

## La déforestation, un enjeu pour le réchauffement climatique

Les forêts sont des puits de carbone essentiels pour lutter contre le réchauffement climatique. L'absorption du CO<sub>2</sub> permet de limiter la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et ainsi de limiter leurs effets. L'Amazonie permet à elle seule la séquestration de 118 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

Cependant, pour des raisons économiques, les surfaces forestières ont été largement entamées par l'activité humaine. En 1850, la France atteint son minimum forestier de 15%. Aujourd'hui, l'objectif est de maintenir celui-ci à 30%. Au-delà de diminuer la capacité de ce puits de carbone, la déforestation le transforme en une source de CO<sub>2</sub>.

Des mesures de concentration en CO<sub>2</sub> dans la basse troposphère montrent en effet qu'à cause de la déforestation massive mais aussi des périodes de sécheresse qui fragilisent les arbres et conduisent à des incendies meurtriers, l'Amazonie est en train de devenir une source d'émission de carbone. Au Brésil, on estime la déforestation à la hauteur de 1318 km<sup>2</sup>/an (40 000 km<sup>2</sup>/an en 2003-2004).

## Choix du territoire étudié

Nous avons choisi d'étudier la zone de Sophia Antipolis à partir des données de Landsat disponibles. Celles-ci sont fournies sous un format tif que l'on peut convertir en une base de données à l'aide de l'outil Gdal. Une fois que les données sont récoltées dans un fichier csv, nous pouvons alors travailler avec python et ses modules matplotlib, pandas ou encore folium pour en extraire des graphiques, des résultats sur les données, des cartes illustrant l'état de la forêt.



Dans le fichier tif, nous trouvons 4 sortes de données : le treecover représentant la densité de forêt à chaque couple longitude, latitude ; les pertes dont nous connaissons les années, les gains, et le type de zone (lac/océan, terre, None).

## Graphiques et analyses

A partir des données, nous avons réalisé des programmes auxiliaires pour calculer les pertes selon les années, ainsi que les gains en tenant compte du treecover (les densités de forêts). Nous avons regroupé les résultats de ces fonctions dans une nouvelle DataFrame pour les illustrer par des graphiques et ainsi les analyser.

	pertes	surface de forêt	% de forêt	pertes cumulées	gains cumulés
mean	11.2	5.37x10 <sup>3</sup>	31.1	73.2	1.26
min	2.31	5.31x10 <sup>3</sup>	30.7	7.39	0.194
max	24.7	5.44x10 <sup>3</sup>	31.5	134	2.33

Nous retrouvons bien une proportion de forêt moyenne dans la zone d'environ 30% : ici un peu plus de 31%

Toutes les données sont en hectares.



Ce graphique des pertes nous montre que celles-ci ne semblent pas avoir une tendance particulière, on remarque un pic dans les pertes à l'année 2007. L'année 2003 est celle où il y a eu le moins de pertes. En moyenne on perd 12 hectares par an ce qui représente 17 terrains de football.

## Quels outils ont été développés pour lutter contre la déforestation ?

Mesurer la déforestation est un enjeu majeur pour la limiter, la contrôler et favoriser l'absorption de carbone par photosynthèse. Plusieurs programmes ont récemment été mis en place pour mesurer la déforestation avec précision. Au-delà de permettre de traiter ce sujet important, ils permettent d'avoir une large base de données sur l'ensemble de la Terre.

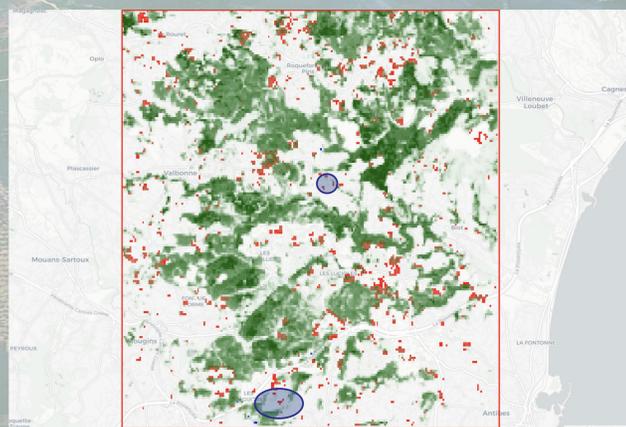
### Copernicus

En 2017, l'Union Européenne lance le programme Copernicus dont l'objectif est de permettre aux pays européens d'avoir accès à des données complètes et actualisées qui permettent notamment la surveillance de l'évolution des forêts. Ces satellites permettent de détecter des changements à partir de 0.8 ha et peuvent mesurer la densité des canopées. Copernicus utilise par exemple des images satellitaires collectées par les satellites Sentinel-2 pour mesurer la déforestation due à la plantation de palmiers à huile dans différentes zones d'Indonésie et de Malaisie.



