



HAL
open science

L'environnement dans les accords commerciaux, analyse de la coévolution des réseaux d'accords commerciaux contraignants et non contraignants en matière d'environnement

Laure Margarit

► To cite this version:

Laure Margarit. L'environnement dans les accords commerciaux, analyse de la coévolution des réseaux d'accords commerciaux contraignants et non contraignants en matière d'environnement. Economies et finances. 2021. hal-03347237

HAL Id: hal-03347237

<https://hal.inrae.fr/hal-03347237v1>

Submitted on 17 Sep 2021

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.



UMR SMART – LERECO
Nantes

Mémoire de recherche

L'environnement dans les accords commerciaux, analyse de la coévolution des réseaux d'accords commerciaux contraignants et non contraignants en matière d'environnement.

Mémoire de Master 2 EEET parcours Conduite de Projet en Développement Durable

IAE Nantes – Economie & Management

Université de Nantes, France

Par

Laure Margarit

Année Universitaire 2020/2021

Soutenance : 13 Septembre 2021

Maîtres de stage : **Karine Latouche**, Directrice de recherche (INRAE)

Charlotte Emlinger, Directrice de recherche (Virginia tech et CEPII)

Tuteur-Enseignant : **Muriel Travers**, Enseignant-chercheur en économie (Université de Nantes)

Membre du jury : **Lionel Richefort**, Enseignant-chercheur en économie (Université de Nantes)

Remerciements

Je tiens à remercier Muriel Travers, Karine Latouche et Charlotte Emlinger pour leur encadrement. Leur soutien, leur disponibilité, et leur retour sur mon travail m'ont permis de persévérer et de l'améliorer continuellement.

Je souhaite également remercier Cécile Le Roy, pour son aide précieuse dans la construction de la base de données.

Je souhaite particulièrement remercier Tom Snijders pour avoir pris le temps de répondre à mes nombreuses questions sur le modèle qu'il a créé, et pour toute l'aide qu'il m'a apportée dans la résolution des problèmes rencontrés avec l'utilisation du Package RSiena.

Je remercie l'ensemble du personnel d'INRAE et d'INRAE Transfert pour leur accueil chaleureux, leurs soutiens, leur disponibilité, et pour les bons moments passés avec eux durant ces 6 mois de stage.

Enfin, je remercie mes proches pour leur soutien, et leurs nombreuses relectures.

Résumé

Ce mémoire s'intéresse aux raisons pour lesquelles les États signent entre eux des accords commerciaux bilatéraux, ou plurilatéraux, et contraignants ou non en matière d'environnement. Pour réaliser les analyses, nous utilisons l'approche réseau et construisons plusieurs réseaux d'accords commerciaux, que nous analysons avec le *Stochastic Actor Oriented Model* (SAOM). Nos résultats montrent que, lorsque les États ont déjà signé plusieurs accords contraignants, que ce soit des accords bilatéraux ou plurilatéraux, ils seront plus enclins à en signer d'autres dans le futur. Cela suggère que lorsque les pays ont signé plusieurs accords contraignants, il leur est plus facile de se conformer à d'autres accords contraignants, puisque les efforts en matière de réglementation environnementale ont déjà été faits pour répondre aux exigences des accords précédents.

Abstract

This thesis tries to understand the reasons why states sign bilateral, or plurilateral, and environmentally binding or non-binding trade agreements. We rely on the network approach and build several networks of trade agreements, that we analyze with the Stochastic Actor Oriented Model (SAOM). The main results show that when countries have already signed several binding agreements, whether bilateral or plurilateral, they are more likely to sign this kind of agreements more in the future. This suggest that when countries have signed several binding agreements it is easier for them to comply with other binding agreements, since environmental regulatory efforts have already been made to meet the requirements of their previous agreements.

Table des matières

Introduction	1
1. Des accords commerciaux de plus en plus complexes	4
1.1. Evolution de la profondeur des accords commerciaux : un aperçu global	4
1.1.1. Des accords de plus en plus « profonds »	4
1.1.2. Les bases de données sur les accords dits de « nouvelle génération »	6
1.1.3. Mesure de la profondeur des accords commerciaux	9
1.1.4. Les impacts économiques de la profondeur des accords.....	11
1.2. La relation entre les accords et l'environnement.....	13
1.2.1. L'impact des accords commerciaux sur l'environnement.....	13
1.2.2. L'environnement : une problématique de plus en plus évoquée dans les négociations commerciales	16
1.3. Conclusion	18
2. Les réseaux et le « Stochastic Actor-Oriented Model ».....	19
2.1. La notion de réseau.....	20
2.1.1. Eléments de définition.....	20
2.1.2. Réseaux one-mode versus two-mode	23
2.1.3. Analyse dynamique des réseaux	25
2.2. Le Stochastic Actor-Oriented Model (SAOM)	29
2.2.1. Description du modèle	29
2.2.2. Les hypothèses du modèle SAOM	30
2.2.3. Spécification du modèle SAOM	33
2.3. Conclusion	36
3. Coévolution des niveaux de contraignance des dispositions environnementales dans les accords commerciaux.....	39
3.1. Des mesures environnementales de plus en plus contraignantes	39
3.2. Données utilisées et analyses descriptives.....	42
3.2.1. Variables d'acteurs et hypothèses	43

3.2.2.	Eléments d’analyses descriptives	48
3.3.	Mise en œuvre du modèle SAOM	51
3.3.1.	Spécification du modèle	51
3.3.2.	Package RSiena : Problèmes rencontrés et stratégie de résolution	54
3.3.3.	Les Effets inclus dans le modèle	55
3.3.4.	Les résultats	61
3.4.	Conclusion	70
4.	Conclusion	72
	Bibliographie	75
	Annexes	81
	Annexe 1 : Niveau de vulnérabilité des pays	81
	Annexe 2 : Indice de démocratie des pays.....	88
	Annexe 3 : Evolution entre 1990 et 2015 des réseaux étudiés	94
	Annexe 4 : Distribution des degrés pour chacun des réseaux étudiés à l’année 2015.....	97

Liste des Figures

Figure 1 : Évolution du nombre d'accords commerciaux entrés en vigueur entre 1950 et 2015.

Figure 2 : Évolution du nombre de domaines politiques abordés dans les accords commerciaux.

Figure 3 : Domaines politiques les plus abordés dans les accords commerciaux.

Figure 4 : Evolution du nombre d'accords commerciaux avec des dispositions environnementales

Figure 5 : Réseau des accords commerciaux de l'Union Européenne

Figure 6 : Réseau à 4 acteurs

Figure 7 : Graphe G à deux composantes g_1 et g_2 .

Figure 8 : Réseau non dirigé versus réseau dirigé

Figure 9 : Représentation des accords plurilatéraux, réseau en two – mode

Figure 10 : « Friends of friends become friends »

Figure 11 : Réseau vide à 6 agents

Figure 12 : Réseau en étoile

Figure 13 : Réseau déconnecté

Figure 14 : Réseau où tous les agents sont connectés

Figure 15 : Passage du réseau en t_1 vers le réseau en t_2 selon l'hypothèse d'un processus de Markov à temps discret

Figure 16 : Passage du réseau en t_1 vers le réseau en t_2 selon l'hypothèse d'un processus de Markov à temps continu

Figure 17 : Evolution du niveau de contrainte des dispositions environnementales de 1960 à 2017

Figure 18 : Part des accords en fonction du niveau de contrainte environnementale et des régions des pays signataires

Figure 19 : Évolution dans le temps du réseau des accords bilatéraux sans environnement

Figure 20 : Évolution dans le temps du réseau des accords bilatéraux contraignants

Figure 21 : Évolution dans le temps du réseau des accords bilatéraux peu contraignants

Figure 22 : Évolution dans le temps du réseau des accords plurilatéraux sans environnement

Figure 23 : Évolution dans le temps du réseau des accords plurilatéraux peu contraignants

Figure 24 : Évolution dans le temps du réseau des accords plurilatéraux contraignants

Figure 25 : Distribution des degrés dans le réseau des accords bilatéraux sans environnement

Figure 26 : Distribution des degrés dans le réseau des accords bilatéraux non contraignants

Figure 27 : Distribution des degrés dans le réseau des accords bilatéraux contraignants

Figure 28 : Distribution des degrés dans le réseau des accords plurilatéraux sans environnement

Figure 29 : Distribution des degrés dans le réseau des accords plurilatéraux non contraignants

Figure 30 : Distribution des degrés dans le réseau des accords plurilatéraux contraignants

Figure 31 : Illustration de l'effet Jout

Figure 32 : Illustration de l'effet 4-cycle

Figure 33 : Illustration de l'effet JoutMix

Figure 34 : Illustration de l'effet from

Figure 35 : Illustration de l'effet outActIntn

Figure 36 : Illustration graphique de la méthode des réseaux emboîtés

Liste des tableaux

- Tableau 1 : Les nouveaux domaines politiques intégrés dans les accords commerciaux
- Tableau 2 : Liste des dispositions économiques fondamentales
- Tableau 3 : Statistiques descriptives sur l'ensemble de la base de données
- Tableau 4 : Présence d'ONG environnementale dans les pays de la base
- Tableau 5 : Répartition des pays selon leur vulnérabilité au changement climatique
- Tableau 6 : Distribution des pays par régime politique
- Tableau 7 : Eléments descriptifs des réseaux
- Tableau 8 : Données manquantes sur chaque période
- Tableau 9 : Données manquantes pour les variables qui ne varient pas dans le temps
- Tableau 10 : Résultat des estimations avec la variable DEMOCRATIE
- Tableau 12 : Nombre d'accords signés entre les pays selon leur niveau de développement
- Tableau 11 : Résultat des estimations sans la variable DEMOCRATIE
- Tableau 13 : Synthèse des hypothèses testées et de leurs résultats

Introduction

La protection de l'environnement et la lutte contre le changement climatique sont les grands enjeux du 21^{ème} siècle. Le rapport du GIEC paru ce mois d'août 2021 est sans appel, si rien n'est fait pour essayer de freiner nos émissions de gaz à effet de serre rapidement, nous dépasserons le seuil de réchauffement fixé à 1,5°C par l'Accord de Paris en décembre 2015. Bien que la communauté internationale soit consciente de l'enjeu climatique, les actions réelles prises par les gouvernements pour lutter contre le réchauffement climatique sont assez rares. Malgré tout, la signature d'accords multilatéraux sur l'environnement, qui imposent aux pays signataires de respecter des normes environnementales, reflète une envie d'agir.

Aujourd'hui, l'objectif est de pouvoir concilier la lutte contre le réchauffement climatique avec les intérêts économiques des États. La pression exercée par les populations des pays développés, et par les Organisations non Gouvernementales (ONG), oblige les décideurs politiques à prendre en compte la problématique environnementale dans les négociations internationales, et notamment dans les accords commerciaux. Les controverses autour de l'accord du CETA entre l'Europe et le Canada sont un bon exemple de la pression exercée par les citoyens sur les décideurs sur les questions environnementales. Si le CETA n'a finalement pas pris en compte l'environnement, d'autres accords commerciaux accordent à l'environnement une importance particulière.

Les accords commerciaux signés depuis les années 1990 font souvent référence à l'environnement. Les accords notifiés par l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) font tous, au moins une fois, référence à l'environnement. La plupart du temps, le terme est seulement employé dans le préambule de l'accord. Cependant, dans certains accords, comme celui entre le Canada et le Chili, l'environnement est abordé dans le chapitre investissement et interdit aux parties signataires d'abaisser leurs normes environnementales dans le but de promouvoir des investissements. Par ailleurs, les dispositions dans certains chapitres qui abordent l'environnement peuvent parfois être assez contraignantes pour les pays signataires. Cela signifie que si une des parties ne respecte pas la disposition, elle peut faire l'objet d'une plainte auprès de l'OMC par l'autre pays de l'accord.

Certains travaux de recherche ont porté sur la présence de l'environnement dans les accords commerciaux. Morin et al., (2019) ainsi que Jinnah et Lindsey (2016), ont travaillé sur la diffusion des dispositions environnementales dans les accords commerciaux. Morin et al., (2019) ont remarqué que certaines dispositions environnementales se diffusaient plus que les

autres. De leur côté, Jinnah et Lindsey (2016) se sont aperçues que les Etats ayant déjà signé au moins un accord avec des dispositions environnementales avaient tendance à les réutiliser dans leurs futurs accords. Outre l'aspect diffusion des dispositions, d'autres travaux se sont intéressés aux raisons qui amenaient les pays à signer des accords contenant des dispositions environnementales. A ce titre, Morin et al., (2018) ont montré que les pays démocratiques avaient tendance à signer plus d'accords commerciaux avec des dispositions environnementales que les pays autocratiques. Ces travaux de recherche portent une vision unilatérale sur le contenu des accords commerciaux. Autrement dit, ils prennent en compte les caractéristiques d'un seul pays, alors qu'un accord commercial est négocié au moins entre deux parties. C'est en effet au cours de longues négociations, et au regard des caractéristiques de chacune des parties, que le contenu de l'accord est décidé.

Le travail de recherche proposé par ce mémoire s'intéresse à la contrainte globale des accords commerciaux en matière d'environnement. Il cherche à identifier quelles sont les raisons qui amènent deux Etats ou plus à signer des accords commerciaux contraignants ou non contraignants en matière d'environnement. Les données sur les accords commerciaux proviennent de la base *Deep Trade Agreement* de la Banque Mondiale. Plusieurs caractéristiques sont prises en compte dans l'étude. Conformément à la littérature, il est supposé que deux pays démocratiques auront tendance à signer des accords commerciaux contraignants en matière d'environnement. Par ailleurs, la pression exercée sur les décideurs politiques est représentée par la présence d'au moins une ONG environnementale dans les pays. Le niveau de richesse des pays est également considéré, l'hypothèse sous-jacente indique que deux pays riches (développés) auront plus tendance à signer des accords contraignants entre eux. Enfin, l'étude tient compte de la vulnérabilité au changement climatique. Concernant cette variable, il est supposé que les pays avec des niveaux de vulnérabilité élevés, et donc plus touchés par le réchauffement climatique, auront tendance à signer entre eux des accords contraignants.

Afin de tester ces hypothèses, une approche en réseau est utilisée. Les analyses sont effectuées avec le *Stochastic Actor Oriented Model* (SAOM) théorisé par Snijders (1996, 2001). Contrairement aux travaux cités auparavant, le but est de considérer les relations dyadiques. Autrement dit, le processus de négociation qui entre en jeu sur le contenu des accords commerciaux est pris en compte. Le travail réalisé repose sur les accords bilatéraux et les accords plurilatéraux avec deux représentations en réseau différentes. Cette analyse va également permettre de voir si des accords existants entre deux pays impactent la signature des

accords futurs. Autrement dit, il s'agit de voir s'il existe des interdépendances entre les différents réseaux considérés.

Afin de répondre à la problématique, le mémoire est organisé en trois parties. Premièrement, nous analyserons l'évolution du contenu des accords commerciaux, nous montrerons également que la signature d'un accord commercial n'est pas sans impact sur l'environnement. Dans un deuxième temps, nous définirons la notion de réseau, qui est utilisée dans ce mémoire, et nous définirons également le modèle SAOM. Enfin, dans une troisième partie nous détaillerons notre analyse et les résultats obtenus.

1. Des accords commerciaux de plus en plus complexes

Cette première partie du mémoire a pour objectif d'analyser l'évolution du contenu des accords commerciaux au cours du temps. Après avoir donné un aperçu de l'évolution du contenu des traités, elle donnera des éléments de réponse quant aux impacts économiques des questions non commerciales dans les accords. Puis, une attention particulière sera donnée à la présence de la question environnementale dans les accords commerciaux.

1.1. Evolution de la profondeur des accords commerciaux : un aperçu global

1.1.1. Des accords de plus en plus « profonds »

Au fil du temps le nombre d'accords commerciaux signés a fortement augmenté (Figure 1). Alors que seulement 50 accords étaient entrés en vigueur avant les années 1990, 300 accords commerciaux ont été signés entre 2000 et 2019 (Mattoo et al., 2020). Les raisons de cet accroissement sont nombreuses : la démocratisation des pays (Mansfield, Milner et Rosendorff, 2002 ; Wu, 2004), les alliances politiques entre certains pays qui incitent d'autres pays à signer des accords afin de ne pas être mis à l'écart des échanges (Baldwin et Jaimovich, 2012), mais également l'encouragement des investissements directs à l'étranger (Manger, 2009). Par ailleurs, la chute du mur de Berlin en 1989, et l'arrivée au pouvoir de Mikhaïl Gorbatchev en Russie, mettant fin à la guerre froide, et menant à l'éclatement de l'URSS en 1991, ont conduit à la signature de nombreux accords entre l'Union européenne et les pays d'Europe centrale et orientale¹ dans les années 1990.

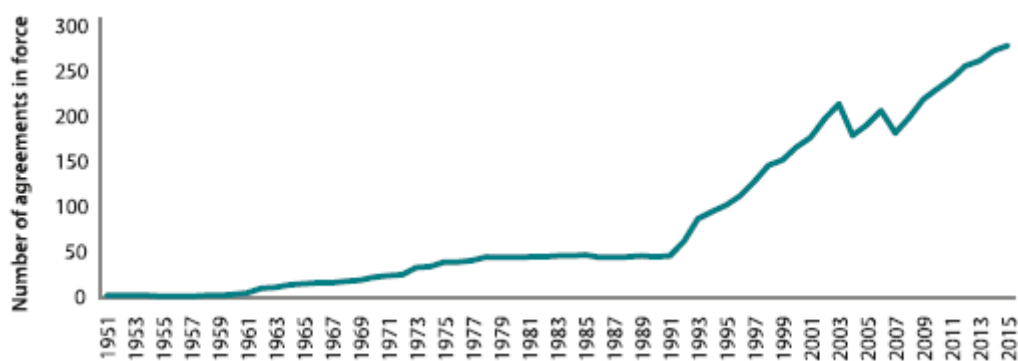


Figure 1 : Evolution du nombre d'accords commerciaux entrés en vigueur entre 1950 et 2015.
Source : Espitia et al., 2020

¹ Organisation Mondiale du commerce, « World trade report », 2011

Au-delà de l'accroissement du nombre d'accords ces dernières années, on observe une diversification de leur contenu. Autrement dit, le champ d'application des accords a évolué. Alors qu'ils se concentraient auparavant sur la baisse, voire la suppression complète, des mesures tarifaires, afin de faciliter les échanges, aujourd'hui, les accords contiennent des chapitres sur l'environnement, la protection de la propriété intellectuelle ou encore la protection des travailleurs. Le tableau 1 recense l'ensemble des domaines politiques pouvant être inclus dans les accords commerciaux. Il distingue les domaines WTO+ qui sont des mesures habituellement prises et encadrées par l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC), des domaines WTO-X allant au-delà de la compétence de l'OMC. La figure 2 permet de rendre compte de l'évolution du contenu des accords. Elle montre que depuis les années 2000, la part des accords commerciaux incluant plus de 10 domaines politiques a fortement augmenté. A contrario, la part des accords traitant moins de 10 domaines politiques a largement diminué.

WTO+	WTO-X	
<ul style="list-style-type: none"> • Tariffs industrial goods • Tariffs agricultural goods • Customs administration • Export taxes • SPS measures • State trading enterprises • TBT measures • Countervailing measures • Anti-dumping • State aid • Public procurement • TRIMS measures • GATS • TRIPS 	<ul style="list-style-type: none"> • Anti-corruption • Competition policy • Environmental laws • IPR • Investment measures • Labour market regulation • Movement of capital • Consumer protection • Data protection • Agriculture • Approximation of legislation • Audiovisual • Civil protection • Innovation policies • Cultural cooperation • Economic policy dialogue • Education and training • Energy 	<ul style="list-style-type: none"> • Financial assistance • Health • Human Rights • Illegal immigration • Illicit drugs • Industrial cooperation • Information society • Mining • Money laundering • Nuclear safety • Political dialogue • Public administration • Regional cooperation • Research and technology • SMEs • Social Matters • Statistics • Taxation • Terrorism • Visa and asylum

Tableau 1 : Les nouveaux domaines intégrés dans les accords commerciaux
Source : Hoffman, Osnago et Ruta., 2017

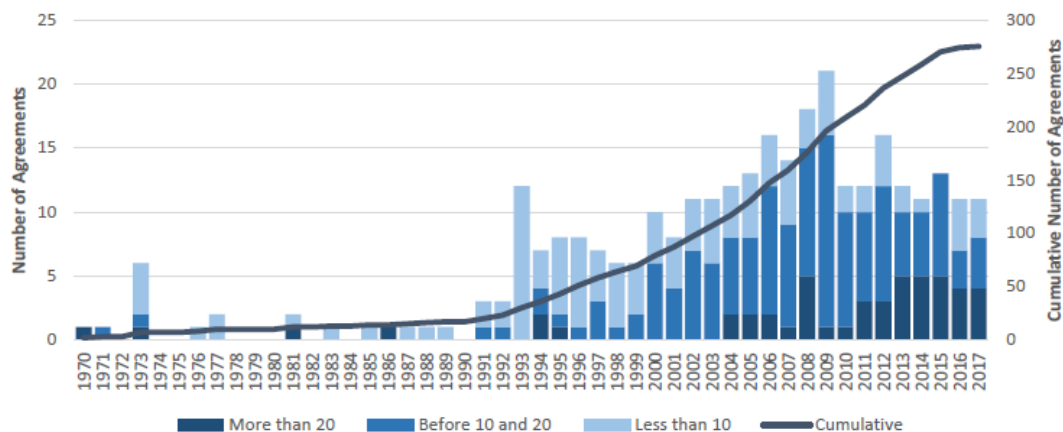


Figure 2 : Evolution du nombre de domaines politiques abordés dans les accords commerciaux.
Source : Mattoo et al., 2020

Partant de ce constat, certains auteurs se sont intéressés à la mesure de la « profondeur » des accords commerciaux (Hoffman, Osnago et Ruta., 2017), mais également à leurs impacts sur les échanges internationaux (Kohl, Brakman et Garretsen, 2016 ; Brandi et al., 2020 ; Mattoo, Mulabdic et Ruta., 2017). Le but de ces recherches étant de voir si l’inclusion de mesures non-tarifaires allait conduire à une augmentation ou au contraire à une diminution des échanges. La plupart de ces analyses ont été permises grâce à l’émergence de plusieurs bases de données sur le contenu des accords commerciaux, certaines de ces bases sont présentées dans la partie suivante.

1.1.2. Les bases de données sur les accords dits de « nouvelle génération »

Nous l’avons vu, le contenu des accords s’est fortement diversifié. L’apparition d’autres domaines politiques comme le terrorisme, l’environnement, ou encore le marché du travail, élargit le champ d’application des accords commerciaux, jusque-là cantonné à la facilitation des échanges. Ces observations ont amené les auteurs à ne plus parler de PTA (Preferential Trade Agreement) mais de DTA (Deep Trade Agreement). Les DTA se définissent comme des accords traitant à la fois des mesures tarifaires et des mesures non tarifaires facilitant ou non les échanges commerciaux. Cette évolution a conduit les chercheurs à créer des bases de données qui recensent le contenu des accords commerciaux. Plusieurs bases seront énoncées par la suite, et une attention particulière sera donnée à la base « Deep Trade Agreement » car c’est elle qui a été utilisée pour l’analyse empirique de ce mémoire.

Une des premières bases de données sur les accords commerciaux a été mise au point par Dür et al., (2013) avec la base « DESTA » qui recense le contenu de 733 accords

commerciaux signés entre 1945 et 2009. Cette base est l'une des premières à contenir autant d'informations sur les accords commerciaux. Les accords présents dans la base proviennent de sources diverses comme l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC), le World Trade Institute, l'Organisation des Etats Américains, le Centre d'Intégration Régionale d'Asie et la Banque Mondiale. Par la suite, Morin et al., (2018) ont construit une base de données, nommée « TREND », qui se concentre sur le contenu environnemental des accords commerciaux. La dernière base de données sur les accords commerciaux, « Deep Trade Agreement », a été réalisée par des chercheurs de plusieurs organisations internationales². Elle recense 283 accords commerciaux entrés en vigueur entre 1958 et 2017. Contrairement à la base DESTA elle recense exclusivement les accords notifiés par l'OMC, c'est pourquoi le nombre d'accords présent dans les deux bases diffère. Bien que le contenu en accord commercial soit plus restreint, les informations données par « Deep Trade Agreement » sur le contenu des accords sont plus riches. En effet, la base DESTA ne différencie pas chaque domaine politique, et chaque disposition contenue dans les accords commerciaux, contrairement à la base Deep Trade Agreement.

