



**HAL**  
open science

## A otimização do ICMS ecológico a partir de indicadores geográficos para a proteção ambiental na Amazônia

Lise Tupiassu, Jean-Raphaël Gros-Desormeaux, Luly Rodrigues da Cunha  
Fischer

### ► To cite this version:

Lise Tupiassu, Jean-Raphaël Gros-Desormeaux, Luly Rodrigues da Cunha Fischer. A otimização do ICMS ecológico a partir de indicadores geográficos para a proteção ambiental na Amazônia. Revista Jurídica da Presidencia, 2019, 21 (123), pp.73-94. 10.20499/2236-3645.RJP2019v21e123-1777. hal-02432775

**HAL Id: hal-02432775**

**<https://hal.science/hal-02432775v1>**

Submitted on 8 Jan 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## L'optimisation de l'ICMS écologique à partir des indicateurs géographiques pour la protection environnementale en Amazonie<sup>1</sup>

### LISE TUPIASSU

Doutora em Direito Público pela *Université Toulouse 1 – Capitole* (França). Mestre em Direito Tributário pela *Université Paris 1 – Panthéon/Sorbonne* (França) e em Instituições Jurídico-políticas (UFPA). Professora (UFPA e CESUPA). Co-coordenadora da *Jonction amazonian biodiversity units research networking program* (Jambu-RNP).

### JEAN-RAPHAËL GROS-DÉSORMEAUX

Doutor em Geografia pela *Université des Antilles et de la Guyane* (França). Pesquisador do *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS/França) e do *Laboratoire Caribéen de Sciences Sociales* (LC2S/França). Co-coordenador da Rede de Pesquisas *Jonction Amazonian Biodiversity Units Research Networking Program* (Jambu-RNP).

### LULY FISCHER

Doutora em Direito (UFPA em cotutela com a *Université Paris 13 - França*). Mestre em Direito pela UFPA. Professora (UFPA). Membro da Rede de Pesquisa *Jonction Amazonian Biodiversity Units Research Network Program* (Jambu-RNP).

Artigo recebido em 19/7/2018 e aprovado em 18/3/2019.

**SOMMAIRE:** 1 *Introduction* • 2 *L'ICMS écologique en Amazonie brésilienne : une incitation financière au service de la préservation forestière* • 3 *L'utilisation de la mise en carte pour une effectivité optimale de la politique financière* • 4 *Conclusion* • 5 *Références*.

**RÉSUMÉ:** L'ICMS écologique est mécanisme issu du fédéralisme fiscal permettant de réorienter la distribution de revenus en introduisant des critères qui favorisent financièrement les municipalités qui conservent des aires environnementalement protégées. La mise en pratique de l'ICMS écologique, cependant, souligne les difficultés des organisations publiques à introduire le suivi et l'évaluation de l'état de conservation des aires protégées dans le mécanisme de répartition des recettes fiscales. Ces limites interrogent l'effectivité de ce paiement pour services environnementaux face aux pressions environnementales. En utilisant une approche

<sup>1</sup> Ce travail a bénéficié du soutien des Investissements d'avenir de l'Agence nationale de la recherche française (Ceba, réf. ANR-10-LABX-25-01) et de la *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior*, dans le Programme Capes/Cofecub.

déductive, l'article applique la procédure d'étude de cas, pour l'analyse de l'ICMS écologique dans l'État du Pará, au Brésil, proposant l'intégration des indicateurs géographiques d'évaluation des tensions spatiales pour l'optimisation du mécanisme de répartition des revenus fiscaux, mettant en valeur, en conclusion, l'importance de prise en compte effective de l'état de conservation des zones protégées en Amazonie.

MOTS-CLÉS: Fiscalité Environnementale • Mise en Carte • Paiement pour Services Environnementaux.

### **A otimização do ICMS ecológico a partir de indicadores geográficos para a proteção ambiental na Amazônia**

SUMÁRIO: *1 Introdução • 2 O ICMS ecológico na Amazônia brasileira: um incentivo financeiro ao serviço da proteção florestal • 3 A utilização da cartografia para uma efetividade ótima da política financeira • 4 Conclusão • 5 Referências.*

RESUMO: O ICMS ecológico é um mecanismo de federalismo fiscal que permite a reorientação da distribuição de receitas a partir da introdução de critérios que favorecem os municípios que conservam áreas ambientalmente protegidas. A prática do ICMS ecológico, porém, vem demonstrando as dificuldades das organizações públicas de introduzir o controle e a avaliação do estado de conservação das áreas protegidas nesse mecanismo de repartição de receitas fiscais. Esses limites colocam em xeque a efetividade desse pagamento por serviços ambientais. Utilizando método de abordagem dedutiva, o artigo trabalha o estudo de caso do ICMS ecológico no estado do Pará, no Brasil, propondo a integração de indicadores geográficos de avaliação de tensões espaciais para a otimização do mecanismo de repartição de receitas fiscais, colocando em relevo, na conclusão, a importância da efetiva consideração do estado de conservação das áreas protegidas na Amazônia.

PALAVRAS-CHAVE: Tributação Ambiental • Cartografia • Pagamento por Serviços Ambientais.

## **Ecological ICMS optimization by using geographic indicators to environmental protection in the Amazon rainforest**

CONTENTS: *1 Introduction • 2 Ecological ICMS in the Brazilian Amazon: a financial incentive for the rainforest protection • 3 Using cartography to optimize environmental tax policy • 4 Conclusion • 5 References.*

ABSTRACT: The ecological ICMS is a fiscal federalism mechanism to reorient the distribution of public income by introducing criteria that financially support municipalities that conserve environmentally protected areas. The implementation of ecological ICMS, however, highlights the difficulties of public organizations to monitor and evaluate the conservation status of protected areas through the tax revenue distribution mechanism. These limits call into question the effectiveness of this payment for environmental services. Using a deductive approach, the article applies the case study method, based on the study of ecological ICMS in the state of Pará – Brazil, proposing the integration of geographical indicators to evaluate spatial tensions in order to optimize this mechanism of distribution of tax revenues. In conclusion, it highlights the importance of taking into account the state of conservation of protected areas in the Amazon rainforest.

KEYWORDS: Environmental Taxes • Cartography • Payment for Environmental Services.