### Landsat

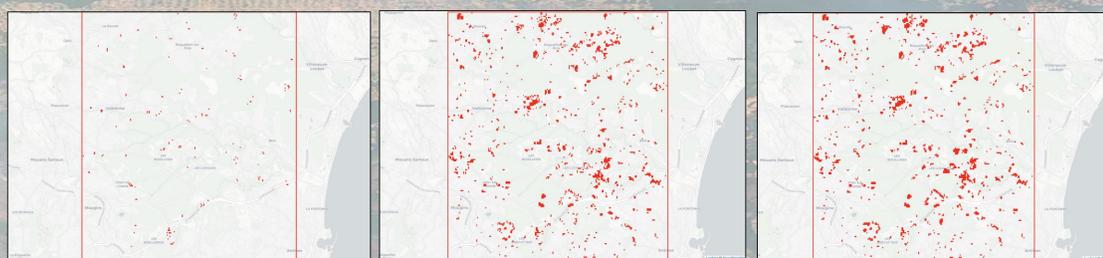
Un programme similaire a été développé par les Etats-Unis grâce aux données des satellites Landsat. Ce sont ces données publiques et transparentes récoltées de 2000 à 2019 avec une résolution de 30 mètres, que nous avons utilisées dans ce projet. Une partie d'entre elles ont déjà été analysées. De nombreux problèmes ont été mis en évidence : déforestation très importante au niveau des tropiques, mais cela permet aussi de cibler et mesurer l'impact des solutions : sur 2.3 millions de km<sup>2</sup> déforestés, 0.8 ont été replantés. Ces données permettent une vision globale de l'évolution des forêts dans l'ensemble du monde. Etant très volumineuses, elles nécessitent d'être partagées sur un cloud.



Densité de forêt  
0 1  
Zone de gain  
Zone de perte

En utilisant la bibliothèque folium, nous avons pu générer des cartes de la région en utilisant les données de la DataFrame. On peut alors localiser les pertes, la densité de forêt et les gains qui sont très peu présents dans cette région. Ainsi, on visualise les zones de forêts qui sont attaquées, on peut alors en étudier les causes en observant le terrain (urbanisation, agriculture, incendies causés par des élévations de températures) et proposer des solutions locales.

## Densité de la forêt dans la zone de Sophia Antipolis en 2000 ainsi que les pertes (2001-2019) et gains (2000-2012)



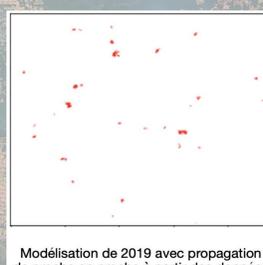
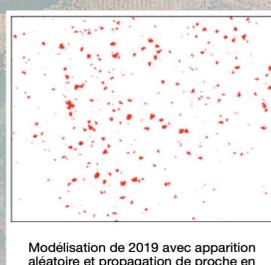
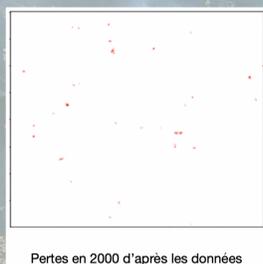
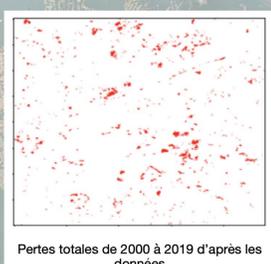
Évolution des pertes pour les années 2001, 2010 et 2019