Cette nouvelle base de données permet de rendre compte pleinement de l'évolution des accords commerciaux en matière de contenu, mettant ainsi en évidence le passage de la signature de simple PTA à des DTA. Elle fournit un ensemble d'informations sur les 20% des domaines politiques les plus abordés dans les accords commerciaux (Figure 3).

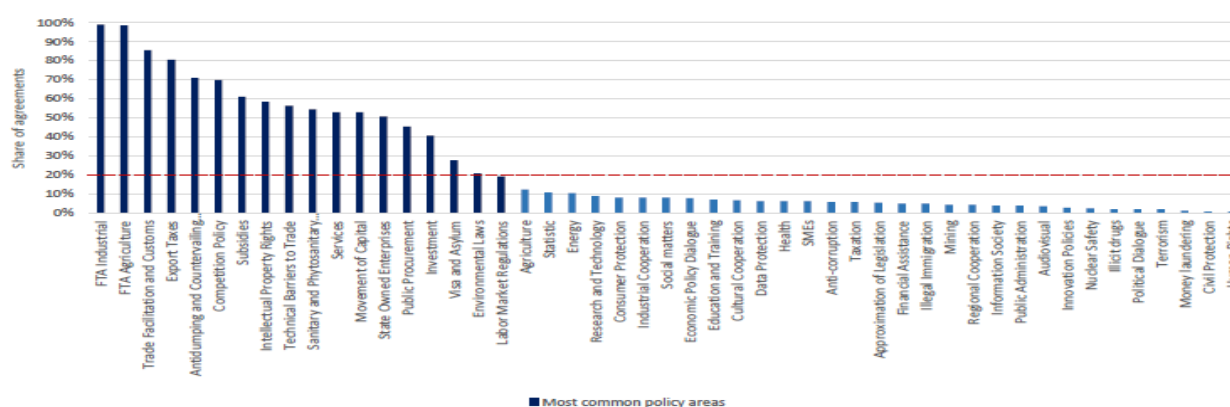


Figure 3 : Domaines politiques les plus abordés dans les accords commerciaux.

Source : Mattoo et al., 2020 basé sur Hofman et al., 2019.

La base contient un fichier de données par domaine politique pris en compte. Chaque accord analysé est codé en fonction des informations qu'il contient dans chaque domaine politique. Pour chaque domaine politique, les auteurs ont recensé tous les types de dispositions (*provisions*

² Cette base de données a été créée grâce à la collaboration des chercheurs de la Banque Mondiale, du Centre du Commerce International, de l'OCDE, de l'OMC et enfin des chercheurs du monde académique.

en anglais) qui existent. Les dispositions sont données sous forme de question, par exemple si l'on prend le fichier environnement, et que nous nous intéressons aux objectifs globaux du chapitre environnemental des accords commerciaux, nous retrouverons ce type de question :

- « Does the agreement specify an objective of environmental protection or sustainable development? »
- « Does the agreement call for regulatory cooperation or harmonization in environmental regulation? »
- Etc.

Si nous nous intéressons au contenu concernant la protection de certaines ressources nous retrouverons ce type de question :

- « Does the agreement require states to implement water management? »
- « Does the agreement require states to implement fisheries management? »
- Etc.

A chaque question, les auteurs attribuent la valeur 1 si l'accord contient ce type de dispositions, sinon ils attribuent la valeur 0. Ainsi, pour chaque accord de la base, nous savons s'il dispose dans son contenu d'un chapitre sur un des domaines politiques, puis nous savons quelles dispositions il contient. Par exemple, pour l'accord EU – Ukraine, nous savons qu'il contient un chapitre sur l'environnement. Nous savons également que dans ce chapitre une provision oblige les deux Etats à mettre en place une meilleure gestion de l'eau.

Egalement, cette base se différencie grandement des autres, en apportant des informations supplémentaires sur :

- Le niveau de contrainte des dispositions. Par exemple, pour le chapitre environnement, le niveau de contrainte des dispositions dans les accords varie de 0 à 5. La valeur 0 indique que la disposition n'est pas contraignante, et le niveau 5 implique que le non-respect de la disposition peut conduire à un règlement des différends entre Etats, puis entre des agents privés et les Etats.
- Les secteurs économiques concernés par les dispositions. Cette information est donnée notamment dans le chapitre sur la protection de la propriété intellectuelle, ainsi que pour le chapitre Investissement. Les auteurs de la base informent si les dispositions concernent tous les secteurs économiques ou si elles concernent des secteurs en particulier.

- L'aspect discriminant des dispositions. Normalement, l'OMC interdit la discrimination des mesures entre les pays membres de l'OMC. Autrement dit, si un pays accorde une baisse des tarifs à un de ses partenaires, il doit l'accorder à tous les autres pays membres de l'OMC. Cependant, il existe certaines exceptions. Par exemple, dans le cadre de l'Union Européenne, l'ensemble des pays membres de l'UE bénéficie d'un traitement particulier sur les droits de douane des produits échangés. Cependant, cet abandon des droits de douane sur les produits des pays membres ne s'applique pas aux produits des pays extérieurs à l'Union Européenne. De facto, cette mesure est discriminante.

Ces bases de données ont une importance particulière puisque leur utilisation permet de mettre en lumière les conséquences de l'approfondissement des accords commerciaux sur l'économie (le développement des pays, création d'échanges, protectionnisme...), mais aussi sur des thématiques nouvelles (l'environnement, la protection de la propriété intellectuelle, la santé...). Plusieurs analyses ont déjà été réalisées. Des chercheurs ont mis au point des indices de profondeur qui permettent de quantifier l'impact d'un accord profond sur un ensemble de sujet. Ces études permettront d'éclairer, mais aussi de guider, les décideurs politiques dans leurs décisions, quant à la balance entre l'accroissement des échanges internationaux et celui du bien-être social au niveau mondial.

1.1.3. [Mesure de la profondeur des accords commerciaux](#)

Initialement, les accords commerciaux comprennent des principes généraux tels que les dispositions sur l'accord du GATT, l'accord sur le commerce des services (AGCS) et enfin un accord sur la propriété intellectuelle touchant au commerce (ADPIC). Or, à la suite de la signature de certains accords régionaux incluant des dispositions non prises en compte jusque-là dans les négociations (normes environnementales, marché du travail, terrorisme...), l'OMC s'est emparée de ces questions lors de discussions entre les membres ou même dans certains accords. Ces dispositions ont été présentées dans le tableau 1 section 1.1.1. Les dispositions notées WTO+ correspondent aux engagements déjà pris en compte par l'OMC. A contrario, les dispositions WTO-X correspondent à des domaines encore non réglementés par l'OMC. La distinction entre ces deux catégories de domaines politiques couvertes dans les accords a été proposée par Horn, Mavroidis et Sapir (2010). Leur papier s'intéresse notamment au contenu de 14 accords américains et 14 accords européens. Cette classification, appelée plus tard « classification HMS », a été reprise dans de nombreux papiers pour évaluer le contenu et la

profondeur d'autres accords commerciaux (Kleimann, 2014 ; Puig et Dalke 2016 ; Kohl, Brakman et Garretsen, 2016).

L'évolution du contenu des accords a conduit Hoffman, Osnago et Ruta (2017) à construire différents indices de profondeur, qui permettront de réaliser des analyses plus précises de l'impact de la profondeur des accords sur des problématiques particulières. Les auteurs ont ainsi défini trois indices :

1. « Total depth » : il correspond au nombre total de dispositions dans les accords commerciaux

$$Total\ Depth = \sum_{k=1}^{52} Provisions_k$$

Où 52 correspond à la somme des domaines politiques couverts par les WTO+ et WTO-X.

2. « Core Depth » : il correspond au comptage des dispositions économiques fondamentales.

$$CoreDepth = \sum_{c=1}^{18} Provisions_c$$

Les 18 dispositions économiques fondamentales, correspondent à ce qui est indiqué dans le tableau 2 ci-dessous :

Core Provisions
FTA industrial
FTA agriculture
Customs
Export taxes
Anti-dumping
Competition policy
TBT
SPS
State aid
GATS
CVM
TRIPS
Public procurement
Investment
Movement of capital
STE
IPR
TRIMS

Tableau 2 : Liste des dispositions économiques fondamentales
Source : Hoffman, Osnago et Ruta (2017)

3. « PCA Depth » : il correspond à une analyse en composante principale où les 52 dispositions (WTO+ et WTO-X) sont transformées en un ensemble de variables orthogonales :

$$PCA\ Depth = \sum_{k=1}^{52} \omega_k Provisions_k$$

Les auteurs ont utilisé ces indicateurs sur une base de données de 279 accords commerciaux entrés en vigueur et notifiés par l'OMC jusqu'en 2015 ; elle inclut 189 pays. Ils ont montré que les accords commerciaux signés après 2000 ont tendance à être plus profonds que les accords signés avant les années 2000. Leur étude a également montré qu'il y avait une hétérogénéité dans le contenu des accords au niveau géographique, mais également en fonction du niveau du revenu des pays signataires. A titre d'exemple, les accords commerciaux signés par l'Union Européenne ont tendance à être plus profonds que les accords signés par les pays asiatiques. D'autre part, l'étude montre que les pays avec un niveau de richesse élevé ont également tendance à signer des accords dont la profondeur est supérieure aux accords signés par des pays avec un niveau de richesse plus faible.

La signature d'accords commerciaux profonds n'est pas sans conséquence sur les échanges internationaux et sur le comportement des agents économiques. Ces conséquences ont des sources multiples. La mise en place de dispositions particulières, sur la protection des indications géographiques par exemple, peut aller à l'encontre de l'effet initialement souhaité, c'est-à-dire augmenter le volume des échanges de ces produits. Enfin, la présence de chapitres outrepassant la question commerciale, comme l'environnement, conduit parfois les agents économiques à réajuster leur comportement.

1.1.4. Les impacts économiques de la profondeur des accords

Si les accords commerciaux sont censés doper les échanges commerciaux, surtout entre les pays signataires, des auteurs ont montré que certains types de dispositions allaient à l'encontre de cet objectif. Kohl, Brackman et Garretsen (2016), se sont intéressés à cette question en examinant le contenu de 296 accords commerciaux³. Par la construction d'indices semblables à ceux présentés ci-dessus, ils ont montré que les dispositions de types WTO+ permettaient de promouvoir les échanges contrairement aux dispositions WTO-X. Un second exemple peut être donné avec le travail réalisé par Huysman, Daniele et Curzi, (2020), ces

³ Les accords utilisés proviennent de la base « Global Preferential Trade Agreements Database » (GPTAD) qui fournit le texte intégral des accords commerciaux notifiés par l'OMC.

auteurs se sont intéressés aux accords signés par l'Union Européenne qui contiennent des dispositions sur les indications géographiques⁴(IG). Les objectifs de celles-ci sont de deux ordres. Le premier vise à corriger l'asymétrie d'information sur les produits vendus aux consommateurs. En effet, les IG garantissent la provenance du produit et sa qualité. Elles mettent également en avant le savoir-faire des territoires européens. Le second objectif, est d'augmenter les ventes de ces produits, en évinçant du marché les producteurs qui ne remplissent pas les exigences induites par l'IG. Les auteurs ont utilisé un modèle de gravité avec l'estimateur PPML (*Poisson pseudo maximum likelihood*), qui permet de prendre en compte le fait que certains flux d'échanges sont égaux à 0. Leurs résultats montrent que la protection des IG dans les accords commerciaux n'a pas d'impact significatif sur leur commercialisation à l'étranger.

Certaines recherches apportent une vision plus globale des impacts économiques en prenant en compte l'ensemble du contenu des accords. Ainsi, Laget et al., (2019) ont montré que l'ajout d'une disposition dans un accord permettait d'augmenter de 0,3%, en moyenne, les échanges de pièces et de composants dans le secteur manufacturier. Plus récemment, Fontagne et al., (2021) ont réalisé une étude sur l'impact des accords commerciaux en fonction de leur profondeur. En utilisant la base de données de la Banque Mondiale, les auteurs ont créé trois clusters d'accords commerciaux avec l'algorithme Kmean++. Cet algorithme utilise une matrice de dissimilarité afin de mesurer la distance euclidienne sur le contenu de chaque accord commercial de la base. Dans chaque cluster la distance entre les accords est minimisée, autrement dit le contenu des accords est similaire. Puis, la distance entre chaque cluster est maximisée, autrement dit le contenu des accords des trois groupes est fortement différent. Le premier cluster correspond aux accords les plus profonds, le second contient les accords dont la profondeur est moyenne, et le troisième cluster contient les accords dont la profondeur est superficielle. Afin de montrer l'impact de l'approfondissement des accords sur l'économie, les auteurs ont simulé un transfert des accords des clusters deux et trois (accord dont la profondeur est superficielle) dans le cluster 1 (cluster avec les accords les plus profonds). L'estimation des résultats s'est faite via l'utilisation d'un modèle de gravité avec l'estimateur PPML. Leurs résultats montrent que l'approfondissement des accords commerciaux a un impact bénéfique

⁴ « Une indication géographique est un signe utilisé sur des produits qui ont une origine géographique précise et possèdent des qualités, une notoriété ou des caractères essentiellement dus à ce lieu d'origine. », Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle, source : <https://www.wipo.int>, consulté le 19/05/2021

sur l'économie, selon eux l'approfondissement des accords permettrait d'accroître les exports mondiaux de 2,49% et le PIB mondial de 0,41%.

Au-delà des impacts sur les échanges internationaux, la nouvelle génération d'accords contribue à la modification des comportements des agents. Dans son article Lechner (2018) s'est intéressé au comportement des investisseurs américains lorsque les accords contiennent des chapitres sur l'environnement et le droit des travailleurs. L'idée est d'analyser si leur présence conduit à une diminution des investissements dans les industries polluantes au profit des industries vertueuses en matière de réglementation. Les résultats de l'étude montrent qu'en fonction des secteurs, les investisseurs ne réagissent pas de façon homogène à ces normes. Les investissements des entreprises polluantes (minière, pétrochimie...) diminuent dans les pays qui ont signé un accord commercial très restrictif en matière environnementale. A contrario, les entreprises vertueuses augmentent leurs investissements dans ces pays. Enfin, les entreprises faisant appel à une main d'œuvre peu qualifiée diminuent leurs investissements dans les pays qui ont signé un accord dans lequel les normes sur le travail sont restrictives, contrairement aux entreprises avec une main d'œuvre qualifiée qui augmentent leurs investissements dans ces pays-là.

1.2. La relation entre les accords et l'environnement

1.2.1. L'impact des accords commerciaux sur l'environnement

La signature d'un accord commercial entre deux ou plusieurs parties est susceptible de générer des externalités environnementales. Les relations entre la libéralisation des échanges et les impacts environnementaux ont été clairement établies dans la littérature (Stewart, 1992 ; Siebert, 2011 ; Brack, 2013 ; Jayadevappa et Chhatre, 2000 ; Copeland et Taylor, 2013), les résultats de ces études montrent que la libéralisation des échanges a des impacts négatifs sur l'environnement à cause de l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre ou encore de l'utilisation intensive des ressources. Cependant, les études portant sur la relation des accords commerciaux et des impacts environnementaux sont récentes. Plusieurs études se sont concentrées sur l'accord plurilatéral entre les Etats-Unis, le Mexique et le Canada (NAFTA⁵) entré en vigueur en 1994. Si certains papiers ont évalué les effets économiques et sociaux de l'accord (Puyana et Romero., 2005, 2008), d'autres se sont intéressées à son impact sur l'environnement.

⁵ Accord commercial plurilatéral signé par le Mexique, les Etats-Unis et le Canada, entré en vigueur en 1994.

1.2.1.1. *Le NAFTA et l'environnement*

Cet accord ratifié en 1993, est l'un des premiers à avoir pris en compte la problématique environnementale via l'inclusion de l'accord *North American Agreement on Environmental Cooperation* (NAAEC). Le NAAEC fixe plusieurs objectifs généraux basés sur la protection de l'environnement, la promotion d'un développement durable, et le renforcement de la coopération entre les trois parties prenantes de l'accord en matière de protection de l'environnement. Le NAAEC a été à l'origine de la création de la CEC (*Commission for Environmental Cooperation*), une instance chargée de veiller au respect de l'accord par les Etats membres, mais également d'aider les Etats à mettre en place des actions pour la protection de l'environnement. La CEC peut développer des recommandations concernant :

1. La prévention de la pollution ;
2. La création d'indicateur commun sur l'état de l'environnement ;
3. Les problématiques d'externalités environnementales transfrontalières ;
4. La protection et la conservation de la faune et la flore et de leur habitat ;
5. Etc.

Le tout étant de concilier les objectifs économiques et les objectifs environnementaux, la CEC et la Commission du NAFTA doivent coopérer afin d'allier efficacité économique et protection de l'environnement.

Afin d'assurer l'efficacité environnementale de l'accord, les pays sont soumis à certaines obligations. Notamment, ils sont tenus de fournir un rapport concernant l'état de leur environnement, et de mettre en place des actions de sensibilisation à la problématique environnementale. Cependant, même si l'accord admet certaines obligations, il n'établit pas de niveau de protection particulier de l'environnement :

NAFTA, Article 3 « Recognizing the right of each Party to establish its own levels of domestic environmental protection and environmental development policies and priorities, and to adopt or modify accordingly its environmental laws and regulations, each Party shall ensure that its law and regulations provide for high levels of environmental protection and shall strive to continue to improve those laws and regulations. »

Bien que le NAFTA soit un des premiers accords à avoir pris en compte l'environnement, afin d'éviter d'éventuels effets négatifs, il a malgré tout généré des externalités environnementales négatives non négligeables. Soto (2012) s'est intéressé à l'impact environnemental du NAFTA en focalisant son analyse sur le secteur agricole. L'auteur a évalué

l'impact de l'accord sur la production de maïs, représentant en 1990 56% des terres utilisées pour l'agriculture, et la déforestation au Mexique. Son étude montre que, suite à la signature de l'accord, la déforestation a fortement augmenté afin d'accroître la superficie des terres réservées à la culture du maïs. La déforestation est une conséquence indirecte de l'accord commercial. L'effet direct de l'accord se situe au niveau des prix de vente de la tonne de maïs, qui, après avoir augmenté dans les premiers mois suivant la signature du NAFTA, ont fortement chuté. En conséquence, le revenu des producteurs mexicains a diminué, conduisant certains agriculteurs à accroître la superficie des terres réservées à la culture du maïs, via la déforestation, pour compenser la perte de revenu. L'auteur montre que ce processus de déforestation s'est principalement opéré chez les agriculteurs vivant dans un niveau de pauvreté élevé. L'exemple proposé par Soto (2012) est donc une illustration supplémentaire du lien étroit existant entre la pauvreté et l'environnement (Satterthwaite, 2003 ; Scherr, 2000 ; Reardon et Vosti, 1995 ; Cavendish, 2000). La vision de court terme l'emportant sur une vision de long terme (Esty, 2001), l'environnement est loin d'être la priorité pour ces agriculteurs dont la nécessité est de disposer d'un revenu décent pour subvenir à leurs besoins.

1.2.1.2. D'autres exemples sur la liaison entre les accords commerciaux et l'environnement.

D'autres accords font aujourd'hui l'objet d'études, comme celui entre l'Union Européenne et les pays du MERCOSUR⁶, dont les négociations ont repris en 2013, ou celui entre les pays membres de l'Association des Nations d'Asie du Sud Est et la Chine (ASEAN). Selon un récent rapport⁷, l'accord entre l'UE et les pays du MERCOSUR conduirait à une augmentation des émissions de gaz à effet de serre de 34% par rapport à aujourd'hui, et ce, rien que pour les échanges de produits agricoles et agro-alimentaires. De plus, comme pour le NAFTA, l'accord pourrait conduire à une augmentation de la déforestation, à la destruction de zones humides et de savanes. Certains états du MERCOSUR étant peu soucieux de la question environnementale, il est peu probable que ces effets soient pris en compte par les pays concernés. De leur côté, Natalia et al., (2021) ont analysé l'impact environnemental de l'accord ASEAN – Chine en focalisant l'analyse sur le secteur de l'huile de palme en Indonésie. Les résultats de l'étude montrent que la signature de l'accord a participé à l'accroissement de la production d'huile de

⁶ Mercado Común del Sur ou en français Marché commun du Sud

⁷ « Dispositions et effets potentiels de la partie commerciale de l'Accord d'Association entre l'Union européenne et le Mercosur en matière de développement durable » rapport mandaté par le gouvernement à une commission indépendante composée de plusieurs experts, 2020

palme en Indonésie conduisant à un accroissement de la déforestation, ce qui a contribué à la détérioration de la qualité de l'air en raison des émissions de CO₂ générés par la déforestation.

Les exemples du NAFTA, de l'accord entre l'UE et le MERCOSUR, et de l'accord ASEAN – Chine, montrent qu'il devient important de prendre en compte la problématique environnementale lors des négociations commerciales. De plus, l'exemple du NAFTA montre qu'il serait primordial de mettre en place, en parallèle des politiques environnementales nationales, des politiques de lutte contre la pauvreté. La mise en place de politique publique pour combattre la pauvreté amènerait à un double bénéfice. Le premier étant l'amélioration du niveau de vie de la population, et le second étant une meilleure prise en compte de l'environnement par la population.

1.2.2. L'environnement : une problématique de plus en plus évoquée dans les négociations commerciales

La relation entre les questions commerciales et les questions environnementales a souvent généré des conflits entre les environmentalistes et les économistes. Du côté des économistes, ces deux problématiques doivent être abordées séparément car il ne serait pas possible de concilier à la fois la libéralisation des échanges et la protection de l'environnement (Bhagwati, 1999). De fait, les questions non commerciales devraient être abordées seulement par les instances compétentes. Du côté des environmentalistes, les avis sont partagés entre ceux étant entièrement contre la libéralisation des échanges (Esty, 2001), et ceux croyant en un développement durable (Esty, 2001). Ce développement serait alors possible si les questions relatives à la pollution et à une meilleure gestion des ressources naturelles étaient prises au sérieux (Esty, 2001).

Malgré les réticences des économistes, de plus en plus d'accords commerciaux font référence à l'environnement. Avant les années 1990, seulement une quinzaine d'accords y faisaient allusion (Monteiro et Trachtman., 2020), depuis 1990, ce nombre n'a fait qu'augmenter (Figure 4). La plupart des accords où la thématique environnementale est présente ont été signés entre des pays développés, ou par des pays développés avec des pays en développement (Monteiro et Trachtman., 2020). Les accords commerciaux signés entre des pays en développement y font rarement référence, car ils s'attachent surtout à l'élimination des droits de douane (Berger et al., 2020). Concernant les accords Nord – Sud, ils sont nombreux à contenir des dispositions environnementales en raison d'un pouvoir de négociation élevé des pays du Nord vers les pays du Sud (Berger et al., 2020). Les pays développés exercent une

pression sur les pays en développement, afin qu'ils cèdent sur le contenu de l'accord, en échange d'un accès favorisé au marché (Berger et al., 2020). Les raisons expliquant l'inclusion de l'environnement dans les accords peuvent être nombreuses. Cependant la littérature sur ce sujet reste récente et assez rare.