## 1 Introduction

Le XXI<sup>e</sup> siècle a été marqué par l'émergence du concept de Paiements pour Services Environnementaux – PSE. Dans une acception globalisante, la notion de PSE correspond à un instrument économique en faveur de la conservation de la biodiversité et de ses services. Au Brésil, ce qualificatif renvoie davantage à « l'expression de valeurs sociales et politiques afin de servir des intérêts régionaux ou nationaux que la reconnaissance d'une fonction écologique à préserver » (AUBERTIN, 2013). Stefano Pagiola et Gunars Platais (2007) distinguent les PSE financés par les utilisateurs des services, de ceux qui sont supportés par les gouvernements. L'efficacité des PSE financés par les gouvernements est particulièrement remise en cause du fait de l'absence « d'information directe sur la valeur du service, sur si les services sont fournis » (PAGIOLA et al., 2013).

L'un des principaux instruments économiques qui illustre un paiement pour service environnemental par les gouvernements, est une déclinaison *écologique* de l'ICMS au Brésil. L'impôt sur la circulation des marchandises et de certains services –ICMS s'apparente à une taxe sur la valeur ajoutée dont 25% des recettes doivent être partagées entre les municipalités, selon l'article 158, IV de la Constitution brésilienne (BRASIL, 1988). Depuis 1991, l'utilisation de critères qualifiés d'écologiques dans les modalités de répartition des revenus de l'ICMS s'est progressivement étendue à l'ensemble des États Fédérés. L'ICMS écologique est présenté comme l'une des expériences brésiennes les plus réussies dans l'application de la fiscalité pour l'amélioration de la qualité environnementale (LOUREIRO ; MOURA, 1996 ; TUPIASSU, 2006). Ce mécanisme fiscal permet de réorienter des revenus qui sont habituellement distribués sur la base de critères économiques, en introduisant d'autres critères qui favorisent financièrement les territoires administratifs des municipalités pour leur politique de préservation environnementale, telles que la conservation des aires protégées.

Cependant, l'étude de la mise en pratique de l'ICMS écologique souligne les difficultés des organisations publiques à introduire le suivi et l'évaluation de l'état de conservation des aires protégées dans le mécanisme de répartition des recettes fiscales. En effet, la faiblesse récurrente des dispositifs de PSE dans le monde est précisément liée aux limites des dispositifs de suivi et d'évaluation de politiques publiques (PAGIOLA ; PLATAIS, 2007 ; WUNDER et al., 2008). Au Brésil, la récurrence des inspections est fortement limitée par les coûts administratifs et en personnel (PAGIOLA et al., 2013).

Sans remettre en cause l'impact que l'ICMS a eu dans l'augmentation de la superficie des aires protégées au Brésil (MAY et al., 2002), les limites de suivi et d'évaluation interrogent l'effectivité de ce PSE face aux pressions environnementales.

À partir d'une analyse au croisement de la fiscalité environnementale (PIGOU, 1952) et de la géographie de la conservation (MATHEVET ; GODET, 2015), en utilisant une approche déductive, cet article applique la procédure d'étude de cas, pour proposer une réflexion, à la fois, une critique et une mise en perspective de l'effectivité de la répartition des revenus de l'ICMS écologique au regard de pressions environnementales constatées dans des aires protégées emblématiques de l'État du Pará.

Dans ce sens, après une présentation de l'origine et de la mise en œuvre de l'ICMS Écologique dans l'État du Pará, on analyse les incongruences dans la pratique de cette politique publique pour finir avec la proposition d'utilisation d'indicateurs géographiques pour la prise en compte des pressions environnementales à partir de l'exemple de la Guyane Française.

## **2 L'ICMS écologique en Amazonie brésilienne : une incitation financière au service de la préservation forestière**

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture a estimé le déclin de la forêt mondiale à près de 129 millions d'hectares entre 1990 et 2015 (FAO, 2016). Malgré une diminution de 7,3 à 3,3 millions d'hectares de surface forestière annuellement défrichée entre les années 1990 et la période allant de 2010 à 2015 (FAO, 2016), la déforestation reste un enjeu majeur de l'anthropocène. Dans ce contexte, l'élaboration de dispositifs d'incitation financière à la préservation des aires forestières amazoniennes est un enjeu majeur pour la réduction de la déforestation mondiale. L'ICMS écologique s'inscrit dans ce contexte (2.1) comme une réponse à l'inégalité dans la répartition de recettes fiscales face au besoin d'internalisation d'externalités environnementales (2.2).

### **2.1 Le critère de la valeur ajoutée comme générateur d'inégalités dans la répartition de l'ICMS aux municipalités**

La Constitution Fédérale brésilienne de 1988, dans son article 158, IV détermine que 25% du produit de l'impôt recouvré par chaque État Fédéré, sur les opérations relatives à la circulation des marchandises et sur les prestations de services – ICMS, doit être répartis entre les municipalités (BRASIL, 1988). Les critères de redistribution

sont définis de la façon suivante par article 158, IV, §1er de la Constitution : trois quarts en proportion de la valeur totale des opérations relatives à la circulation des marchandises et aux prestations de services réalisées sur leur territoire; et un quart en fonction des dispositions prises par la loi de chaque État Fédéré. Les critères de redistribution établis par la Constitution brésilienne sont favorables aux villes consommatrices de ressources naturelles, car elles produisent d'importantes recettes fiscales grâce à la circulation des marchandises. Ces dernières perçoivent une proportion élevée des trois quarts de la recette de l'ICMS.

La Constitution impose aux États Fédérés de définir des critères de redistribution pour un quart de la recette attribuée. Cette règle permet une interférence directe de l'administration des États Fédérés dans le développement des municipalités car les critères de répartition des recettes influencent les politiques de développement aux échelles locales. Théoriquement, ces critères sont de pertinents moteurs d'induction économique. Paradoxalement, les États mobilisaient faiblement cette possibilité de la Constitution. Ainsi, plusieurs d'entre eux réutilisaient les mêmes critères que ceux adoptés pour la distribution des trois-quarts : certains États mobilisent des critères démographiques ; alors que d'autres choisissent de partager la recette restante en parts égales entre toutes les municipalités. Celles qui génèrent d'importantes circulations de marchandises bénéficiaient ainsi de l'essentiel des recettes issues de l'ICMS. Dès lors, le critère de distribution par la valeur ajoutée était supérieur aux 75% déterminés par la Constitution Fédérale dans de nombreux États du Brésil.

Ces conditions privilégiaient les plus riches et plus peuplées municipalités, dont les logiques de développement, de productions de marchandises et de services, se font au détriment de la préservation des forêts (LIRA et al. 2009).

