

Politique de protection des forêts et forêt politique :  
analyse de la déforestation liée à l'activité pétrolière  
dans la réserve naturelle Laguna del Tigre, Guatemala

*Zoom sur le Campo Xan avec, en petit au centre, les puits pétroliers (2023)*



## Table of Contents

Index tableaux.....	3
Index figures.....	3
Introduction :.....	4
<i>Political Forest</i> :.....	5
Contexte extractif Guatémaltèque :.....	6
Historique du <i>Campo Xan</i> :.....	8
Population vivant dans la zone d'étude :.....	9
Méthodologie :.....	11
Zone d'étude :.....	11
Données.....	12
Classification :.....	13
Indice de Végétation par Différence Normalisée (NDVI) :.....	15
Déforestation à proximité des routes :.....	15
Flux de travail :.....	15
Résultats :.....	17
Résultats Classification :.....	17
Résultats NDVI :.....	23
Résultats déforestation à proximité des routes :.....	25
Solidité des résultats et limites :.....	27
Discussion :.....	29
Conclusion :.....	32
Remerciements :.....	33
Annexe :.....	34
Bibliography.....	35

Index tableaux

Tableau 1..... 9  
Tableau 2..... 13  
Tableau 3..... 20  
Tableau 4..... 27  
Tableau 5..... 28

Index figures

Figure 1 ..... 12  
Figure 2 ..... 14  
Figure 3 ..... 16  
Figure 4 ..... 18  
Figure 5 ..... 19  
Figure 6 ..... 21  
Figure 7 ..... 22  
Figure 8 ..... 23  
Figure 9 ..... 25  
Figure 10 ..... 30  
Figure 11 ..... 30  
Figure 12 ..... 31

## Introduction :

En 1990, face aux inquiétudes croissantes du public concernant la déforestation en Amérique latine, le gouvernement du Guatemala, ainsi que ceux du Belize et du Mexique, ont conjointement créé la réserve de biosphère Maya<sup>1</sup>. La partie de la réserve située au Guatemala, affublée du même nom, représente une superficie de plus de deux millions d'hectares, soit la moitié du département du Péten et près de 20% du territoire national. En 2022, soit 30 années plus tard, l'ancien président du Guatemala, Alejandro Giammattei, a présenté devant le congrès l'initiative 6021 sur la réforme des hydrocarbures<sup>2</sup>, visant à accorder des prolongations continues de 25 ans aux contractants pétroliers ou jusqu'à ce que la limite économique du champ soit atteinte. La proposition comprend un article proposant que les entreprises contractantes puissent suspendre le paiement des redevances au motif que les marchés mondiaux affectent leur capacité à payer les redevances. À l'intersection de ces deux nouvelles qui semblent à première vue discordantes, visant, d'une part, à encourager l'extraction pétrolière et, d'autre part, à préserver les forêts du nord du Guatemala, se trouve le contrat d'exploitation numéro 2-85 du *Campo Xan*. Ce contrat pétrolier, situé au cœur de la réserve de biosphère Maya, représente quasiment 92% de l'exploitation d'hydrocarbures nationale<sup>3</sup>. Et si ces deux interventions politiques visant à encadrer les activités terriennes du nord du pays ne sont pas antinomiques per se, il est important de rendre compte de l'impact sur la déforestation que peut avoir l'exploitation pétrolière dans la zone d'étude, c'est ce que ce travail cherche à évaluer à l'aide d'analyses de données satellitaires collectées entre 1979 et 2020. Bien que l'exploitation pétrolière ne soit pas le seul facteur de déforestation dans la région, comme nous le verrons plus bas, les résultats montrent néanmoins qu'il s'agit d'un des acteurs de cette dernière. Pourquoi donc soutenir davantage l'industrie extractive dans la Biosphère maya où les lois de conservation naturelle sont les plus strictes ? Cette question se pose d'autant plus, qu'à l'inverse d'autres facteurs reconnus de la déforestation dans la zone, ceux-ci sont combattus par les autorités. Pour tenter de comprendre ces résultats en relation avec la situation sur le terrain, ce travail s'appuiera sur le concept développé par Peter Vandergeest et Nancy Peluso (2001) de « Political Forest », qui affirme que les forêts sont des entités politiques et biologiques, et qu'elles sont donc le produit de processus écologiques, de pratiques de gouvernance et de relations de pouvoir entremêlés. Ce concept permet de comprendre comment des logiques de pouvoir se consolident et les bénéfiques s'accumulent, tandis que d'autres part la faute et les coûts qui sont générés sont déplacés parmi d'autres acteurs de la biosphère Maya.

La zone d'étude précise de ce travail (voir méthodologie) se concentre sur une zone autour du *Campo Xan* et dans le parc national *Laguna del Tigre* (parc à l'intérieur de la réserve de biosphère Maya) afin de mieux cerner les liens entre la déforestation et les activités que ce travail cherche à mettre en lumière. À cet égard, il est important de souligner que *Perenco Guatemala Limited*, l'entreprise pétrolière qui exploite aujourd'hui le *Campo Xan*, a réalisé ses propres analyses

---

<sup>1</sup> [Maya Biosphere Reserve, Guatemala \(unesco.org\)](https://www.unesco.org/fr/biosphere-reserve/maya). Consulté le 26/05/2024

<sup>2</sup> Iniciativa de ley 6021. Reformas a la Ley de Hidrocarburos. Disponible en: [https://www.congreso.gob.gt/detalle\\_pdf/](https://www.congreso.gob.gt/detalle_pdf/). Consulté le 26/05/2024

<sup>3</sup> Decreto 109-83. Ley de Hidrocarburos y su Reglamento General. Publicada en el Diario de Centroamérica no. 74 el 16 de diciembre de 1983. Disponible en: [https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/1\\_Ley\\_de\\_Hidrocarburos\\_y\\_su\\_Reglamento.pdf](https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/1_Ley_de_Hidrocarburos_y_su_Reglamento.pdf). Consulté le 26/05/2024

environnementales, mais que "au Guatemala, les sociétés minières passent directement des contrats avec des sociétés de conseil. Il s'agit d'un conflit d'intérêts car cela encourage le consultant à produire un document qui sert les intérêts de la société minière. De plus, les sociétés minières ont pour pratique courante de verser le paiement en deux étapes : les dépenses initiales et le salaire à la livraison de l'évaluation de l'impact environnemental. Ce modèle intègre une menace implicite selon laquelle les paiements de salaire peuvent être retardés ou retenus si le document n'est pas au goût de l'entreprise." (Dougherty, 2019) Il est donc important que des acteurs externes produisent des rapports sur l'état de l'environnement en relation aux activités extractives, une telle analyse est d'autant plus nécessaire qu'il n'y a pas eu d'évaluation écologique complète dans la période récente. Pour ce faire, ce travail est divisé en différentes parties. Tout d'abord, le concept de *Political Forest* est présenté puisque c'est à travers ce dernier qu'est structurée l'analyse. Par la suite le contexte historique du pays est dressé afin de comprendre quels sont les rapports de force en présence dans la zone d'analyse. Toujours en lien avec l'analyse avec le concept de *Political Forest*, le paysage minier du pays est dressé, puis ce travail se concentrera sur la chronologie d'exploitation du *Campo Xan*. Une fois ce tour d'horizon fait, la méthodologie de travail sera détaillée, suivie de la description des résultats. Enfin, les résultats seront discutés à la lumière des informations préalablement mobilisés.

### *Political Forest* :

Le concept de *Political Forest* fait référence à l'idée que les forêts et les zones boisées sont des territoires où se manifestent et se jouent des enjeux politiques, économiques, sociaux et environnementaux. Plutôt que de simplement considérer les forêts comme des espaces naturels isolés, le terme souligne l'interaction complexe entre les intérêts politiques et les décisions prises concernant la gestion, l'utilisation et la préservation des forêts. Rebecca Elmhirst (2011) le définit comme "une constellation particulière de pouvoir constituée par des idées, des pratiques et des institutions qui cherchent à réguler l'accès des populations aux ressources, en accordant reconnaissance et légitimité à certains, tout en excluant et en criminalisant d'autres".

Le concept, développé par Vandergeest et Peluso, cherche à analyser et à souligner le rôle des acteurs gouvernants dans la gestion des forêts politiques et comment la distinction entre forêt et non-forêt est utilisée (Vandergeest & Peluso, 2015). Les acteurs gouvernants produisent des forêts à l'aide de pratiques de délimitation, de gestion, de militarisation et d'extraction des ressources (Vandergeest & Peluso, 2011). La recherche sur les forêts politiques se veut ancrée dans une approche historique, et pour ce faire, elle envisage la création du sujet de recherche en quatre périodes qui se chevauchent.

Le premier temps du concept est la période coloniale. Dans cette période, "les États coloniaux exerçaient simultanément une souveraineté territoriale dans le but de « civiliser » les sujets coloniaux et leurs pratiques de production" (Devine & Baca, 2020). La deuxième période correspond à la période post-coloniale, marquée par l'influence mondiale de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et de sa division des forêts de 1945 à 1970. Pendant cette période, les forêts ont été vues comme des moteurs de développement économique et social. La troisième période fait référence aux conflits armés nationaux durant la période de guerre froide, c'est la période de « guérilla » où les groupements rebelles se cachaient souvent dans les forêts (Devine & Baca, 2020). Durant cette période, les agences qui régissaient les forêts étaient plus rattachées au pouvoir militaire (Ybarra, 2012). La dernière période correspond à un temps contemporain où les forêts sont de plus en plus perçues comme des écosystèmes critiques pour la

conservation de la biodiversité et la fourniture de services écosystémiques. Pendant cette période, les politiques forestières sont devenues de plus en plus axées sur la conservation et la gestion durable des forêts, avec une attention particulière portée à la participation des communautés locales et des peuples autochtones à la gestion des ressources forestières. En somme, les acteurs et les idéologies changeantes dans la gouvernance des forêts politiques différencient chaque période bien que souvent elles se chevauchent.

Ce qui a motivé le choix de ce concept dans le cas de ce travail, c'est que d'une part il permet de mettre en lumière la déforestation et en même temps les enjeux sociaux de la zone de recherche. Et d'autre part une analyse de la Biosphère Maya à la lumière de ce concept a déjà été réalisée par Jennifer A. Devine (2020). Elle explique que : « Analyser la Biosphère Maya en tant que forêt politique est crucial pour comprendre les moteurs de la déforestation de la réserve aujourd'hui. Plus précisément, nous nous concentrons sur le quatrième moment de la foresterie politique dans la Biosphère Maya pour explorer les territoires et les sujets créés par « l'entrée de divers acteurs non étatiques dans la création et l'administration des forêts » (Vandergeest & Peluso, 2015 ».

Si, dans le cadre de ces recherches, elle s'intéresse plutôt aux acteurs liés au narcotrafic et aux conséquences sur la déforestation, ce travail soutient que l'analyse peut aussi être réalisée pour les acteurs pétroliers. En effet, parmi les rapports de forces qui entourent la gouvernance de La *Laguna del Tigre*, le secteur pétrolier semble avoir son mot à dire, comme nous le verrons plus bas. Les activités pétrolières transforment la couverture spatiale et exercent une influence sur les pratiques dans la région : à l'inverse des populations qui se sont établies dans la région, et dont certaines ont été délogées, les activités du *Campo Xan* n'ont pas été dérangées alors qu'elles sont au plein cœur de la zone protégée. Différentes dynamiques peuvent justifier cela, mais comme l'explique Devien et al. (2020), "Il y a de petits groupes de personnes, souvent difficilement identifiables, qui utilisent également le discours de l'ingouvernabilité pour dissimuler leur implication ou leur indifférence à ces activités [de déforestation]. Quelles que soient les intentions des personnes qui utilisent ce terme, le discours sur l'ingouvernabilité criminalise les résidents du parc car il les place dans la même catégorie et le même cadre discursif que les spéculateurs fonciers fortunés et les organisations de trafic de drogue qui sont responsables de la dégradation environnementale dans le parc." Ce travail cherche à montrer que c'est aussi le cas des acteurs en lien avec l'activité pétrolière de la *Laguna del Tigre*, qu'ils "dissimuler leur implication ou leur indifférence à ces activités [de déforestation]".

Comme il a été expliqué, l'analyse nécessite de prendre en compte le contexte historique dans lequel existe la délimitation de la forêt et sa gouvernance, c'est pourquoi la partie suivante de ce document dresse brièvement l'histoire récente du pays et de la zone d'étude. En ce qui concerne le rôle des firmes pétrolières, c'est la quatrième période définie par Vandergeest et Peluso qui est intéressante, puisque c'est là que le rôle des acteurs non étatiques prend un rôle important. Cependant, il faut remonter à la période de guerre civile (troisième temps de l'analyse) pour bien comprendre les relations de pouvoir : comme dit précédemment, les périodes se chevauchent souvent.

## Contexte extractif Guatémaltèque :

Le Guatemala, un pays d'Amérique centrale comptant environ 16 millions d'habitants, dont la majorité est membre de l'un des 24 groupes autochtones, affiche un Indice de Développement Humain bien inférieur à la moyenne latino-américaine au cours de la première décennie des années 2000 (PNUD, 2007). Les taux d'homicides ont également un niveau élevé, passant de 28 décès pour 100 000 habitants en 2000 à 48 pour 100 000 habitants en 2008 (PNUD, 2007).

Les niveaux de pauvreté et de violence au Guatemala sont en partie attribuables à l'héritage historique du Guatemala. En effet, le passé récent du pays (entre 1960 et 1996) s'est écrit dans un contexte de guerre civile et de génocide. D'après la Commission de Clarification Historique des Nations Unies, 200 000 personnes sont mortes pendant le conflit, entre 40 000 et 50 000 ont disparu, et entre 500 000 et 1 million de personnes ont été déplacées (Comisión del Esclarecimiento Histórico, 1999). Si ces chiffres se résument en une phrase, ils ne reflètent néanmoins pas la violence du conflit et laissent imaginer les impacts socio-économiques qui en ont découlé. Toujours selon le même rapport, la majorité (93 %) des violations des droits de l'homme ont été commises par des agents de l'État. Ce conflit, qui a opposé les forces nationales à différents groupes rebelles ou révolutionnaires, cachés dans les forêts du pays, a majoritairement fait des victimes parmi les populations autochtones. Bon nombre d'articles scientifiques expliquent aujourd'hui qu'un des buts implicites de la guerre civile a été d'asseoir l'autorité nationale sur les populations indigènes comme par exemple Susanne Jonas & Thomas W. Walker (2000) ou Keen (2003). À cette période, la forêt de la *Laguna del Tigre* était gouvernée sous une logique militaire et de répression. Et c'est dans cette période-là que le secteur extractif du Guatemala a pris son essor.