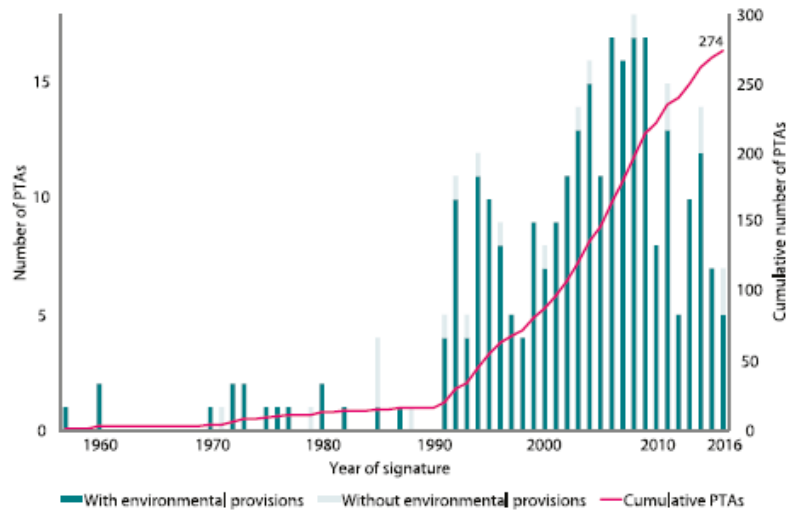


Figure 4 : Évolution du nombre d'accords commerciaux avec des dispositions environnementales
Sources: « *HandBook of Deep Trade Agreements* », 2020, Chapitre 18: *Environmental law*, Monteiro et Trachtman

Il existe plusieurs phénomènes identifiés par la littérature qui pourraient expliquer les mécanismes poussant les pays à intégrer l'environnement dans leurs accords commerciaux. Morin et al., (2018) ont précisément travaillé sur cette question. Dans leur papier, les auteurs s'intéressent à 630 accords, signés entre 1947 et 2016, en regardant pour chaque accord son contenu environnemental. Leur étude a permis de mettre en évidence deux explications. La première résulte du régime politique des pays signataires. Les auteurs ont notamment montré que les pays démocratiques incluaient 6 fois plus de dispositions environnementales dans leurs accords que les pays autocratiques. Ce résultat dépend de deux effets indirects que sont la pression des électeurs sur le gouvernement par rapport à la protection de l'environnement (Bernauer et Nguyen, 2015), et la présence d'ONG environnementales dans les pays (Gallagher, 2004 ; Strange 2015). La seconde explication découle du niveau de protection de l'environnement dans la législation nationale. Ainsi, un pays avec un fort niveau de protection sera plus disposé à incorporer des clauses environnementales dans les accords, par rapport aux pays ayant une législation légère dans ce domaine. Pour les pays très engagés dans la cause environnementale, il est moins coûteux de se conformer aux accords commerciaux y faisant référence (Morin et al., 2018). Ces résultats concordent avec les travaux de Milewicz et al., (2018) qui se sont intéressés à l'inclusion des problématiques non commerciales, de manière générale, dans les accords commerciaux. Les auteurs montrent que le coût de conformité joue

un rôle important dans les décisions des Etats de signer des accords commerciaux avec des questions non commerciales. Plus précisément, ils montrent que lorsqu'un pays a dépassé ce que les auteurs appellent le « start-up cost », le coût lié à l'intégration d'un autre accord avec des dispositions non commerciales sera de plus en plus faible.

La diffusion rapide des dispositions environnementales dans les accords commerciaux peut être due à la réplication de ces dispositions dans d'autres accords commerciaux (Jinnah et Lindsay, 2016). Une fois qu'un pays a incorporé une norme environnementale dans un accord, celui-ci a tendance à la dupliquer dans les accords suivants. Ce processus de réplication des normes environnementales est très observé dans les accords des Etats-Unis et de l'Union Européenne. Cette diffusion des normes environnementales dans les traités commerciaux a également été étudiée par Morin et al., (2019). Leur analyse a permis de montrer plusieurs éléments intéressants sur les raisons pour lesquelles certaines normes se diffusent rapidement. Ils montrent dans un premier temps que ni la puissance des pays signataires, ni la « crédibilité environnementale » des pays, n'a d'influence sur ce processus de diffusion. Cependant, le type d'accord ainsi que le sujet de la disposition environnementale ont un rôle important. Ainsi, les dispositions environnementales introduites dans un accord intercontinental seront réutilisées 18 à 20 fois plus par rapport à celles introduites dans des accords régionaux. Cependant, les dispositions qui imposent aux états d'harmoniser leurs normes se diffusent beaucoup moins que les autres.

1.3. Conclusion

Cette première partie a présenté plusieurs éléments descriptifs sur l'évolution du contenu des accords commerciaux. On a montré notamment que les accords sont devenus plus profonds depuis les années 2000 avec l'inclusion de plusieurs questions non commerciales. Nous avons cherché à comprendre en quoi l'évolution de leur contenu pouvait avoir une influence sur les échanges, et sur le comportement des agents économiques. Par la suite, cette partie s'est intéressée au lien entre l'environnement et les accords commerciaux. Grâce à deux exemples, avec le NAFTA et l'accord entre l'Union Européenne et les pays du MERCOSUR, nous avons montré que les accords commerciaux étaient susceptibles de générer des externalités environnementales négatives. Par ailleurs, nous avons montré que l'environnement était un thème de plus en plus présent depuis les années 1990.

Etant donné le caractère transfrontalier des externalités environnementales, il est nécessaire de les prendre en compte dans les négociations commerciales. Un fort niveau d'applicabilité,

ainsi qu'une harmonisation des normes, permettraient également de lutter contre la création de havre de pollution dans les pays où les normes environnementales sont peu contraignantes, voire inexistantes. Bien que cela soit mal apprécié des pays en développement qui y voient là l'apparition d'un protectionnisme vert (Berger et al., 2020), l'harmonisation des normes et un niveau d'application élevé des dispositions environnementales sont un enjeu majeur. Si la protection de l'environnement, est, en effet, de protéger la nature qui nous entoure, c'est aussi de protéger l'humanité des risques environnementaux.

Les normes environnementales dans les accords commerciaux ont tendance à devenir plus contraignantes pour les pays signataires. L'objectif de la suite du mémoire est de comprendre les mécanismes qui encouragent les pays à conclure des accords commerciaux contraignants concernant la problématique environnementale. Pour ce faire, une analyse en réseau est proposée. Ainsi, la seconde partie de ce mémoire donne des éléments de définition sur ce que l'on appelle les réseaux. Elle définira également le modèle qui sera utilisé pour l'étude : le Stochastic Actor – Oriented Model, ou le modèle SAOM, développé par Snijders (1996).

2. Les réseaux et le « Stochastic Actor-Oriented Model »

Si la notion de réseau a longtemps été réservée aux sciences mathématiques, à la physique ou à la biologie (Barthélemy, 2010), elle est devenue indispensable pour comprendre le fonctionnement des échanges internationaux, et devient de plus en plus utilisée dans l'analyse des relations internationales.

Nous pouvons illustrer la notion de réseau par de multiples exemples comme les réseaux de transport en commun (chaque station est reliée par une ou plusieurs lignes de métro, de bus ou de tramway), les réseaux routiers ou encore les réseaux sociaux (réseau familial, amical ou encore professionnel) où deux personnes peuvent être connectées parce qu'elles travaillent ensemble, parce qu'elles sont amies... Dans la crise de la Covid-19, les réseaux ont joué un rôle primordial. En effet, l'identification des contacts d'une personne contaminée a permis de casser les chaînes de contamination entre les individus. L'isolement des personnes « cas contacts » permettait d'éviter que le virus ne se propage. De même, les stratégies de confinement, adoptées par la quasi-majorité des pays, avaient pour but de briser les chaînes relationnelles entre les individus. De manière plus générale sur la propagation d'un virus, les réseaux permettent de définir la vitesse à laquelle il se propage au sein d'une population dans le cas où aucune mesure n'est mise en place (Klov Dahl, 1985 ; Salathé et Jones, 2010 ; Newman, 2002 ; Shirley et Rushton, 2005 ; Leventhal et al., 2015). Outre la modélisation de la propagation d'un virus, les

réseaux peuvent aider à comprendre le processus de décision des agents économiques, et la manière dont des informations ou des normes se diffusent au sein d'une population (Klov Dahl, 1985 ; Molina et Stone, 2012 ; Salathé et Jones, 2010 ; Gang et al., 2005). Les réseaux, parce qu'ils reposent sur des relations dyadiques, permettent de faire apparaître des jeux d'influence ou encore de montrer les mécanismes liés à la criminalité (Calvo-Armengol et Zenou, 2004 ; Lee et al., 2012 ; Ballester, Zenou et Calvo-Armengol, 2010).

La notion de réseau peut donc être appliquée à de nombreux domaines, que ce soit dans les sciences sociales, la biologie, l'informatique, ou les relations internationales... Dans ce mémoire, nous utilisons les réseaux pour comprendre ce qui influence le choix des pays quant à la signature d'un accord commercial dans lequel la problématique environnementale est présente. Nous cherchons à répondre à une question en particulier : quels sont les mécanismes qui entrent en jeu dans le processus de décision des états, lorsqu'ils envisagent de signer un accord commercial les contraignant à respecter des normes environnementales ? Comme nous le montrerons plus loin, nous avons construit plusieurs réseaux d'accords commerciaux qui se différencient par le niveau de contrainte de l'accord en matière environnementale. Nous essayons de voir si la structure du réseau⁸ influence la création d'un lien entre deux états, s'il y a des interdépendances entre les liens créés ainsi qu'entre les différents réseaux.

Avant de répondre à ces interrogations dans la troisième partie, il semble essentiel de définir la notion de réseau et d'introduire le modèle qui sera utilisé pour les estimations : le *Stochastic Actor-Oriented Model*. Cette partie donnera, dans un premier temps, des éléments de définition sur les réseaux (comment nous pouvons les représenter, les notions de nœuds et de liens, les différents types de réseaux qui existent...). Dans un second temps le modèle SAOM sera présenté.

2.1. La notion de réseau

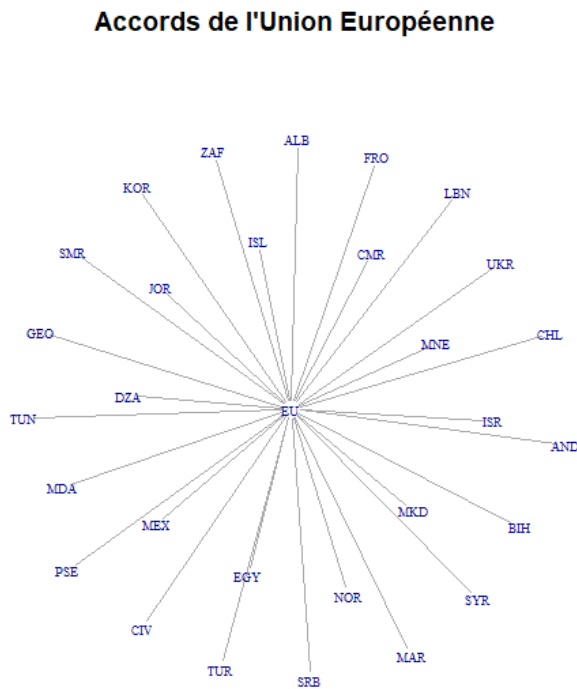
2.1.1. Éléments de définition

2.1.1.1. Notation et représentations

Un réseau est un graphe noté $g = \{N, L\}$. Il correspond à un ensemble de nœuds noté $N = \{1, \dots, n\}$, et de liens noté L . Les nœuds peuvent représenter des éléments variés comme des personnes, des villes, des entreprises ou encore des pays. Selon ce que l'on cherche à étudier, les liens peuvent représenter des éléments différents comme une amitié, l'envoi de mail, des échanges de biens et services, ou encore la signature d'un accord commercial. Si l'on prend

⁸ La structure d'un réseau se définit par la manière dont les nœuds d'un réseau sont reliés.

l'exemple des accords commerciaux, la représentation en réseau consiste en un ensemble de nœuds représentant les pays, et un ensemble de liens représentant les accords commerciaux signés entre ces pays. Une illustration d'un réseau est donnée par la figure 5, elle représente les accords commerciaux signés par l'union européenne (EU). La nomination des pays est faite selon la norme iso 3166⁹.



*Figure 5 : Réseau des accords commerciaux de l'Union Européenne
Source : Réalisation personnelle, avec les données de la Banque Mondiale*

Les liens entre les différents pays représentent les accords commerciaux signés par l'Union Européenne, faisant de l'UE l'acteur central de ce réseau.

Le graphe n'est pas la seule façon de représenter un réseau. Les connexions entre les nœuds peuvent être représentées par une matrice g de taille $n * n$ dans laquelle l'ensemble des liens est représenté. On notera g_{ij} la relation entre l'individu i et l'individu j . On notera que $g_{ij} = 1$ lorsque deux nœuds sont connectés, et $g_{ij} = 0$ lorsque deux nœuds ne sont pas connectés. Prenons l'exemple d'un réseau dans lequel 4 personnes interagissent (figure 6) :

⁹ <https://www.iso.org/fr/iso-3166-country-codes.html>, consulté le 05/05/2021

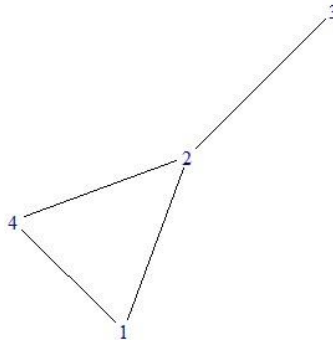


Figure 6 : Réseau à 4 acteurs
Source : Réalisation personnelle

Le réseau de la figure 6 peut s'écrire de la manière suivante,

$$g = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

La diagonale de la matrice prend la valeur 0 car on considère qu'un agent du réseau ne peut avoir de relation avec lui-même, de fait les liens $g_{ii} = 0$.

2.1.1.2. La notion de composante

Un réseau peut être composé d'un ensemble de composantes que l'on appelle sous-graphe. Une composante est formée d'au moins deux individus connectés, un agent isolé dans le réseau (qui n'a pas de liens avec d'autres agents) ne peut donc pas être considéré comme une composante. Cette notion est illustrée par la figure 7, dans laquelle nous avons un graphe noté G composé de deux sous-graphes notés $g_{i,j=1,2}$.

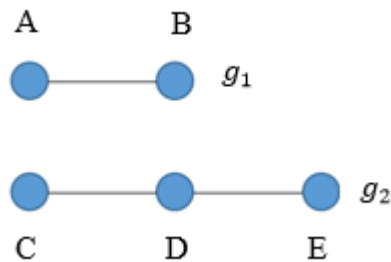


Figure 7 : Graphe G à deux composantes g_1 et g_2 .
Source : Réalisation personnelle

La figure 7 représente un seul réseau (ou graphe) G dans lequel il y a deux sous-graphes (ou composantes) g_1 et g_2 dans lesquels A et B sont liés dans g_1 , et C et D puis D et E sont liés dans g_2 .

2.1.1.3. Distinction entre les réseaux dirigés et les réseaux non dirigés

Il existe plusieurs types de réseaux. Notamment, il est très fréquent de distinguer les réseaux dirigés des réseaux non dirigés. La définition de ces deux ensembles est essentielle à maîtriser lorsque l'on utilise les réseaux, car l'utilisation d'un graphe dirigé n'aura pas les mêmes implications, et ne donnera pas les mêmes résultats qu'un graphe non-dirigé.

Lorsque les liens du réseau sont réciproques, c'est-à-dire lorsque deux individus doivent être mutuellement d'accord pour créer un lien, alors le réseau est non dirigé. Les réseaux sociaux (amis, professionnels...), les alliances politiques, la signature d'un accord commercial supposent une entente mutuelle des deux parties afin qu'une relation soit créée, ils sont donc non dirigés. En revanche, dans le monde de la recherche, par exemple, lorsque des papiers citent d'autres papiers, les relations sont dirigées. En effet, citer un auteur dans son papier n'implique pas que cet auteur nous cite également. La différenciation entre ces deux types de réseau se fait en utilisant deux représentations distinctes au niveau des liens (figure 8). Ceux du réseau dirigé sont représentés par des flèches, contrairement au réseau non dirigé.

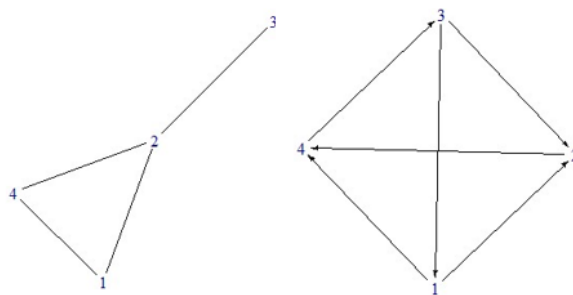


Figure 8 : Réseau non dirigé versus réseau dirigé
Source : Réalisation personnelle avec le package igraph sous R

Etant donné la nature non réciproque des relations dans les réseaux dirigés nous écrirons que $g_{ij} \neq g_{ji}$, autrement dit nous pouvons avoir un lien de « a » vers « b » sans qu'il y ait un lien de « b » vers « a ». A contrario, dans les réseaux non dirigés nous aurons $g_{ij} = g_{ji}$.

2.1.2. Réseaux one-mode versus two-mode

Les réseaux one-mode se définissent par la présence d'un seul type de nœud dans le réseau. Cette représentation, très utilisée afin d'illustrer les relations sociales, peut parfois

omettre des informations importantes. Dans le cadre des accords commerciaux, il est possible de représenter le graphe one-mode des accords bilatéraux, car la création d'un lien n'implique que deux pays. Cependant, dans le cadre des accords plurilatéraux, la création d'un lien implique plusieurs pays. Il serait donc difficile de faire la distinction entre les accords bilatéraux et plurilatéraux dans un même graphe, car certains liens pourraient difficilement être distingués. Par exemple, si deux pays partagent à la fois un accord commercial bilatéral et un accord plurilatéral, nous ne pourrions pas faire la distinction entre les deux liens puisqu'ils seraient superposés. C'est pourquoi, il est préférable d'utiliser un autre type de représentation en réseau que l'on appelle two – mode.

Les réseaux two-mode sont couramment utilisés pour représenter l'association d'un acteur avec un groupe, la pratique d'une activité (un sport, faire de la musique) ou avec un comportement particulier (fumer, consommer de l'alcool, consommer de la drogue...). C'est pourquoi ces réseaux, que l'on nomme two – mode, sont aussi appelés réseaux d'affiliation par Wasserman et Faust (1994). Le réseau two – mode est représenté par deux ensembles de nœuds différents. Dans le cadre du mémoire, il s'agit des pays (**P**) et des accords plurilatéraux (**A**).

Les réseaux two – mode se définissent par un graphe noté $g = (P, A, L)$, où $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, et $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ sont les deux ensembles de nœuds. Par définition, ces deux ensembles sont disjoints, c'est-à-dire que $A \cap P = \emptyset$. L représente l'ensemble des liens du réseau. Lorsqu'un pays fait partie d'un accord plurilatéral, alors nous écrirons le lien $g_{pa} = 1$, sinon $g_{pa} = 0$. Des liens peuvent se former entre les deux ensembles de nœuds, cependant, aucun lien ne peut se former dans un même ensemble. Autrement dit, un lien ne peut pas exister entre deux pays ni entre deux accords, mais il peut exister entre un pays et un accord. Un exemple de représentation est donné par la figure 9. La représentation graphique est caractérisée par un réseau dirigé, les liens sont envoyés par les pays vers l'accord plurilatéral dont ils font partie. Les réseaux two-mode seront toujours des réseaux dirigés, étant donné qu'ils représentent l'affiliation des acteurs d'un réseau à un groupe, dans notre cas, les pays sont affiliés à un accord commercial plurilatéral. Ces relations peuvent aussi, comme pour les réseaux one – mode, faire l'objet d'une représentation matricielle. Néanmoins, si pour les réseaux one – mode la matrice dispose du même nombre de lignes et de colonnes, ce n'est pas le cas des réseaux two – mode, pour lesquels la matrice g sera de la taille $n_P * n_A$.

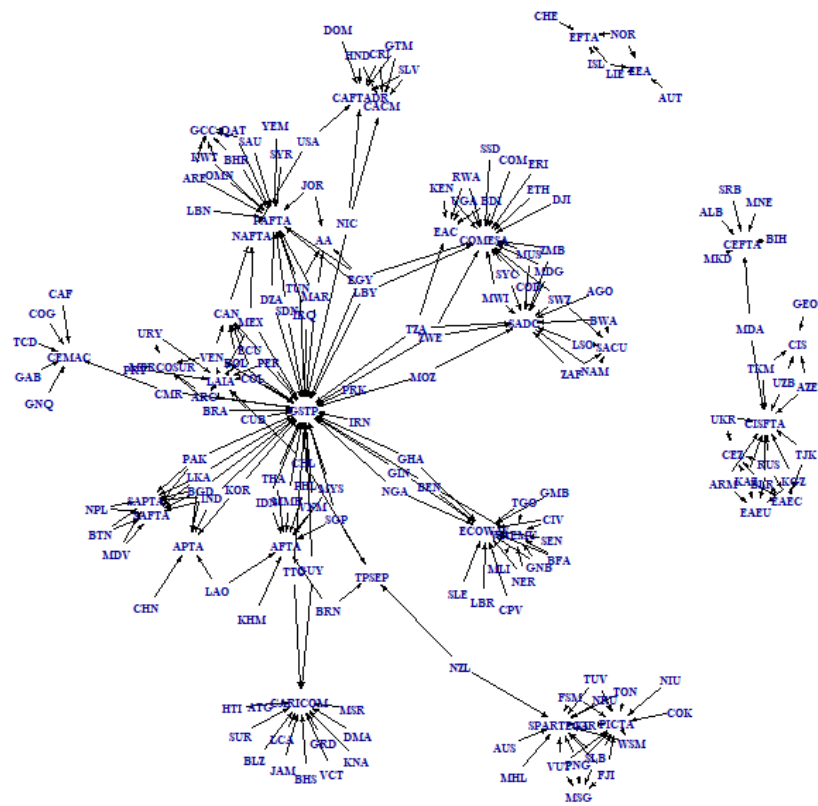


Figure 9 : Représentation des accords plurilatéraux, réseau en two – mode.
 Source : Réalisation personnelle avec le package igraph sous R

La figure 9 représente un réseau dans lequel il y a trois composantes, elle illustre les pays ayant signé des accords plurilatéraux. Il y a deux ensembles de nœuds, les pays et les accords plurilatéraux comme le MSG ou le CEFTA. Les liens sont représentés par des flèches partant des pays pour aller vers l'accord plurilatéral dont le pays fait partie.

2.1.3. Analyse dynamique des réseaux

Les réseaux sont des structures dynamiques. Ils évoluent dans le temps via la création de nouveaux liens et la dissolution de liens existants. Le caractère dynamique des réseaux dépend de plusieurs éléments. Les choix réalisés par les acteurs peuvent être influencés par la structure du réseau. Par exemple, le degré de centralité, qui se définit par la somme des liens possédés par un acteur, et qui peut refléter le pouvoir d'un individu dans le réseau, peut exercer une

influence sur les autres acteurs. Certains acteurs pourront préférer être connectés à ceux qui comptent le plus de relations, ils regarderont quel acteur dispose du nombre de relations le plus élevé, et pourront, le cas échéant, créer un lien avec cet acteur du réseau. Un autre exemple de l'influence de la structure du graphe, sur la création des liens, peut être donné par l'effet de transitivité. Dans la littérature, cet effet réseau est souvent illustré par l'expression suivante : « *Friends of friends become friends* ». La transitivité illustre que dans un réseau, lorsque deux agents « a » et « b » ont un lien, et que « b » et « c » ont un lien, il est très probable qu'un lien se forme entre les agents « a » et « c » (figure 10). Par ailleurs, les caractéristiques des acteurs du réseau¹⁰, et celles d'une paire d'acteurs peuvent également influencer la création des liens (Snijders et al., 2010). Pour les pays, les caractéristiques peuvent correspondre au nombre d'habitants, au taux de pauvreté, au niveau de développement, et bien d'autres.