En effet, les communes qui investissaient dans un développement économique qui dégrade les écosystèmes, bénéficiaient des revenus fiscaux d'ICMS les plus élevés du Brésil (TUPIASSU et al., 2017). Les effets des externalités environnementales négatives (MARSHALL, 1920) n'étaient pas pris en compte dans ce mode de répartition du revenu fiscal de l'ICMS.

Du fait de leur faible circulation de marchandise, les municipalités qui produisaient des externalités positives à partir de la *nature* recevaient peu de revenus issus de l'ICMS. Or, ces dernières favorisaient la préservation de réservoirs hydrauliques, de parcs écologiques et de réserves indigènes étatiques au détriment de l'installation d'activités industrielles et commerciales à forte valeur ajoutée.

Malgré les intérêts supra-territoriaux des services rendus, ces municipalités ne bénéficiaient pas de compensations au regard de leurs impacts sur la qualité de vie à l'échelle de l'ensemble des États. L'utilisation récurrente de la valeur ajoutée dans les critères de répartition des recettes de l'ICMS, était donc à l'origine d'inégalités fiscales qui avantageaient les municipalités où se concentrent les investissements économiques de production.

Dans ce contexte, si les municipalités qui développaient des activités économiques exerçant de fortes pressions sur l'environnement bénéficiaient d'un revenu élevé ; a contrario, les municipalités qui produisaient des externalités environnementales positives percevaient de faibles revenus de l'ICMS, situation dont la conséquence majeure est un mal développement qui contribue à accentuer les inégalités écologiques et sociales.

Cette situation d'inégalités était en totale opposition avec la protection constitutionnelle conférée à l'environnement au Brésil et bien plus encore avec le principe *pollueur-payeur* (OCDE, 1975). La nécessité de changer les principes qui régissaient l'arbitrage des transferts financiers de l'ICMS s'est montrée impérieuse. Par ailleurs, il s'est avéré nécessaire de concilier les dispositions constitutionnelles de l'ordre économique. En effet, les principes de la libre initiative et de la protection environnementale sont classés au même rang constitutionnel. Il est, dès lors, inconcevable que les municipalités qui favorisent la préservation de l'environnement soient désavantagées par rapport aux autres.

## 2.2 La réponse par l'introduction des critères écologiques dans la répartition de l'ICMS

Les contestations portées par les municipalités qui accueillent des réservoirs hydrauliques, des terrains indiens et des parcs naturels se sont multipliées en raison de la double pénalisation à laquelle elles étaient soumises. Elles étaient confrontées à des restrictions quant à l'utilisation économiquement productive d'une partie de leur territoire du prendre des décisions fédérales d'affectations environnementales. Plus encore, les conséquences économiques désastreuses de cette restriction ont entraîné la réduction du niveau des recettes budgétaires malgré les externalités positives que fournissent ces municipalités. La priorité a donc été de réduire les inégalités entre les communes, tout en stimulant la conservation des ressources naturelles, en proposant des compensations financières aux municipalités dont le développement est restreint en raison des stratégies fédérales de planification spatiale en matière de protection environnementale.



Confrontés à ce problème, certains États ont initié une politique publique inédite reposant sur le pouvoir conféré par la Constitution, relatif à l'établissement des critères de distribution d'un quart de l'ICMS aux municipalités. Ces États ont créé de nouveaux paramètres entrant dans le calcul des transferts financiers dont certains reposaient sur des variables écologiques comme la quantité de parcs écologiques, de terrains indiens ou de réservoirs hydrauliques existants sur le territoire de la commune. Ce mode de répartition, dénommé *ICMS écologique*, est à la fois un mécanisme d'incitation et de compensation financière qui privilégie les municipalités dont le développement économique est contraint par la délimitation d'aires protégées à l'intérieur de leur territoire. Loureiro (2002) explique que l'ICMS écologique a été motivé par la recherche de solutions pour le financement public d'administrations locales qui subissaient d'importantes restrictions d'utilisation de leur territoire, imposées par des zonages réglementaires au service de la préservation de la *nature*.

Dès lors, la politique de l'ICMS écologique est un facteur d'induction non coercitif du développement des villes, traduisant ainsi une intervention positive de l'État dans le domaine fiscal. Il s'agit en effet d'une incitation fiscale intergouvernementale, qui prend la forme d'une subvention. À cet égard, elle apparaît comme un important instrument économique extrabudgétaire. L'ICMS écologique proportionne la réalisation du but constitutionnel de la préservation environnementale en favorisant la justice fiscale et en influençant l'action volontaire des municipalités.

D'ailleurs, l'intention compensatoire à l'initiative de cette politique, a été, par la suite, remplacée par une conséquence incitatrice. Initialement, la politique visait à compenser les villes dont le développement économique était plus fortement contraint par des injonctions territoriales de l'État Fédéral et des États Fédérés.

Cependant, il est apparu qu'un nombre croissant de villes a commencé à mettre en application des politiques publiques environnementales, au travers de la création d'espaces environnementalement protégés par exemple, désirant ardemment recevoir une partie des ressources financières accordées selon les critères écologiques (LOUREIRO, 2002).

L'introduction des critères écologiques dans la répartition d'une partie de l'ICMS a donc été conçue pour être un instrument de réduction des inégalités entre les municipalités et d'incitation à la mise en œuvre des politiques publiques d'amélioration de la qualité de vie des citoyens de plusieurs municipalités brésiliennes. Toutefois, en considérant les conséquences intrinsèques des politiques

publiques d'utilisation des mécanismes fiscaux bénéficiant à la biodiversité et à la protection des ressources naturelles, le retour d'expérience de la mise en œuvre de l'ICMS écologique, spécifiquement dans l'État du Pará, suscite des interrogations sur la pertinence et l'efficacité des critères mobilisés dans le calcul de la redistribution financière inter municipalités.

### **3 L'utilisation de la mise en carte pour une effectivité optimale de la politique financière**

L'un des enjeux de XXI<sup>e</sup> siècle est la réduction des inégalités de développement entre les entités territoriales. L'ICMS Écologique est considérée comme une avancée majeure dans l'application de la fiscalité environnementale pour la réalisation des droits fondamentaux. En outre, de récents travaux ont mis en exergue des incohérences conduisant à des inégalités écologiques. Elles reposent sur l'existence de tensions spatiales, qui conduisent à l'émergence de controverses entre les parties prenantes de l'ICMS Écologique (3.1), qui peuvent être atténuées par la bonne utilisation des instruments cartographiques (3.2).