*« Le secteur extractif du pays a émergé au milieu d'un violent conflit armé interne qui a duré 36 ans et n'a pris fin qu'en 1996 avec la signature d'accords de paix qui ont fourni la stabilité politique et économique pour une réorientation de l'économie sur le secteur extractif. La violence persiste, en particulier autour du secteur extractif qui est considéré par certains comme une aubaine économique et une possibilité de développement. Pourtant, pour d'autres, l'exploitation minière est une continuation de la violence du conflit armé interne et liée à l'histoire de la colonisation de la région. » (Fox, 2015)*

Comme vu précédemment, les différentes périodes d'une forêt politique peuvent se chevaucher, et lorsque David Keen explique dans son article "*Economic Initiatives To Tackle Conflict: Bringing Politics Back In*" (Keen, 2009) que « le début des années 1990 a vu d'importants intérêts commerciaux au Guatemala commencer à percevoir que la paix serait plus rentable que la guerre », on peut comprendre comment des acteurs non étatiques qui ont émergé pendant la guerre ont su profiter des accords de paix pour toujours avoir un rôle important, et ainsi, dans le cas de l'industrie pétrolière dans le *Campo Xan*, garder une influence sur la production de la forêt. Cette logique de transformation des rapports de force est aussi décrite par Mansfield et al : « les anciennes élites voyaient un avenir assez prometteur pour elles-mêmes [dans l'acceptation des accords de paix] » (Mansfield & Snyder, 1995). Mais cette période a aussi eu d'autres effets ; Mc Allister note notamment que « la capacité [autochtone] d'agir collectivement [a été] l'une des plus grandes victimes de la guerre » (McAllister, 2009). Ces éléments permettent de comprendre pourquoi ce rapide tour d'horizon sélectif de l'histoire du Guatemala est important pour comprendre le secteur de l'économie extractive du pays.

Plus récemment, les secteurs extractifs en Amérique latine ont doublé entre 2002 et 2012 : ils sont passés de 10 à 25% de la part mondiale des investissements miniers. Cette tendance n'a été nulle part plus prononcée qu'au Guatemala. Les exportations de marchandises sont passées de plus de 0,3% en 2003 à un pic de plus de 9,5% en 2011 (Dougherty, 2019). Un autre indice important du dynamisme du secteur extractif au Guatemala est l'importance du nombre et du montant des contrats de consultations d'experts liés aux services d'exploitation minière : le montant en dollars est le plus élevé d'Amérique centrale (Dougherty, 2019).

## Historique du *Campo Xan* :

Le contrat 2-85 a été validé en 1985 pour une période de 25 ans, durant le mandat du président Oscar Humberto Mejía Víctores. À l'origine octroyé à *Basic Resources (Bahamas) Limited* et à *Hispánica de Petróleos S.A.*, il a été racheté en 2001 par *Perenco Guatemala Limited*, une filiale de la société française du même nom spécialisée dans l'exploitation de gisements de pétrole brut de production moyenne dans le monde entier. Bien que ce contrat ait été initialement conclu pour l'exploration et l'exploitation de trois champs pétrolifères, en 1988, *Basic Resources* a demandé exclusivement l'attribution d'une seule zone d'exploitation, connue sous le nom de *Campo Xan*.

En ce qui concerne la production du *Campo Xan*, elle a connu une baisse ces dernières années. En effet, depuis 2002, il n'y a pas eu d'augmentation de la production pétrolière, contrairement à ce qui s'est passé entre 2001 et 2002, où la production est passée de 7,4 millions à 8,7 millions de barils. Les résultats rapportés en 2018 par *Perenco Guatemala Limited* font état de 2,8 millions de barils de pétrole.

ANNÉES	FAITS
1985	Le 13 août, le journal officiel publie le contrat 2-85, octroyé à Basic Resources Limited. L'extension originale du contrat est de 1 052 km <sup>2</sup> et comprend les champs Yalpemech, San Diego et Xan.
1988	Basic Resources annonce une découverte commerciale dans le <i>Campo Xan</i> . Le 15 février 1988, le ministère de l'Énergie et des mines (MEM) émet la résolution 191 autorisant l'exploitation des hydrocarbures dans la zone et redéfinit son étendue.
1990	Le décret 05-90 du Congrès de la République, publié dans le journal officiel, déclare le Parc National <i>Laguna del Tigre</i> et le Biotope Protégé <i>Laguna del Tigre-Río Escondido</i> comme des zones protégées.
2002	Perenco Guatemala Limited acquiert Basic Resources. Ce changement est approuvé par le MEM via l'accord gouvernemental 131-2002.
2007	Le secrétaire exécutif du Conseil National des Aires Protégées (CONAP), Sergio Véliz Rizzo, approuve le plan directeur du Parc National <i>Laguna del Tigre</i> pour la période 2007-2011. Plus tard, le Centre d'Études Conservatrices (CECON) signale des altérations dans les paragraphes du plan directeur, mentionnant que l'activité pétrolière porte atteinte à l'intégrité écologique du parc. <sup>4</sup>
2009	Le décret 71-2008, Loi sur le Fonds pour le Développement Économique de la Nation (FONPETROL), est publié. Cette loi régleme le paiement et l'utilisation des redevances pétrolières, tout en réformant l'article 12 de la Loi sur les hydrocarbures et en autorisant le MEM à approuver une seule prolongation de 15 ans des contrats d'exploitation pétrolière, sous réserve de conditions plus avantageuses pour l'État.
2010	Le 27 juillet, le conseil des ministres du président Álvaro Colom Caballeros approuve et publie l'accord gouvernemental 214-2010, modifiant, élargissant et prolongeant le contrat 2-85 en faveur de Perenco Guatemala Limited. Ce contrat stipule que Perenco doit forer cinq puits supplémentaires dans le <i>Campo Xan</i> et travailler avec le CONAP (Conseil national des aires protégées) sur un plan de mitigation des risques environnementaux.
2012	Le Tribunal de sentence pénal prononce une peine de trois ans de prison contre Sergio

<sup>4</sup> [Libro1.Compilacindeinvestigacionesyanalisisdecoyuntura..pdf \(infoiarna.org.gt\)](#). Consulté le 26/05/2024



	Véliz Rizzo, ancien secrétaire exécutif du CONAP, pour faux en écriture et résolutions violant la Constitution, pour avoir modifié des textes liés à l'activité pétrolière et au plan directeur du parc.
<b>2016</b>	La Procuraduría General de la Nación émet le dictamen 146-2016 <sup>5</sup> , recommandant que Perenco cesse ses opérations pétrolières dans le <i>Campo Xan</i> jusqu'à ce qu'elle dispose d'une Étude d'Impact Environnemental approuvée par le ministère de l'Environnement et des Ressources Naturelles (MARN).
<b>2022</b>	Le Président Alejandro Giammattei présente l'initiative de loi 6021. L'analyse technique du MEM accompagnant l'initiative fait référence à l'absence d'une Étude d'Impact Environnemental approuvée par le MARN pour le <i>Campo Xan</i> .
<b>2025</b>	La fin de l'expiration du contrat 2-85 est prévue pour août 2025.

Tableau 1, Tableau de la chronologie du Campo Xan (Rey Rosa, 2001; Rivera, 2002)

Malgré le fait que l'extraction pétrolière soit interdite dans la réserve de Biosphère Maya, les activités qui ont lieu dans le *Campo Xan* sont encore autorisées aujourd'hui, dû au fait que la concession pétrolière a été acquise avant l'établissement de la zone comme aire protégée. Il est possible de faire un rapprochement avec la définition de la forêt politique, où l'espace délimité reflète également des intérêts politiques et économiques. C'est une zone protégée, mais tous les acteurs ne sont pas logés à la même enseigne, "[l]es pratiques de gouvernance, d'expertise et de territorialisation s'entremêlent avec les dynamiques de formation des sujets et la production de différences sociales dans les forêts politiques." (Devine & Baca, 2020).

L'installation du champ pétrolier a nécessité l'aménagement d'une route qui n'existait pas auparavant. La construction de routes dans la réserve a d'abord été faite dans le but de permettre l'accès au champ pétrolier Xan. La route relie le centre administratif du *Campo Xan* à la ville d'El Naranjo, à l'extérieur du parc, et elle a été continuellement améliorée et entretenue depuis sa construction. Selon Musinsky (1998), jusqu'en 1996, la route était fréquentée par plus de 200 camions par jour pour transporter le pétrole brut des *Campo Xan* à *Raxrujá* dans l'Alta Verapaz, d'où un pipeline existant transportait le pétrole brut jusqu'au port caribéen de *Puerto Santo Tomás*. Certains chercheurs travaillant dans d'autres parties d'Amérique latine indiquent que les schémas actuels de déforestation et d'altération des communautés indigènes peuvent être retracés jusqu'aux routes pétrolières construites dans les années 1970 pour répondre aux activités d'exploration et de production pétrolière, qui ont à leur tour fourni un accès à des régions auparavant reculées et ont conduit à des revendications de terres modernes, à la colonisation et à la conversion des terres (Baynard, Ellis, & Davis, 2013) Ce travail cherche à montrer que c'est aussi le cas pour la zone *Laguna del Tigre*.

## Population vivant dans la zone d'étude :

Si les routes construites pour l'entreprise pétrolière ont été une cause de l'installation de population dans la région, on peut recenser plusieurs autres raisons concomitantes qui ont poussé les populations, dont la grande majorité est rurale et migrante, à s'installer dans la *Laguna del Tigre*.

Une des explications est que l'État du Guatemala, sous le gouvernement de Ydígoras Fuentes, a largement promu la colonisation du Petén (zone dans laquelle se trouve la *Laguna del Tigre*) par le biais de l'Empresa Nacional de Fomento y Desarrollo Económico (FYDEP) (Grandia L., 2016). Les

<sup>5</sup> [doc1 dictamen perenco pgn.pdf \(plazapublica.com.gt\)](#) Consulté le 26/05/2024

objectifs initiaux de ce processus étaient de fournir des terres utilisables aux agriculteurs n'en disposant pas et d'étendre le réseau d'infrastructures et l'accès aux services dans la région. Cet effort a pris fin en 1986, un an après l'approbation du contrat 2-85. Cependant, toutes les familles n'ont pas réussi à obtenir le titre de propriété offert par l'État, laissant ainsi leurs communautés dans une situation juridiquement incertaine.

Plus tard, de nombreux paysans ont été poussés dans cette zone en raison des conditions de précarité et de difficulté à trouver des terres dans le reste du pays (Grandia, 2012 ; Grünberg, et al., 2012). A cela s'ajoute le fait que la guerre civile guatémaltèque précédemment mentionnée a déplacé plus d'un million de personnes (CIDH, 2017 ; Jonas, 2000), et bons nombres des déplacés qui s'en sont retournés vers leurs terres et dans leurs foyers les ont trouvés occupés ou classifiés sous d'autre régime de propriété foncière. De nombreuses familles résidant illégalement selon la loi dans la réserve revendiquent des droits fonciers historiques antérieurs à 1990 (Ybarra M., 2018), mais la violence de la guerre civile les a forcées à fuir leurs terres au moment de la création du parc. Ce fut là l'une des principales conséquences de la gouvernance militaire de la forêt. À cela s'ajoute la mise en place ratée d'un programme de réforme foncière dans le Nord du Guatemala qui a également contribué à l'installation illégale dans la réserve des paysans autochtones et non autochtones (Ybarra M., 2009). Ce programme consistait en l'achat de propriétés par l'État guatémaltèque auprès de grands propriétaires terriens, souvent leurs parcelles les moins désirables, et en la revente de ces parcelles à des paysans qui contractaient des prêts financés via la Banque mondiale. Au lieu de résoudre le problème de l'inégalité criante de la tenure foncière au Guatemala, ce programme l'a alimenté (Alonso-Fradejas, 2012). En plus des personnes déplacées par la guerre et ce programme, un mécanisme de spéculation s'est mis en place où des individus aisés agissant en tant que spéculateurs fonciers ont défriché des parcelles de terre, puis les ont vendues à des éleveurs de bétail.

Bien sûr, comme mentionné précédemment, un autre facteur qui a stimulé la migration est la construction de routes (Baynard, Ellis, & Davis, 2013). Bien que le projet de colonisation du FYDEP n'ait pas prévu de peupler au nord du parallèle 17°10', on signale de la colonisation et de la déforestation subséquentes plus au nord dans le Parc National *Laguna del Tigre* et le *Biotopo Laguna del Tigre - Río Escondido*.

Tout cela explique le nombre de communautés non planifiées dans la région. À proximité de la zone d'exploitation de *Perenco Guatemala Limited* se trouvent au moins 37 communautés (Escalon, 2017). Celles-ci sont principalement composées de paysans qui se sont déplacés à la recherche de terres cultivables pour subsister. En raison du statut de protection de la zone, ces personnes vivent généralement dans des conditions précaires, sans accès à l'électricité, à l'eau potable, aux centres de santé et à d'autres services considérés comme essentiels. Ils font également face à des pressions de la part des autorités environnementales qui interdisent leur présence dans la zone centrale de la Réserve de la Biosphère Maya. Tout cela montre comment les habitants du Nord du Guatemala en sont venus à devenir des acteurs à part entière et que la coproduction de la forêt est un processus indissociable de l'histoire du pays. En somme, la *Laguna del Tigre* ne doit pas être vue comme un espace naturel où des populations se sont installées, mais comme un espace « produits des changements politico-économiques, les politiques culturelles et leurs matérialités » (Vandergeest & Peluso, 2020). La *Laguna del Tigre* est un espace constamment produit et transformé à travers l'histoire par les difficultés et les conflits émergents liés à la compétition pour les terres ou aux stratégies de gestion territoriale élaborées par une multitude d'acteurs gouvernementaux et non gouvernementaux, parmi lesquels figurent les résidents forestiers, les entreprises pétrolières et les organismes de protection de l'environnement.

