenne** de **98,35 %**. Celle de 2023, présente un **F-Score** de **99,55 %**, pour un **rappel moyen** de **99, 46 %** et une **précision moyenne** de **99,62 %**.

Statistiquement (*Figure 12*), nous remarquons qu'en 2013, **les classes forêt primaire** et **secondes pousses/prairies** occupaient des surfaces pratiquement similaires : **634 568 hectares** pour la forêt primaire contre **585 962 hectares** pour les secondes pousses/prairies, soit une différence de 48 606 hectares.

Cependant, en 2023 la surface des secondes pousses/prairies a considérablement augmenté au détriment de la forêt primaire, dépassant les **735 000 hectares.**

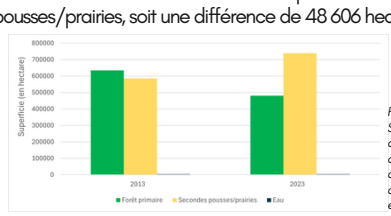


Figure 12 : Statistique d'occupation du sol aux deux dates étudiées.

5. Conclusion

- **Pour la première hypothèse**, les résultats ont mis en évidence l'importance des précipitations, de l'humidité et de l'ensoleillement dans la capacité de récupération de la végétation après l'abattis-brûlis. En effet, les conditions humides, dans un contexte de climat tropicale humide favorisent la germination et la croissance des espèces pionnières, essentielles pour restaurer le couvert végétal. En revanche, pendant les années plus sèches et chaudes la régénération est plus lente du faite d'un stress hydrique accentué chez les jeunes plantes.
- **Pour la seconde hypothèse**, les résultats ont montré que les zones régulièrement brulées, n'arrivent pas à retrouver une densité de couverture végétale suffisante dans les mois suivants les mises a feu. Cependant, pour certaines années un retour progressif à un couvert végétal normal est observé entre mi-novembre et décembre, indiquant que le temps, en plus des conditions climatiques favorable est un facteur clé pour une récupération durables.
- **Pour la troisième hypothèse**, les classifications supervisées des images Landsat-8 sur la période étudiée confirment une diminution des surfaces de forêt primaire au profit des zones de prairies et de secondes pousses. La transformation progressive du couvert forestier montre donc l'impact à long terme de l'abattis-brûlis sur la structure de l'écosystème forestier.

[1] : Banque Mondiale, 2019, « Pourquoi la biodiversité de l'Amazonie est-elle si essentielle pour la planète ? Un entretien avec Thomas Lovejoy ». : https://www.banquemondiale.org/fr/news/feature/2019

[2] : Fearnside P. M., 2005, Deforestation in Brazilian Amazonia : History, Rates, and Consequences, Conservation Biology, 19(3), p. 680-688. DOI : 10.1111/j.1523-1739.2005.00697.x

[3] : Collet S., 2019, Dynamique derrière les incendies et la déforestation dans la région du Rondônia en Amazonie brésilienne. ([Mémoire de certificat]). Genève : Université de Genève. Repéré à https://scholar.google.fr/

[4] : Silva S. M., Santos P. M., Molina K. T., Lopes A. M. C., Braga F. G., Ohana A., Miranda F. R. et Bertassoni A., 2020, Wildfire against the survival of Xenarthra: anteaters, armadillos, and sloths, Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais, 15(3), p. 523-532. DOI : 10.46357/bcnaturais.v15i3.214 / [5] : Payet A., Vonau C. et Wagner J., 2021, Analyse et quantification des dégâts causés par un insecte ravageur via les données libres MODIS: le cas du Bombyx disparate dans l'Etat Américain du Rhode Island. Université de Strasbourg. / [6] : Roberts D. A., Numata I., Holmes K., Batista G., Krug T., Monteiro A., Powell B. et Chadwick O. A., 2002, Large area mapping of land-cover change in Rondônia using multitemporal spectral mixture analysis and decision tree classifiers, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 107(D20). DOI : 10.1029/2001JD000374