#### **3.1 Les inconsistances de certains critères de l'ICMS écologique**

L'État du Pará est situé en Amazonie brésilienne. Avec un territoire équivalent à plus de deux fois celui de la France hexagonale, il est l'un des plus grands États du Brésil. L'exportation de produits agricoles extraits de la forêt et l'exploitation minière sont parmi les principales activités économiques de l'État. Elles participent à accroître la déforestation en Amazonie. En effet, avec près de 33,8% de la déforestation totale de la région, le Pará est parmi les États brésiliens pour lesquels les surfaces déboisées sont les plus élevées (IDESP, 2013). Plus encore, à partir de 2006, le Pará a affiché la contribution annuelle la plus élevée à la déforestation de l'Amazonie, avec 57% en 2009, 54% en 2010 et 47% en 2011 (BRASIL, 2013). Aucun l'État brésilien n'avait eu pas une telle part de déforestation qui représentait près de la moitié de tout le déboisement amazonien.

Suite aux mesures restrictives prises par le Gouvernement Fédéral pour diminuer le taux de déboisement en Amazonie, l'État du Pará a décrété (PARÁ, 2009) un Plan de prévention, de contrôle et de fixation d'alternatives contre la déforestation (PPCAD-PA), avec un ensemble d'actions dont l'objectif était de promouvoir la réduction de la déforestation en consolidant la protection des

zones forestières restantes. La mise en œuvre de l'ICMS écologique s'inscrivait dans la perspective d'y favoriser les activités durables.

L'État a ainsi créé la Loi n.º 7.638, du 12 juillet 2012 (PARÁ, 2012), qui a institutionnalisé l'ajout de critères dits *écologiques* au calcul de la répartition des recettes de l'ICMS aux municipalités de l'État. Les taux des transferts selon les critères écologiques s'élevaient de manière graduelle pour atteindre, en 2015, la somme de 8% du total des revenus de l'ICMS transféré par l'État.

Dans la pratique, le seul critère écologique qui avait été adopté par la loi était celui de la présence ou l'absence de zones de conservation environnementale comme les terrains indiens. Par le décret n.º 775, publié le 26 juin 2013 (PARÁ, 2013), le critère a été élargi aux zones protégées pour tenir compte de la lutte contre la déforestation au sein des municipalités.

Au regard de ces apports institutionnels, la redistribution de 8% des recettes de l'ICMS écologique a été conditionnée selon les règles suivantes : 25% de la valeur totale du transfert, compte tenu du pourcentage du territoire occupé par les aires protégées ou ayant un usage écologique particulier ; 25% de la valeur du transfert, compte tenu de l'existence d'un stock minimum de couverture végétale et d'un taux donné de réduction de déforestation ; et 50% de la valeur totale du transfert, compte tenu du pourcentage de la superficie de la commune insérée dans le registre environnemental rural, le *CAR*. Il s'agit d'une combinaison d'éléments jugés pertinents par l'État pour réduire la déforestation.

En 2017 un nouveau décret est intervenu pour modifier les critères précédents en les remplaçant pour quatre facteurs de pondération générés à partir d'une analyse factorielle (PARÁ, 2017). Quelle que soit la méthode de calcul, la répartition est toujours dépendante de variables qui décrivent la régularisation environnementale des territoires, la gestion territoriale à partir de l'utilisation des aires protégées, le stock forestier dans le territoire communal et la gestion environnementale appliquée au territoire.

Cependant, la mise en pratique de la politique a fait émerger des incohérences au regard de l'objectif ciblé par la norme. Au lieu de promouvoir une péréquation entre les municipalités économiquement les plus développés et celles qui priorisent la préservation de l'environnement, le mécanisme fiscal a spatialement renforcé les inégalités écologiques (TUPIASSU et al., 2018).

Une grande partie du montant transféré aux municipalités selon les critères écologiques dépend de l'existence des aires protégées. Il s'agit du critère le plus

commun dans la configuration de l'ICMS écologique des États brésiliens. Cependant, la norme de l'État du Pará présente un certain nombre de spécificités. Elle s'organise autour de cinq catégories d'aires protégées prises en compte pour le partage des recettes fiscales : les zones de protection écologique intégrale ; les terres indigènes ; les zones militaires ; les aires protégées de ressources naturelles gérées ; et les terres des populations traditionnelles telles que les descendants d'esclaves, connus sous l'appellation *quilombolas*.

En effet, selon Nolte et al. (2013) et Nunes (2010) toutes les catégories d'aires protégées contribuent à la réduction de la déforestation en Amazonie. Toutefois, en raison de leur statut juridique particulier, les zones de protection intégrale et les terres indigènes impliquent théoriquement un degré de restriction d'utilisation plus élevé que celui appliqué à d'autres catégories d'aires protégées. Par exemple, les zones de protection intégrale n'autorisent pas la présence humaine permanente, ce qui les rend peu attractives pour l'exploitation économique. A contrario, les aires protégées de ressources naturelles gérées sont beaucoup plus propices à l'installation de ce type d'activité. À cet égard, tant l'étude empirique de Nolte et al. (2013) que celle effectuée par Nunes (2010), confirment que la protection de la forêt amazonienne est plus efficace dans les zones de protection intégrale et dans les terres indigènes que dans des zones protégées exploitables.

En s'appuyant sur ce constat, l'ICMS écologique mis en place au Pará a fixé des pondérations différentes en fonction du type de zone protégée. Les zones qui impliqueraient une plus grande restriction sur l'exploitation économique du territoire, ont un poids de 60%, tandis que les zones qui permettent une exploitation durable acquièrent un poids de 40% dans le calcul du montant transférable aux municipalités.

Néanmoins, la seule fixation d'une zone protégée ne suffit pas à prévenir la déforestation à l'intérieur et sur le périmètre de cette dernière.

D'ailleurs, selon l'étude de Araújo, Barreto et Martins (2015), l'État Pará compte cinq des dix aires protégées les plus déboisées en Amazonie. D'autre part, contrairement aux conclusions de Nolte et al. (2013) et Nunes (2010), les terres indigènes situées dans le Pará n'arrivent pas à promouvoir une protection environnementale satisfaisante. Bien que ces zones soient juridiquement soumises à d'importantes restrictions d'utilisation, trois des cinq aires protégées du Pará dont la perte de forêts primaires est la plus élevée entre 2009 et 2011, sont classées en tant que terres indigènes. Entre 2012 et 2014, l'État du Pará a concentré 48% des principales aires protégées avec des taux de déboisement très élevés.