## Méthodologie :

### Zone d'étude :

Cet article se concentre sur une zone de la Réserve de biosphère Maya au Guatemala qui a connu des taux de déforestation élevés, le parc national *Laguna del Tigre*. À des fins d'analyse, nous avons subdivisé cette zone en quatre parties : La partie ouest de *Laguna del Tigre* (1) à laquelle nous référerons comme *Laguna del Tigre*, un rectangle au sein de la lagune qui comprend le *Campo Xan* et le *Biotopo* (2), Le *Biotopo* (3) et le *Campo Xan* (4). Dans l'immense Réserve de biosphère Maya de 21 602 kilomètres carrés, *Laguna del Tigre* couvre une superficie de 337 899 hectares et est le plus grand parc national de la zone protégée. Elle représente quasiment le quart occidental de la Réserve de biosphère Maya, soit 15 % de la zone protégée avec des restrictions d'utilisation des terres basées sur la conservation. Dans le parc national la végétation peut être classée en trois grandes catégories : savane (au nord-est des cartes), forêt basse et forêt dense. Au sein de la Réserve de Biosphère Maya, elle est désignée comme « zone centrale », c'est-à-dire qu'elle a les restrictions d'utilisation des terres et de résidence les plus strictes ; des restrictions légales ne permettent que la recherche scientifique et les activités touristiques, et limitent la résidence à quelques communautés vivant dans la réserve au moment de sa création. Comme vu précédemment divers facteurs de déforestation sont à l'œuvre dans la zone d'étude, sans nier l'importance majeure des autres phénomènes décrits plus haut, il est important d'interroger le rôle de l'économie extractive pétrolière, d'autant plus qu'il s'agit de la plus grande zone d'extraction pétrolière du pays. Comme montré dans la chronologie, l'entreprise pétrolière se trouvait dans la zone d'étude avant sa catégorisation en parc naturel. A ajouté que ces différents phénomènes ne sont potentiellement pas indépendants les uns des autres comme l'expliquent justement Baynard et al. (Baynard, Ellis, & Davis, 2013):

"L'exploration et la production pétrolières dans les régions éloignées sont souvent considérées comme un catalyseur du changement paysager à travers les altérations directes créées par les infrastructures, ainsi que par l'accessibilité fournie par les routes."

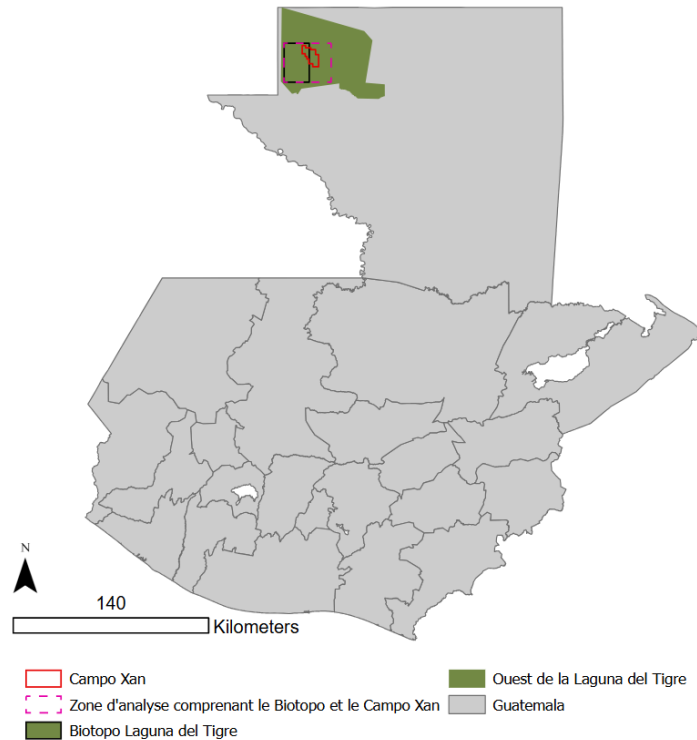


Figure 1, zone d'étude dans la carte du Guatemala.

## Données

Les technologies géospatiales sont utilisées depuis plus de 30 ans pour l'exploration géologique, le forage et la production pétrolière (Yatabe & Fabbri, 1986 ; Jackson, et al., 2002). Elles ont été appliquées pour détecter les fuites d'hydrocarbures et identifier les sables pétrolifères (Baynard, Ellis, & Davis, 2013). D'autres applications incluent la mise en œuvre d'analyses de coût minimal pour la construction d'oléoducs et de routes toutes saisons (Osejo, Morante, Gamarra, & Gomez-Barrios, 2004) ; détecter les déversements et surveiller la pollution (Chust & Sagarminaga, 2007). Moins d'études abordent le rôle des entreprises pétrolières dans le changement du paysage. Parmi celles-ci, Baynard et al. (2013) et Janks et al. (1994) ont évalué la santé de la végétation à l'intérieur et autour des champs pétrolifères et ont surveillé les efforts de décontamination et de remédiation des sols sur les sites de puits abandonnés. Musinsky et al. (1998) ont examiné la relation entre la construction de routes pétrolières et la déforestation ultérieure. Enfin, un groupe de scientifiques utilise des techniques géospatiales pour examiner la fragmentation et la dégradation de l'habitat créées par le développement pétrolier et dans le but de déterminer "la taille exacte et l'étendue de l'empreinte écologique du développement énergétique" (Morton et al., 2004: 8). Ce travail contribue au corps de recherche limité mais en croissance qui utilise des analyses spatiales pour détecter et mesurer les altérations du paysage créées par les économies extractives (Baynard, 2009).

Pour surveiller les changements dans la couverture terrestre, l'utilisation de données satellitaires multispectrales peut s'avérer très utile, surtout lorsqu'elles sont associées à des résolutions spatiales et temporelles moyennes à élevées (ce qui n'est pas toujours possible, surtout pour notre période d'analyse). Un autre aspect crucial est la disponibilité de jeux de données ouverts et gratuits provenant de missions d'observation de la Terre récentes telles que Landsat de la NASA (National

Aeronautics and Space Administration) et les Sentinelles de l'ESA (Agence spatiale européenne). En raison du cadre temporel établi dans ce document : pour la surveillance des changements dans la couverture forestière entre 1980 et 2020, la préférence a été donnée aux données Landsat (voir tableau). Avec une orbite autour de la Terre suivant une trajectoire polaire, ce qui signifie qu'il y a un cycle de 16 jours à l'équateur pour Landsat 3, 5, 7 et 8, ces données multispectrales ont été utilisées spécialement pour effectuer un indice NDVI, appliquer un algorithme de classification de la couverture terrestre et pour détecter les changements forestiers.

La sélection des images a été filtrée en ce qui concerne la couverture nuageuse, en ne prenant en compte que les images avec une couverture d'au maximum 10% nuages. Le période de capture des images a également été restreinte au printemps pour maintenir la cohérence de l'état de la végétation, ce qui est particulièrement important dans l'analyse NDVI (voir ci-dessous). Des images de la zone ont été rassemblées tous les 5 ans, avec des exceptions où des images de qualité suffisante n'ont pas été trouvées pendant la période d'analyse et pour l'année sélectionnée. En ce qui concerne la qualité des images, un équilibre a dû être trouvé entre haute résolution et finesse visuelle des pixels.

Satellite	Operational	Year	Spatial Resolution	Bands
Landsat 3	1978-1983	1979	50m	1 (blue), 2(Green), 3(Red), 4(NIR)
Landsat 5	1984 -2012	1985, 1990, 1995, 2009	30m	1 (blue), 2(Green), 3(Red), 4(NIR)
Landsat 7	1999 - Present	2002	30m	2 (blue), 3(Green),4(Red),5(NIR)
Landsat 8	2013 -Present	2015, 2020	30m	2 (blue), 3(Green),4(Red),5(NIR)

Tableau 2, données satellites utilisés.

## Classification :

Dans ce travail, une méthode de classification par *Random Forest* a été appliquée pour cataloguer la couverture terrestre en deux classes (forêt et non-forêt), la transformant ainsi en une classification binaire. Cette approche repose sur l'apprentissage automatique (machine learning) pour obtenir un modèle, qui est utilisé comme une généralisation représentative pour la prédiction. Dans ce cas, un échantillon préalablement préparé (forêt, non-forêt) a été utilisé pour généraliser toute la zone d'analyse comme données d'entraînement. Cette méthode a été largement discutée dans la littérature académique et il a été démontré qu'elle constitue une méthode appropriée pour la classification de la couverture terrestre en utilisant des données satellitaires de résolution moyenne et élevée.

L'approche supervisée pour la classification des pixels nécessite que l'utilisateur sélectionne des données d'entraînement représentatives pour chacune des classes prédéfinies, car la qualité de sortie dépend directement de la qualité des échantillons d'entraînement. Une fois l'échantillon d'entraînement réalisé, la classification par Forêts Aléatoires est construite à l'aide de différents arbres de décision. Ces arbres de décision divisent les différentes variables explicatives en différentes branches et prennent des décisions pour déterminer à quelle catégorie chaque pixel appartient.

Ce processus est répété de nombreuses fois dans différents arbres de décision, chacun contenant des variables explicatives et des données d'entraînement fournies de manière aléatoire. Ensuite, le

résultat majoritaire de tous les arbres est sélectionné pour le pixel. Breiman souligne que l'algorithme des *Random Forest* présente plusieurs avantages par rapport à d'autres classificateurs supervisés : il est relativement puissant en termes de valeurs aberrantes et de bruit, et peut estimer l'erreur intrinsèque et l'importance de la variable.

Pour créer un modèle robuste pour la classification, après l'entraînement du modèle, les variables suivantes ont été utilisées : une couche raster de NDVI (Indice de Végétation par Différence Normalisée), une couche raster de densité de routes, une couche raster de zones d'eau, une couche RVB et une couche d'altitude.

Bien que tout le processus de classification par Forêts Aléatoires puisse être réalisé dans GEE comme l'ont fait Brovelli et al. (2020), dans cette étude, la classification a été réalisée dans ArcGIS Pro, ce qui a permis une mise en œuvre plus rapide. La définition des données d'entraînement a été effectuée par interprétation visuelle des images satellites. Les ensembles de données d'entraînement ont été divisés de manière aléatoire en deux partitions : une pour entraîner le modèle (80%) et l'autre pour évaluer les performances du modèle (20%). Les matrices de confusion obtenues pour les cartes sont robustes, le résultat le plus bas étant de 96% pour la sensibilité et de 97% pour la précision. Ensuite, pour rendre compte de l'évolution de la déforestation, les cartes ont été soustraites les unes des autres pour observer les changements tous les 5 ans.

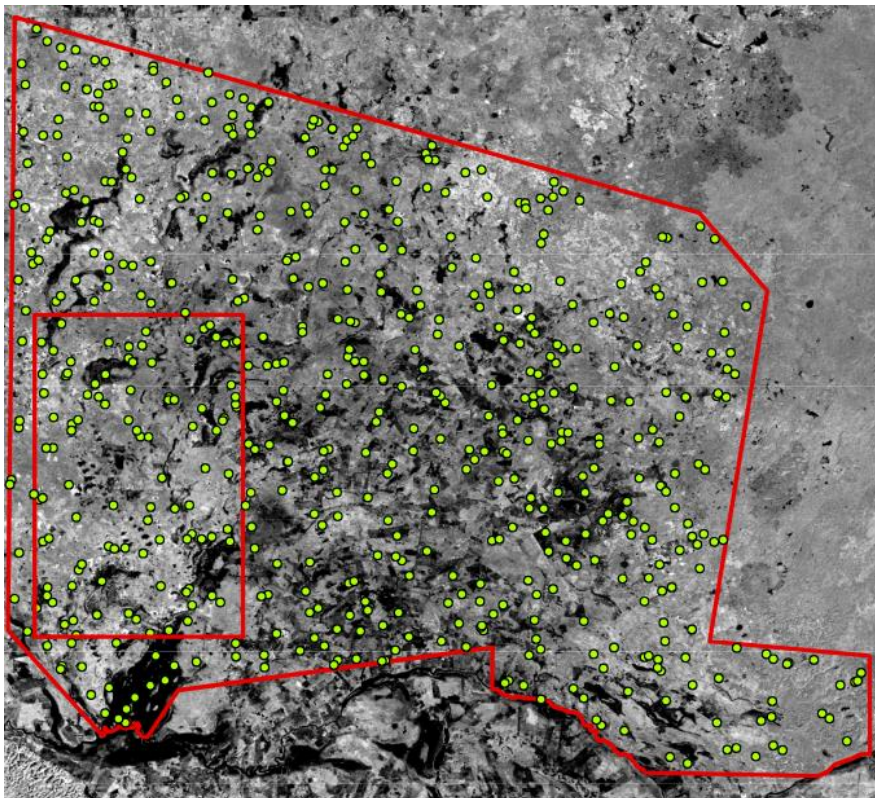


Figure 2, échantillon utilisé pour la classification

## Indice de Végétation par Différence Normalisée (NDVI) :

En utilisant le même ensemble de données que dans la section précédente, nous avons généré le NDVI en utilisant la formule  $\frac{\text{Bande 4 (NIR)} - \text{Bande 3 (R)}}{\text{Bande 4 (NIR)} + \text{Bande 3 (R)}}$  ou  $\frac{\text{Bande 5 (NIR)} - \text{Bande 4 (R)}}{\text{Bande 5 (NIR)} + \text{Bande 4 (R)}}$ . Le NDVI est une mesure qui évalue la quantité et la santé de la végétation dans une image satellite (Jensen, 1996). Il est représenté sur une échelle de -1 à 1, où les valeurs proches de 1 indiquent une concentration élevée de végétation, 0 représente une faible ou nulle concentration de végétation, et les valeurs proches de -1 représentent généralement de l'eau ou d'autres surfaces. Cet indice est largement utilisé dans les études de changement de végétation (Southworth, 2004) et est lié à l'expansion des caractéristiques de l'infrastructure (Musinsky et al., 1998). De plus, le NDVI offre une alternative aux méthodes traditionnelles de classification de la couverture terrestre en créant des catégories continues liées à la productivité de la couverture terrestre, et il distingue efficacement les zones végétées des zones non végétées (Daniels, 2006 : 2951). Contrairement à la catégorisation précédente, l'analyse du NDVI fournit des informations sur la végétation en général et pas seulement sur les forêts, ce qui permet d'identifier la perte d'espaces verts au profit de l'infrastructure ou des zones dévégétalisées.

Pour détecter les changements, les images extraites entre 1979 et 2020 ont été soustraites pour produire des cartes de détection de changement distinguant la biomasse saine des zones perturbées. Les changements ont été mis en évidence en appliquant un seuil de 15 % : si la valeur NDVI d'un pixel changeait de 15 % ou plus entre deux périodes, il était sélectionné pour les cartes.