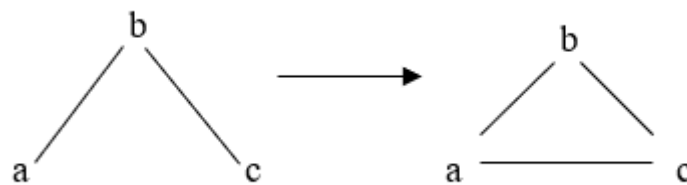


Figure 10 : « *Friends of friends become friends* »
Source : Réalisation personnelle

Les recherches portant sur le caractère dynamique des réseaux sont de plus en plus nombreuses. Doreian et Stokman (1997) définissent cette dynamique ainsi : « *network processes are series of events that create, sustain and dissolve social structures.* ». Les acteurs du réseau réalisent des choix en concordance avec d'autres, faisant ainsi évoluer la structure initiale, et des événements extérieurs peuvent également venir la modifier. A titre d'exemple, Lee (1980) a étudié les impacts de long terme sur les réseaux sociaux de l'effondrement du Tasmane Bridge en 1975, dans la ville de Hobart en Australie. Pour ce faire, l'auteur a collecté des données sur les relations sociales de 500 familles, tirées au hasard, 10 mois après l'effondrement du pont, 10 mois après que le pont ait réouvert partiellement, et 10 mois après que le pont ait été ouvert complètement. Les résultats montrent que certains foyers ont modifié leur réseau social en s'orientant vers des relations plus locales. Autrement dit, les individus ont accordé plus de temps aux relations sociales du côté du pont où ils vivent. Cette étude ne prend toutefois pas en compte plusieurs éléments structurels du réseau qui peuvent être la source de

¹⁰ Dans le cas d'un réseau social, les caractéristiques peuvent être l'âge, le sexe, les hobbies, etc.

création ou de destruction de relations. Contrairement à Lee (1980), Hammer (1980), montre qu'il est possible, à partir d'une structure initiale, d'étudier comment les relations peuvent évoluer, car la structure du réseau, à un moment donné, influence le choix des individus.

La prise en compte de la dynamique des réseaux, essentielle pour comprendre pourquoi les relations évoluent, a conduit à l'émergence de nombreux modèles mathématiques. Bala et Goyal (2000), par exemple, se sont intéressés au processus de création d'un réseau en introduisant pour chaque acteur une fonction d'utilité, qui dépend du bénéfice retiré à la suite de la création d'un lien, et du coût induit par le maintien de ce lien. D'autres auteurs, comme Hummon (2000) et Watts (1999), se sont plus particulièrement intéressés aux différentes structures de réseaux qui peuvent apparaître. Watts (1999) montre que la forme du réseau va dépendre de l'ordre dans lequel les individus se rencontrent dans le temps. Pour ce faire, à la période t il part d'un réseau vide, autrement dit, un réseau dans lequel les acteurs n'ont aucun lien entre eux. Les acteurs du réseau ont alors l'opportunité, à la période $t + 1$, de créer des liens en fonction du gain d'utilité obtenu si un lien est créé. Aux périodes suivantes, les acteurs du réseau peuvent décider de créer de nouveaux liens ou de détruire les liens créés précédemment, toujours dans le but de maximiser leur utilité. Watts (1999) montre que la structure du réseau dépend de l'ordre dans lequel les acteurs du réseau se rencontrent dans le temps. Prenons un exemple avec 6 acteurs, $N = \{1,2,3,4,5,6\}$. A la période t , le réseau est vide (figure 11).

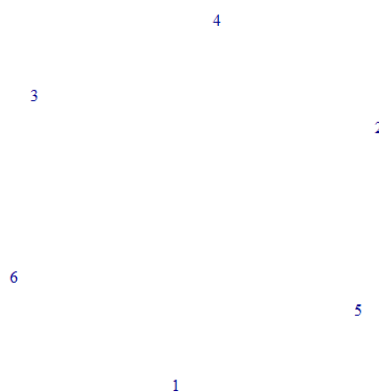


Figure 11 : Réseau vide à 6 acteurs
Source : Réalisation personnelle (R)

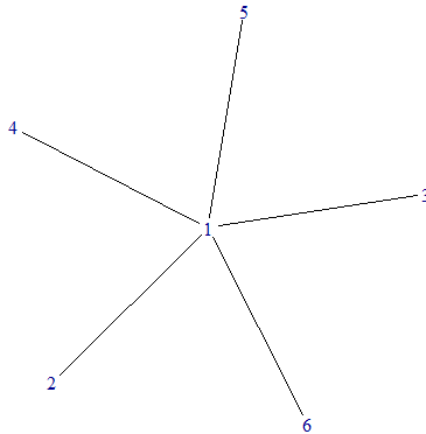


Figure 12 : Réseau en étoile
Source : Réalisation personnelle (R)

La figure 12 représente une structure en étoile dans laquelle l'acteur 1 est central. L'apparition de cette structure dépend de l'ordre de rencontre des différents acteurs du réseau. Ainsi, pour passer de la représentation de la figure 11 à celle de la figure 12, l'ordre des rencontres doit être ainsi : 1 vers 2, 1 vers 3, 1 vers 4, 1 vers 5 puis 1 vers 6.

L'ensemble de ces modèles, basés sur les acteurs, reposent donc sur un seul mécanisme qui est la maximisation de l'utilité. Or, d'autres éléments sont à prendre en compte dans le processus de création ou de destruction de liens. D'autres modèles comme ceux proposés par Barabasi et al., (1976) et Jackson et Roger (2007) proposent, comme Hammer (1980), de prendre en compte la structure du réseau, et ainsi, de s'intéresser au degré de centralité des nœuds, à la distance entre les différents nœuds du réseau, etc.

Il est possible d'examiner l'évolution temporelle des réseaux en utilisant des données de réseaux longitudinales. Autrement dit, plusieurs données de réseaux sont collectées à différentes périodes. Ces analyses permettent de caractériser l'interdépendance qui existe entre les relations dyadiques du réseau (Minhas et al., 2017). Il existe plusieurs modélisations de l'interdépendance de ces relations, dont celle qui est utilisée dans ce mémoire : le *Stochastic Actor – Oriented Model* (SAOM) théorisé par Snijders (1996; 2001). Ce modèle permet de rendre compte de l'évolution des réseaux dans le temps en prenant en compte des effets endogènes de réseaux (propres aux réseaux, liés à la structure), et des effets exogènes (externes au réseau) représentés par des covariables d'acteurs. Ainsi, il permet de mettre en évidence l'interdépendance des relations du réseau, autrement dit, dans quelle mesure la connexion entre

deux nœuds du réseau peut être la conséquence de l'existence d'un autre lien dans le réseau, et de prendre en compte des effets externes qui peuvent influencer la création des liens.

2.2. Le Stochastic Actor-Oriented Model (SAOM)

2.2.1. Description du modèle

Les modèles statistiques habituels comme l'ANOVA, ou encore les estimations de modèles linéaires comme les MCO, ne sont pas exploitables pour l'analyse de données longitudinales de réseaux (Snijders, 2020). Dans les modèles statistiques classiques il s'agit d'expliquer une variable dépendante par d'autres variables, alors que l'utilisation des modèles pour l'analyse des réseaux suppose de réfléchir en matière de processus plutôt qu'en matière de variables (Snijders, 2020). L'objectif du SAOM est de mettre en évidence les processus qui amènent à des modifications du réseau initial, et d'expliquer ce qui encourage la création de liens entre les acteurs du réseau. Les objectifs des analyses ANOVA et MCO étant différents des objectifs du modèle SAOM, leurs méthodologies ne peuvent pas être appliquées aux travaux réalisés avec le SAOM.

Dans le SAOM le réseau est à la fois une variable dépendante et une variable explicative. Les raisons pour lesquelles les acteurs modifient leurs relations peuvent être endogènes au réseau. Par exemple, dans le cas de la transitivité, le réseau est à la fois la variable dépendante et la variable explicative. Autrement dit, le fait que « a » et « c » choisissent de lier entre eux une relation est dû au fait que « a » et « c » partagent une relation commune qui est « b ». De fait, nous cherchons bien à comprendre la création du lien entre « a » et « c », en prenant en compte les relations qui existaient déjà avant.

Comme tous les modèles de réseau, le SAOM illustre les relations entre les agents, et aide à comprendre pourquoi deux agents créent des liens en fonction de leurs caractéristiques. Autrement dit, dans l'analyse, nous pouvons chercher quels sont les effets endogènes (propres au réseau) responsables de la création de liens, mais également les effets exogènes (propres aux acteurs). Ainsi, il est possible de prendre en compte des variables d'acteurs individuelles (ou variables monadiques) et des variables d'acteurs dyadiques (variables concernant deux agents). Les variables monadiques peuvent représenter, pour les pays par exemple, leur niveau de richesse ou leur niveau de pauvreté. Les variables dyadiques peuvent représenter la distance géographique, les alliances politiques, ou encore la proximité culturelle. L'inclusion de ces variables peut permettre de montrer que la probabilité de créer un lien entre deux agents est

plus élevée lorsqu'ils sont similaires (même PIB, même âge...), ou au contraire lorsqu'ils ont des caractéristiques complètement différentes.

Le SAOM adopte une approche centrée sur les acteurs en ce sens que les changements observés dépendent des choix réalisés par les acteurs du réseau. Chaque acteur réalise une action en fonction de ses propres objectifs, des relations déjà existantes et de son environnement (Snijders, 1996). Les acteurs réalisent leurs actions en fonction de l'état actuel du réseau, autrement dit, ils ne prennent pas en compte l'état passé du réseau pour réaliser leurs choix. Les acteurs ont une parfaite connaissance de l'état actuel du réseau (Snijders, 2001).

L'analyse dynamique effectuée par le SAOM suppose de pouvoir collecter des données de réseaux sur plusieurs périodes, et implique plusieurs contraintes. Les données collectées sont comme des photos du réseau à un instant t . L'intervalle de temps entre les différentes dates de collecte de données doit être assez petit, tout en faisant attention à ce que le nombre de changements dans le réseau soit suffisamment grand afin de fournir assez d'informations sur ce qui régit la dynamique du réseau (Snijders, 2020). Généralement il est conseillé d'opter pour un nombre d'observations de réseaux compris entre 2 et 10, grand maximum (Snijders et al., 2010) sur une période définie. Par exemple, l'étude de Milewicz et al., (2018) sur l'évolution du nombre d'accords commerciaux avec des aspects non commerciaux, a été réalisée sur une échelle de temps de 30 ans (1989 à 2009), pour laquelle les auteurs ont collecté des données de réseaux sur 5 périodes avec un écart de six ans entre chaque réseau (1989, 1994, 1999, 2004, 2009). L'analyse nécessite d'avoir un nombre d'acteurs minimum dans le réseau, au moins 20 acteurs, et de ne pas dépasser un maximum de 2000 acteurs (Snijders, 2020). Il est préférable d'avoir un nombre d'acteurs inférieur à 2000 afin de respecter l'hypothèse implicite selon laquelle chaque acteur a une connaissance parfaite de l'état du réseau, induisant que chaque acteur peut être un partenaire potentiel (Snijders et al., 2010). L'utilisation du modèle SAOM implique également un niveau minimum de changement (création ou destruction de liens) dans le réseau entre la première vague et la dernière vague, ce nombre est fixé au minimum à 40 par Snijders et al., (2010).

2.2.2. Les hypothèses du modèle SAOM

Initialement, le modèle SAOM a été créé pour analyser la dynamique des réseaux dirigés, les hypothèses du modèle ont donc été construites pour ce type de réseau (Snijders et al., 2010). Cependant, il est possible de l'appliquer pour les réseaux non-dirigés grâce à la

modification de certaines hypothèses (Snijders et Pickup, 2016). Les hypothèses sont présentées ci-dessous.

1. Les données collectées pour l'analyse sont une série de données chronologiques $x(t)$ où $t \in \{t_1, \dots, t_M\}$ où M est au moins égal à 2 (Snijders, 2001). Bien que cette série de données soit observée sur un temps discret, le modèle suppose que le paramètre du temps $t \in [t_1, t_M]$ suit un processus de Markov en temps continu. Cette hypothèse implique que certains changements puissent s'opérer dans le réseau sans qu'ils soient observés (Snijders 2001 ; Snijders 2010 ; Snijders 2016 ; Snijders 2020). Elle a pour but de représenter la dépendance existante entre les différents liens du réseau. Autrement dit, elle illustre le fait que les liens se créent en réaction à l'existence d'autres liens (Snijders, 2010). Concrètement, imaginons un réseau avec trois agents où en t_1 le réseau est déconnecté (figure 13), et en t_2 tous les agents du réseau sont connectés (figure 14).

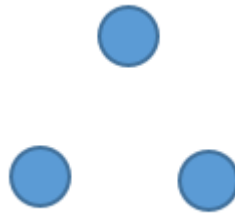


Figure 13 : Réseau déconnecté
Source : Réalisation personnelle

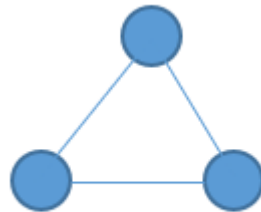


Figure 14 : Réseau où tous les agents sont connectés
Source : réalisation personnelle

Si nous faisons l'hypothèse qu'entre t_1 et t_2 le paramètre t était discret, alors nous passerions directement du premier réseau au second réseau (figure 15), comme si les liens s'étaient créés à partir de rien.

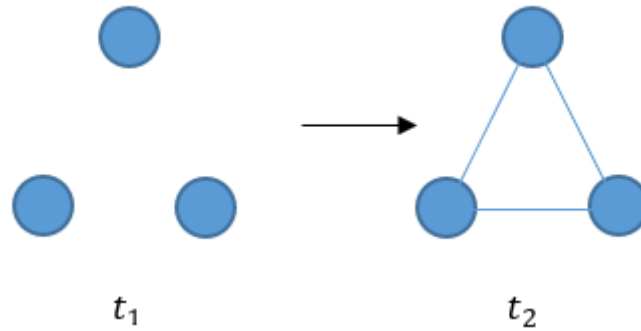


Figure 15 : Passage du réseau en t_1 vers le réseau en t_2 selon l'hypothèse d'un processus de Markov à temps discret

Source : Réalisation personnelle

A contrario, le fait de considérer que le temps suit un processus de Markov à temps continu permet de supposer que les liens du réseau se forment un par un, entre deux dates, en réaction à la création d'un autre lien du réseau (figure 16).

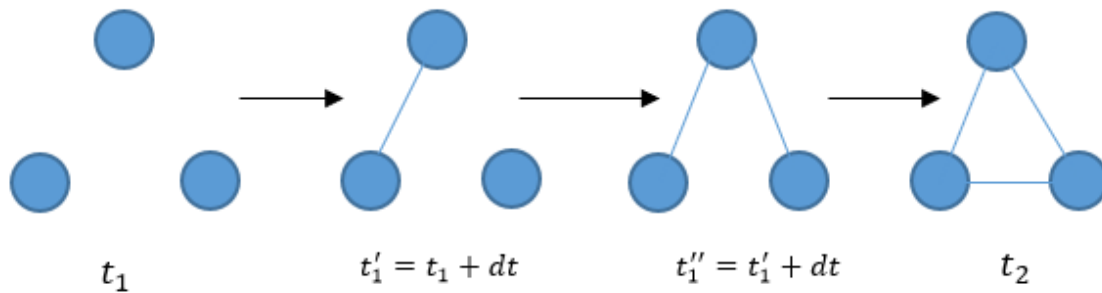


Figure 16 : Passage du réseau en t_1 vers le réseau en t_2 selon l'hypothèse d'un processus de Markov à temps continu

Source : Réalisation personnelle

2. Le modèle suppose que le réseau évolue selon un processus de Markov. Selon ce processus, l'état passé du réseau, ainsi que son potentiel état futur, n'ont pas d'impact sur les changements du réseau.
3. A chaque moment de la simulation, un seul acteur du réseau est sélectionné de manière probabiliste. Cet acteur aura le choix entre créer un lien, dissoudre un lien ou ne rien faire. Le fait qu'un seul acteur soit sélectionné est valable seulement pour le cas des réseaux dirigés, car dans ces réseaux aucune entente mutuelle n'est requise pour former un lien. Cependant, dans plusieurs réseaux, et notamment dans les réseaux utilisés dans ce mémoire, le processus de négociation entre deux acteurs doit être pris en compte. De fait, lorsque les

réseaux sont fondés sur des liens réciproques, ce sont deux acteurs i et j qui sont tirés au hasard, ils auront le choix entre créer un lien entre eux, ou dissoudre le lien s'il existe déjà, ou ne rien faire. Pour faire leur choix, chaque agent maximise sa propre fonction objectif.

4. La dernière hypothèse repose sur le fait que les liens formés par les acteurs sont créés en fonction de leurs caractéristiques personnelles, des caractéristiques des autres agents, et en fonction de leur position dans le réseau. Le modèle suppose que les acteurs disposent d'une information complète sur le réseau, et sur les autres acteurs qui composent le réseau. Cependant, il n'est pas nécessaire que les acteurs aient une connaissance complète du réseau, mais au moins de leur réseau « local » (Snijders et Pickup, 2016). Le réseau « local » concerne les liens directs dont dispose un acteur, mais également ses liens indirects¹¹.

2.2.3. Spécification du modèle SAOM

Dans le modèle SAOM, deux fonctions sont attribuées aux acteurs du réseau : la *rate function*, qui correspond à la vitesse à laquelle un acteur du réseau est sélectionné pour effectuer un changement dans le réseau, et la fonction objectif contenant toutes les informations du modèle (co-variables d'acteurs, effets réseau...).

2.2.3.1. Rate function

La dissolution ou la création des liens dans le réseau dépendent des choix effectués par les acteurs du réseau. Ces choix sont pris en compte dans le modèle via une fonction qui détermine le taux de changement des liens, pour chaque acteur, en fonction du temps (Snijders, 1996 ; Snijders et al., 2010 ; Snijders, 2016 ; Snijders 2020). Dans le cadre des réseaux dirigés, cette fonction s'écrit ainsi : $\lambda_i(x; \rho) = \rho_m$. Le paramètre x correspond à l'état actuel du réseau $x = X(t)$, où $t_m \leq t < t_{m+1}$, m correspond à l'indice de temps t_m , et le paramètre statistique ρ_m permet d'ajuster exactement le nombre de changements observés entre t_m et t_{m+1} par un acteur i . Dans le cadre des réseaux non dirigés cette fonction s'écrit : $\lambda_{ij}(x; \rho) = \rho_m$.

Il est possible, avec la *rate function*, de déterminer le temps d'attente, pour chaque paire i, j du réseau, entre deux opportunités de changement. Ce temps d'attente suit une loi exponentielle de paramètre λ (Snijders et Pickup, 2016) :

¹¹ Un lien indirect signifie d'être relié à un acteur via un intermédiaire. Par exemple, si l'acteur « a » et l'acteur « b » sont liés et que « b » et « c » sont liés, alors « b » est l'intermédiaire entre « a » et « c ». Autrement dit, l'acteur « a » (« c ») dispose d'une relation indirecte avec « c » (« a ») via sa relation directe avec l'acteur « b ».

$$P\{\text{Next opportunity for change is before } t + \Delta t \mid \text{current time is } t\} = 1 - e^{-\lambda\Delta t}$$

Où

$$\lambda = \lambda_{tot}(x; \rho) = \sum_{i \neq j} \lambda_{ij}(x; \rho).$$

Il est également possible de déterminer qu'elle sera la probabilité pour la paire d'acteurs i, j d'être sélectionnée pour la prochaine opportunité de changement (Snijders et Pickup, 2016), celle-ci est donnée par :

$$P\{\text{Next opportunity for change is for pair } (i; j)\} = \frac{\lambda_{ij}(x; \rho)}{\lambda_{tot}(x; \rho)}$$

2.2.3.2. Fonction objectif et effets

2.2.3.2.1. Fonction objectif

Le modèle SAOM détermine pour quelles raisons des acteurs vont créer, détruire ou maintenir des liens, en utilisant des données longitudinales de réseau. Les éléments qui influencent les relations du réseau sont donnés par une fonction objectif. Chaque acteur d'un réseau dispose d'une fonction objectif qui détermine la probabilité qu'un changement soit effectué dans le réseau et qui dépend de la manière dont il perçoit son réseau local (nombre de liens directs ou indirects de l'acteur, popularité d'un autre acteur, covariables d'acteurs...). Cette fonction est une combinaison linéaire d'un ensemble d'éléments nommé *effets* :

$$f_i(x, \beta) = \sum_{k=1}^K \beta_k s_{ki}(x)$$

Elle dépend de l'état actuel du réseau x . La fonction $s_{ki}(x)$, qui correspond, entre autres, à la vision de l'acteur i de son réseau local (Snijders et Pickup 2016 ; Snijders et al., 2010), intègre les effets k introduits dans le modèle. Ces effets peuvent être endogènes (ils vont dépendre du réseau x). Ces effets impliqueront que la structure du réseau aura un impact sur les changements de liens effectués dans le réseau, certains de ces effets seront présentés dans la section suivante. La fonction objectif prend également en compte les covariables monadiques d'acteurs (qui dépendent seulement d'un acteur) et les covariables dyadiques (qui dépendent d'une paire d'acteurs). L'indice i correspond à l'agent i du réseau, et l'indice k correspond à un effet particulier. Le paramètre statistique β , qui est estimé par le modèle, donne l'importance de chaque effet sur la probabilité d'un changement dans le réseau. Ce paramètre peut prendre trois

types de valeurs : égales à 0, inférieures à 0 ou supérieures à 0. Ainsi, lorsque $\beta_k = 0$, cela indique que l'effet k considéré n'a aucun impact sur la probabilité d'un changement ; lorsque $\beta_k > 0$, cela indique que l'effet a une influence positive sur les changements effectués dans le réseau. A contrario, si $\beta_k < 0$, cela indique que les changements dans le réseau iront dans le sens inverse de l'effet considéré.

2.2.3.2.2. Exemples d'effets endogènes et exogènes

La section précédente définissait la fonction objectif du modèle SAOM qui dépend des covariables d'acteurs, mais également d'effets endogènes au réseau. Cette section vise à présenter, via une liste non exhaustive¹², certains effets qui peuvent être pris en compte dans les analyses. Généralement, deux effets propres à la structure du réseau sont inclus dans les estimations :

1. L'effet *degree (density)* : $s_{ki}(x) = \sum_j x_{ij}$, cet effet, qui se définit par la somme des liens de l'acteur i dans le réseau x , peut représenter le niveau de popularité d'un acteur. L'acteur ayant le plus de liens étant le plus populaire du réseau. Snijders et al., (2010) voient cet effet comme étant une balance entre les coûts et les bénéfices de la création d'un lien entre un acteurs i et un autre acteur arbitraire j .
2. Le second effet, souvent pris en compte dans les analyses, c'est la transitivité. Cet effet peut avoir plusieurs mesures telle que la *transitive triplets*, qui se calcule ainsi $s_{ki}(x) = \sum_{j,h} x_{ij}x_{ih}x_{hj}$, autrement dit le fait que les amis de mes amis deviennent mes amis (cf. figure 13 section 2.1.3).

Lorsque plusieurs réseaux sont considérés, il est également possible de prendre en compte le fait que deux réseaux peuvent être interdépendants. Ces effets sont appelés *cross-networks effects*. Autrement dit, la création d'un lien dans un réseau peut engendrer la création d'un lien dans un autre réseau. Notamment nous pouvons utiliser l'effet suivant :

3. *Effect of W on X* où W et X sont deux réseaux qui représentent deux choses différentes. Cet effet capture le fait qu'un lien entre deux acteurs i et j soit créé dans le réseau W conduit à la création d'un lien entre ces deux mêmes acteurs dans le réseau X . Le calcul de cet effet est le suivant : $s_{ki}(x) = \sum_j x_{ij}w_{ij}$.

¹² Pour une liste plus complète se référer au manuel RSiena (Ripley et al., 2021).