Le statut de protection légale conféré aux diverses zones ne peut pas être pris comme un critère absolu pour mesurer l'efficacité de l'ICMS en tant que mécanisme incitatif pour la conservation des espaces forestiers amazoniens. Par exemple, si dans la plupart des cas les terres indigènes proposent une protection environnementale importante, il existe des situations non négligeables de défaillance par rapport à la réglementation, plus particulièrement en présence de pressions causées par l'installation de grandes infrastructures et plus largement par l'occupation humaine non indigène. Considérant alors l'ICMS écologique comme un mécanisme de compensation pour les territoires dont le développement économique est restreint par la présence d'aires protégées, les pressions d'origine anthropique qui s'exercent à l'intérieur et en bordure de ces zones pourraient être prises en compte dans les critères de répartition.

### **3.2 Des pressions environnementales à leur mise en cartes à partir des tensions spatiales**

La grande majorité des municipalités de l'État du Pará contiennent des aires protégées qui leur permettent de bénéficier de revenus de l'ICMS écologique. Cependant, une incompréhension notable émerge de l'analyse des montants reçus par chaque municipalité par rapport à la qualité de conservation promue pour les différentes catégories de zones protégées. Curieusement, les municipalités du Sud-Est Pará se trouvent parmi celles qui reçoivent un montant d'ICMS écologique parmi les plus élevés. Paradoxalement, ces mêmes municipalités ont aussi les taux de déforestation les plus élevés de l'État et du Brésil.

Les municipalités de São Félix do Xingu et Anapu sont des exemples de ces incohérences. Les deux municipalités se trouvent parmi les 10 communes qui ont eu la plus grande augmentation de recette d'ICMS due aux transferts selon les critères écologiques. Cependant, elles se trouvent dans la liste des municipalités où le déboisement est le plus important au Brésil. D'ailleurs, São Félix do Xingu accueille près de 70% de la zone protégée évaluée comme une des plus critiques au Brésil : plus de 27.700 hectares de forêt ont été détruits entre 2012 et 2014 (ARAÚJO et al., 2015). Par exemple, l'aire protégée de Triunfo do Xingu a presque 30% de son territoire déboisé. La Terre Indigène d'Apyterewa y affiche un accroissement annuel du déboisement de plus de 688.26 hectares de forêts détruites jusqu'en 2014 (INPE, 2016). Il s'agit d'un espace sous tensions à cause d'une zone d'influence industrielle

en lien avec la présence d'une des plus grandes usines hydroélectriques du monde, le barrage de Belo Monte.

Le territoire administratif voisin de Parauapebas présente des contradictions plus marquées. Il reçoit le transfert d'ICMS le plus élevé de tout l'État du Pará en cumulant par exemple plus de 20% de la valeur totale transférée en 2015. Ce chiffre est supérieur à celui de la ville de Belém, capitale du Pará. C'est un des plus grands pôles d'exploitation minière du Brésil. Grâce à cette activité minière, Parauapebas reçoit une importante recette d'ICMS calculée sur la base du critère de la valeur ajoutée. Mais, curieusement, ce territoire se trouve aussi parmi ceux qui reçoivent les montants les plus élevés selon de critère de l'ICMS écologique. En effet, Parauapebas se trouve parmi les dix municipalités de l'État du Pará qui accueillent un nombre important d'aires protégées. Par contre, une analyse plus fine de la qualité des aires protégées permet de relativiser le précédent constat. Par exemple, la forêt nationale d'Itacaiunas, située à la limite entre les municipalités de Parauapebas et de São Felix do Xingu, a un déboisement de près de 43% de son territoire (INPE, 2016). La zone de protection du Igarapé Gelado, entièrement incluse dans le territoire de Parauapebas, a environ 44% de son territoire déboisé.

Les précédents constats suscitent des interrogations sur l'efficacité de la politique de l'ICMS écologique. En effet, le volet compensatoire axé sur la fixation formelle des aires protégées reste trompeur face au peu de considération accordée à la qualité environnementale de ces zones. L'efficacité de l'ICMS écologique est dès lors limitée du fait de son incapacité à traduire l'état de conservation des aires protégées.

Or, les pressions, telle l'exploitation de ressources minières, hydrauliques et forestières localisées à l'intérieur et à proximité de zones protégées, sont des éléments géographiquement observables. Dans leur dimension spatiale, les pressions environnementales sont à l'origine de tensions qui « prennent naissance autour de bien supports qui peuvent être matériel (le sol et l'eau) ou immatériel (l'air) » (CARON ; TORRE, 2006).

Les développements technologiques récents dans le domaine de la géomatique font des *systèmes d'information géographique* – SIG un instrument privilégié de médiation des connaissances spatialisables (BEGUIN ; PUMAIN, 2012). Les cartes y sont appréhendées en tant qu'institutions sociotechniques (LASCOURMES, 2007) qui ont la capacité d'orienter les comportements des organisations à partir de représentations partagées des sémiologies des aires protégées, de leur hétérogénéité socio-spatiale et de leurs effets juridiques.

L'évaluation des pressions environnementales à partir de la mise en carte des tensions, a été expérimentée dans une perspective de médiation entre les connaissances spatiales et la fabrique de politiques de gestion environnementale en Amazonie française (LAGARDE ; GROS-DÉSORMEAUX, 2015).

La technologie des SIG met en lien des indicateurs conçus à partir de données géoréférencées. Le référencement géographique des objets crée du liant entre les familles d'indicateurs des modèles. Plus encore, il permet une gestion des problèmes à différentes échelles cartographiques.

Depuis plusieurs années, les SIG sont devenus incontournables pour les organisations responsables de la planification territoriale (BEGUIN ; PUMAIN, 2012). Ils apportent une argumentation visuelle destinée à appuyer l'aide à la décision.

Plusieurs agences sont aussi à l'origine de modèles génériques d'indicateurs environnementaux relatifs aux interactions *nature-société*.

En 1994, l'OCDE est à l'initiative d'un modèle *pression-état-réponse* – PER basé sur : des indicateurs de pressions anthropiques (pollution, artificialisation, etc.) ; des indicateurs d'états qui décrivent une situation environnementale (quantification de la biodiversité, qualité du sol, de l'air, etc.) ; et des indicateurs de réponses qui correspondent aux actions entreprises afin de diminuer ou de résorber les pressions (OCDE, 2008). Le modèle PER permet d'obtenir une représentation d'un système *pression/état/réponse* au sein d'un territoire. Certains auteurs trouvent que ce modèle a tendance à catégoriser les indicateurs de manière indépendante, ce qui rend difficile la représentation des liens de causalité entre ses trois composantes (LEVREL, 2007 apud BALESTRAT, 2011 ; NIEMEIJER ; DE GROOT, 2008 apud BALESTRAT, 2011).