## Déforestation à proximité des routes :

En ce qui concerne l'analyse des routes, suivant les méthodes développées par Baynard (2010), des cartes ont été créées tenant compte de la perturbation directe résultant des routes utilisées par l'infrastructure pétrolière. Bien que le BLM (Bureau of Land Management des États-Unis) (2010) considère que les routes pétrolières ont une largeur de perturbation initiale de 12,19 mètres (40 pieds) (Baynard, 2011), une largeur standard de 50 mètres a été suggérée pour inclure toutes les caractéristiques difficiles à distinguer sur les images de résolution moyenne (30 mètres). Un Buffer de 50 mètres de largeur a été créé de chaque côté des routes. Les cartes, dérivées de la catégorisation de *Random Forest*, ont été converties en cartes vectorielles et associées spatialement aux fichiers de routes pour permettre des comparaisons cohérentes et quantifiables des changements forestiers, des perturbations directes (mesurées à 50 mètres) et du nombre et de l'emplacement des rivières traversées. Cette dernière partie a été ajoutée en raison de l'importance des zones aquatiques dans le développement sain des forêts et des dommages potentiels causés par les routes utilisées par les industries pétrolières, en sélectionnant les routes correspondantes à partir de rapports environnementaux.

## Flux de travail :

Simultanément à la classification, des cartes NDVI ont été générées pour visualiser la différence entre la perte de végétation et la perte de forêt dans le cadre de notre flux de travail, qui a débuté par l'accès aux données satellitaires et le filtrage des images en fonction de leur pertinence. Deux filtres ont été appliqués : un filtre de nuages pour sélectionner les observations avec la plus faible

couverture nuageuse possible, et un filtre temporel pour restreindre les observations à une plage de temps spécifique, du 1er mai au 31 août, correspondant à la saison sèche de la forêt. Ensuite, des échantillons d'entraînement ont été créés pour les deux classes de couverture terrestre (forêt et non-forêt) pour chaque année analysée, suivis de la classification supervisée à l'aide de *Random Forest*.

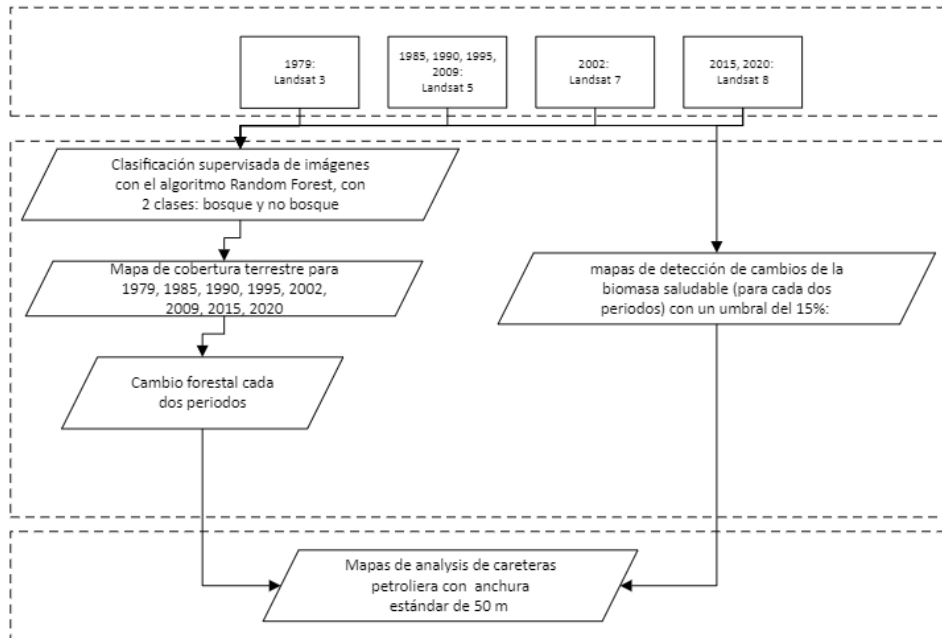
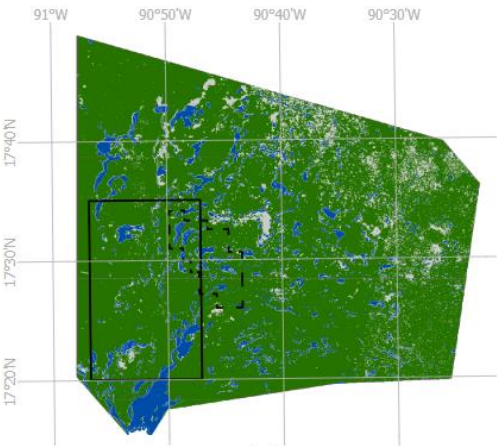


Figure 3, flux de travail représentant les données utilisées pour la classification et les cartes de changements de couverture (côté droit) et les carte NDVI (côté gauche).

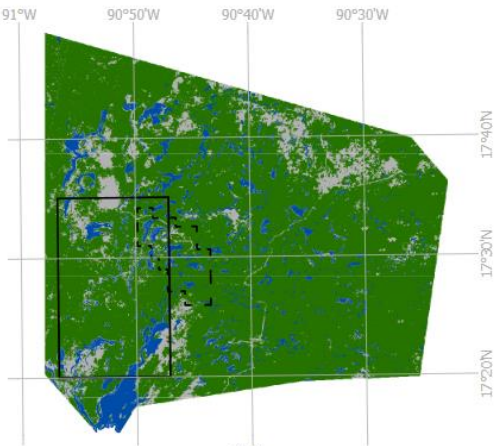


Résultats :

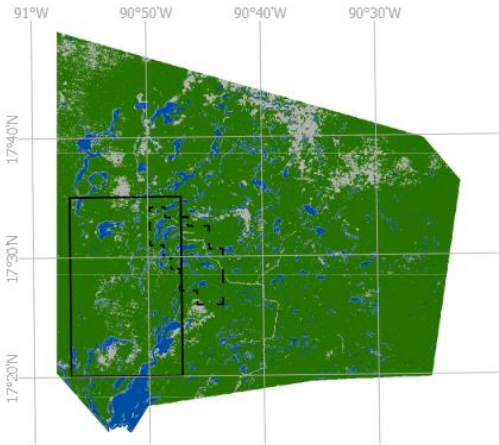
Résultats Classification :



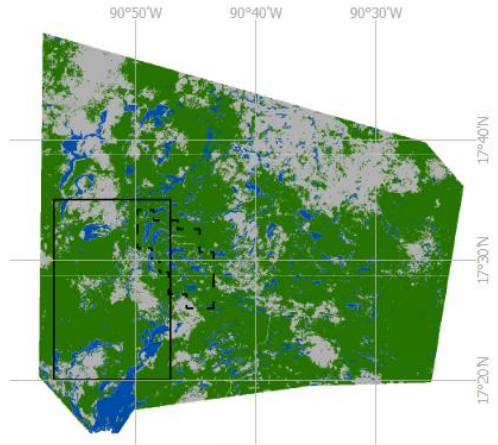
(a)



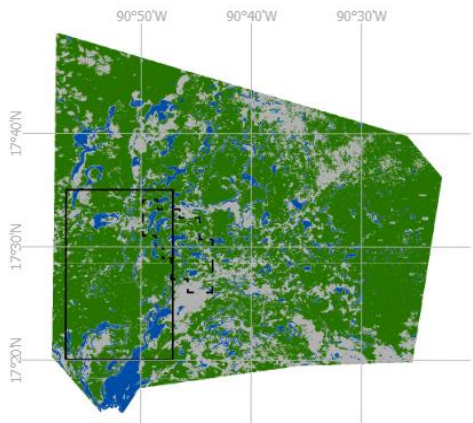
(b)



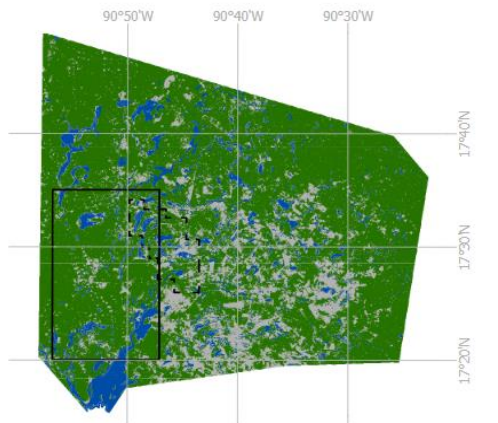
(c)



(d)



(e)



(f)



Figure 4, cartes représentant les zones sans forêt (en gris), zone forêt (en vert), les zones humides (en bleu), les cartes sont classées comme suit : 1979 (a), 1985 (b), 1990 (c), 1995 (d), 2002 (e), 2009 (f), 2015 (g) et 2020 (h).

La classification de la couverture terrestre a été appliquée de manière successive pour les années 1979, 1985, 1990, 1995, 2002, 2009, 2014, et 2020. Les résultats obtenus ont été analysés afin de surveiller les modèles de déforestation survenus pendant la période définie. La figure ci-dessous présente les cartes de couverture terrestre résultantes. Une première interprétation visuelle permet de détecter un changement entre 1979 et 1985 : la construction de la route est clairement visible, ainsi que le développement d'infrastructures au sein de la Zone *Campo Xan*. Il est aussi possible de voir des zones de déforestation là où la route a été créée, comme illustré dans les cartes des figures 3a et 3b. Pour la période suivante de cinq ans (figure 3c), on remarque que la déforestation a continué, mais de manière moins importante que dans la première période. Mais, par la suite les cartes représentant les périodes suivantes montrent visuellement une déforestation plus importante. C'est particulièrement le cas dans la partie nord de la carte (d). Vu la forme de la déforestation dans cette période, il n'est pas exclu qu'elle soit reliée à de grands incendies qui sont fréquents dans la zone. Avec les cartes (e) et (f) on remarque aussi qu'il y a un changement dans l'implantation de la déforestation, qui glisse de plus en plus vers le sud tout en restant importante. Accélération cartes représentant les périodes les plus récentes montrent une accélération importante de la déforestation, particulièrement dans le *Biotopo* et les zones alentours.

De manière visuelle, les cartes de la figure 3 peuvent être divisées en 3 groupes : de (a) à (c) où la déforestation se concentre dans le nord de la zone d'étude avec très peu de déforestation dans le *Campo Xan* et le *Biotopo* ; la carte (d) qui présente une déforestation très importante en comparaison aux autres ; et finalement, de (e) à (h) où la déforestation devient plus importante et se concentre dans le sud, comprenant le *Campo Xan* et le *Biotopo*. Malgré cela, afin de mieux saisir

visuellement les changements, des cartes illustrant les variations dans les classes de couverture terrestre pour chaque période d'environ 10 ans ont été calculées.

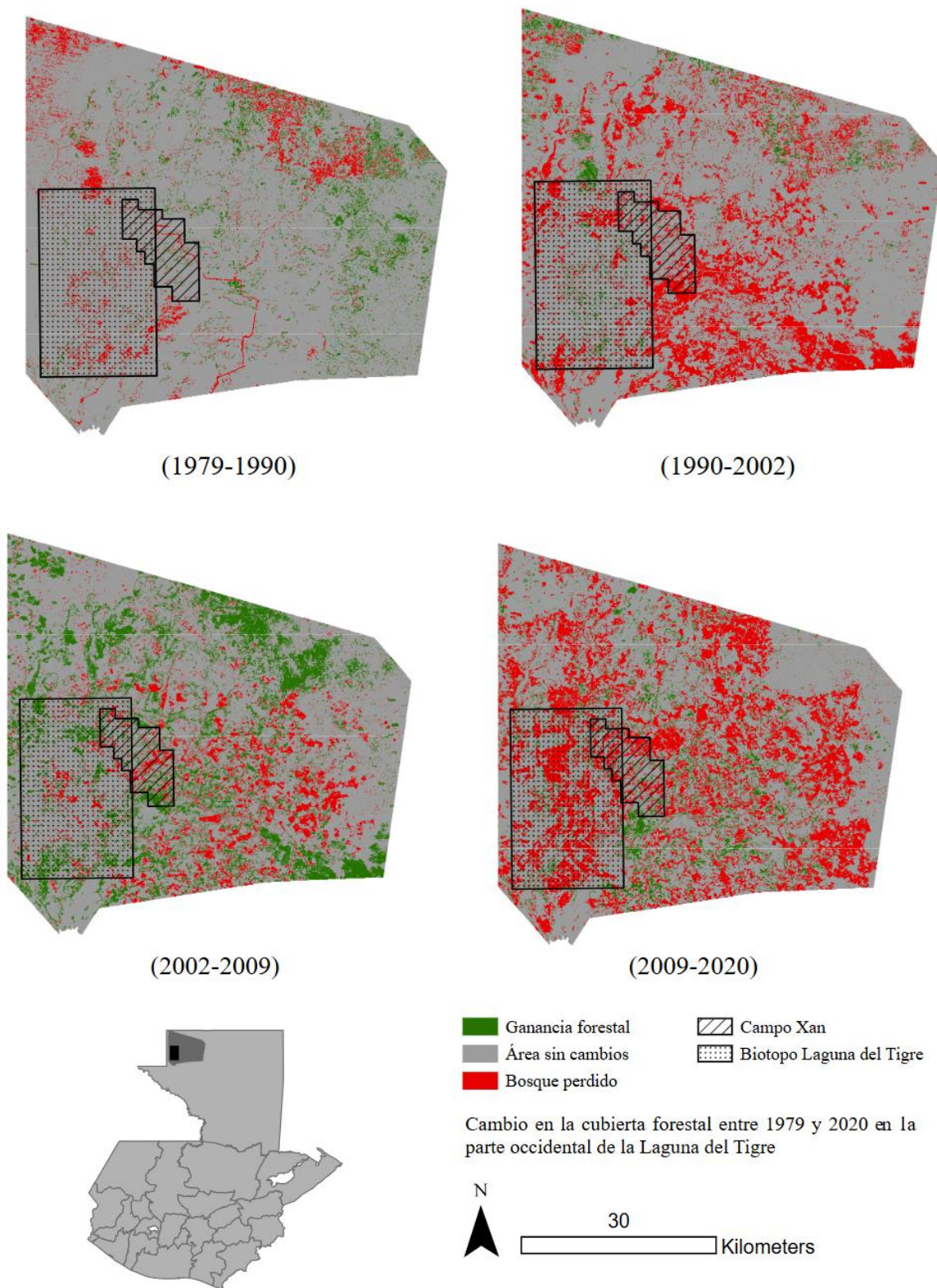


Figure 5, cartes de changement de couverture de sol forêt/non-forêt, gain de forêt (en vert), peu ou pas de changement (en gris), perte de forêt (en rouge)

Le changement forestier a été évalué en calculant la différence entre chaque intervalle de temps, comme illustré dans la figure 4. Les zones en rouge indiquent une perte de forêt, tandis que les zones vertes représentent un gain de forêt. L'enchaînement de ces quatre cartes révèle l'évolution constante des zones boisées, et les estimations des zones affectées sont répertoriées dans le tableau 3. La proportion de perte de forêt à l'intérieur de la zone d'étude est clairement visible dans les figures 5a et 5d par simple observation visuelle. La perte de forêt a été importante autour des routes principales, comme il était possible de s'y attendre. Pertes aussi possibles de voir que dans certaines régions, les pertes prennent des formes rectangulaires, ce qui est cohérent avec les activités existantes dans la zone, comme précédemment décrit dans ce document.