## Modélisation des prédictions

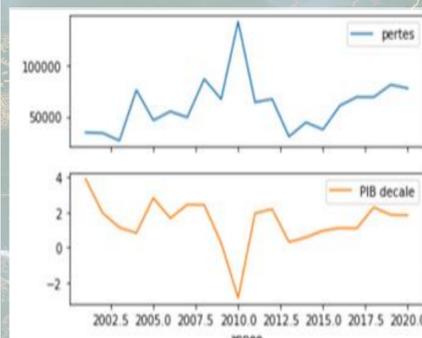
Nous avons tenté de modéliser l'évolution de la déforestation en supposant une propagation de la déforestation de proche en proche sur la zone de Sophia. Nous avons adapté la probabilité de propagation de façon à ce que le treecover moyen reste le même entre la modélisation et la réalité des données que nous avons entre 2001 et 2019. Par cette méthode, nous obtenons 95% de faux négatifs au bout d'un an et 99,5 au bout de 19 ans soit seulement 5% de vrais négatifs et 0,5% au bout de 19 ans. La déforestation sur la zone de Sophia ne peut donc pas être modélisée par ce processus.

Nous avons alors essayé une autre approche en observant que la distribution des pertes semblait apparaître de manière aléatoire sur la zone avec une propagation de proche en proche à la marge. Cette fois ci, en adaptant les probabilités pour retrouver le treecover moyen, nous obtenons 100% de faux négatifs en un an et 99,5% au bout de 19 ans. Ce résultat ne semble pas surprenant. Même si la déforestation était un phénomène purement probabiliste, cette prédiction donnerait seulement une allure de la déforestation et ne peut localiser par l'aléa les zones géographiques effectivement déforestées.

D'autre part, il ne s'agit pas seulement d'un phénomène aléatoire, nous ne prenons pas en compte ici les facteurs géographiques qui augmenteraient ou diminueraient la probabilité de certains sites d'être déforestés (ex : zones constructibles, zones protégées...)



## Corrélation PIB/déforestation



En nous appuyant sur les données publiques concernant le PIB et les pertes de couverts forestiers en France, nous avons pu créer une base de données regroupant le déclin forestier par année en le faisant correspondre avec le PIB de l'année précédente. Le but de l'étude était alors de connaître la corrélation entre les deux variables. Les fortes variations semblent corrélées, cependant ce n'est pas le cas des variations habituelle, nous obtenons ainsi un coefficient de corrélation de 0,52. Néanmoins, ceci montre que les forêts en France sont gérées de manière à préserver 30 % des forêts sur l'ensemble du territoire et ne subissent pas l'économie.

## Perspectives d'étude

Cette étude reste une analyse à petite échelle. Elle pourrait être étendue à la France métropolitaine ou à d'autres pays comme le Brésil. Cependant, conserver des temps de calculs raisonnables deviendrait alors un enjeu majeur. De plus, les modèles de prédiction envisagés demeurent simples et peuvent être améliorés en tenant compte de contraintes géographiques supplémentaires ou grâce au machine learning.

Copernicus Sentinel-2 helps put a halt to deforestation - Sentinel Online. [https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/news/success-stories/-/asset\\_publisher/3H6I2SEV9D9F0/content/copernicus-sentinel-2-helps-put-a-halt-to-deforestation](https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/news/success-stories/-/asset_publisher/3H6I2SEV9D9F0/content/copernicus-sentinel-2-helps-put-a-halt-to-deforestation)  
Croissance du PIB (% annuel) - France | Data. <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?end=2020&locations=FR&start=1961&view=chart>.  
Gatti, Luciana V., et al. « Amazonia as a Carbon Source Linked to Deforestation and Climate Change ». *Nature*, vol. 595, n° 7867, juillet 2021, p. 388-93. [www.nature.com](http://www.nature.com). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>.  
Global Forest Change. [http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest/download\\_v1.7.html](http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest/download_v1.7.html).  
Hansen, M. C., et al. « High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change ». *Science*, vol. 342, n° 6160, novembre 2013, p. 850-53. [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org) (Atypion). <https://doi.org/10.1126/science.1244693>.  
« Landsat Program ». *Wikipedia, Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Landsat\\_program&oldid=1052750720](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Landsat_program&oldid=1052750720).  
Vizzuality. *Global Deforestation Rates & Statistics by Country* | GFW. <https://www.globalforestwatch.org/global/>.