En complément de ces effets réseaux, il est possible de prendre en compte des effets exogènes qui vont dépendre des caractéristiques des acteurs qui pourraient exercer une influence sur la dynamique du réseau.

4. *Ego effect*, le terme « ego » fait référence à l'acteur sur lequel on se concentre, ou le *focal actor*. Cet effet peut également être utilisé avec les réseaux non dirigés. Cet effet se calcule ainsi : $s_{ki}(x) = \sum_j x_{ij} v_i$. Il capte l'effet de la co-variable v_i de l'acteur sur la probabilité qu'un lien soit créé entre l'acteur i et l'acteur j .
5. *Alter effect*, cet effet capte l'effet de la co-variable de l'acteur j sur la probabilité de créer un lien avec l'acteur i . Cet effet se calcule ainsi : $s_{ki}(x) = \sum_j x_{ij} v_j$.
6. *Similarity effect* ou l'effet d'homophilie, implique que la probabilité que deux acteurs lient une relation entre eux, lorsqu'ils ont des caractéristiques similaires (même âge, mêmes origines...), est grande. Il existe plusieurs mesures de l'effet d'homophilie :
 - a. $s_{ki}(x) = \sum_j x_{ij} I\{v_i = v_j\}$. Le second terme de la fonction peut prendre deux valeurs. Si la condition $v_i = v_j$ est respectée alors $I\{v_i = v_j\} = 1$, sinon $I\{v_i = v_j\} = 0$.
 - b. $s_{ki}(x) = \sum_j x_{ij} (sim_{ij}^v - \widehat{sim}^v)$. \widehat{sim}^v correspond à la moyenne de l'ensemble des scores de similarité défini par $sim_{ij}^v = \frac{\Delta - |v_i - v_j|}{\Delta}$, où $\Delta = \max_{ij} |v_i - v_j|$.

Généralement l'effet *a* est utilisé pour les variables muettes et le second pour les variables non muettes.
7. *Ego-alter interaction* est un effet permettant de prendre en compte les covariables de deux acteurs afin de voir en quoi la combinaison des valeurs de ces covariables influence la probabilité de créer un lien. Cet effet se calcule ainsi, $s_{ki}(x) = v_i \sum_j x_{ij} v_j$.

2.3. Conclusion

Cette seconde partie visait à donner des éléments de définition sur les réseaux et à introduire le *Stochastic Actor-Oriented Model* qui est utilisé dans ce mémoire. On montre que l'utilisation des réseaux est pertinente lorsqu'il s'agit de représenter les relations dyadiques entre des individus ou des entités.

L'objectif de l'analyse en réseau est de comprendre ce qui encourage la formation des relations entre des individus. Nous avons montré qu'il existait des effets endogènes au réseau, c'est-à-dire que des relations peuvent se créer en fonction de la structure du réseau. L'apparition et la dissolution des liens dans les réseaux impliquent que ces structures évoluent au cours du temps. Nous avons montré qu'il existait plusieurs modèles qui cherchent à expliquer ce qui régit la dynamique d'un réseau, et à comprendre pourquoi les liens changent au fil du temps.

Le modèle SAOM qui a été présenté dans un second temps est le plus adapté pour notre analyse. Il permet de prendre en compte à la fois des effets de réseau endogènes, et des effets exogènes correspondant aux caractéristiques des acteurs composant le réseau. Le modèle SAOM permet de réaliser des analyses plus poussées sur la dynamique de réseau, en considérant par exemple que plusieurs réseaux peuvent exercer une influence l'un sur l'autre, ce que Snijders, Lomi et Torlo (2013) appellent les *cross – networks effects*. Les estimations réalisées avec ce modèle ont une part de hasard avec la *rate function*, car elle tire au hasard une paire d'acteurs qui pourront décider de créer un lien, maintenir un lien ou détruire un lien entre eux. La fonction objectif vient encadrer les changements effectués dans le réseau, la part de hasard est diminuée car la création, la destruction ou le maintien du lien dépendent des effets intégrés dans le modèle.

Plusieurs études sur les relations internationales ont utilisé le SAOM pour comprendre ce qui influençait les pays dans leurs choix. Milewicz et al., (2018) ont analysé les raisons pour lesquelles les pays signaient de plus en plus d'accords avec des dispositions non commerciales mettant dans l'analyse plusieurs réseaux d'accords commerciaux : accords bilatéraux sans dispositions non commerciales, réseaux bilatéraux avec dispositions non commerciales, puis le même type de réseaux avec les accords plurilatéraux. Htwe et al., (2020) se sont intéressés à ce qui influençait les signatures d'accords commerciaux et d'accords sur les investissements, construisant un réseau des accords commerciaux et un réseau des accords sur les investissements. Mon et al., (2019) ont mis en parallèle l'évolution des réseaux d'accords commerciaux et d'alliances politiques. Mon et al., (2019) ont ainsi montré que la formation d'une alliance politique entre deux pays exerçait une forte influence sur la probabilité de créer un lien dans le réseau des accords commerciaux entre ces deux pays.

L'introduction à la notion de réseau et au *Stochastic Actor – Oriented model* était essentielle car l'analyse de ce mémoire repose sur ces deux éléments. La troisième partie a pour but de comprendre les raisons pour lesquelles les pays signent des accords commerciaux dans lesquels la problématique environnementale est prise en compte. Plus précisément, on

s'intéresse au niveau de contrainte de ces accords commerciaux en matière d'environnement. L'objectif est d'expliquer, en utilisant les réseaux et le SAOM, les mécanismes endogènes et exogènes entrant en jeu dans la création des accords commerciaux contraignants.

3. Coévolution des niveaux de contraignance des dispositions environnementales dans les accords commerciaux.

Comme la première partie de ce mémoire l'a montré, les accords commerciaux signés depuis une trentaine d'années incluent des chapitres dont le sujet dépasse les questions commerciales. Les papiers traitant des raisons pour lesquelles les états signent des accords commerciaux contenant des sujets non liés au commerce sont assez rares. Cependant, nous pouvons citer Milewicz et al., (2018) qui ont montré que la signature d'un accord avec des dispositions non commerciales dépend beaucoup des coûts qu'ils induisent. Plus précisément, les pays qui ont déjà signé des accords avec des dispositions non commerciales seront plus disposés à signer d'autres accords du même type car ils ont déjà mis en place des mesures pour se conformer au premier accord. Également, nous pouvons citer le papier de Hafner-Burton (2005) qui a étudié l'influence de l'inclusion de dispositions sur les droits humains dans les accords sur les répressions gouvernementales. L'auteur montre que la répression a tendance à diminuer dans les pays appliquant une forte politique répressive qui ont signé un accord avec des dispositions sur le droit humain. Sur la problématique environnementale, comme nous l'avons vu précédemment, plusieurs papiers (Morin et al., (2019) ; Berger et al., (2020 ; Jinnah et Lindsey (2016) ; Morin et al., (2018)) se sont intéressés à la diffusion des dispositions environnementales dans les accords et aux raisons expliquant leur inclusion.

L'étude proposée par ce mémoire s'intéresse à l'inclusion des dispositions environnementales contraignantes dans les accords commerciaux par l'utilisation des réseaux. Le but est de comprendre la dynamique des réseaux d'accords commerciaux, et quels sont les types de pays les plus susceptibles de signer des accords contraignants, ou non contraignants. La notion de contrainte dans un accord commercial induit que les Etats sont susceptibles d'être soumis à des règlements de différends s'ils ne respectent pas la mesure prévue par la disposition.

3.1. Des mesures environnementales de plus en plus contraignantes

La présence d'une possible sanction en cas de non-respect des normes amène les Etats à un plus grand engagement et améliore l'applicabilité des dispositions (Berger et al., 2020). Si les dispositions environnementales étaient peu contraignantes à leur apparition dans les accords, elles le sont de plus en plus aujourd'hui. La base de données de la Banque Mondiale donne une indication de la contrainte de chaque disposition environnementale dans tous les accords présents dans la base. Six niveaux de contrainte sont identifiés par les chercheurs ayant créé la base de données :

- 0 : Non contraignant ;
- 1 : Meilleur effort ;
- 2 : Dispositions contraignantes sans règlement des différends ;
- 3 : Dispositions contraignantes avec des règlements de différends d'Etat à Etat;
- 4 : Dispositions contraignantes avec des règlements de différends de privé à Etat;
- 5 : Dispositions contraignantes avec des règlements de différends d'Etat à Etat et de privé à Etat.

Le niveau 0 étant le niveau le plus faible et 5 le niveau le plus élevé. Grâce aux données de la Banque Mondiale il est possible d'observer l'évolution du degré de contrainte de ces dispositions au cours du temps (figure 17). Ce graphique montre que la part des dispositions dont le niveau de contrainte est égal à trois, quatre ou cinq, a fortement progressé ces dernières années.

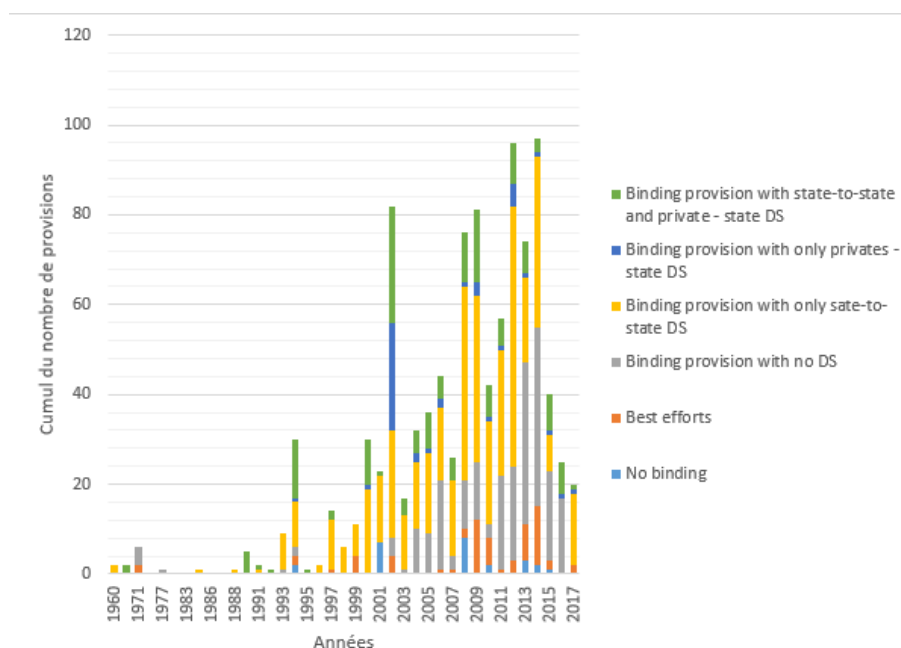


Figure 17 : Évolution du niveau de contrainte des dispositions environnementales de 1960 à 2017
 Source : Réalisé à partir des données de la base « Deep Trade Agreement »

Afin d'étudier le niveau de contrainte de chaque accord commercial, nous avons construit un indice de contrainte. Pour ce faire, pour chaque accord, une moyenne des fréquences d'apparitions des niveaux de contrainte des dispositions environnementales a été calculé. Ainsi, si un accord dispose de 6 dispositions avec un niveau de contrainte de 5, puis de 3 dispositions pour les niveaux d'applicabilité 4,3,2,1 et 0, alors la moyenne des fréquences de

cet accord est de 2,85¹³. Cela permet de classer les différents accords en deux groupes distincts, un premier groupe pour lequel le niveau de contrainte moyen se situe entre 0 et 2,99 ; puis un deuxième groupe dans lequel le niveau de contrainte moyen se situe entre 3 et 5.

Le niveau de contrainte dans les accords est variable selon les régions du monde concernées. Les données fournies par la base de la Banque Mondiale montrent que, parmi tous les accords référencés, ceux signés entre pays en développement (Sud – Sud) sont les plus contraignants (figure 18)¹⁴, 54% des accords signés entre des pays en développement disposent d’un niveau d’applicabilité compris entre 3 et 5. A contrario, les accords commerciaux signés entre pays développés, ou entre pays développés et les pays en développement, possèdent un niveau d’applicabilité inférieur à 3. Seulement 30% des accords Nord – Nord ont un niveau d’applicabilité supérieur ou égal à 3, concernant les accords Nord – Sud, seuls 34% ont un niveau de contrainte supérieur ou égal à 3.

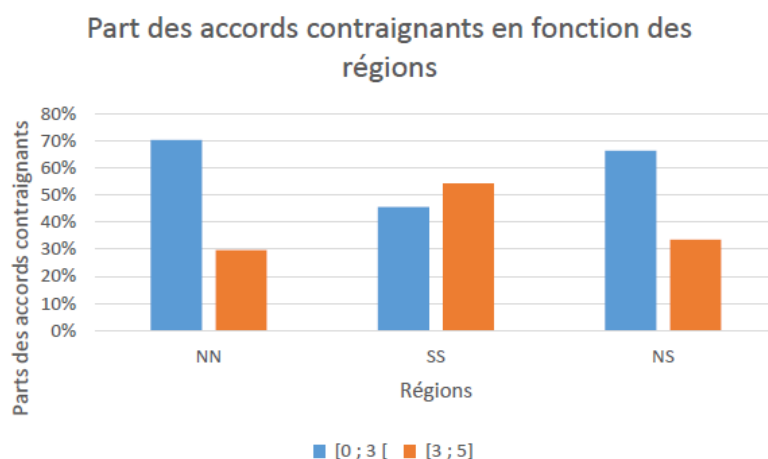


Figure 18 : Part des accords en fonction du niveau de contrainte environnementale et des régions des pays signataires.

Source : Réalisé à partir des données de la base « Deep Trade Agreement ».

Ce résultat peut paraître étonnant, cependant une explication est possible. Bien que les pays du Nord subissent une pression grandissante de la population afin de prendre en compte l’environnement dans les négociations commerciales, ce sont des pays qui restent, pour le moment, moins touchés par le réchauffement climatique. Cependant, les pays dits du Sud, qui incluent tous les pays d’Amérique Latine, du Proche et Moyen Orient, du continent Africain et

¹³ Détail du calcul : $[(6 \times 5 + 3 \times 4 + 3 \times 3 + 3 \times 2 + 3 \times 1 + 3 \times 0) / (6 + 3 + 3 + 3 + 3 + 3)] = 2.85$

¹⁴ La base de données fournie par la Banque Mondiale, pour la partie environnement, recense 283 accords commerciaux parmi lesquels 64 sont des accords Nord – Nord, 70 sont des accords Sud – Sud et 125 des accords Nord – Sud. La distinction Nord Sud des pays dans ce mémoire est réalisée selon le document fourni par l’Agence Universitaire de la Francophonie qui a classifié les pays selon l’indice de développement de la Banque Mondiale.

du continent Asiatique, sont plus touchés par cette problématique. Le climat plus sec, les sécheresses, le manque d'eau, les inondations, etc, rendent ces pays beaucoup plus vulnérables face au changement climatique (Guivarch et Taconet, 2020). De fait, cette vulnérabilité pourrait expliquer ces niveaux d'applicabilité élevés face à l'environnement dans les accords commerciaux. Par ailleurs, les pays du nord disposent de normes nationales environnementales plus strictes que les pays du Sud, ce qui expliquerait pourquoi ils signent peu d'accords contraignants sur l'environnement entre eux. La Norvège, par exemple, s'est fixé des objectifs plus ambitieux que ceux de l'Union Européenne en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Son objectif est de les réduire à 45% d'ici 2030 au lieu de 40%, objectif fixé par l'Union européenne. Pour atteindre cet objectif, la Norvège compte augmenter la taxe carbone sur les tonnes de CO2 émises. Cette taxe, qui s'élève à 590 couronnes norvégiennes (soit environ 55 euros), devrait atteindre un montant tournant autour de 2000 à 2020 couronnes norvégiennes par tonne de CO2 émises (soit environ 190 euros) en 2030 (soit une multiplication par 3 de la taxe actuelle)¹⁵.

3.2. Données utilisées et analyses descriptives

L'échantillon des accords commerciaux utilisé dans ce mémoire provient de la base « Deep Trade Agreement » fournie par la Banque Mondiale qui couvre 283 accords commerciaux notifiés par l'OMC de 1958 à 2017. L'étude prend en compte les accords commerciaux bilatéraux ainsi que les accords plurilatéraux. Etant donné que les dispositions environnementales ont été introduites dans les accords au début des années 1990, comme cela a été montré dans la partie 1.2.2 du mémoire, l'étude débutera en 1990. Dans le but de répondre à la question posée par ce mémoire, qui est de comprendre ce qui joue sur la décision des Etats à signer entre eux des accords commerciaux contraignants ou non en matière d'environnement, six alternatives sont considérées :

1. Les pays signent des accords bilatéraux dans lesquels la problématique environnementale n'est pas traitée;
2. Les pays signent des accords bilatéraux dans lesquels l'environnement est pris en compte, mais ils ne contraignent pas les pays;
3. Les pays signent des accords bilatéraux dans lesquels la problématique environnementale est très contraignante;

¹⁵ Les chiffres sur la Norvège ont été récupérés sur le site internet du gouvernement Norvégien. Lien d'accès au site : <https://www.regjeringen.no/en/aktuelt/heilskapeleg-plan-for-a-na-klimamalet/id2827600/>

4. Les pays signent des accords plurilatéraux dans lesquels la problématique environnementale n'est pas traitée;
5. Les pays signent des accords plurilatéraux dans lesquels l'environnement est pris en compte, mais ils ne contraignent pas les pays;
6. Les pays signent des accords plurilatéraux dans lesquels la problématique environnementale est très contraignante;

Nous avons donc 6 réseaux différents dans lesquels les décisions prises par les Etats sont interdépendantes de deux façons. Premièrement, lorsque deux Etats décident de créer un accord commercial dans un des réseaux, ils le font en prenant en compte les accords commerciaux déjà existants dans ce réseau. Il y a donc une interdépendance à l'intérieur du réseau. Deuxièmement, il peut y avoir des interdépendances dans les décisions entre les différents réseaux. Par exemple, un pays qui a signé beaucoup d'accords bilatéraux peu contraignants pourra par la suite signer un accord commercial (bilatéral ou plurilatéral) contraignant.

3.2.1. Variables d'acteurs et hypothèses

Afin de comprendre ce qui exerce une influence sur la création d'un accord commercial entre deux Etats, plusieurs variables d'acteurs sont prises en compte dans l'analyse. Comme nous l'avons vu dans la première partie de ce mémoire, plusieurs facteurs peuvent expliquer pourquoi les accords commerciaux contiennent des chapitres liés à d'autres problématiques que celle du commerce. A ce titre, Morin et al., (2018) montrent que le régime politique du pays impacte le contenu d'un accord commercial, et notamment, les pays démocratiques auront plus tendance à inclure des dispositions environnementales dans leurs accords, comparés aux pays autocratiques. C'est pourquoi l'analyse prendra en compte le niveau de démocratie des pays. Pour ce faire, l'indice *Polity V*, qui assigne un score de démocratie à chaque pays, est utilisé. Ce score varie de -10 à +10, -10 signifie que le pays adopte un régime autocratique, et +10 signifie que le pays adopte un régime démocratique. Par rapport à cette variable, les hypothèses suivantes sont considérées :

Hypothèse 1.a : Les pays avec un indice de démocratie similaire auront tendance à signer des accords commerciaux ensemble, que ces accords soient contraignants ou non contraignants.

Hypothèse 1.b : Les pays avec un indice de démocratie élevé auront tendance à signer plus d'accords commerciaux contraignants que les autres.

Hypothèse 1.c : Les pays avec un indice de démocratie faible auront tendance à signer plus d'accords commerciaux non contraignants que les autres.

Pour les hypothèses 1.b et 1.c, il s'agit de reprendre les résultats obtenus par Morin et al., (2018), mais en allant plus loin puisque la notion de contrainte de la disposition est incluse. L'hypothèse 1.a se concentre sur la similarité des indices de démocratie alors que les deux autres hypothèses se concentrent sur les niveaux des indices de démocratie. L'hypothèse 1.a consiste à dire que des pays avec des caractéristiques similaires préféreront signer des accords ensemble car ils subissent les mêmes types de pression. Sur la question environnementale, les pays démocratiques ont fait face à de nombreuses manifestations sur le climat ces dernières années, les obligeant à prendre plus au sérieux le réchauffement climatique et la protection de l'environnement. Par ailleurs, les pays démocratiques et autocratiques partagent des valeurs différentes concernant la liberté des individus à s'exprimer librement. Les pays démocratiques offrent un accès illimité à l'information, permettant aux citoyens d'être plus informés et mieux sensibilisés aux problématiques environnementales (Scruggs, 2009). Le fait d'être plus informé et d'accéder à plus de liberté que la population des pays autocratiques, permettent à la population de pays démocratiques de pouvoir protester afin d'avoir accès à un environnement de meilleure qualité (Farzin et Bond, 2006 ; Buitenzorgy et Mol, 2010). Il semble donc plus facile pour deux pays autocratiques ou deux pays démocratiques de signer des accords entre eux car ils font face aux mêmes types de pression.

Si la population peut influencer les décisions politiques, d'autres entités comme les Organisations non Gouvernementales peuvent également avoir une incidence sur les décisions politiques (Gallagher, 2004 ; Strange 2015). De ce fait, une variable binaire est incluse dans l'analyse indiquant si le pays abrite ou non une ONG environnementale. Afin de construire cette variable, trois ONG environnementales ont été arbitrairement sélectionnées : Greenpeace, Sea Sheperd et WWF. La liste des pays dans lesquels ces ONG sont présentes est donnée sur le site internet de ces ONG. À partir de ces listes, la valeur 1 était attribuée au pays lorsqu'il abritait l'ONG, dans le cas contraire la valeur 0 était affectée au pays. L'objectif était d'avoir une seule valeur par pays (soit 1 soit 0), par conséquent, une fois que les informations ont été recueillies pour chacune des ONG environnementales, les informations recueillies ont été agrégées en une seule variable. Autrement dit, si un pays abrite au moins une des trois ONG, alors la valeur 1 lui est attribuée, sinon la valeur 0 est affectée. Concernant cette variable, les hypothèses suivantes sont considérées :

Hypothèse 2.a : Deux pays similaires en matière d'ONG environnementale seront plus enclins à signer un accord commercial contraignant ou non contraignant entre eux.

Hypothèse 2.b : Les pays abritant une ONG environnementale seront plus enclins à signer un accord commercial contraignant.

Hypothèse 2.c : Les pays n'abritant pas d'ONG environnementale seront plus enclins à signer un accord commercial non contraignant.

L'hypothèse 2.a stipule que les pays avec une ONG environnementale ne signeront pas d'accords avec des pays n'ayant pas d'ONG environnementale et inversement. Elle repose donc sur la similarité des pays en matière d'ONG. Les ONG environnementales ont un rôle de sensibilisation de la population et des entreprises. L'ONG WWF, par exemple, travaille avec des entreprises comme Danone, Coca – Cola, et bien d'autres, pour les aider à mettre en place des systèmes productifs plus vertueux. Également, elles sont là pour exercer une pression sur les gouvernements pour qu'ils respectent leurs engagements, et pour qu'ils prennent des mesures plus strictes. A titre d'exemple, l'ONG Greenpeace travaille beaucoup sur les engagements de l'Union Européenne sur le plan international, et essaie de faire pression sur l'Union Européenne pour qu'elle respecte ses engagements environnementaux. Par conséquent, dans la signature des accords commerciaux, elles peuvent être une source de pression. C'est pourquoi on suppose qu'il est plus facile pour deux Etats de signer un accord ensemble lorsqu'ils abritent une ONG, car ils subissent les mêmes pressions. Inversement, il est plus facile pour deux Etats qui n'abritent pas d'ONG de signer un accord ensemble car ils ne seront pas contraints sur le contenu, puisqu'ils ne subissent pas de pressions externes induites par les ONG environnementales.