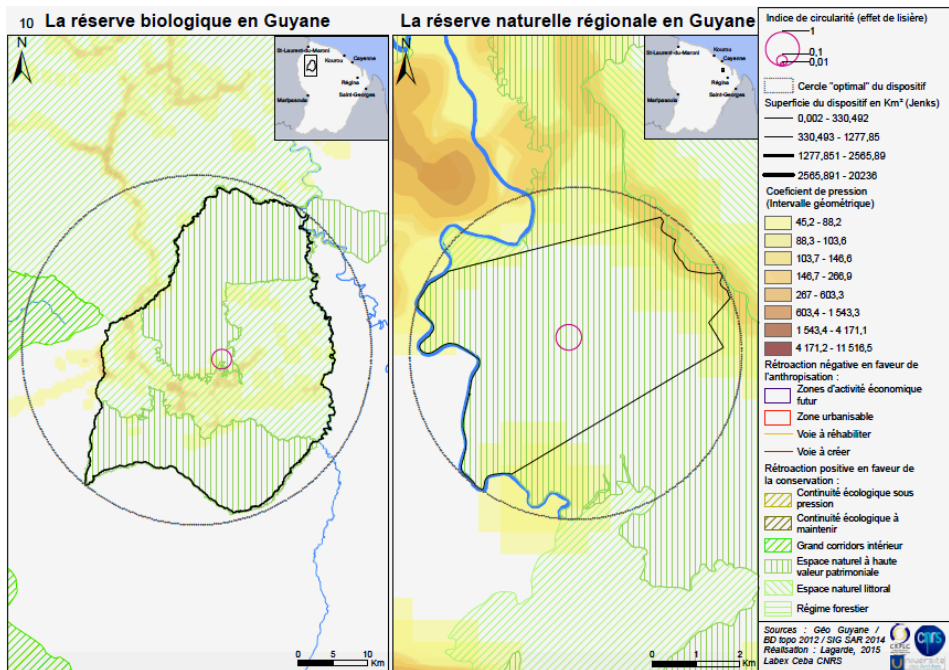
L'Agence européenne de l'environnement – AEE a également élaboré un modèle nommé DPSIR – *Drivers, Pressures, State, Impact, Response*. Il est basé sur le modèle précédent en prenant en compte deux paramètres supplémentaires : les forces motrices ou *drivers* qui conditionnent les pressions, autrement dit les facteurs qui sont à l'origine d'une augmentation ou d'une diminution des pressions sur un environnement ; mais aussi les impacts qui sont la variation de l'état, c'est-à-dire « l'ensemble des conséquences (positives ou négatives) induites par la variation d'un état sous l'effet des pressions » (BALESTRAT, 2011 ; ZACCAÏ ; BAULER, 2004). Ce modèle présente une complexité d'un niveau supplémentaire, car il tient compte des liens pouvant exister au sein du système. Néanmoins, l'une de ses critiques majeures est la difficulté de distinction entre les catégories par exemple entre les

forces motrices et les indicateurs de pression tout comme entre les indicateurs d'état et d'impact (ZACCAÏ ; BAULER, 2004).

Ces deux modèles ont le mérite de disposer d'un cadre commun permettant ainsi de les comparer, de réaliser des mises à jour et des suivis à différentes échelles. De plus, ils bénéficient d'une reconnaissance scientifique et politique internationale.

Appliqués à l'étude des tensions spatiales en Guyane française (figure n.º 1), le modèle PER offre l'opportunité de cartographier les pressions exercées sur les aires protégées, en affectant un coefficient de pondération aux entités spatiales qui représentent les réseaux de circulation (sentiers, chemins, routes et voies navigables), les activités agricoles (parcelles et lieux d'élevage), le bâti et les exploitations minières.

Figure 1 – Atlas des tensions spatiales en Guyane française



Source : Lagarde ; Gros-Désormeaux, 2015.

Par exemple, les techniques d'exploitation minière modifient l'équilibre des écosystèmes en dégradant le milieu naturel, alors que les sentiers de randonnée non entretenus et peu fréquentés sont rapidement recolonisés par la végétation. Le coefficient de pondération des sentiers est par exemple moins élevé que celui des installations minières. Dans le cas des activités agricoles, les impacts dépendront des types de pratique. Par exemple, les indicateurs élaborés par



Guillaume Marchand (2010) traduisent que les parcelles engagées dans des mesures agroenvironnementales exercent moins de pressions que les autres. Si l'élevage est au rang intermédiaire, les parcelles agricoles mono-spécifiques exercent les plus fortes pressions. Les coefficients de pondération permettent ainsi de représenter graphiquement les pressions d'origine anthropique sous forme de carte de densité (figure n.º 2).

Figure 2 – Carte de densité



Source : Lagarde ; Gros-Désormeaux, 2015.

L'état des aires protégées est évalué en mobilisant les théories des équilibres dynamiques et de la biogéographie insulaire (GROS-DÉSORMEAUX et al., 2016). Wilson et Willis (1975) proposent une configuration optimale de l'espace protégé associée à une forme circulaire qui réduit l'effet de lisière en diminuant le rapport périmètre/superficie (BLONDEL, 2000). Précisons que si cette approche a fait l'objet de controverses (SIMBERLOFF, 1982) notamment illustrées par le débat *Sloss - Single Large Or Several Small*, le modèle basé sur la recherche d'un *optimum* circulaire dans la délimitation des aires protégées reste néanmoins une référence admise dans les processus de zonage.

Dès lors, le traçage d'un cercle dont le périmètre est à l'intersection des limites les plus distantes du centroïde de l'aire protégée définit les espaces tampons qui devraient être intégrés pour donner lieu à une délimitation idéale. L'indice de circularité de Miller évalue mathématiquement l'écart entre la configuration idéale d'un espace protégé et la réalité de son périmètre. Son équation a fait l'objet d'utilisations en cartographie, notamment dans des domaines tels que l'hydrologie (BENDJOUDI ; HUBERT, 2002) et la télédétection (UNG et al., 2002). La délimitation

circulaire idéale correspond à un indice de Miller dont la valeur est égale à un. Rappelons que plus l'aire protégée sera circulaire, moins l'effet lisière est jugé impactant. Enfin, les contours de chaque zone peuvent être discrétisés en classes de superficie. L'objectif est d'intégrer à la représentation la grande variabilité des superficies des aires protégées en Amazonie.