Zonas de analisis	Medida	1979 -1990	1990-2002	2002-2009	2009-2022	Resultados cumulativos
<b>Zona de analisis total</b>	Ganancia (km2)	172,22	91,96	513,89	173,78	<b>951,85</b>
	Perdida (km2)	170,28	568,56	263,11	770,58	<b>1772,54</b>
	Porcentaje de zona de camino afectada (ganacia)	6,10%	3,26%	18,21%	6,16%	<b>33,72%</b>
	Porcentaje de zona de camino afectada (perdida)	6,03%	20,14%	9,32%	27,30%	<b>62,80%</b>
	Ganancia (km2)	9,57	19,56	73,74	23,57	<b>126,43</b>
	Perdida (km2)	30,24	72,52	33,19	161,13	<b>297,08</b>
<b>Biotopo</b>	Porcentaje de zona de camino afectada (ganacia)	2,01%	4,11%	15,51%	4,96%	<b>26,60%</b>
	Porcentaje de zona de camino afectada (perdida)	6,36%	15,26%	6,98%	33,90%	<b>62,50%</b>
	Ganancia (km2)	3,93	1,89	18,25	7,07	<b>31,14</b>
	Perdida (km2)	5,19	25,79	16,49	32,02	<b>79,49</b>
<b>Campo Xan</b>	Porcentaje de zona de camino afectada (ganacia)	3,94%	1,90%	18,28%	7,08%	<b>31%</b>
	Porcentaje de zona de camino afectada (perdida)	5,20%	25,83%	16,51%	32,07%	<b>80%</b>
	Ganancia (km2)	30,37	24,06	155,04	72,44	<b>281,91</b>
	Perdida (km2)	50,54	216,12	98,58	278,79	<b>644,04</b>
<b>Zona de analyse con Capo Xan y Biotopo</b>	Porcentaje de zona de camino afectada (ganacia)	3,38%	2,68%	17,25%	8,06%	<b>31,37%</b>
	Porcentaje de zona de camino afectada (perdida)	5,62%	24,05%	10,97%	31,02%	<b>71,66%</b>

Tableau 3, gains et pertes pour chaque période en kilomètres carrés et en pourcentages de zones total pour les zones d'analyse totale, le Biotopo de la Laguna del Tigre, le Campo Xan et la zone d'analyse comprenant le Biotopo et le Campo Xan.

Entre 2009 et 2020, un taux élevé de déforestation a été mesuré (278 km<sup>2</sup> pour la zone qui comprend à la fois le *Campo Xan* et le *Biotopo*), ce qui correspond à près de 30 % de cette zone d'étude. Un autre pic peut être observé entre 1990 et 2002 où environ 216 km<sup>2</sup> de déforestation ont été détectés pour la même zone. Ces tendances sont similaires pour les autres échelles d'analyse mais en plus important (sauf la zone de total ouest de la *Laguna del Tigre*). Par exemple, la perte durant la période 2014 et 2020 représente 32 % de la surface totale du *Campo Xan*.

Les forêts ont progressivement commencé à se régénérer comme indiqué dans le tableau 3. Bien que la tendance à la reforestation ait été à la baisse entre 1979 et 2002, elle est devenue plus évidente dans la période qui a suivi et les taux sont restés élevés par la suite. Le gain forestier entre 2002 et 2009 était d'environ 155 km<sup>2</sup> dans la zone d'analyse qui comprend le *Campo Xan* et le *Biotopo*, soit trois fois plus élevé que celui entre 1979 et 1990. Dans la dernière période d'analyse temporelle, le niveau de gain reste haut avec environ 72 km<sup>2</sup>.

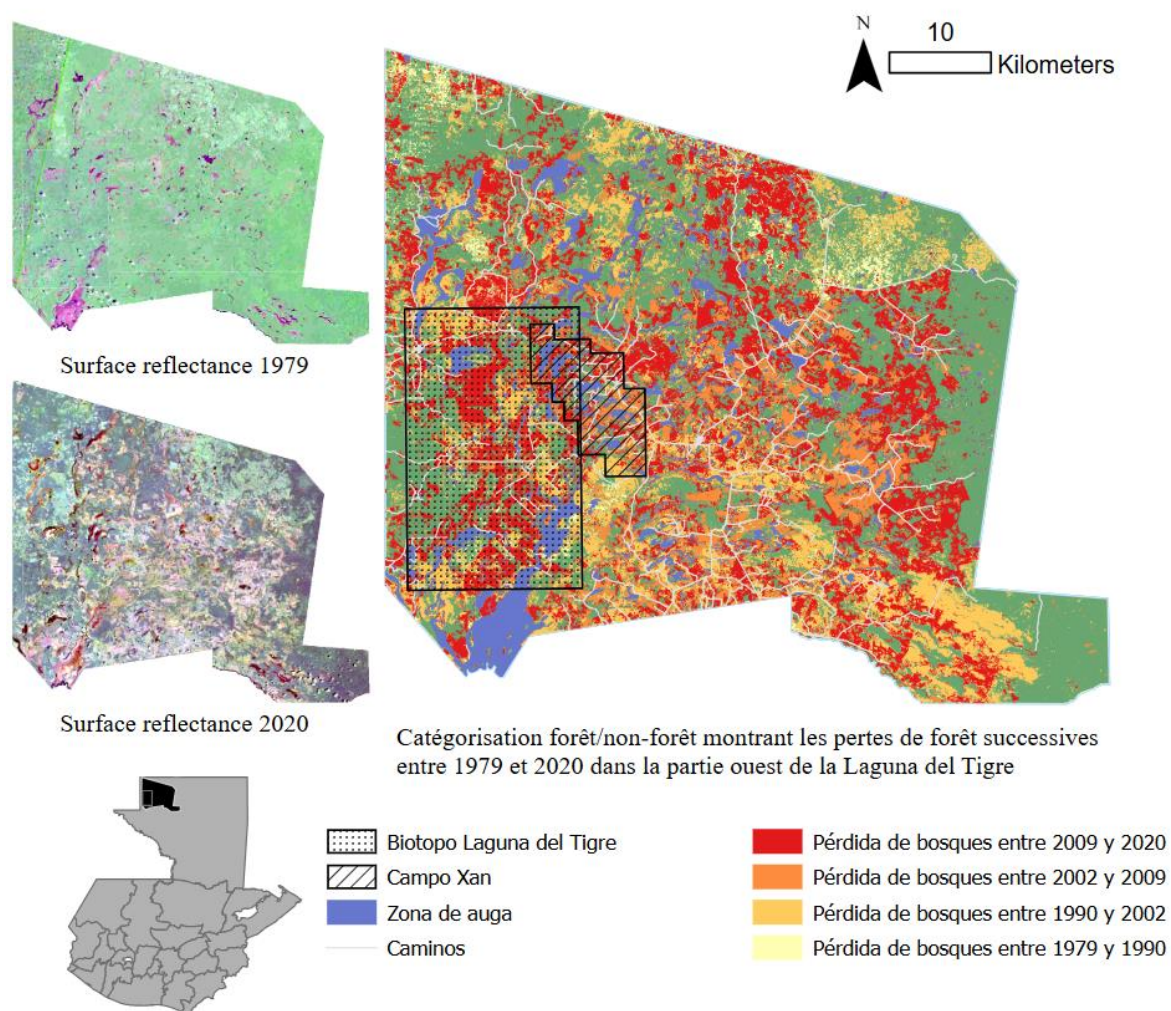


Figure 6, carte des pertes de forêt durant différentes périodes cumulées.

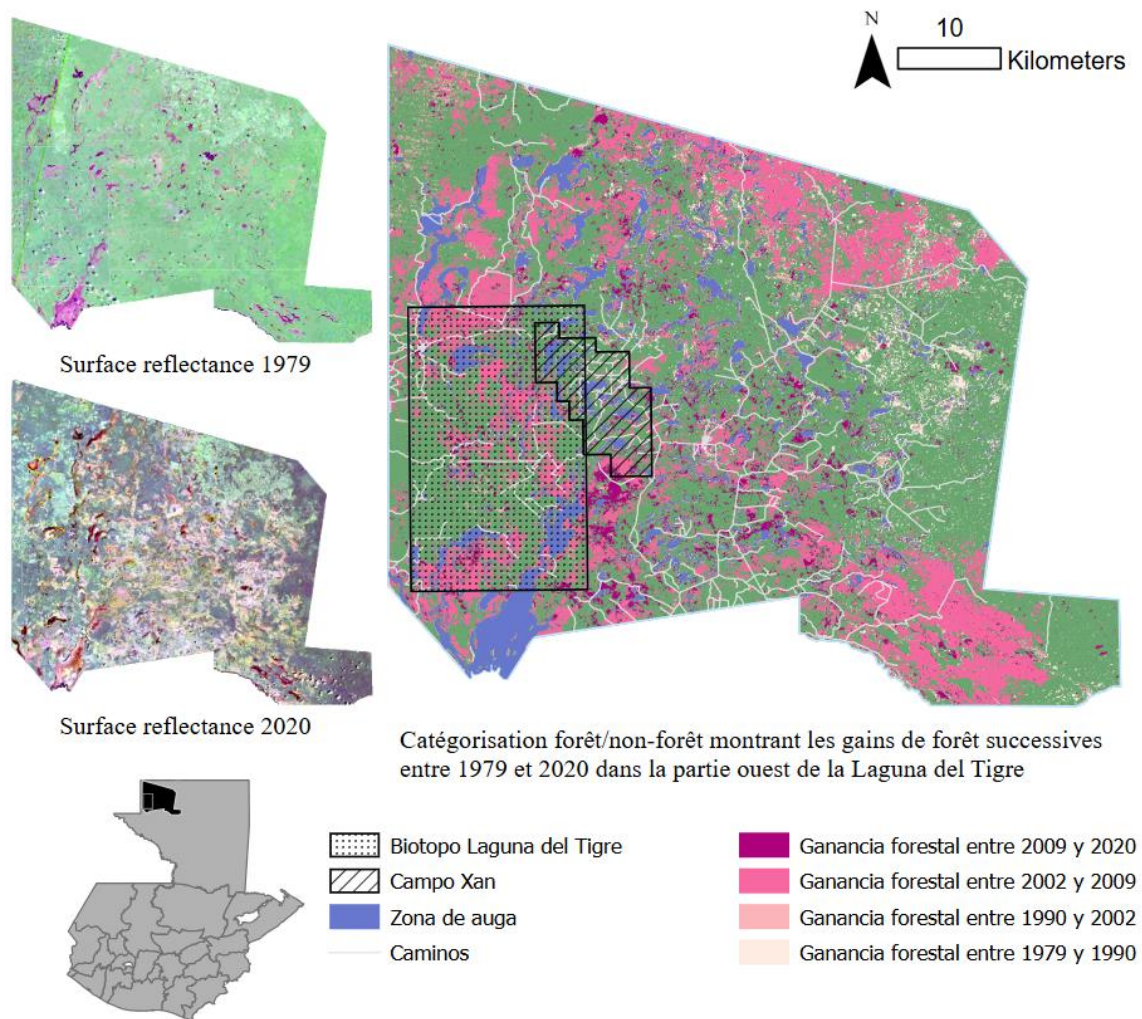
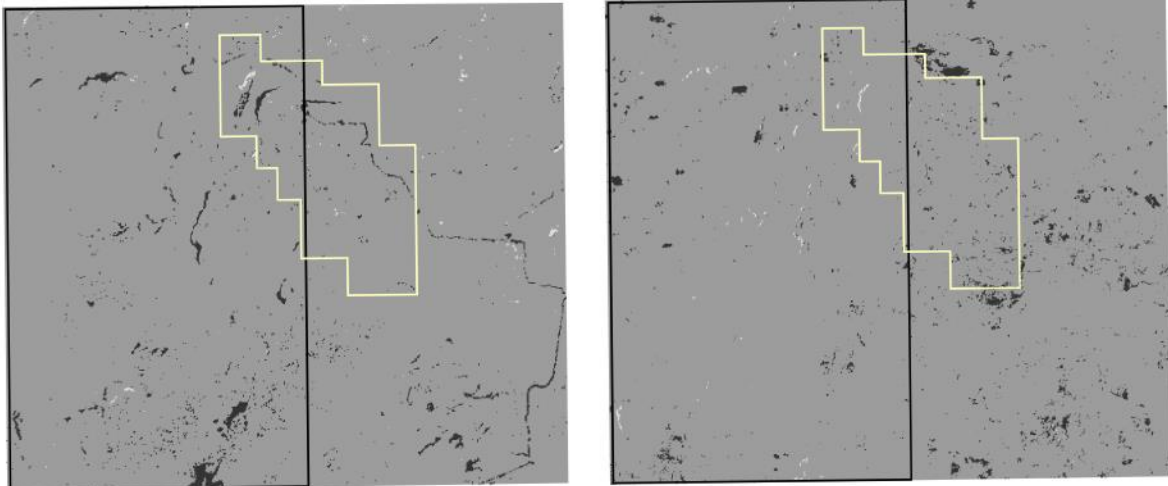


Figure 7, carte des gains de forêt durant différentes périodes cumulées.