Le niveau de contrainte des accords commerciaux pourrait dépendre du poids économique des pays signataires. Comme l'ont montré Berger et al., (2020), les accords commerciaux des pays du Nord contiennent de nombreuses dispositions environnementales. Les auteurs montrent également que les accords des pays du Sud contiennent de plus en plus la notion d'environnement, notamment lorsque les accords sont signés avec des pays du Nord. Afin de représenter au mieux le niveau de richesse des pays, nous prendrons comme variable le niveau de PIB, les données proviennent de la Banque Mondiale. Concernant le PIB, les hypothèses suivantes sont posées :

Hypothèse 3.a : Les pays ayant des niveaux de richesse similaires auront tendance à signer des accords commerciaux contraignants ou non contraignants entre eux.

Hypothèse 3.b : Les pays ayant des niveaux de richesse élevés auront tendance à signer des accords commerciaux contraignants.

Hypothèse 3.c : Les pays ayant des niveaux de richesse faibles auront tendance à signer des accords commerciaux non contraignants.

L'hypothèse 3.a stipule que les pays du Nord sont plus disposés à signer des accords entre eux, et que les pays du Sud préfèrent signer des accords entre eux. Les pays du Nord ont plus de moyens que les pays du sud pour lutter contre le changement climatique, leur population est également plus sensibilisée à la problématique environnementale que dans les pays du sud. Par ailleurs, les entreprises des pays du nord sont soumises à des réglementations environnementales plus strictes que les entreprises des pays du sud. A titre d'exemple, les entreprises du secteur automobile de l'Union Européenne doivent s'adapter à la nouvelle mesure européenne concernant les émissions de gaz à effet de serre des véhicules légers. Depuis la fin de l'année 2020, les nouveaux véhicules légers vendus ne doivent pas émettre plus de 95g de CO₂ par kilomètre parcouru. Cette réglementation oblige les entreprises du secteur automobile à opérer des changements en matière de production des voitures afin qu'elles soient moins polluantes. Outre les réglementations dans le secteur des transports, l'agriculture doit également s'adapter pour répondre aux nouvelles exigences de l'Europe. Au-delà des aides accordées pour les agriculteurs décidant de pratiquer une agriculture biologique, l'Union Européenne souhaite encourager les agriculteurs européens à diversifier leurs cultures, mettre en place des prairies permanentes et des zones d'intérêt écologique sur leurs exploitations. Le respect de ces normes leur permettra de percevoir le paiement direct vert qui récompense les agriculteurs pour leurs actions pour l'environnement. Ces normes environnementales, appliquées dans l'Union Européenne et dans d'autres pays du Nord, engendrent une augmentation des coûts de production qui se répercutent sur les prix de vente des produits. Par conséquent, les secteurs économiques impactés par ces normes peuvent être une source de pression sur les gouvernements afin d'empêcher l'importation de produits similaires non soumis aux mêmes réglementations. C'est pourquoi, il est possible que les pays du Nord avec des normes similaires décident de signer des accords entre eux, et que les pays du Sud préfèrent signer des accords entre eux, afin de ne pas être contraints de respecter des normes environnementales sur les produits qu'ils souhaitent exporter.

Enfin, nous l'avons montré dans la section 3.1, les pays du sud signent, entre eux, des accords plus contraignants que les pays du nord. Ces pays étant plus concernés par le changement climatique, nous supposons qu'ils sont plus susceptibles de signer des accords

contraignants. Afin de prendre en considération cette vulnérabilité au changement climatique, l'Indicateur de Vulnérabilité Physique au Changement Climatique (IPVCC) proposé par des chercheurs de la FERDI¹⁶ est utilisé. Cet indicateur ne prend pas en compte la mise en place de politiques quelconques pour contrer ou non les effets du changement climatique (Feindouno, Guillaumont et Simonet, 2020), mais il reflète l'exposition des pays à 5 chocs climatiques que sont :

- L'augmentation des températures;
- L'accroissement du risque d'inondation;
- L'accroissement du nombre de tempêtes;
- Une augmentation de la fréquence des inondations en raison de la montée des eaux ;
- La désertification.

Concernant cette variable les hypothèses suivantes sont posées :

Hypothèse 4.a : Les pays ayant un niveau de vulnérabilité similaire seront susceptibles de signer des accords commerciaux entre eux.

Hypothèse 4.b : Les pays ayant un niveau de vulnérabilité élevé seront susceptibles de signer des accords commerciaux plus contraignants.

Hypothèse 4.c : Les pays ayant un niveau de vulnérabilité faible seront susceptibles de signer des accords commerciaux non contraignants.

Comme pour les autres variables, l'hypothèse 4.a stipule que les pays similaires en matière de vulnérabilité au changement climatique ont tendance à signer des accords entre eux. On suppose qu'il est plus facile pour deux pays aux caractéristiques similaires sur le plan climatique de signer un accord avec de l'environnement entre eux, car ils font face aux mêmes enjeux, ils sont plus aptes à se mettre d'accord sur les mesures environnementales à mettre en place.

Chaque hypothèse est posée pour tous les types d'accords commerciaux, peu importe qu'ils soient bilatéraux ou plurilatéraux. Cependant, les hypothèses 1.a, 2.a, 3.a et 4.a n'ont pas pu être testées sur les accords plurilatéraux parce que les pays ne sont pas directement liés entre eux dans les réseaux, ils sont liés par l'intermédiaire de l'accord commercial. On ne peut donc pas déterminer si la similarité entre les pays impacte la signature de l'accord commercial

¹⁶ Fondation pour les études et recherches sur le développement international.

plurilatéral. Par ailleurs, l'ensemble des hypothèses b et c n'ont pas pu être testées sur les réseaux d'accords bilatéraux à cause de problèmes de convergence.

3.2.2. Éléments d'analyses descriptives

Pour réaliser l'analyse, une base de données a été construite. Concernant les données sur les accords commerciaux, elles ont été récupérées via la base « Deep Trade Agreement ». Les données concernant le PIB ont été récupérées sur le site de la Banque Mondiale, celles sur la vulnérabilité au changement climatique proviennent de la FERDI, l'indice de démocratie des pays est donné par l'indice *Polity IV* construit par le CSP (Center for systemic Peace), enfin la variable ONG a été construite manuellement. Pour les variables PIB et l'indice de démocratie, nous avons les données sur les périodes 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015. Les variables vulnérabilité au changement climatique et la présence d'ONG ne varient pas dans le temps, les données sur la vulnérabilité des pays face au changement climatique correspondent à l'année 2018, nous supposons que cette vulnérabilité était identique en 2015. Finalement, la base contient 168 pays, 91 accords commerciaux plurilatéraux et 190 accords commerciaux bilatéraux. Il est important de noter que l'Union Européenne est considérée comme un unique pays. Les valeurs des covariables de l'Union Européenne correspondent à la moyenne de chaque valeur des pays membres de l'Union Européenne. Des statistiques descriptives (tableau 3 et tableau 4) peuvent être apportées afin d'illustrer plus en détail le contenu de la base. Pour les analyses descriptives qui suivent, elles sont réalisées sur la période 2015.

	PIB	Vulnérabilité au changement climatique	Indice de démocratie
Minimum	3.806e+07	39,84	-10
Médiane	2.050e+10	52,4	6
Moyenne	3.636e+11	53,58	3,269
Maximum	1.673e+13	69,7	10
NA	12	10	34

Tableau 3 : Statistiques descriptives sur l'ensemble de la base de données. Les données pour les variables PIB et indice de démocratie varient dans le temps. Les statistiques descriptives sont réalisées sur l'année 2015. La variable vulnérabilité au changement climatique est invariable.

Source : Réalisation personnelle

	ONG
0	114

Tableau 4 : Présence d'ONG environnementale dans les pays de la base, cette variable ne varie pas dans le temps.

Source : Réalisation personnelle

Le niveau de richesse des pays présents dans la base est assez élevé. Parmi les 168 pays, 114 n'abritent aucune des ONG environnementales prises en compte dans l'étude (Greenpeace, Sea Sheperd, WWF) ce qui représente 68% des pays, et 54 en abritent au moins une, ce qui représente 34% de notre échantillon. Concernant la vulnérabilité au changement climatique, bien que nous ayons 10 pays pour lesquels nous n'avons pas de données, nous observons qu'aucun pays n'est épargné par le risque climatique puisque la valeur minimum est supérieure à 0 (39.84). Par conséquent, tous les pays de notre échantillon observent une vulnérabilité plus ou moins élevée face au changement climatique. En moyenne, les pays de notre échantillon ont une vulnérabilité au changement climatique qui s'élève à 53.58. Nous pouvons apporter plus de précisions concernant cette variable en considérant trois niveaux de vulnérabilité :

- 1 - Une vulnérabilité faible lorsque le score VCC est compris dans l'intervalle [0 ;50] ;
- 2 - Une vulnérabilité moyenne lorsque le score VCC se situe dans l'intervalle]50 ;60[;
- 3 - Une vulnérabilité forte lorsque le VCC est supérieur ou égal à 60.

Les trois niveaux ont été choisis en se rapprochant des niveaux utilisés par Feindouno, Guillaumont et Simonet (2020). Les auteurs utilisent 6 niveaux de vulnérabilité qui ont été déterminés avec la technique K means qui sert à construire des clusters. Le tableau 5 montre que sur les 158 pays pour lesquels nous avons l'information, 54 sont peu vulnérables face au changement climatique¹⁷. Ces pays représentent 34% de notre échantillon. Ensuite, 30 pays sont moyennement vulnérables, autrement dit, leur score VCC est compris dans l'intervalle]50,60[. Ces pays représentent 42% de l'échantillon. Enfin, 37 pays ont une forte vulnérabilité face au changement climatique, autrement dit leur score VCC est supérieur à 60, ces pays représentent 23% de notre échantillon.

¹⁷ La liste des pays selon leur vulnérabilité au changement climatique est donnée en annexe 1.

Niveaux de vulnérabilité	Nombre de pays
Peu vulnérable	54
Moyennement vulnérable	30
Très vulnérable	37

*Tableau 5 : Répartition des pays selon leur vulnérabilité au changement climatique des pays
Source : Réalisation personnelle*

Concernant le régime politique des pays, 34 pays sont manquants. Pour rappel, l'indice de démocratie varie de -10 à +10, où -10 correspond aux pays très autocratiques et +10 aux pays très démocratiques. Il est possible de considérer plusieurs niveaux de démocratie en prenant comme valeurs charnières 5 et -5 puis 10 et -10¹⁸ :

- Lorsque l'indice de démocratie est égal à 10 le pays est très démocratique ;
- Lorsque l'indice de démocratie est égal à -10 le pays est très autocratique ;
- Lorsque l'indice de démocratie est compris dans l'intervalle] -10 ; -5] le pays est autocratique ;
- Lorsque l'indice de démocratie est compris dans l'intervalle] -5 ; 0[le pays est peu autocratique ;
- Lorsque l'indice de démocratie est compris dans l'intervalle [0 ; 5] le pays est peu démocratique ;
- Lorsque l'indice de démocratie est compris dans l'intervalle]5 ; 10[le pays est démocratique.

Le tableau 6 montre que peu de pays ont des indices situés aux extrémités (-10 ou 10), car seulement 4 pays sont très autocratiques (3% de l'échantillon) et 15 pays sont très démocratiques (11% de l'échantillon).

¹⁸ La liste des pays correspondant à chaque niveau d'indice de Démocratie est donnée en annexe 2.

Régime politique	Nombre de pays
Très autocratique	4
Très démocratique	15
Démocratique	53
Peu démocratique	29
Autocratique	17
peu autocratique	16

*Tableau 6 : Distribution des pays par régime politique
Source : Réalisation personnelle*

Parmi les pays ayant un indice de démocratie inférieur à 0, 16 sont peu autocratiques, et 17 sont autocratiques. Les pays peu autocratiques et autocratiques représentent donc 24.6% de notre échantillon. Concernant les pays pour lesquels l'indice de démocratie est supérieur à 0, 29 pays sont peu démocratiques, et 53 sont démocratiques. Les pays peu démocratiques et démocratiques représentent donc 61% de notre échantillon.

3.3. Mise en œuvre du modèle SAOM

3.3.1. Spécification du modèle

Le modèle SAOM présenté dans la section 2 est utilisé pour répondre à la problématique du mémoire. Dans ce modèle, nos variables dépendantes sont les six réseaux suivants :

1. Réseaux des accords commerciaux bilatéraux sans environnement;
2. Réseaux des accords commerciaux bilatéraux avec environnement peu contraignants;
3. Réseaux des accords bilatéraux avec environnement contraignants;
4. Réseaux des accords commerciaux plurilatéraux sans environnement;
5. Réseaux des accords commerciaux plurilatéraux avec environnement peu contraignants;
6. Réseaux des accords plurilatéraux avec environnement contraignants.

L'analyse est effectuée sur la période 1990-2015. Sur cette période, des données longitudinales de réseaux sont utilisées sur six vagues de temps espacées chacune de 5 ans. Les réseaux sont

construits pour les dates suivantes : 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 et 2015. Chacun des six réseaux dispose de six matrices de taille $P * N * T$. P correspond au nombre de pays présents dans l'étude (168). Pour les réseaux one-mode, N correspond au nombre de pays présents dans l'étude, donc 168. Pour les réseaux two-mode, N correspond au nombre d'accords plurilatéraux pris en compte dans l'étude qui s'élève à 91. Enfin, T correspond au nombre de vagues de temps de notre étude (6).

Dans le modèle qui est utilisé, les Etats choisissent entre former des liens via des accords bilatéraux ou former des liens via des accords plurilatéraux, contenant ou non la problématique environnementale, et dont les niveaux de contrainte varient. Les choix réalisés par les Etats dépendent de la structure du réseau, de leurs caractéristiques ainsi que de celles des autres. Ces éléments viennent affecter la probabilité de création ou de destruction des liens dans le réseau. Le modèle SAOM va permettre d'estimer l'importance, sur cette probabilité de changement, de chaque effet pris en compte via une fonction objectif. Pour chacun des réseaux une fonction objectif est donnée :

- Pour les réseaux bilatéraux :
 - $f_i^{B1}(B_1, \beta) = \sum_{k=1}^k \beta_k s_{ki}(B_1)$
 - $f_i^{B2}(B_2, \beta) = \sum_{k=1}^k \beta_k s_{ki}(B_2)$
 - $f_i^{B3}(B_3, \beta) = \sum_{k=1}^k \beta_k s_{ki}(B_3)$
- Pour les réseaux plurilatéraux :
 - $f_i^{P1}(P_1, \beta) = \sum_{k=1}^k \beta_k s_{ki}(P_1)$
 - $f_i^{P2}(P_2, \beta) = \sum_{k=1}^k \beta_k s_{ki}(P_2)$
 - $f_i^{P3}(P_3, \beta) = \sum_{k=1}^k \beta_k s_{ki}(P_3)$

Les lettres B et P indiquent si la fonction correspond à un réseau d'accords bilatéraux ou plurilatéraux, k correspond à un effet, et les indices $1, 2$ et 3 indiquent dans quel réseau on se trouve :

- 1 : Réseaux où les accords ne contiennent pas d'environnement ;
- 2 : Réseaux où les accords ne sont pas contraignants sur la problématique environnementale ;
- 3 : Réseaux où les accords sont contraignants sur la problématique environnementale.

Les différents réseaux considérés dans l'analyse sont présentés en Annexe 3 aux dates 1990 et 2015. Lorsque le SAOM a été présenté dans la partie précédente, nous avons montré qu'une des contraintes concernait le nombre de changements observés entre la date de début de l'analyse et la date de fin, ce nombre devait au moins être égal à 40. Or, pour le réseau des accords bilatéraux sans environnement, il s'avère que le nombre de changements effectués dans le réseau est égal à 3, ce qui est inférieur à 40. De fait, ce réseau ne sera pas inclus dans l'analyse, le réseau des accords plurilatéraux sans environnement est également exclu pour les mêmes raisons.

Le tableau 7 ci-dessous donne des éléments d'analyses descriptives des réseaux considérés. Il présente la densité du réseau, qui se définit comme le nombre total de liens présents dans le réseau, divisé par le nombre total de liens possibles. Celle-ci est assez faible pour l'ensemble de nos réseaux. Le fait que la densité soit aussi faible pourrait indiquer que beaucoup de pays présents dans les réseaux n'ont pas de liens avec les autres. Les graphiques donnés en Annexe 4 montrent effectivement que beaucoup de nœuds ont des degrés égaux à 0, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas de liens avec d'autres pays. Le fait de prendre en compte les accords plurilatéraux et bilatéraux dans une même analyse, avec des réseaux très spécifiques puisqu'ils représentent le niveau de contrainte d'un accord, implique que des pays ayant des liens dans un réseau n'auront pas forcément de liens dans d'autres réseaux. C'est pourquoi dans nos réseaux beaucoup de pays ont des degrés égaux à 0.

Temps	Réseaux des accords bilatéraux peu contraignants		Réseaux des accords bilatéraux contraignants		Réseaux des accords plurilatéraux peu contraignants		Réseau des accords plurilatéraux contraignants	
	Densité	Degré moyen	Densité	Degré moyen	Densité	Degré moyen	Densité	Degré moyen
1	0	0,036	0	0,036	0,003	0,274	0	0,018
2	0,001	0,155	0	0,06	0,005	0,464	0,003	0,286
3	0,002	0,357	0,001	0,179	0,007	0,649	0,005	0,452
4	0,004	0,607	0,002	0,381	0,008	0,768	0,007	0,631
5	0,006	0,952	0,004	0,69	0,012	1,119	0,01	0,869
6	0,008	1,345	0,005	0,881	0,015	1,321	0,011	0,976

Tableau 7 : Eléments descriptifs des réseaux. Le temps correspond aux 6 vagues de l'analyse
Source : Réalisation personnelle avec le package RSiena.

Concernant les données des covariables, les tableaux 8 et 9 ci-dessous montrent qu'il y a des données manquantes. Le modèle SAOM prend en compte ces données sans que les résultats de

l'analyse en soient affectés, du moment que le pourcentage de données manquantes ne dépasse pas les 10% (Ripley et al., 2021). Comme nous pouvons le constater, pour la variable DEMOCRATIE le pourcentage de données manquantes s'élève à 23.6%, l'inclusion de cette variable dans l'analyse risque alors de biaiser les résultats. Une des solutions serait de supprimer cette variable. Cependant, cela reste une variable importante à prendre en compte. Par conséquent, deux analyses seront proposées. La première prendra en compte la variable DEMOCRATIE, et la seconde ne la prendra pas en compte. Cela permettra de voir si les résultats changent beaucoup lorsque l'on enlève cette variable.

Variables	Nombre de données manquantes sur chaque période						Overall	Pourcentage
	1	2	3	4	5			
PIB	25	17	12	10	6	70	8,30%	
DEMOCRATIE	51	37	37	38	35	198	23,60%	

Tableau 8 : données manquantes sur chaque période
Source : Réalisé avec le package RSiena

	Manquant	part en%
VCC	10	6%
ONG	0	0%

Tableau 9 : données manquantes pour les variables qui ne varient pas dans le temps.
Source : Réalisé avec le package RSiena

3.3.2. Package RSiena : Problèmes rencontrés et stratégie de résolution

Afin d'estimer le modèle SAOM le package RSiena version 3.1.0 développé par Tom Snijders a été utilisé avec le logiciel R. Les estimations avec ce package se déroulent en trois phases. La phase 1 de l'estimation inverse les matrices dérivées, la phase 2 de l'estimation met à jour de manière itérative la valeur des paramètres que l'on cherche à estimer. Dans cette phase 2, les valeurs des paramètres sont cherchées en simulant la dynamique des réseaux de l'analyse, le but étant de minimiser les erreurs entre les valeurs estimées et les vraies valeurs, chaque simulation dans un réseau changeant la valeur de ces paramètres. La phase 3 prend les valeurs finales des paramètres obtenus à la fin de la phase 2. Cette dernière phase calcule les *Standards Errors* qui servent à calculer la significativité des paramètres. La minimisation des écarts entre les valeurs observées et les valeurs cibles est reflétée par le *overall maximum convergence ratio*, qui doit être inférieur à 0,25, et les *t-statistics* obtenus pour chaque paramètre estimé qui doivent être inférieurs à 0,1.

Ce package est en constante évolution au fur et à mesure que des problèmes sont observés par des utilisateurs. A ce titre, lors des premières estimations du modèle, plusieurs

problèmes sont apparus. Chacun d'entre eux étaient lié à la structure des réseaux utilisés dans l'analyse. Tous les réseaux de l'analyse sont disjoints, c'est-à-dire que les liens qui existent dans un réseau ne peuvent pas exister dans d'autres réseaux. De plus, les réseaux one – mode sont ascendants, c'est-à-dire que l'on n'observe que des créations de liens entre chaque vague de temps. Plusieurs tests ont été effectués pour essayer de résoudre les problèmes d'estimation engendrés par ces deux problèmes. Cependant, aucun test ne permettait de faire marcher l'analyse. Par conséquent, j'ai contacté monsieur Snijders afin de lui faire part des différents problèmes rencontrés pour qu'il puisse apporter d'éventuelles solutions. À la suite de l'analyse du script et des fichiers, Tom Snijders a suggéré une solution pour chacun des problèmes :

1. Réseaux disjoints : la solution consiste à désactiver la contrainte des réseaux disjoints, et de la simuler avec l'effet *crprod* qui permet initialement de voir si la création d'un lien dans un réseau conduit à la création d'un lien dans un autre réseau. Dans notre cas, cet effet est fixé avec une valeur fortement négative (-100) pour empêcher la création d'un lien qui ne devrait pas exister.
2. Réseaux ascendants : la solution consiste à désactiver l'effet *degree parameter* qui calcule le degré des nœuds du réseau.

Les deux problèmes rencontrés n'auraient pas dû avoir lieu car le package était censé prendre en compte les deux contraintes liées à nos réseaux, à savoir le fait qu'ils soient disjoints et le fait que les réseaux one – mode soient ascendants. De ce fait, le package RSiena a été mis à jour. La nouvelle version du package désactive automatiquement l'effet *degree parameter* lorsque nous utilisons des réseaux symétriques ascendants (on observe seulement la création des liens, ce qui est notre cas), mais également lorsqu'ils sont descendants (lorsqu'il y a seulement des destructions de liens dans le réseau). Le problème rencontré avec les réseaux disjoints est toujours en cours de résolution par Tom Snijders.

3.3.3. Les Effets inclus dans le modèle

Effets endogènes

- Jaccard similarity (J_{out}) : Cet effet mesure les effets triadiques (les amis de mes amis sont mes amis) en prenant en compte le degré des nœuds (somme des liens directs d'un nœud) du réseau. Sa formule mathématique est la suivante :

$$s_i^{net} = \sum_j x_{ij} J_{out}(i, j)$$

ou

$$J_{out}(i, j) = \frac{\sum_h x_{ih}x_{jh}}{x_{i+} + x_{j+} - \sum_h x_{ih}x_{jh}}$$

x_{i+} et x_{j+} correspondent aux degrés des nœuds i et j . Avec cet effet, nous testons l'hypothèse selon laquelle les pays avec le degré le plus élevé, et ayant des relations similaires dans un même réseau, auront tendance à signer des accords commerciaux entre eux. Cette hypothèse est illustrée par la figure 31. L'interprétation de son coefficient est la suivante : les acteurs ayant un degré élevé ont une probabilité plus élevée de créer des liens avec d'autres acteurs ayant des connexions similaires à eux. Cet effet est utilisé pour les réseaux one – mode (réseaux d'accords bilatéraux), car il existe un effet équivalent pour les réseaux two – mode (réseaux d'accords plurilatéraux).