Dans le cas de la Guyane française, la méthode statistique des seuils naturels a produit des classes homogènes en réduisant d'une part la variance à l'intérieur d'une classe et en augmentant d'autre part la variance entre les classes (WANIEZ, 2008).

Enfin, les réponses sont conçues en se référant aux politiques de régulation mises en œuvre pour réduire ou supprimer les pressions qui s'exerceraient dans les aires protégées et dans leurs proximités. En Amazonie française, le Schéma d'Aménagement Régional – SAR propose des réponses en termes de perspectives de planification spatiale. Du point de vue réglementaire, il s'impose aux autres documents de planification et d'urbanisme. Le SAR offre l'opportunité de localiser des prospectives dont les impacts seraient positifs (continuités écologiques et espaces naturels par exemple) ou négatifs (espace urbanisable et aménagement de route par exemple) sur la régulation des tensions spatiales.

Les pressions environnementales sont suffisamment significatives dans les municipalités de São Félix do Xingu, d'Anapu et de Parauapebas notamment, pour justifier leur introduction dans les modalités de calcul et de répartition des revenus de l'ICMS écologique. En effet, la non-prise en compte de critères écologiques relatifs à l'évaluation de la qualité environnementale des aires protégées, est productrice de nouvelles inégalités écologiques, produites par l'existence de conflits d'usages avérés ou potentiels. L'identification et la caractérisation de ces derniers peuvent être envisagées par l'étude des tensions spatiales. En effet, l'exemple de l'atlas des tensions spatiales en Guyane française illustre les possibilités offertes par la géomatique et la cartographie pour la construction de nouveaux critères de calcul de la répartition de l'ICMS écologique, ou, plus modestement, pour la pondération des critères actuels.

## 4 Conclusion

L'ICMS écologique est une forme de PSE au service des visions sociales et politiques des intérêts nationaux brésiliens. L'instrument conçu comme un impôt sur la circulation des marchandises et de certains services, a évolué pour intégrer des mécanismes d'incitation fiscale au service de la préservation des écosystèmes forestiers amazoniens. Les inégalités de répartition des revenus générés par l'application de critères liés à la valeur ajoutée ont en effet fait l'objet d'une première tentative de régulation par l'introduction de critères écologiques dans les modalités de redistribution des revenus de l'impôt.

Si cette première évolution du mécanisme fiscal a permis d'enrichir conceptuellement l'ICMS par l'introduction d'externalités positives dont les bénéfices environnementaux vont au-delà de l'échelle locale, la localisation des pressions environnementales d'origines anthropiques met en lumière des incohérences susceptibles de renforcer les inégalités. Les études de cas dans l'État du Pará attestent que des municipalités qui bénéficient d'une augmentation de leurs recettes d'ICMS font aussi parties des territoires pour lesquels le taux de déboisement est le plus élevé au Brésil.

Le précédent constat nous amène à conclure que la prise en compte des pressions environnementales d'origine anthropique dans les critères de répartition des revenus fiscaux de l'ICMS écologique est un enjeu majeur pour promouvoir une justice environnementale qui réconcilie *Nature et Culture* (LARRERE, 2009), en valorisant les contributions de la nature au bien-être des populations. En tant que PSE gouvernemental (PAGIOLA ; PLATAIS, 2007), l'ICMS écologique a un devoir d'exemplarité pour une juste distribution des revenus fiscaux entre les *pollueurs-payeurs* et les *protecteurs-bénéficiaires*.

La problématique des limites dans le suivi et l'évaluation des pressions environnementales dans des contextes de gigantisme surfacique nécessite un double processus de modélisation et de mise en carte des empreintes spatiales indicatrices de tensions. Les méthodologies développées pour la conception de l'atlas des tensions spatiales en Amazonie française sont adaptables aux contextes amazoniens brésiliens. Dès lors, la prochaine évolution du mécanisme de répartition des revenus fiscaux de l'ICMS écologique consistera en une démarche de pondération qui intègre des indicateurs géographiques d'évaluation des tensions spatiales.

## 5 Références

AUBERTIN, C. **Le Brésil au prisme des MBI**. Montpellier: IRD, 2013.

ARAÚJO, E.; BARRETO, P.; MARTINS, H. **Áreas Protegidas críticas na Amazônia no período de 2012 a 2014**. Belém: Imazon, 2015.

BALESTRAT, M. **Système d'indicateurs spatialisés pour la gouvernance territoriale : application à l'occupation des sols en zone périurbaine languedocienne**. 2011. Thèse (Doctorat en Géographie) – Université Paul Valéry, Montpellier III, 2011.

BÉGUIN, M. ; PUMAIN, D. **La représentation des données géographiques : statistique et cartographie**. Paris : Armand Collin, 2012.

BENDJOUDI, H. ; HUBERT, P. Le coefficient de compacité de Gravelius: analyse critique d'un indice de forme des bassins versants. **Hydrological sciences journal**, v. 6, n.º 47, 2002, p. 921-930.

BLONDEL, J. Biogéographie : approche écologique et évolutive. **Collection écologie**, n.º 27. Paris: Masson, 2000.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988. **Diário Oficial da União**. Brasília, 1988. Disponible sur : [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm) Consulté le : 10 mai 2019.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm): 3ª fase (2012-2015) pelo uso sustentável e conservação da Floresta**. Brasília: MMA, 2013.

CARON A. ; TORRE A. Vers une analyse des dimensions négatives de la proximité. Les conflits d'usage et de voisinage dans les espaces naturels et ruraux. **Développement Durable et Territoires**, n.º 7, 2006.

FAO. Food and Agriculture Organization. **State of the World's Forests 2016 – Forests and Agriculture: Land-use Challenges and Opportunities**. FAO : Rome, 2016.

GROS-DÉSORMEAUX, J. R. et al. L'île et le vivant revisités dans la théorie de la biogéographie insulaire : les symptômes du syndrome d'insularité. **Revista GeoAmazônia**, v. 5, n. 3, 2016, p. 200-210.

IDESP. Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Estado do Pará. **O Estado do Pará no Contexto do Desmatamento**. Belém: IDESP, 2013.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **PRODES – MONITORAMENTO DA FLORESTA AMAZÔNICA POR SATÉLITE**. Disponible sur : <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesuc.php>. Consulté le : 5 janv. 2016.