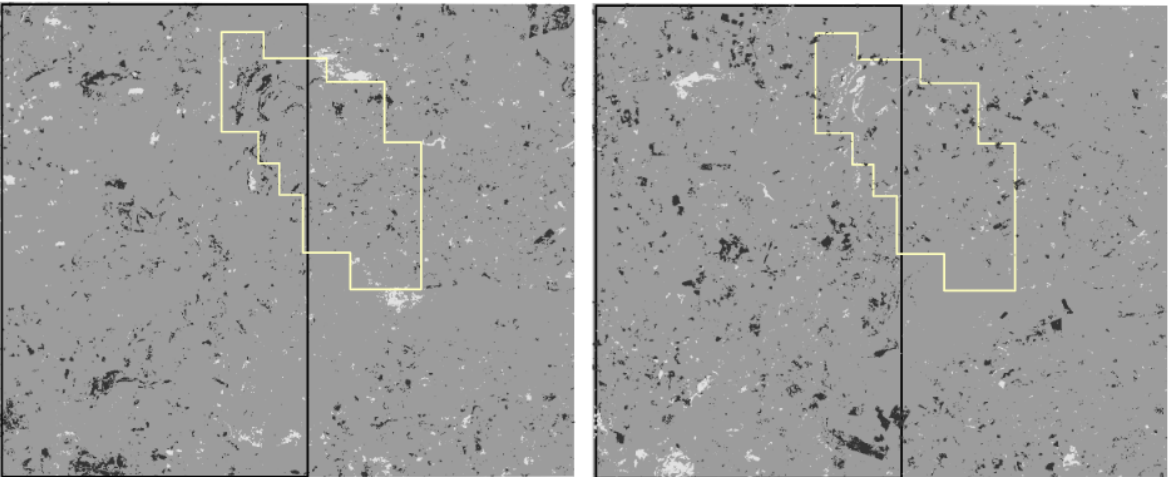
Un schéma général peut être observé à partir des résultats ci-dessus : lorsque la perte forestière atteignait son maximum, le gain forestier atteignait aussi son maximum. Les figures 5 et 6 présentent la cartographie spatiale et temporelle cumulative de la perte forestière et du gain forestier de 1979 à 2020 semble aussi l'attester. La perte forestière cumulative jusqu'en 2020 est estimée à 62% de la zone ouest de la *Laguna*, tandis que le gain forestier cumulatif sur la même période est estimé à 33%. Donc, la tendance des pertes de forêt grandit plus vite que l'augmentation de la forêt. En moyenne, pour la zone totale d'analyse, on estime une perte de 1.5% par an contre un gain de 0.8 % par an. Selon la carte de la Figure 5, la zone la plus touchée par la déforestation, particulièrement dans les années les plus récentes, est celle de la zone d'étude centrale qui comprend à la fois le *Campo Xan* et le *Biotopo*. En comparaison, le rythme de déforestation a ralenti le long de la route dans la partie sud de la réserve naturelle. Comme montré dans le Tableau 3, il est clair qu'entre 2002 et 2009, la perte forestière avait considérablement diminué, on retrouve ces mêmes résultats dans les cartes. De plus, il convient de souligner, à partir de la tendance de variation spatio-temporelle du gain forestier présentée dans la Figure 6, que les zones qui ont le plus récupérées se trouvent dans des régions opposées à celles qui avaient souffert de la perte forestière, ce phénomène peut être attribué aux différents rapports au sol des populations selon les régions.

Résultats NDVI :



(a)

(b)



(c)

(d)

- Campo Xan
- Laguna del tigre
- Bosque perdido
- Ganancia forestal
- Área sin cambios



Kilometers  
01,75,5 7 10,5 14

Figure 8, cartes de changement de couverture végétale, gain de végétation supérieur à 15% (en claire), peu ou pas de changement (en gris), perte de végétations supérieur à 15% (en noir) classé comme suit: 1979-1990 (a), 1990-2002 (b), 2002-2009 (c), 2009-2020 (d).

Les cartes NDVI, qui se concentre sur la zone d'analyse comprenant le *Biotopo* de la *Laguna del Tigre* et le *Campo Xan*, montrent un changement moins important comme attendu et précédemment expliqué. Mais, de manière similaire aux cartes basées sur la méthode *Random Forest*, on voit que la perte de végétation a été croissante avec le temps. Par ailleurs, les résultats semblent montrer une continuité plus claire que l'analyse catégorielle, c'est-à-dire sans période de perte plus extrême. En général, on observe qu'il y a une augmentation de la couverture végétale et également des pertes, mais que malgré tout, cette augmentation ne permet pas de compenser les pertes.



Résultats déforestation à proximité des routes :

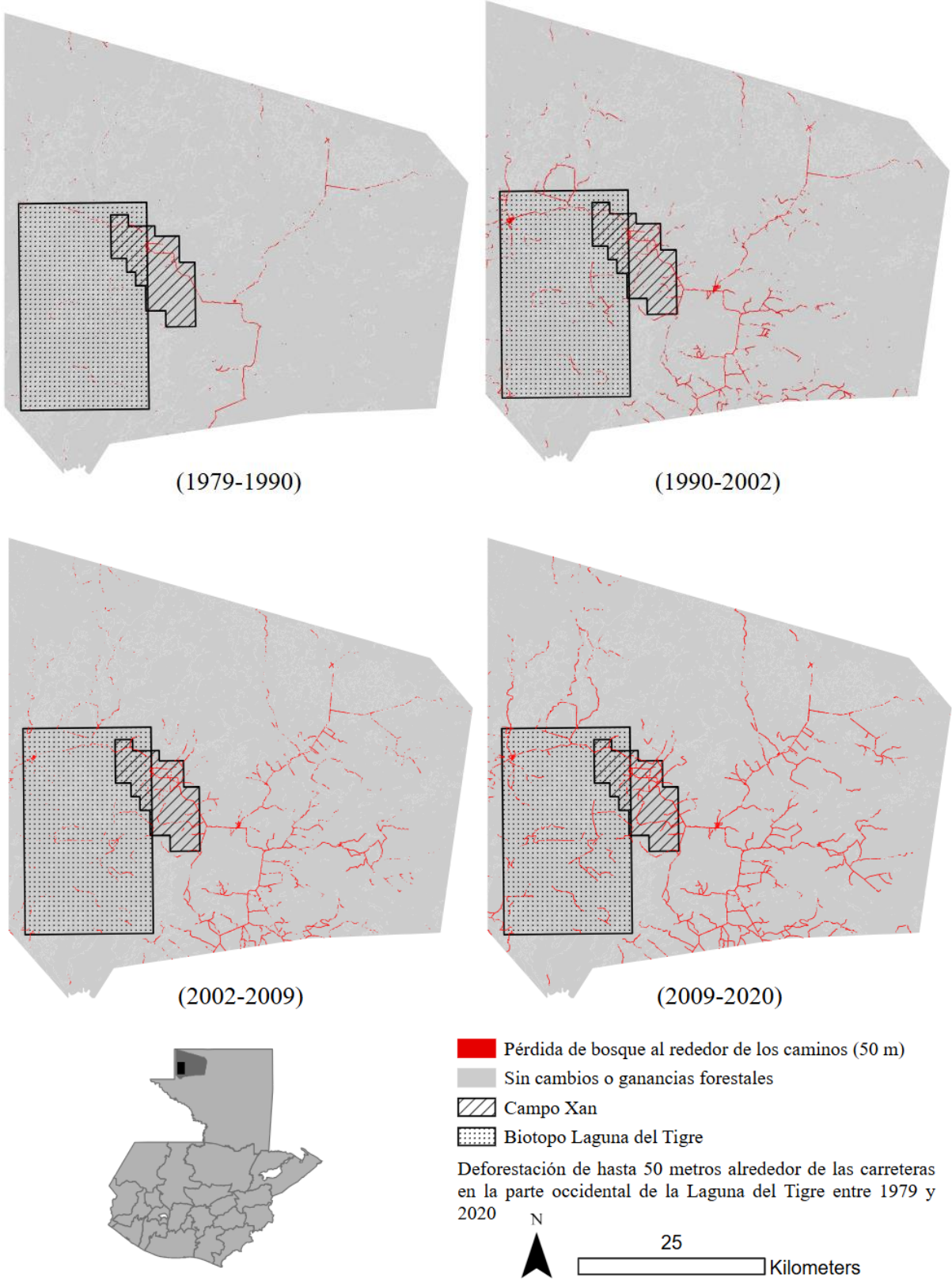


Figure 9, cartes de changement de couverture de sol forêt/non-forêt 50 mètres autours des routes, gain de forêt ou pas de changement (en gris), perte de forêt (en rouge)

Comme évoqué plus haut, les routes et les plates-formes de forage ont été estimées à une largeur de perturbation directe de 50 mètres. Cette mesure tient compte des emprises routières, des bas-côtés dégagés et des pipelines, englobant ainsi les altérations de surface causées tant par les routes pétrolières que non pétrolières. Ce choix est justifié par la difficulté de distinguer les routes pavées des routes en terre et de mesurer précisément les largeurs individuelles des routes avec une résolution spatiale de 30 mètres (une autre mesure couramment utilisée). La quantité des pertes semble corroborer les différents rapports du CONAP qui soulignent l'importance des routes dans les processus de déforestation dans la région. L'évolution temporelle de la déforestation autour des routes permet aussi de constater que son développement s'est fait sur la base de la route construite pour accéder au *Campo Xan*, qui fut fortement utilisée par des camions transportant le pétrole jusque dans les années 1995 et la création du pipeline (Musinsky, 1998) . Il peut aussi être observé que, bien que les routes menant au Mexique participent également à la déforestation, c'est malgré tout autour des routes du premier et deuxième tiers sud que la déforestation s'est concentrée.

Zonas de analisis	Medida	1979 -1990	1990-2002	2002-2009	2009-2022	Resultados cumulativos
<b>Zona de analisis total</b>	Ganancia (km2)	2,64	2,26	18,88	5,66	<b>29,44</b>
	Perdida (km2)	9,32	28,29	16,08	30,70	<b>84,39</b>
	Porcentaje de zona de camino afectada (ganacia)	2,59%	2,22%	18,53%	5,55%	<b>28,90%</b>
	Porcentaje de zona de camino afectada (perdida)	9,15%	27,77%	15,78%	30,14%	<b>82,84%</b>
<b>Biotopo</b>	Ganancia (km2)	0,24	0,55	3,14	0,84	<b>4,77</b>
	Perdida (km2)	1,27	2,95	2,06	5,69	<b>11,97</b>
	Porcentaje de zona de camino afectada (ganacia)	1,49%	3,52%	2,00%	1,00%	<b>8,01%</b>
	Porcentaje de zona de camino afectada (perdida)	8,08%	18,70%	1,00%	4,00%	<b>31,78%</b>
<b>Campo Xan</b>	Ganancia (km2)	0,18	0,35	1,00	0,41	<b>1,95</b>
	Perdida (km2)	1,64	1,48	0,86	1,31	<b>5,28</b>
	Porcentaje de zona de camino afectada (ganacia)	2,69%	5,19%	14,72%	6,09%	<b>28,70%</b>
	Porcentaje de zona de camino afectada (perdida)	24,15%	21,76%	12,69%	19,28%	<b>77,88%</b>
<b>Caminos que se reportan como usado por las actividades petrolera y Oleoducto</b>	Ganancia (km2)	0,02	0,17	0,81	0,72	<b>1,73</b>
	Perdida (km2)	3,36	0,95	0,24	0,71	<b>5,25</b>
	Porcentaje de zona de camino afectada (ganacia)	0,38%	3,58%	17,00%	15,09%	<b>36,06%</b>
	Porcentaje de zona de camino afectada (perdida)	70,07%	19,76%	5,08%	14,81%	<b>109,72%</b>

Tableau 4, gains et pertes pour chaque période en kilomètres carrés et en pourcentages de zones total pour un buffer de 50 mètres autour des routes dans la zone d'analyse totale, le Biotopo de la Laguna del Tigre, le Campo Xan et la route rapporter dans l'annexe 1 ainsi que l'oléoduc à l'intérieur de la Laguna del Tigre.

Les données montrent que 2,52 % de la superficie totale de la zone du *Biotopo* a été impactée par les routes, cette déforestation atteint 5,29 % de la surface totale du *Campo Xan*. En termes de proportion de déforestation autour des chemins, 76,19 % de l'espace autour des chemins dans la zone comprenant à la fois le *Campo Xan* et le *Biotopo* ont connu de la déforestation, contre uniquement 29,49 % de cet espace qui a connu un gain de forêt durant toute la période d'analyse. La différence entre le *Campo Xan* et le *Biotopo* est importante, puisque la perte est de 77,88 % pour les chemins du *Campo Xan* et de 31,76 % pour les chemins à l'intérieur du *Biotopo*. Enfin, nous nous sommes intéressés à la route d'usage commun (annexe 1) qui passe par le *Campo Xan* ainsi qu'à l'oléoduc : si la route d'usage commun n'est pas uniquement empruntée par l'entreprise pétrolière, elle fut créée principalement pour atteindre le *Campo Xan* (Musinsky, 1998), et comme décrit dans les rapports environnementaux de *Perenco Guatemala Limited* (annexe 1), c'est l'entreprise elle-même qui s'est chargée de maintenir la route ces dernières années.

## Solidité des résultats et limites :

Une manière d'attester la solidité de nos résultats est de les comparer à d'autres études sur la déforestation dans la même zone. S'il n'existe pas d'étude qui utilise exactement notre zone d'étude dans la même temporalité, il y a différentes études qui examinent les zones protégées au Guatemala, et certaines s'intéressent particulièrement à la *Laguna del Tigre*.

Premièrement, il existe la recherche réalisée par José Alberto Gallardo-Cruz et al. (Gallardo-Cruz et al., 2021) qui analyse les pertes de forêt dans le bassin de la rivière Usumacinta, y compris au Guatemala. Leurs résultats sont divisés entre zones protégées et non protégées et par pays. Dans leurs résultats, on voit que la perte de forêt a ralenti entre 2010 et 2014 dans la catégorie qui comprend notre zone d'étude, ce qui est cohérent avec nos résultats qui indiquent une période de gains forestiers importants. Cette période est suivie d'une forte hausse de la déforestation, une logique que l'on retrouve également dans nos résultats.

Une autre étude qui analyse la déforestation, cette fois-ci uniquement dans la *Laguna del Tigre* guatémaltèque, est celle de Musinsky (1998). Cette recherche évalue la déforestation entre 1986 et 1995. Dans leur travail, ils établissent quatre zones où la déforestation a lieu : 1. La frontière nord-ouest du Guatemala faisant face à l'État mexicain de Tabasco ; 2. La route Xan Oil directement au nord d'El Naranjo dans le parc national *Laguna del Tigre* et le long de la rivière Rio San Pedro, au nord et à l'est d'El Naranjo ; 3. La frontière nord-est du Guatemala faisant face au Belize, adjacent à la route Melchor de Mencos ; 4. La route d'El Cruce dos Aguadas à Carmelita. Les zones qui se trouvent dans notre travail sont les zones 1 et 2. Nous détectons effectivement de la déforestation dans ces zones pendant les périodes d'analyse de ce travail, mais nous détectons aussi de la déforestation dans une troisième zone : le nord-est de la *Laguna del Tigre*. Dans la zone de déforestation 2, Musinsky et al. détectent une intensification de la déforestation depuis 1993, ce qui est également notre cas.

Les études réalisées par le CONAP établissent que 90 % des pertes dans la *Laguna del Tigre* en 2004 se concentrent autour de la route du *Campo Xan* et des routes secondaires. Les résultats trouvés dans ce travail corroborent le fait que la déforestation a majoritairement lieu dans les zones

accessibles en voiture, mais ne calculent pas le pourcentage que ces pertes représentent en comparaison des pertes qui n'ont pas lieu le long de ces routes. Cette étude calcule également qu'entre 1984 et 2017, le parc a perdu 34 % de sa couverture forestière, alors que pour la période 1979 - 2015, notre travail calcule une perte d'environ 30 %, une différence minime qui peut s'expliquer par l'utilisation de techniques différentes. Malgré tout, les résultats sont suffisamment similaires pour estimer la solidité des résultats ; cela est d'autant plus corroboré si l'on compare nos cartes à celles de Devine (2020) qui indiquent des zones de déforestation similaires.