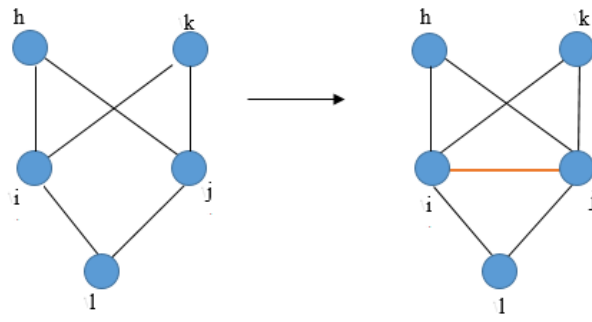


Figure 31 : illustration de l'effet Jout
Source : Réalisation personnelle

La figure ci-dessus représente un réseau dans lequel, dans un premier temps, les liens sont les suivants : $j - h$; $j - k$; $i - h$; $i - k$; $i - l$; $j - l$. Les acteurs i et j ont des liens similaires et des degrés plus élevés par rapport aux autres membres du réseau. Le fait que ces deux agents soient similaires sur les relations et disposent de degrés plus élevés conduit à la création d'un lien entre ces deux agents dans un deuxième temps.

- 4-cycle : Cet effet, utilisé pour les réseaux two – mode, capte le nombre de « four cycles » créés dans le réseau. L'hypothèse derrière cet effet est que, lorsque deux pays i et j ont déjà signé un accord plurilatéral, et que j a signé un autre accord plurilatéral avec d'autre pays, alors le pays i aura tendance à rejoindre cet accord. La figure 32 illustre cette hypothèse. Cet effet se mesure comme suit :

$$s_{ki}^{net}(x) = \frac{1}{4} \sum_{j,k,h \text{ all different}} x_{ij}x_{ik}x_{hj}x_{hk}$$

Son interprétation est la suivante : Si i et j appartiennent tous les deux à un même groupe (a) et que j est également affilié à un second groupe (b), alors i aura une grande probabilité d'appartenir à ce second groupe.

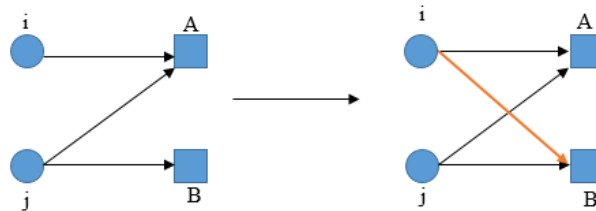


Figure 32 : Illustration de l'effet 4-cycle
Source : Réalisation personnelle

La figure ci-dessus représente un réseau two – mode avec deux agents i et j et deux accords plurilatéraux A et B. Dans un premier temps on observe que i et j ont un accord plurilatéral A en commun, mais j fait également partie d'un second accord plurilatéral B. La structure de ce réseau conduit l'agent i à rejoindre l'accord plurilatéral B.

Effets exogènes

- SimX (similarity) : Cet effet permet de voir si les individus partageant des caractéristiques similaires ont tendance à créer des liens entre eux. La similarité est testée par chacune des covariables dans les réseaux one – mode. Cet effet n'est pas utilisé pour les réseaux two – mode car les pays ne sont pas directement liés entre eux mais par l'intermédiaire d'un accord plurilatéral. Cet effet se mesure comme suit :

$$s_{ki}(x) = \sum_j x_{ij} (sim_{ij}^v - \widehat{sim}^v)$$

où

$$sim_{ij}^v = \frac{\Delta - |v_i - v_j|}{\Delta}$$

avec

$$\Delta = \max_{ij} |v_i - v_j|$$

L'interprétation de cet effet est la suivante : les acteurs ayant des valeurs V (covariables) similaires auront tendance à créer et maintenir des liens entre eux.

- SameX : Cet effet mesure la même chose que SimX mais pour les variables muettes. Cet effet est utilisé pour les réseaux one – mode.

$$s_{ki}(x) = \sum_j x_{ij} I\{v_i = v_j\}$$

et

$$I\{v_i = v_j\} = 1, \text{ sinon } I\{v_i = v_j\} = 0.$$

- EgoX : Cet effet permet de voir si le niveau des covariables v d'un acteur a des conséquences sur la création des liens dans le réseau. Cet effet se mesure ainsi :

$$s_{ki}(x) = \sum_j x_{ij} v_i$$

Son interprétation est la suivante : Les acteurs avec des valeurs V élevées ont tendance à avoir plus de liens que les autres. Cet effet est utilisé pour les réseaux two – mode, cet effet n'est pas utilisé pour les réseaux one – mode car il cause des problèmes de convergence.

Effets d'interdépendance

- JoutMix : Cet effet mesure la même chose que Jout mais en prenant en compte la structure d'un autre réseau. Autrement dit, on essaye de voir si le fait que deux pays ayant des degrés élevés, et des connexions similaires dans un réseau \mathbf{W} , amène à la création d'un lien entre ces deux pays dans le réseau \mathbf{X} . Cet effet se mesure ainsi :

$$s_{ki}^{net}(x) = \sum_j x_{ij} J_{W,out}(i,j)$$

ou

$$J_{W,out}(i,j) = \frac{\sum_h w_{ih} w_{jh}}{w_{i+} + w_{j+} - \sum_h w_{ih} w_{jh}}$$

w_{i+} et w_{j+} correspondent aux degrés des nœuds i et j dans le réseau \mathbf{W} . Nous avons donc deux réseaux \mathbf{X} et \mathbf{W} , nous souhaitons voir s'il existe une interdépendance entre les liens créés dans les deux réseaux. Les liens créés dans \mathbf{W} influencent-ils la création des liens dans le réseau \mathbf{X} ? L'hypothèse sous-jacente consiste à dire que lorsque deux pays, dans un des réseaux, partagent des relations similaires, et disposent d'un degré élevé, ils auront tendance à créer des liens entre eux dans le second réseau. Une illustration de cette hypothèse est donnée dans la figure 33. Son interprétation est la suivante : les acteurs ayant un degré élevé dans le réseau \mathbf{W} et des connexions similaires

dans ce même réseau auront une forte probabilité de créer un lien entre eux dans le réseau **X**. Cet effet est utilisé pour les interdépendances entre les réseaux one – mode, il n’était pas possible de l’utiliser pour les réseaux two – mode.

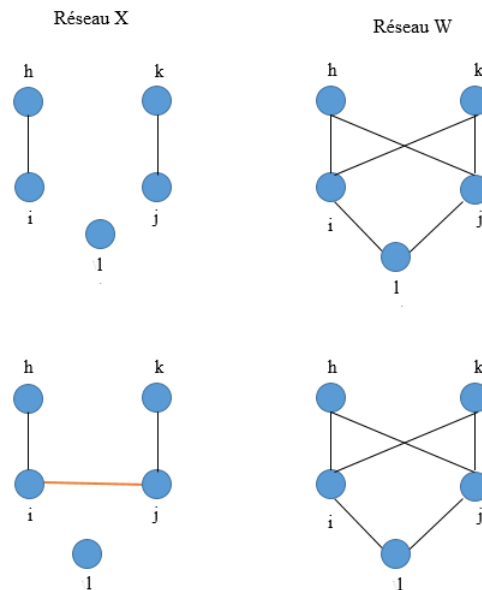


Figure 33 : Illustration de l'effet JoutMix, les relations similaires observées entre les nœuds *i* et *j* dans le réseau *W* conduisent ces deux acteurs à créer un lien entre eux dans le réseau *X* (ligne orange).

Source : Réalisation personnelle

Dans la figure 33 (ci-dessus) deux réseaux **X** et **W** sont représentés avec quatre acteurs *h*, *k*, *i*, *j*. Dans un premier temps, le réseau **X** est vide, autrement dit il n’y a aucun lien dans ce réseau. Dans le réseau **W** nous observons les liens suivants : *i* – *h* ; *i* – *k* ; *j* – *h* ; *j* – *k* ; *i* – *l* ; *j* – *l*. Dans le réseau **W**, *i* et *j* ont les degrés les plus élevés et des relations similaires. En raison des degrés des nœuds *i* et *j* et de leurs relations similaires dans le réseau **W**, ces deux acteurs ont créé un lien entre eux dans le réseau **X**.

- From : Cet effet est une mesure de l’interdépendance entre deux réseaux **X** et **W**. En quoi le fait que deux acteurs ayant des liens similaires dans le réseau **W** a un impact sur la création d’un lien entre ces deux acteurs dans le réseau **X** ? Cet effet est utilisé pour les interdépendances entre les réseaux two – mode et one – mode, il se calcule comme suit :

$$s_{ki}^{net}(x) = \sum_{j \neq h} x_{ij} w_{ih} w_{jh}$$

Avec cet effet, l’hypothèse est la suivante : les pays faisant partie du même accord plurilatéral auront tendance à signer entre eux des accords bilatéraux. Une illustration

de cette hypothèse est donnée par la figure 34. L'interprétation de cet effet est la suivante : les acteurs ayant des connexions similaires dans un réseau **W** auront une forte probabilité de créer des liens entre eux dans le réseau **X**. Cet effet est utilisé pour les interdépendances des réseaux two-mode vers one-mode, il n'est pas utilisé pour les autres interdépendances en raison d'un problème de convergence.

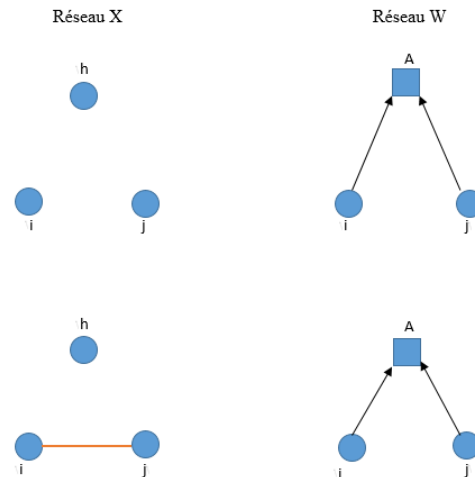


Figure 34 : Illustration de l'effet from
Source : Réalisation personnelle

La figure 34 représente deux réseaux, X, qui est un réseau one – mode, et W, qui est un réseau two – mode. Dans un premier temps, le réseau X est vide, autrement dit aucun acteur n'est lié. Dans le réseau W nous observons les liens suivants : i – A ; j – A. Le fait que i et j partagent un accord plurilatéral A dans le réseau W les a conduits à signer un accord bilatéral entre eux dans le réseau X.

- outActIntn : Cet effet capte l'effet exercé sur le réseau **X** des degrés des nœuds dans le réseau **W**. Cet effet se calcule ainsi :

$$s_{ki}^{net}(x) = \sum_j x_{ij}(w_{i+} - \bar{w})$$

\bar{w} Correspond au degré moyen de tous les agents du réseau **W**. Avec cet effet, l'hypothèse sous-jacente est la suivante : les pays ayant signé un nombre d'accords élevé dans un réseau seront susceptibles de signer un accord entre eux dans un autre réseau. Une illustration de cette hypothèse est proposée par la figure 35. Cet effet est utilisé pour les interdépendances suivantes : two - mode vers two - mode, one – mode vers two – mode.

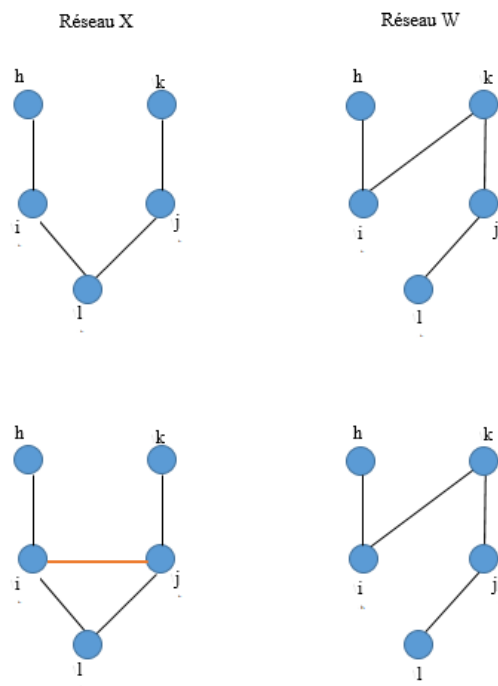


Figure 35 : Illustration de l'effet outActIntn
Source : Réalisation personnelle

La figure 35 représente deux réseaux X et W avec 5 acteurs h, i, j, k, l. Dans un premier temps, nous observons les liens suivants dans le réseau X : $i - h$; $i - l$; $j - k$; $j - l$. Dans le réseau W nous observons les liens suivants : $i - h$, $i - k$, $j - k$, $j - l$. Dans le réseau W i et j ont des degrés plus élevés que les autres acteurs, cette particularité les conduit, dans un second temps, à former un lien entre eux dans le réseau X.

3.3.4. Les résultats

Dans un premier temps, les résultats du modèle SAOM sont estimés en incluant la variable DEMOCRATIE même s'il manque 23% des données. Les résultats sont donnés par le tableau 10, les paramètres estimés permettent de mesurer l'importance des effets considérés sur les changements de liens observés dans les réseaux. Dans un second temps, les résultats du modèle estimé sans la variable DEMOCRATIE seront donnés par le tableau 11. Les résultats ont été estimés avec l'estimateur de la Méthode des Moments.

Résultats avec la variable DEMOCRATIE

Effets internes aux réseaux

Effets				
--------	--	--	--	--

	Accords bilatéraux peu contraignants		Accords bilatéraux contraignants		Accords plurilatéraux peu contraignants		Accords plurilatéraux contraignants	
	par.	(s.e.)	par.	(s.e.)	par.	(s.e.)	par.	(s.e.)
Transitivité one - mode	6,2799*	(1,5324)	13,6151***	(8,9127)				
similarité vulnérabilité	1,018***	(0,6474)	-0,0299	(0,8392)				
similarité ONG	0,2331	(0,2416)	0,3303	(0,3324)				
similarité PIB	-4,8647*	(0,8651)	0,0718	(1,3196)				
similarité DEMOCRATIE	1,23**	(0,59)	1,6364**	(0,8006)				
Transitivité two - mode					0,9395*	(0,2063)	4,1999***	(2,352)
Vulnérabilité (ego)					-0,0722**	(0,0299)	-0,1684**	(0,0715)
ONG (ego)					1,0561**	(0,4958)	2,6668***	(1,5894)
PIB (ego)					-0,1875	(0,203)	-0,0699	(0,4693)
DEMOCRATIE (ego)					0,1069**	(0,0365)	-0,1887***	(0,1038)
Effets d'interdépendances								
Accords Bilatéraux peu contraignants			4,1**	(1,6894)	-0,7736***	(0,4881)	-1,0021***	(0,7334)
Accords Bilatéraux contraignants	4,538*	(1,4709)			0,7037***	(0,6168)	1,9488***	(1,1606)
Accords Plurilatéraux peu contraignants	-2,9896***	(1,8118)	-1,7609	(1,9723)			-1,8969**	(0,7682)
Accords Plurilatéraux contraignants	0,9814**	(0,4531)	0,6611***	(0,546)	1,2954**	(0,5535)		

Overall maximum convergence ratio : 0,2408

Significatif au seuil de 10% : ***

Significatif au seuil de 5% : **

Significatif au seuil de 1% : *

Tableau 10 : Résultat des estimations avec la variables DEMOCRATIE

Source : Estimé avec le package RSiena

Premièrement, pour les réseaux d'accords bilatéraux, il s'agissait de voir si la structure d'un réseau avait un impact sur la création des liens dans ce même réseau. Pour ce faire, l'effet « Jout » (cet effet est défini dans la section 3.3.3) a été inclus dans l'analyse. Deuxièmement, il s'agit de voir si les hypothèses concernant les covariables PIB, ONG, DEMOCRATIE et la VCC sont vérifiées.

Concernant l'impact de la structure du réseau sur la dynamique interne des réseaux, on observe une tendance à la transivité entre des pays ayant déjà un nombre important d'accords signés. Autrement dit, les pays avec un degré élevé et qui ont des liens similaires ont tendance

à signer des accords commerciaux entre eux. Cet effet est plus significatif dans le réseau des accords peu contraignants, mais il est plus fort dans le réseau des accords contraignants. Ce résultat peut s'interpréter comme une diminution du coût, pour un pays qui a déjà signé un accord contraignant, de signer un autre accord contraignant avec un autre pays partageant une relation commune. Comme l'ont montré Jinnah et Lindsay (2016), une fois que les pays ont signé un accord avec des dispositions environnementales, ces mêmes dispositions seront dupliquées dans leurs accords futurs. De fait, si deux pays i et j partagent un accord avec un même pays k il est probable que les dispositions environnementales soient identiques entre les deux accords. Par conséquent, le contenu de l'accord signé entre les pays i et j sera probablement similaire aux accords qu'ils ont signés avec le pays k . Le coût de conformité à l'accord est donc beaucoup moins élevé.

Les résultats relatifs aux covariables d'acteurs divergent entre les deux réseaux d'accords bilatéraux. Dans le réseau des accords bilatéraux peu contraignants, la vulnérabilité au changement climatique impacte la dynamique de création des liens, mais elle n'impacte pas celle du réseau des accords bilatéraux contraignants. Ce résultat confirme les intuitions induites par l'hypothèse 1.a, puisqu'il montre que les pays similaires en matière de vulnérabilité au changement climatique signent des accords entre eux. Faisant face aux mêmes enjeux climatiques, les pays sont plus à même de prendre des mesures pertinentes pour répondre aux problématiques auxquelles ils font face.

Ensuite, la présence d'une ONG environnementale dans les deux pays signataires d'un accord bilatéral contraignant ou non contraignant n'a aucun impact significatif sur la création des liens dans les réseaux d'accords bilatéraux. Par conséquent on ne vérifie pas l'hypothèse 2.a.

Le poids économique des pays impacte seulement le réseau des accords bilatéraux peu contraignants. Le paramètre estimé est négatif, ce qui va à l'encontre de l'hypothèse 3.a qui induisait que les pays du Nord signent des accords entre eux, et les pays du sud signent des accords entre eux. Le résultat obtenu va dans le sens inverse de l'hypothèse, les accords signés dans le réseau des accords bilatéraux non contraignants sont des accords Nord Sud. Le tableau 12 permet de vérifier cette information puisqu'il montre que 57% des accords signés dans le réseau des accords bilatéraux non contraignants sont majoritairement Nord – Sud. Que ce soit pour les pays du Sud ou les pays du Nord, la signature d'un accord commercial permet d'avoir accès à de nouveaux marchés, ce qui semble étonnant, c'est que ces accords soient autant représentés dans le réseau des accords avec des mesures environnementales non contraignantes.

Il est possible que l'inclusion des dispositions environnementales dans les accords Nord – Sud soit le fruit d'un pouvoir de négociation plus fort des pays du Nord sur les pays du Sud sur le contenu de l'accord commercial. En échange d'un accès favorisé au marché, les pays du Sud acceptent d'inclure des normes environnementales (Berger et al., 2020). Bien que ces accords soient peu contraignants, les pays du Sud sont souvent réticents à l'inclusion des normes environnementales imposées par les pays du Nord car ils y voient l'apparition d'un protectionnisme vert déguisé (Berger et al., 2020), favorisant les produits des pays développés qui répondent aux exigences environnementales de l'accord, comparé aux produits des pays du Sud.

	NS	SS	NN
Accords	60	32	14
Part	57%	30%	13%

*Tableau 12 : Nombre d'accords signés entre les pays selon leur niveau de développement
Source : Réalisation personnelle*

Le régime politique, illustré par la variable DEMOCRATIE, impacte le dynamisme des deux réseaux de la même façon. Que ce soit dans le réseau des accords contraignants ou pas contraignants, les pays ont tendance à signer des accords avec des pays ayant des régimes politiques similaires, ce qui vérifie l'hypothèse 4.a. Autrement dit, les pays démocratiques auront tendance à signer des accords entre eux, mais ils auront moins tendance à signer des accords avec des pays autocratiques, et inversement pour les pays autocratiques. Les pays autocratiques et les pays démocratiques ne font pas face aux mêmes pressions, la pression de la population est plus grande dans les pays démocratiques que dans les pays autocratiques, cela encourage les pays démocratiques à signer des accords entre eux car cela facilite la mise en place de mesures environnementales. La signature des accords avec des pays au régime politique différent pourrait compliquer les négociations sur le contenu environnemental de l'accord, les pays autocratiques ne faisant pas de l'environnement une de leur priorité absolue, contrairement aux pays démocratiques, où la problématique environnementale est prise au sérieux. Par ailleurs, les pays démocratiques ont souvent des normes environnementales plus élevées que dans les pays autocratiques, il est donc plus facile pour eux de se conformer à un accord contenant des dispositions environnementales, qui se rapprocheront probablement des mesures nationales déjà en vigueur.

Concernant les réseaux d'accords plurilatéraux, les résultats sont quasiment identiques pour les deux réseaux, à l'exception près que le PIB n'a d'impact que sur le réseau des accords

plurilatéraux peu contraignants. Pour les deux réseaux, nous observons une tendance à la transitivité exprimée par l'effet « 4-cycle ». Cet effet est très fort pour le réseau des accords plurilatéraux contraignants. Ce résultat montre que le coût d'application d'un accord plurilatéral contraignant diminue lorsque le pays signe cet accord avec d'autres pays avec qui il partage déjà un accord plurilatéral contraignant. La vulnérabilité au changement climatique a un impact significatif dans les deux réseaux, cependant le coefficient est négatif. Ce résultat induit que ce sont les pays les moins vulnérables qui ont tendance à signer le plus d'accords commerciaux plurilatéraux, qu'ils soient contraignants ou non en matière environnementale, ce qui va à l'encontre de l'hypothèse 4.b. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que peu de pays de notre échantillon sont très vulnérables au changement climatique. La présence d'une ONG dans les pays signataires a également un impact sur la dynamique des deux réseaux, l'impact étant plus fort dans le réseau des accords plurilatéraux contraignants. Ce résultat indique que les pays abritant au moins une ONG environnementale ont tendance à signer plus d'accords contraignants par rapport aux autres, nous vérifions donc l'hypothèse 2.b. Ce résultat peut s'expliquer par la pression exercée par ces entités sur les décideurs politiques pour prendre en compte des mesures fortes sur l'environnement dans les accords commerciaux. Cependant, le signe du coefficient pour les réseaux d'accords plurilatéraux peu contraignants étant positif, ça ne permet pas de valider l'hypothèse 2.c selon laquelle les pays n'ayant pas d'ONG avaient plus tendance à signer des accords non contraignants.

Le poids économique des pays n'a pas d'impact significatif sur les réseaux d'accords plurilatéraux, par conséquent nous ne pouvons pas vérifier les hypothèses 3.b et 3.c.

Enfin, concernant le régime politique des pays, le signe du coefficient change en fonction du réseau observé. Concernant les accords plurilatéraux peu contraignants, il semble que les pays ayant un niveau de démocratie élevée ont tendance à signer des accords peu contraignants. A contrario, il semble que ce sont les pays ayant un faible indice de démocratie qui signent des accords commerciaux plurilatéraux contraignants. Ces résultats vont à l'encontre des hypothèses 1.b et 1.c. Ces résultats sont étonnants, surtout concernant l'hypothèse 1.b, car il paraissait logique que les pays très démocratiques soient plus enclins à signer des accords contraignants, en ce sens qu'ils sont souvent plus soucieux des questions environnementales. Toutefois, comme ces pays ont déjà mis en place des mesures environnementales exigeantes, il est possible qu'ils ne voient pas l'intérêt de signer des accords plurilatéraux contraignants. Malgré tout, si on regarde les pays présents dans le réseau des accords contraignants, on s'aperçoit que 60 pays ont un indice de démocratie supérieur à 0,

c'est-à-dire qu'ils sont peu démocratiques, démocratiques ou très démocratiques. Puis, 27 pays ont un indice de démocratie inférieur à 0, c'est-à-dire qu'ils sont peu autocratiques, autocratiques ou très autocratiques. Par ailleurs, la moyenne des indices de démocratie se trouve autour de 2. Il est donc possible que les accords plurilatéraux soient signés par des pays devenant de plus en plus démocratiques, souhaitant prendre en compte plus sérieusement la problématique environnementale. De plus, la signature d'un accord plurilatéral permet de partager les efforts à réaliser sur les normes environnementales, le coût de conformité à l'accord peut donc être moins élevé pour ces pays.