LAGARDE, M. ; GROS-DÉSORMEAUX, J. R. **Atlas des territoires de la biodiversité : cartographie des tensions spatiales en Guyane française**. Rapport de recherche, UMR 8053 LC2S, hal-01675072, 2015.

LARRERE, C. La justice environnementale. **Multitudes**, v. 36, n.º 1, p. 156-162, 2009.

LASCOUMES, P. Gouverner par les cartes. **Genèses**, v. 68, n.º 3, p. 2-3, 2007.

LIRA, S. R. B. et al. **Nova Economia**. Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 153-184, 2009.

LOUREIRO, W. **Contribuição do ICMS Ecológico à conservação da biodiversidade no Estado do Paraná**. 2002. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

LOUREIRO, W.; MOURA, R. P. R. Ecological ICMS (tax over circulation of goods and services): a successful experience in Brazil. *In: Workshop on incentives for biodiversity: sharing experiences*. Montreal: IUCN, 1996.

MARCHAND, G. **Un système d'indicateurs pour évaluer les impacts territoriaux des politiques de développement durable dans les zones rurales en Amazonie Brésilienne : l'expérience IDURAMAZ**. 2010. Thèse (Doctorat en géographie) – Université de la Sorbonne nouvelle-Paris III, Paris, 2010.

MARSHALL, A. **Principles of Economics**. London: Macmillan and Co, 1920.

MATHEVET R. ; GODET L. **Pour une géographie de la conservation**. Paris : L'Harmattan, 2015.

MAY, P. H. et al. Using fiscal instruments to encourage conservation: Municipal responses to the 'ecological' value-added tax in Paraná and Minas Gerais, Brazil. *In: PAGIOLA, S.; BISHOP, J.; LANDELL-MILLS, N. (Ed.). Selling Forest Environmental Services: Market-Based Mechanisms for Conservation and Development*. London: Earthscan, 2002.

NOLTE, C. et al. **Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon**. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 110, n.º 13, 2013, p. 4956-4961.

NUNES, T. D. S. S. **A efetividade das unidades de conservação e das terras indígenas na contenção do desflorestamento na Amazônia Legal**. 2010. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

OCDE. **Indicateurs clés de l'environnement de l'OCDE**. Paris : Direction de l'Environnement de l'OCDE, 2008.

\_\_\_\_\_. **Le principe pollueur-payeur: définition, analyse, mise en œuvre**. Paris : OCDE, 1975.

PAGIOLA, S. et al. **L'expérience Brésilienne de Paiements pour Services Environnementaux**. Washington : World Bank, 2013.

PAGIOLA, S.; PLATAIS, G. **Payments for Environmental Services: From Theory to Practice**. Washington: World Bank, 2007.

PARÁ. Decreto Estadual nº 1.697, de 5 de junho de 2009. Institui o Plano de Prevenção, Controle e Alternativas ao Desmatamento do Estado do Pará, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Pará**. Belém, 2009. Disponível sur : <https://www.semas.pa.gov.br/2009/06/05/9701/>. Consulté le : 15 juin 2017.

\_\_\_\_\_. Lei nº 7.638, de julho de 2012. Dispõe sobre o tratamento especial de que trata o § 2º do art. 225 da Constituição do Estado do Pará. **Diário Oficial do Estado do Pará**. Belém, 2012. Disponível sur : [https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2015/11/legislacao/estadual/Lei\\_Estadual\\_no\\_7.638\\_ICMS\\_VERDE.pdf](https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2015/11/legislacao/estadual/Lei_Estadual_no_7.638_ICMS_VERDE.pdf). Consulté le : 15 juin. 2017.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 775, de 26 de junho de 2013. Regulamenta a Lei Estadual nº 7.638, de 12 de julho de 2012. **Diário Oficial do Estado do Pará**. Belém, 2013. Disponível sur : <https://www.semas.pa.gov.br/2013/06/27/d-e-c-r-e-t-o-no-775-de-26-de-junho-de-2013-publicado-no-doe-no-32-426-de-27062013>. Consulté le : 15 juin 2017.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 1.696, de 7 de fevereiro de 2017. Revoga o Decreto Estadual nº 775, de 26 de junho de 2013, dando nova regulamentação a Lei Estadual nº 7.638, de 12 de julho de 2012, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Pará**. Belém, 2017. Disponível sur : <https://www.semas.pa.gov.br/2017/03/07/decreto-no-1-696-de-7-de-fevereiro-de-2017/>. Consulté le : 15 juin 2017.

PIGOU, A. C. **The Economics of Welfare**. London: Macmillan, 1952.

SIMBERLOFF, D.; ABELE, L. G. Refuge design and island biogeographic theory: effects of fragmentation. **American Naturalist**, vol. 120, no. 1, Jul. 1982, p. 41-50.

TUPIASSU, L. **Tributação Ambiental**. Rio de Janeiro: Renovar, 2006.

TUPIASSU, L. et al. Regularização Fundiária e Política Ambiental: Incongruências do Cadastro Ambiental Rural no Estado do Pará. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 7, n. 2, 2017, p. 188-202.

TUPIASSU, L. et al. O impacto do ICMS Verde nos municípios prioritários do Estado do Pará. **Revista de Estudos Empíricos em Direito**, São Paulo, vol. 5, n. 2, 2018, p. 67-86.

UNG, A. et al. Cartographie de la pollution de l'air: une nouvelle approche basée sur la télédétection et les bases de données géographiques. Application à la ville de Strasbourg. **PhotoInterprétation**, n. 3/4, 2002, p. 53-64.

WANIEZ, P. Cartographie thématique et analyse des données avec Philcarto 5.xx pour Windows. *In: Les docs de granit n.º 1*, UMR 5185 ADES CNRS, Université de Bordeaux, 2008.

WILSON, E. O.; WILLIS E.O. Applied biogeography. *In*: CODY, M. L.; DIAMOND, J. M. (Ed.). **Ecology and Evolution of Communities**. Cambridge: Harvard Univ. Press, 1975.

WUNDER, S. et al. Taking stock: A comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries. **Ecological Economics**, v. 65, no. 4, 2008, p. 834-852.

ZACCAÏ, E. ; BAULER, T. **Indicateurs pour un développement durable**. Institut pour un développement durable. Dictionnaire du Développement Durable belge, Ottignies, 2004.