Enfin, en examinant les résultats établis par Bullock et al. (2020), qui estiment qu'en moyenne 1,0 % de la superficie forestière de la Réserve de Biosphère Maya a été déboisée chaque année entre 2000 et 2017, nous observons des valeurs similaires mais inférieures, ce qui peut s'expliquer par notre concentration sur la zone centrale, moins sujette à la déforestation. Ces résultats et comparaisons illustrent clairement la tendance à la déforestation.

En plus des comparaisons, on peut s'intéresser à la précision des catégorisations ainsi qu'au F1-score, une mesure utilisée pour évaluer la performance des modèles de classification binaire, et au coefficient de corrélation de Matthews (MCC), qui est une mesure utilisée pour évaluer la qualité d'un modèle de classification binaire. Le MCC prend en compte les vrais positifs, les vrais négatifs, les faux positifs et les faux négatifs, et donne une indication de la performance globale du modèle. Dans notre cas, les mesures varient entre 0.85 et 0.98 nous permettent d'estimer que le modèle est solide en relation avec l'échantillonnage effectué.

Años	Class	F1-scores	MCC	Accuracy
1979	Sin Bosque	0.94	0.91	0.96
	Bosque	0.97		
1985	Sin Bosque	0.96	0.94	0.97
	Bosque	0.98		
1990	Sin Bosque	0.97	0.97	0.97
	Bosque	0.96		
1995	Sin Bosque	0.94	0.95	0.96
	Bosque	0.97		
2002	Sin Bosque	0.98	0.94	0.97
	Bosque	0.98		
2009	Sin Bosque	0.97	0.95	0.98
	Bosque	0.93		
2015	Sin Bosque	0.89	0.85	0.94
	Bosque	0.96		
2020	Sin Bosque	0.96	0.94	0.97
	Bosque	0.95		

Tableau 5, qualité de la catégorisation

Toute recherche comporte des limites et celle-ci n'en est pas exempte. En raison de contraintes de moyens et de temps, il n'a pas été possible de valider les résultats par des observations in situ. En effet, il s'agit d'une étape importante d'autant plus que les résultats dépendent de l'échantillonnage réalisé par le chercheur. Cependant, la comparaison avec d'autres recherches robustes nous permet de penser que la qualité des résultats est satisfaisante. Une autre limite du travail est qu'il a été réalisé via l'outil ArcGIS Pro, un logiciel qui n'est pas libre d'accès et qui limite une répliquabilité facile

du travail dans d'autres zones. D'autres travaux similaires utilisent le logiciel Google Earth Engine qui est libre d'accès et permet une meilleure répliquabilité.

## Discussion :

Les infrastructures pétrolières et les activités qui en découlent ne sont pas les seules causes de la déforestation dans la *Laguna del Tigre*. Il y a un nombre important d'acteurs qui vivent et/ou produisent à l'intérieur du parc et qui ont une incidence plus ou moins grande sur la déforestation. Parmi les activités qui sont des causes importantes de déforestation, il y a notamment le narco-ranching qui a fait l'objet de beaucoup de discussions dans le pays, comme le souligne bien Devine et al. dans la recherche « Narco-Cattle Ranching in Political Forests » (2020), ces discussions ont notamment conduit à criminaliser certaines populations indigènes et ladino (non-indigènes) sans propriété terrienne et vivant sur place en suggérant que « ces communautés travaillent dans des ranchs de narco-bétail et sont donc, par association, coupables de trafic de drogue » (Ybarra 2018). Tous ces discours tendent à placer le focus sur ces populations et à invisibiliser d'autres causes de la déforestation.

Dans ce contexte, on observe une différence de traitement significative entre les différents acteurs en matière d'accès à l'espace. En effet, contrairement aux populations vivant sur place, les activités pétrolières n'ont été que très peu remises en question – voire favorisées par certaines décisions politiques comme expliqué dans l'introduction – malgré les potentiels dégâts environnementaux que peut causer une entreprise d'extraction pétrolière au milieu d'un parc national. Ce que montre l'analyse spatio-temporelle de la zone d'étude, c'est l'importance de la déforestation dans la région en général, mais aussi et surtout la présence d'une déforestation plus importante dans les zones en relation avec les activités pétrolières. En effet, il y a trois points importants que ce travail permet de souligner :

1. **L'importance des routes pionnières** : On observe que les routes qui ont été construites pour atteindre la zone du *Campo Xan* et pour permettre les activités extractives sont à la base du développement d'activités conduisant à la déforestation, ce qui rejoint les analyses faites notamment par Alisa W. Coffin (2007) . De plus, aux abords des routes, les taux de reforestation sont à chaque fois inférieurs à ceux de la zone totale, montrant bien l'impact à long terme qu'elles occasionnent. Cette route et l'oléoduc (qui suit majoritairement le tracé de la route), toujours maintenus par la compagnie pétrolière et dont l'activité pétrolière est l'un des, si ce n'est l'usage principal, est toujours celle avec les taux de déforestation les plus élevés.

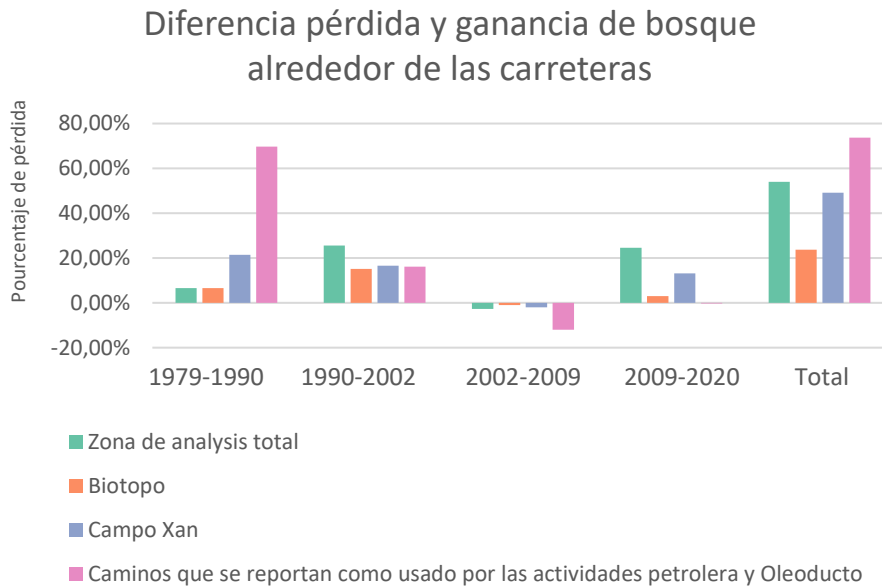


Figure 10, graphique de la différence entre le pourcentage de gain de forêt et de perte de forêt durant la période d'analyse pour différente zone, les pourcentages positifs représentent la perte et les négatifs le gain.

**2. Une zone plus touchée :** La zone d'exploitation pétrolière du *Campo Xan* possède des taux de déforestation supérieurs à la moyenne et est, parmi les zones analysées, celle avec le plus haut taux de déforestation, ce qui met en évidence l'importance d'un tel acteur dans une zone protégée.

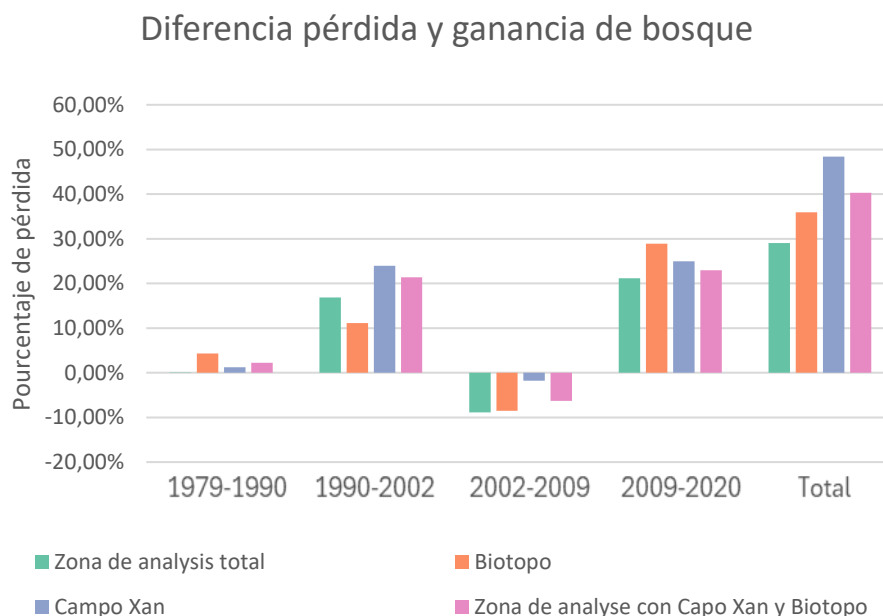


Figure 11, graphique de la différence entre le pourcentage de gain de forêt et de perte de forêt dans une zone de 50 mètres autour des routes durant la période d'analyse pour différente zone, les pourcentages positifs représentent la perte et les négatifs le gain.

3. **Une déforestation continue** : Malgré le changement de propriétaire du *Campo Xan*, et une entreprise qui dit avoir « placé le développement durable au cœur de notre stratégie » et dont le Chairman dit que « tout au long de nos activités, il est essentiel de minimiser notre impact sur l'environnement. », les niveaux de déforestation n'ont pas diminué et ont même augmenté dans les dernières années.<sup>6</sup>

Porcentajes de cobertura forestal por años en diferentes zonas de la Laguna del Tigre

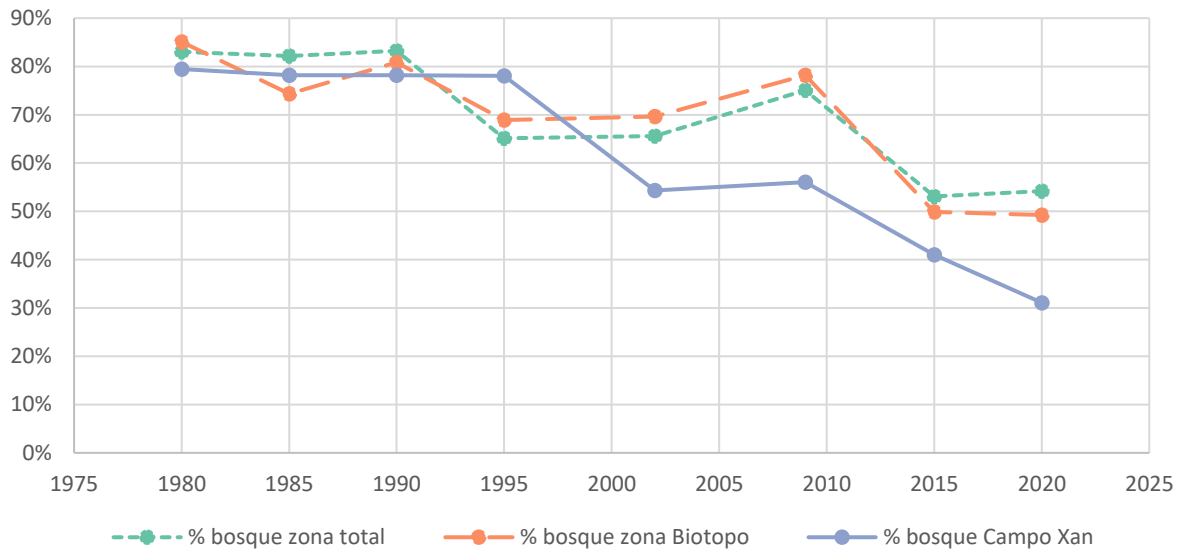


Figure 12, graphique de la couverture forestière en pourcent et de sons évolution entre 1979 et 2020.

Pendant ce temps, certaines des communautés vivant dans les réserves ont été fortement mises sous pression. Un exemple non-anecdotique est le cas de la communauté *Laguna Larga*, qui a été expulsée de la zone à usages multiples près du *Campo Xan* en 2017<sup>7</sup>. L'ordre d'expulsion a été émis par l'État malgré l'absence de conditions garantissant le respect des droits humains des personnes déplacées, comme l'a constaté quelques mois auparavant le juge de paix de la municipalité de San Andrés (Hernández Bonilla & Morales, 2020). Le déplacement faisait partie d'une politique de traitement des établissements humains du Comité pour la Défense et la Restauration du Parc National *Laguna del Tigre*, dirigé par le CONAP. La population de *Laguna Larga* a été relogée dans un camp humanitaire à la frontière entre le Guatemala et le Mexique. La Commission Interaméricaine des Droits de l'Homme (CIDH) a émis des mesures préventives en faveur des familles de *Laguna Larga* en raison des conditions de vulnérabilité et d'insalubrité qu'elles subissent dans le camp<sup>8</sup>.

Le cas de *Laguna Larga* illustre bien les contradictions auxquelles sont confrontées les communautés locales : les efforts de conservation du CONAP menacent de les expulser tandis que d'autres facteurs de déforestation sont politiquement encouragés : C'est en effet la même institution qui a permis de

<sup>6</sup> [Perenco-Environmental-Policy.pdf](#) Consulté le 26/05/2024

<sup>7</sup> Corte de Constitucionalidad. Expediente 2698-2017. Disponible ici: <https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/26/05/2024Issues/Housing/AmicusBriefConstitutionalCourtGuatemala.pdf> Consulté le 26/05/2024

<sup>8</sup> CIDH. Resolución 36/2017

modifier le plan directeur de la zone protégée pour permettre les opérations pétrolières. L'occultation du rôle des activités pétrolières dans la déforestation s'explique notamment par les discours d'ingouvernabilité qui est employé pour parler de la région et qui tendent à rejeter la faute sur les habitants et à invisibiliser le rôle et le pouvoir des grandes entreprises comme *Perenco Guatemala Limited*. De plus, la complexité du tissu socio-économique du Guatemala et son passé récent contribuent à perpétuer des rapports de force inégalitaires et injustes au détriment des populations vivant dans les parcs et la forêt de la *Laguna del Tigre* sert de cadrage ainsi que de justification « en accordant reconnaissance et légitimité à certains, tout en excluant et en criminalisant d'autres » (Elmhirst, 2011).

Les 15 dernières années ont vu l'importance des entreprises pétrolières croître en ce qui concerne leur rôle dans la coproduction de la forêt. Cela coïncide avec la dernière période d'analyse du concept de *Political Forest* avec : « l'entrée de divers acteurs non étatiques dans la création et l'administration des forêts » (Vandergeest & Peluso, 2015). En témoigne notamment la donation de trois millions de dollars par Perenco Guatemala Limited le 13 septembre 2010 pour financer le bataillon d'infanterie de la jungle, ainsi que son engagement à soutenir financièrement le fonctionnement du bataillon et les opérations futures, ainsi que la reforestation du Parc National et une aide aux communautés locales avec une contribution par baril de pétrole produit dans le *Campo Xan*<sup>9</sup>. En somme, l'acteur privé n'a fait que gagner en légitimité en mettant de son côté les acteurs sécuritaires, tandis que les populations vivant sur place on fait face à de plus en plus de difficultés quant à leur légitimité à vivre sur place.

## Conclusion :

Ce que ce travail a cherché à montrer, c'est la déforestation dans la région de la Laguna del Tigre et sa dimension profondément politique, avec des rapports de force exacerbés par les enjeux de protection de l'environnement. Ces enjeux permettent à certains acteurs de naviguer librement dans les marges des politiques de protection de l'environnement, tandis que d'autres se retrouvent expulsés de la zone dans des conditions plus que questionnables. Dans tout cela, il est important de noter que le Guatemala a connu, en janvier, un changement politique majeur avec l'arrivée au pouvoir du premier président socialiste depuis le coup d'État de 1954. Ce changement de paradigme a conduit à la non-reconduction (qui était initialement discutée par l'ancien gouvernement et probablement en voie d'acceptation par le gouvernement) du contrat du Campo Xan. Les activités devront donc cesser d'ici à 2025. Cette bonne nouvelle sur le plan environnemental ne doit pourtant pas faire oublier les années précédentes qui ont conduit à des pertes forestières importantes pour la Laguna del Tigre et à des accès aux ressources de la forêt inégaux. Les prochaines années s'annoncent donc charnières, et il convient de rester attentif quant à l'évolution tant spatiale, environnementale que sociale de la zone. En effet, le processus de fermeture des puits de pétrole implique d'autres enjeux environnementaux, notamment relatifs à la qualité de l'air et des eaux. De plus, le changement d'administration ne garantit pas des rapports plus égaux dans la région, d'autant plus que, comme il a été souligné au début de la discussion des résultats, l'extraction pétrolière est loin d'être la seule cause de tension. Néanmoins, il est possible de céder à un optimisme mesuré en tous les cas en ce qui concerne la déforestation lié au activité pétrolière dans la *Laguna del Tigre*. En guise de réflexion finale, et plus généralement sur les inégalités au Guatemala, dont font partie celles analysées dans ce travail, il convient de se remémorer les propos

---

<sup>9</sup> Accord gouvernemental 259-2010



de la prix Nobel de la paix guatémaltèque Rigoberta Menchú : « Mientras haya pobreza, racismo, discriminación y exclusión difícilmente podremos alcanzar la paz »<sup>10</sup>.

## Remerciements :

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé directement et indirectement à réaliser ce travail. Dans le désordre, je remercie Dr. Gregory Giuliani, avec qui les différents appels ont permis de voir plus clair dans la direction que devait prendre ce travail. Je remercie aussi tous les membres de l'OIE, dont les nombreuses réunions m'ont permis de mieux comprendre le contexte local. Leur expérience de la recherche au Guatemala a été très utile, et je me réjouis de la parution du rapport basé sur notre coopération. Je remercie aussi ma mère sa sœur et ma grand-mère, Carmen, Claudia et Carmencita, que j'embrasse, car l'intérêt que je porte à ce pays leur est loin d'être étranger. Enfin, je remercie mon père, mes amis et toutes les personnes avec qui j'ai pu discuter de ce sujet et qui ont contribué à préciser ma pensée.

---

<sup>10</sup> « Tant qu'il y aura de la pauvreté, du racisme, de la discrimination et de l'exclusion, il sera difficile de parvenir à la paix. »

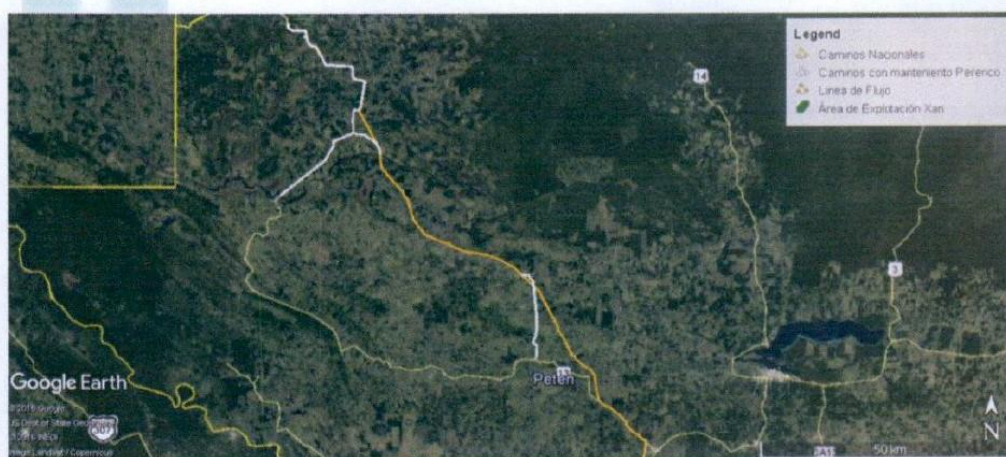
## Annexe :

Page issue du dernier rapport environnemental en date de l'entreprise Perenco Guatemala réalisé en 2017. Sur cette page, on apprend quelles routes sont déclarées comme utilisées par l'entreprise et lesquelles elle maintient en état de fonctionnement.

### Caminos de uso común

Adicional a los caminos de uso interno, también se han ampliado y se les da mantenimiento a otros caminos fuera del campo petrolero que también son utilizados por otros particulares denominados "caminos de uso común". Los caminos son usados para permitir el acceso a el Campo Xan, Estación San Pedro y Estación de bombeo El Tamariz.

Fotografía 5-31. Vista de los caminos de uso común.



## Bibliography

- Alonso-Fradejas, A. (2012). Land control-grabbing in Guatemala: the political economy of contemporary agrarian change. *Canada Journal of Development Studies*, 509-528.
- Baynard, C. W. (2011). The landscape infrastructure footprint of oil development: Venezuela's heavy oil belt. *Ecological Indicators*, 789-810.
- Baynard, C., Ellis, J., & Davis, H. (2013). Roads, petroleum and accessibility: the case of eastern Ecuador. *GeoJournal*, 675-695.
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 5-32.
- Brovelli, M. A., Sun, Y., & Jordanov, V. (2020). Monitoring Forest Change in the Amazon Using Multi-Temporal Remote Sensing Data and Machine Learning Classification on Google Earth Engine. *International Journal of Geo-Information*, 580-603.
- Chust, G., & Sagarminaga, Y. (2007). The multi-angle view of MISR detects oil slicks under sun glitter conditions. *Remote Sensing of Environment*, 232-239.
- CIDH, C. I. (2017). *Comisión Interamericana De Derechos Humanos Resolución 36/2017, Pobladores Desalojados Y Desplazados De La Comunidad Laguna larga Respecto De Guatemala*. Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH).
- Coffin, A. W. (2007). From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, 394-406.
- Daniels, A. (2006). Incorporating domain knowledge and spatial relationships into land cover classifications: a rule based approach. *International Journal of Remote Sensing*, 2949-2957.
- Devine, A. J., Wrathall, D., Currit, N., Tellman, B., & Langarcia, Y. R. (2020). Narco-Cattle Ranching in Political Forest. *Antipode*, 1018-1038.
- Devine, J. A., & Baca, J. A. (2020). The Political Forest in the Era of Green Neoliberalism. *Antipode*, 912-927.
- Dougherty, M. L. (2019). Boom times for technocrats? How environmental consulting companies shape mining governance. *The Extractive Industries and Society*, 443-453.
- Dougherty, M. L., & Deonandan, K. (2016). From global peripheries to the earth's core: The New extraction in Latin America. In M. L. Dougherty, *Mining in Latin America* (p. 22). London, NY: Routledge.
- Elmhirst, R. (2011). Migrant pathways to resource access in Lampung's political forest: Gender, citizenship, and creative conjugality. *Geoforum*, 173-183.
- Escalon, S. (2017). Temporada de desalojos en la Laguna del Tigre. *Plaza Pública*.
- Fox, S. (2015). History, violence, and the emergence of Guatemala's mining sector. *Environmental Sociologist*, 152-165.
- Gaddy, D. (2003). *Introduction to GIS for the Petroleum Industry*. Tulsa: PennWell.
- Grandia, L. (2012). *Enclosed: Conservation, Cattle, and Commerce Among the Q'eqchi' Maya Lowlanders*. Seattle: University of Washington Press.

- Grandia, L. (2016). *Tz'aptz'ooqeb'. El despojo recurrente al pueblo q'eqchi'*. Ciudad de Guatemala: Avancso.
- Grünberg, G., Grandia, L., Alonso-Fradejas, A., Milian, B., Hurtado, L., Euler, R., & Cotom, E. (2012). *Tierra Y Desigualdad En Petén, Guatemala*. Informe de Evaluación del Programa de Administración de tierras en Petén.
- Hernández Bonilla, S., & Morales, O. (2020). *Un éxodo que no se nombra. Aproximaciones al desplazamiento forzado interno por violencia en Guatemala*. Ciudad de Guatemala: IDGT & URL.
- Histórico, C. d. (1999). Memoria del Silencio, CD-ROM. ed. CEH. *United Nations Operations Systems*.
- Jackson, L., Rubin, T., Evans, M., Korenaga, G., Smart, D., Samuels, P., & Hanrahan, F. (2002). Remote sensing for environmental baselining in the petroleum industry . *Society of Petroleum Engineers*, 1-7.
- Janks, J., & Prelat, A. (1994). Environmental impact assessment using remote sensing technology: methodology and case studies. *Society of Petroleum Engineers*, 313-321.
- Jensen, J. (1996). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, 2nd ed.* Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall Inc.
- Jonas, S. (2000). *Of Centaurs and Doves: Guatemala's Peace Process*. Boulder: Westview.
- Jonas, S., & Walke, T. W. (2000). Guatemala: Intervention, Repression, Revolt and Negotiated Transition. In T. W. Walker, & A. G. Armory, *Repression, Resistance and Democratic Transition in Central America*. Wilmington, DE: Armory, Ariel G.
- Keen, D. (2003). Demobilising Guatemala. *Crisis States Programme Working papers series no.1*, 30.
- Keen, D. (2009). Economic Initiatives to tackle Conflict: Bringing Politics Back in. *Crisis States Occasional Papers* , 1-42.
- Keen, D. (2012). *Useful Enemies: When Waging Wars is More Important Than Winning Them*. London: Yale University Press.
- Management, U. B. (2010). *Reasonable Foreseeable Development Scenarios for Oil and Gas Development in the Pinedale Field Office*. US Bureau of Land Management.
- Mansfield, E. D., & Snyder, J. (1995). Democratization and War. *Foreign Affairs*, 79-97.
- McAllister, C. (2009). Seeing like an indigenous community: the World Bank's Agriculture for Development Report read from the perspective of post-war rural Guatemala. *The Journal of Peasant Studies*, 645-651.
- Morton, P., Weller, C., Thomson, J., Haefele, M., & Culver, N. (2004). *Drilling in the Rocky Mountains: How Much and at What Cost?* Washington DC: The Wilderness Society.
- Musinsky, J. R. (1998). An analysis of human settlement along the Xan oil road in Laguna del Tigre National Park, Guatemala. *Society of Petroleum Engineers*, 1-11.
- Osejo, J., Morante, G., Gamarra, L., & Gomez-Barrios, M. (2004). Applications of satellite images in the environmental evaluation of gas pipeline project. *Society of Petroleum Engineers*, 1-11.

- Peluso, N. L., & Peter, V. (2001). Genealogies of the Political Forest and Customary Rights in Indonesia, Malaysia, and Thailand. *The Journal of Asian Studies*, 761–812.
- Pochettino, H., & Kovacs, G. (2001). GIS of surface facilities. *Society of Petroleum Engineers*, 1-7.
- Program, U. N. (2007). *Informe sobre Desarrollo Humano 2007–2008. La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido*. New York: UNDP.
- Rey Rosa, M. (2001). Petróleo: ¿milagro o maldición? . *Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO)*.
- Rivera, C. M. (2002). La situación actual del petróleo, la teoría sociológica de la dependencia y los contratos de la cuenca Petén norte 2-85 y 1-92. *Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala*.
- Roy Grégoire, E. (2019). Dialogue as racism? The promotion of “Canadian dialogue” in Guatemala's extractive sector. *The Extractive Industries and Society*, 688-701.
- Silverstein, S. M. (2021). Narco-Infrastructures and the Persistence. *The Journal of Latin American And Caribbean Anthropology*, 427-450.
- Southworth, J., Cumming, G., Marsik, M., & Binford, M. (2006). Linkg spatial and temporal variation at multiple scales in a heterogeneous landscape. *Professional Geographer*, 406-420.
- Vandergest, P., & Peluso, N. L. (2011). Political violence and scientific forestry: Emergencies, insurgencies, and counterinsurgencies in Southeast Asia. In M. J. Goldman, P. Nadasdy, & M. D. Turner, *Knowing Nature: Conversations at the Intersection of Political Ecology and Science Studies* (pp. 152-166). Chicago: University of Chicago Press.
- Vandergest, P., & Peluso, N. L. (2015). Political forests. In R. L. Bryant, *The International Handbook of Political Ecology* (pp. 162–175). Northampton: Edward Elgar.
- Vandergest, P., & Peluso, N. L. (2020). Writing Political Forest. *Antipode*, 1083-1103.
- Yatabe, S., & Fabbri, A. (1986). The application of remote sensing to Canadian petroleum exploration: promising yet unexploited. *Computers and Geosciences*, 597 - 609.
- Ybarra, M. (2009). Violent visions of an ownership society: the land administration project in Peten, Guatemala. *Land Use Policy*, 44-54.
- Ybarra, M. (2012). Taming the jungle, saving the Maya Forest: Sedimented counterinsurgency practices in contemporary Guatemalan conservation. *Journal of Peasant Studies*, 479 - 502.
- Ybarra, M. (2018). *Green Wars: Conservation and Decolonization in the Maya Forest*. Berkeley: University of California Press.
- Zur, J. N. (1998). *Violent Memories: Mayan War Widows in Guatemala*. Boulder : Westview Press.