Effets d'interdépendances

On observe un impact significatif de l'incidence du réseau des accords bilatéraux peu contraignants sur la dynamique du réseau des accords bilatéraux contraignants. Le coefficient positif indique que, lorsque deux pays ont des relations similaires dans le réseau des accords peu contraignants, et qu'ils ont des degrés élevés, cela conduit à la signature d'un accord dans le réseau des accords bilatéraux contraignants entre ces deux pays. Concernant l'impact des réseaux des accords bilatéraux peu contraignants sur les accords plurilatéraux contraignants et non contraignants, l'effet utilisé permet de voir si les pays ayant signé beaucoup d'accords bilatéraux ont davantage tendance à signer des accords plurilatéraux (contraignants ou non contraignants). Le coefficient négatif, que ce soit pour les accords plurilatéraux contraignants ou pas contraignants, indique que ce sont les pays pour lesquels le nombre d'accords bilatéraux peu contraignants signés est plus faible qui auront tendance à signer des accords plurilatéraux, qu'ils soient contraignants ou non. Il est possible que les accords plurilatéraux soient surtout signés par des petits Etats comme le Liechtenstein, Antigua et Barbuda, et bien d'autres, qui ont plus intérêt à signer ce type d'accord plutôt que des accords bilatéraux. La signature d'un accord multilatéral facilite les négociations pour ces pays et permet de mieux faire valoir leurs intérêts, comparé à la signature d'un accord bilatéral avec des pays imposants comme les USA, ou l'Union Européenne.

L'impact du réseau des accords bilatéraux contraignants sur le réseau des accords bilatéraux peu contraignants est positif. Le résultat montre que les pays qui signent beaucoup d'accords bilatéraux contraignants, et qui ont des relations similaires dans le réseau des accords bilatéraux contraignants, sont susceptibles de signer des accords bilatéraux peu contraignants entre eux. Enfin, sur les accords plurilatéraux, on observe un impact positif des réseaux d'accords bilatéraux contraignants, que ce soit pour le réseau des accords plurilatéraux contraignants ou non. Autrement dit, les pays ayant signé beaucoup d'accords bilatéraux

contraignants auront tendance à signer, par la suite, des accords plurilatéraux, qu'ils soient contraignants ou non. Cet effet est plus fort pour le réseau des accords plurilatéraux contraignants, cela pourrait s'expliquer par le fait que d'avoir déjà signé plusieurs accords bilatéraux contraignants diminue le coût d'entrée dans un accord plurilatéral contraignant, puisque les mesures environnementales permettant de respecter les premiers accords ont déjà été prises.

Concernant l'impact du réseau des accords plurilatéraux peu contraignants sur les réseaux des accords bilatéraux, les signes négatifs indiquent que la signature d'un accord plurilatéral peu contraignant n'entraîne pas la création d'un lien dans le réseau des accords bilatéraux, que l'on soit dans les réseaux d'accords bilatéraux peu contraignants ou très contraignants. L'impact du réseau d'accords plurilatéraux peu contraignants sur le réseau des accords plurilatéraux contraignants est négatif. Cela montre que ce sont les pays ayant peu d'accords plurilatéraux peu contraignants qui signeront entre eux des accords commerciaux plurilatéraux contraignants. A contrario, le fait d'avoir signé un grand nombre d'accords plurilatéraux contraignants impacte positivement le réseau des accords plurilatéraux peu contraignants. Le résultat montre que les pays ayant signé beaucoup d'accords plurilatéraux contraignants seront susceptibles de signer des accords plurilatéraux peu contraignants entre eux. Enfin, le fait que deux pays aient signé un accord plurilatéral contraignant commun peut les conduire à signer par la suite un accord bilatéral, qu'il soit contraignant ou non contraignant.

Résultats sans l'indice de démocratie

Effets	Accords bilatéraux peu contraignants		Accords bilatéraux contraignants		Accords plurilatéraux peu contraignants		Accords plurilatéraux contraignants	
	par.	(s.e.)	par.	(s.e.)	par.	(s.e.)	par.	(s.e.)
Transitivité one - mode	6,364*	(1,4546)	13,7845***	(9,212)	-	-	-	-
Similarité vulnérabilité	1,0244***	(0,6588)	0,026	(0,8734)	-	-	-	-
Similarité ONG	0,2776***	(0,2326)	0,3981***	(0,3272)	-	-	-	-
Similarité PIB	-4,7808*	(0,8565)	0,2284	(1,3514)	-	-	-	-
Transitivité two - mode	-	-	-	-	0,9586*	(0,22)	4,5924***	(2,6817)
Vulnérabilité (ego)	-	-	-	-	-0,0865**	(0,0338)	-0,14**	(0,065)
ONG (ego)	-	-	-	-	1,2865**	(0,5321)	2,122***	(1,2218)
PIB (ego)	-	-	-	-	-0,1915	(0,199)	-0,0571	(0,4565)
Effets d'interdépendances								
Accords Bilatéraux peu contraignants	-	-	4,1245**	(1,7288)	-0,8208***	(0,4819)	-0,9339***	(0,7948)
Accords Bilatéraux contraignants	4,5975**	(1,4855)	-	-	0,9643***	(0,6011)	1,5055***	(1,2351)
Accords Plurilatéraux peu contraignants	-3,1368***	(2,0071)	-1,789	(1,8807)	-	-	-2,2988**	(0,8825)
Accords Plurilatéraux contraignants	1,0342**	(0,4469)	0,7156***	(0,5579)	1,1904**	(0,5009)	-	-

Overall maximum convergence ratio : 0,2463

Significatif au seuil de 10% : ***

Significatif au seuil de 5% : **

Significatif au seuil de 1% : *

Tableau 11 : Résultat des estimations sans la variable DEMOCRATIE

Source : Estimé avec le package RSiena

Il s'agit ici de voir si le fait d'enlever de l'analyse la variable DEMOCRATIE change les résultats des estimations, cette variable est supprimée, car le nombre de données manquantes dépasse les 10%. Les résultats sont donnés dans le tableau 11. Le fait d'avoir enlevé cette variable ne modifie pas grandement les résultats. Seul l'effet de similarité par rapport à la présence d'une ONG dans les pays devient significatif, alors qu'il ne l'était pas avant d'enlever la variable DEMOCRATIE. Ces nouveaux résultats indiquent que la présence d'une ONG impacte la dynamique des deux réseaux d'accords bilatéraux, qu'ils soient ou non contraignants. Dans les deux réseaux, les pays ayant au moins une ONG environnementale signent des accords entre eux, et ceux qui n'ont pas d'ONG environnementale signent

également des accords entre eux. Ces résultats vérifient l'hypothèse 2.a stipulant que deux pays avec une ONG signent des accords commerciaux ensemble, et ceux qui n'abritent pas d'ONG signent des accords ensemble. Il est plus facile pour deux Etats abritant des ONG de signer un accord ensemble car ils font face aux mêmes types de pression sur les normes environnementales. La signature d'un accord entre un pays abritant une ONG et un pays qui n'en abrite pas rendrait les négociations plus difficiles sur le contenu environnemental de l'accord, le pays sans ONG ne souhaitant pas forcément être soumis à des normes environnementales. Les autres résultats restent identiques à ceux obtenus avec les estimations précédentes, il n'y a donc aucun changement en matière d'interprétation. Le tableau 13 recense les hypothèses testées avec le modèle et montre si elles ont été vérifiées ou non par nos analyses, il s'agit de synthétiser les résultats obtenus.

Hypothèses	Intitulé	Accords non contraignants	Accords contraignants
2.a (accords bilatéraux)	Deux pays signeront un accord si les deux abritent une ONG, ou si les deux n'abritent pas d'ONG.	Vérifié	Vérifié
2.b (accords plurilatéraux)	Les pays avec une ONG signeront des accords plurilatéraux contraignants.	-	Vérifié
2.c (accords plurilatéraux)	Les pays sans ONG signeront des accords plurilatéraux non contraignants.	Résultat inverse	-
3.a (accords bilatéraux)	Les pays avec un niveau de PIB signeront des accords entre eux.	Résultat inverse	Paramètre non significatif
3.b (accords plurilatéraux)	Les pays avec un niveau de PIB élevé signeront des accords plurilatéraux contraignants.	-	Paramètre non significatif
3.c (accords plurilatéraux)	Les pays avec un niveau de PIB faible signeront des accords plurilatéraux non contraignants.	Paramètre non significatif	-
4.a (accords bilatéraux)	Les pays avec un niveau de VCC similaires signeront des accords entre eux.	Vérifié	Paramètre non significatif
4.b (accords plurilatéraux)	Les pays avec un niveau de VCC élevé signeront des accords plurilatéraux contraignants.	-	Résultat inverse
4.c (accords plurilatéraux)	Les pays avec un niveau de VCC faible signeront des accords plurilatéraux non contraignants.	Vérifié	-

*Tableau 13 : Synthèse des hypothèses testées et de leurs résultats
Source : Réalisation personnelle.*

Bien que le fait d'enlever la variable DEMOCRATIE modifie peu les résultats initiaux, il est préférable de prendre en compte ces seconds résultats. Une des limites à notre analyse est qu'il est parfois difficile de déterminer le rôle exact des covariables sur la signature d'un accord contraignant ou non contraignant, ce qui rend difficile une interprétation rigoureuse des résultats obtenus.

3.4. Conclusion

Cette troisième partie a porté sur l'analyse des niveaux de contrainte des accords commerciaux. Dans un premier temps, on a montré que les accords commerciaux ont tendance à devenir de plus en plus contraignants au fil du temps. Dans un second temps, on a cherché à comprendre ce qui incitait deux États à signer entre eux des accords commerciaux contraignants ou non contraignants en matière d'environnement.

Plusieurs résultats ont été présentés. Les premiers prenaient en compte la variable DEMOCRATIE. Les seconds résultats correspondaient à ce que l'on obtenait en supprimant de l'analyse la variable DEMOCRATIE. Bien que seuls deux résultats aient été modifiés à la suite de la suppression de cette variable, il est préférable de prendre en compte ce qui est obtenu dans cette deuxième analyse.

Les résultats ont montré que les pays signent des accords bilatéraux avec des pays ayant des caractéristiques similaires notamment pour les variables ONG et la vulnérabilité au changement climatique. Par ailleurs, contrairement à ce qui était supposé, les pays avec des niveaux de richesse différents ont plus tendance à signer des accords entre eux qu'avec des pays ayant des niveaux de richesse similaires. Pour les réseaux d'accords plurilatéraux, les résultats ont montré que les pays les moins vulnérables au changement climatique avaient tendance à signer des accords qu'ils soient contraignants ou pas contraignants en matière environnementale, ce qui allait à l'encontre de l'hypothèse 4.b, selon laquelle les pays avec un fort niveau de vulnérabilité signaient plus d'accords plurilatéraux contraignants que les autres pays.

Concernant les interdépendances entre les réseaux, les résultats ont montré que les réseaux exerçaient une influence sur la création des liens dans les autres réseaux, à l'exception des réseaux d'accords plurilatéraux peu contraignants sur les réseaux d'accords bilatéraux contraignants. Notamment, les résultats montrent qu'une fois que les pays ont signé un accord plurilatéral non contraignant, ils ne signeront plus d'accords bilatéraux, quel que soit le niveau de contrainte environnementale de ces accords. A contrario, les pays ayant signé des accords

plurilatéraux contraignants auront tendance à signer par la suite des accords bilatéraux, peu importe leur niveau de contrainte.

Dans le but d'améliorer les résultats il pourrait être utile de revoir la construction de la variable ONG. Dans l'étude proposée ici, cette variable prend la valeur 1 si le pays abrite au moins une ONG environnementale entre Sea Sheperd, Greenpeace ou WWF, elle prend la valeur 0 sinon. Or, pour certains pays, ces ONG ne sont pas présentes, mais d'autres ONG environnementales le sont, même si elles sont moins connues. Au Japon, par exemple, les trois ONG considérées dans l'étude ne sont pas présentes sur le territoire, cependant l'ONG Friend of the Earth est très active sur le territoire japonais et pourrait avoir une incidence sur les décisions politiques.

Par ailleurs, le choix de supprimer la variable DEMOCRATIE du modèle a été fait pour tenir compte des contraintes sur les données manquantes. Or, cette variable est une donnée importante, car il est acté dans la littérature que le régime politique des pays joue un rôle important dans la présence de l'environnement dans les accords commerciaux (Morin et al., 2018). De fait, il semble que supprimer cette variable du modèle ne soit pas la bonne solution pour contrer la problématique des données manquantes. Il serait plus judicieux de recommencer cette analyse en supprimant les pays pour lesquels l'information est manquante, même si cela suppose de perdre un certain nombre d'accords commerciaux dans l'étude. Cependant, une des contraintes du modèle, c'est que pour chacun des réseaux, entre la date de départ et la date de fin, nous devons observer au moins 40 changements. Il est donc nécessaire de s'assurer que leur suppression permet toujours de vérifier la condition imposée par le modèle SAOM.

Pour terminer, dans les réseaux d'accords bilatéraux, l'analyse se concentre sur la similarité entre les pays signataires. Or, il aurait été intéressant d'inclure également l'effet egoX afin de voir quels types de pays auraient été plus susceptibles de signer tel ou tel accord commercial. Cependant, l'inclusion de cet effet dans l'analyse faisait diverger le modèle, c'est pourquoi cet effet n'apparaît pas dans les résultats présentés dans le mémoire.

4. Conclusion

Ce mémoire avait vocation à déterminer qu'elles sont les raisons pour lesquelles deux Etats choisissent de signer un accord commercial dans lequel la problématique environnementale est contraignante ou non contraignante. Pour ce faire, le modèle SAOM a été utilisé. Plusieurs réseaux ont été construits et analysés : des réseaux d'accords bilatéraux non contraignants et contraignants en matière d'environnement, et des réseaux d'accords commerciaux plurilatéraux non contraignants et contraignants. La notion de contrainte indique que les pays qui ne respectent pas ce qui est prévu par une disposition environnementale risquent de faire l'objet d'un règlement des différends avec la seconde partie de l'accord (dans le cadre d'un accord bilatéral), ou par une ou plusieurs autres parties de l'accord (dans le cadre des accords plurilatéraux).

L'utilisation des réseaux induit que l'inclusion des dispositions environnementales, contraignantes ou non contraignantes, n'est pas seulement due à la volonté des Etats de les introduire mais aussi à l'influence exercée par les relations qu'ils entretiennent avec les autres États. La signature d'un accord commercial, qu'il soit contraignant ou non contraignant, entre deux pays, peut être influencée par les relations que ces deux pays entretiennent avec les autres pays du réseau. Le fait d'avoir des relations communes, ce que mesure la transitivité, ou le fait d'avoir déjà signé beaucoup d'accords, peut influencer la signature d'un accord commercial contraignant ou non contraignant. Par ailleurs, le modèle utilisé dans l'étude permet d'aller plus loin en regardant comment la structure d'un réseau d'accord commercial influence la dynamique d'un autre réseau d'accord commercial.

Les grandes conclusions que nous pouvons tirer de ce travail sont les suivantes. Premièrement, c'est que lorsque les États ont déjà signé plusieurs accords contraignants, que ce soit des accords bilatéraux ou plurilatéraux, ils seront plus enclins à en signer d'autres dans le futur. Cela signifie que lorsque les pays ont signé plusieurs accords contraignants, il leur est plus facile de se conformer à d'autres accords contraignants, car les efforts en matière de réglementation environnementale ont déjà été faits pour répondre aux exigences des accords précédents. Il est donc probable que ces accords contraignants deviennent de plus en plus populaires. On obtient un résultat similaire sur les accords commerciaux non contraignants, par conséquent, il n'est pas possible de dire si les accords contraignants ont tendance à devenir plus populaires que les accords non contraignants. Deuxièmement, les résultats obtenus par rapport aux rôles des covariables montrent que les pays ayant des caractéristiques similaires, en matière de vulnérabilité au changement climatique, ont tendance à signer des accords bilatéraux non

contraignants entre eux. Faisant face aux mêmes enjeux, il est plus facile pour deux pays similaires de se coordonner sur les mesures environnementales à appliquer. Enfin, les accords commerciaux bilatéraux non contraignants sont représentés par des couples de pays Nord – Sud. L’inclusion des dispositions environnementales dans les accords Nord – Sud peut résulter d’un pouvoir d’influence élevé des pays du Nord sur les pays du Sud concernant le contenu de l’accord.

Le travail de recherche proposé permet d’apporter quelques éléments de réponse sur les prises de décision des Etats par rapport à la signature d’un accord commercial contraignant ou non contraignant en matière d’environnement. Cependant, il est difficile de distinguer si la structure du réseau et les covariables impactent la signature de l’accord en lui-même, l’inclusion de l’environnement ou l’inclusion de contraintes. Par exemple, les résultats d’interdépendances entre le réseau des accords plurilatéraux contraignants, et le réseau des accords plurilatéraux non contraignants, montrent que les pays qui ont signé beaucoup d’accords contraignants signeront dans le futur des accords non contraignants. Mais pourquoi choisir de revenir sur des accords non contraignants ? Comment interpréter ce résultat ? La signature de ces accords est-elle vraiment due au niveau de contrainte environnementale ? Les raisons pour lesquelles les États signent un accord commercial ne sont pas liées à la contrainte de celui-ci en matière d’environnement, mais elles sont liées aux avantages commerciaux que l’accord peut leur apporter. Par conséquent, les résultats que nous obtenons sont biaisés parce que nous captions une autre information qui n’est pas liée au contenu environnemental de l’accord commercial. Une ouverture possible à cette recherche est de travailler avec des réseaux emboîtés, cette méthode utilisée par Elmer et al., (2017) sur un autre sujet, implique que la signature d’un accord commercial contraignant se fait en plusieurs étapes. La première étape consiste à signer un accord commercial, quel que soit le contenu environnemental de l’accord, et quel que soit son niveau de contrainte. La seconde étape, consiste à décider de l’inclusion de dispositions environnementales dans l’accord. La troisième étape consiste à déterminer le niveau de contrainte environnementale de l’accord. Ainsi, la création d’un lien à la troisième étape suppose que ce lien existe déjà aux deux premières étapes. Les trois étapes indiquent la présence de trois réseaux différents :

1. Un réseau avec tous les accords,
2. Un second réseau avec les accords contenant des dispositions environnementales,
3. Un troisième réseau avec des accords contraignants.

Le second réseau et le troisième réseau étant des sous – ensembles du premier réseau (figure 36). Cette restructuration semble plus logique que ce qui est proposé dans le mémoire, ou nous partons du principe que, de fait, il y a de l’environnement dans les accords commerciaux, autrement dit il n’y a pas d’étape intermédiaire dans la décision de faire un accord et l’inclusion des dispositions environnementales. Au contraire, les réseaux emboîtés supposent plusieurs étapes entre la création d’un accord et l’inclusion de dispositions environnementales contraignantes. Dans un premier temps, les pays décident de créer un accord commercial, dans un second temps, ils décident du contenu environnemental de l’accord, et dans un troisième temps, ils décident du niveau de contrainte des dispositions environnementales.



Figure 36 : Illustration graphique de la méthode des réseaux emboîtés
Source : Réalisation personnelle

Bibliographie

- BALA, Venkatesh et GOYAL, Sanjeev. A noncooperative model of network formation. *Econometrica*, 2000, vol. 68, no 5, p. 1181-1229.
- BALDWIN, Richard et JAIMOVICH, Dany. Are free trade agreements contagious?. *Journal of international Economics*, 2012, vol. 88, no 1, p. 1-16.
- BALLESTER, Coralio, ZENOU, Yves, et CALVÓ-ARMENGOL, Antoni. Delinquent networks. *Journal of the European Economic Association*, 2010, vol. 8, no 1, p. 34-61.
- BARABÁSI, Albert-László et ALBERT, Réka. Emergence of scaling in random networks. *science*, 1999, vol. 286, no 5439, p. 509-512.
- BARTHÉLEMY, Marc. Spatial networks. *Physics Reports*, 2011, vol. 499, no 1-3, p. 1-101.
- BERGER, Axel, BRANDI, Clara, MORIN, Jean-Frederic, *et al.* The Trade Effects of Environmental Provisions in Preferential Trade Agreements. In : *International Trade, Investment, and the Sustainable Development Goals: World Trade Forum*. Cambridge University Press Cambridge, 2020.
- BERNAUER, Thomas et NGUYEN, Quynh. Free trade and/or environmental protection?. *Global Environmental Politics*, 2015, vol. 15, no 4, p. 105-129.
- BHAGWATI, Jagdish N. Third world intellectuals and NGOs statement against linkage. 1999.
- BRACK, Duncan (ed.). *Trade and environment: conflict or compatibility*. Routledge, 2013.
- BRANDI, Clara, SCHWAB, Jakob, BERGER, Axel, *et al.* Do environmental provisions in trade agreements make exports from developing countries greener?. *World Development*, 2020, vol. 129, p. 104899.
- BUITENZORGY, Meilanie et MOL, Arthur PJ. Does democracy lead to a better environment? Deforestation and the democratic transition peak. *Environmental and Resource Economics*, 2011, vol. 48, no 1, p. 59-70.
- CAVENDISH, William. Empirical regularities in the poverty-environment relationship of rural households: Evidence from Zimbabwe. *World development*, 2000, vol. 28, no 11, p. 1979-2003.
- CALVÓ-ARMENGOL, Antoni et ZENOU, Yves. Social networks and crime decisions: The role of social structure in facilitating delinquent behavior. *International Economic Review*, 2004, vol. 45, no 3, p. 939-958.
- COPELAND, Brian R. et TAYLOR, M. Scott. *Trade and the Environment*. Princeton university press, 2013.
- DEBLOCK, Christian. Accords commerciaux: entre coopération et compétition. *Politique étrangère*, 2012, no 4, p. 819-831.

ELMER, Timon, BODA, Zsófia, et STADTFELD, Christoph. The co-evolution of emotional well-being with weak and strong friendship ties. *Network Science*, 2017, vol. 5, no 3, p. 278-307.

ESTY, Daniel C. Bridging the trade-environment divide. *Journal of Economic Perspectives*, 2001, vol. 15, no 3, p. 113-130.

FARZIN, Y. Hossein et BOND, Craig A. Democracy and environmental quality. *Journal of Development Economics*, 2006, vol. 81, no 1, p. 213-235.

FEINDOUNO, Sosso, GUILLAUMONT, Patrick, et SIMONET, Catherine. The physical vulnerability to climate change index: An index to be used for international policy. *Ecological Economics*, 2020, vol. 176, p. 106752.

FONTAGNE, Lionel, ROCHA, Nadia, RUTA, Michele, et al. A General Equilibrium Assessment of the Economic Impact of Deep Trade Agreements. The World Bank, 2021.

GALLAGHER, Kevin. *Free trade and the environment: Mexico, NAFTA, and beyond*. Stanford University Press, 2004.

GANG, Yan, TAO, Zhou, JIE, Wang, et al. Epidemic spread in weighted scale-free networks. *Chinese Physics Letters*, 2005, vol. 22, no 2, p. 510.

GUIVARCH, Céline et TACONET, Nicolas. Inégalités mondiales et changement climatique. *Revue de l'OFCE*, 2020, vol. 165, no 1, p. 35-70.

KLOVDAHL, Alden S. Social networks and the spread of infectious diseases: the AIDS example. *Social science & medicine*, 1985, vol. 21, no 11, p. 1203-1216.

HAFNER-BURTON, Emilie M. Trading human rights: How preferential trade agreements influence government repression. International Organization, 2005, vol. 59, no 3, p. 593-629.

HAMMER, Muriel. Social access and the clustering of personal connections. *Social Networks*, 1980, vol. 2, no 4, p. 305-325.

HOFMANN, Claudia, OSNAGO, Alberto, et RUTA, Michele. Horizontal depth: a new database on the content of preferential trade agreements. The World Bank, 2017.

HOFMANN, Claudia, OSNAGO, Alberto, et RUTA, Michele. The content of preferential trade agreements. *World Trade Review*, 2019, vol. 18, no 3, p. 365-398.

HORN, Henrik, MAVROIDIS, Petros C., et SAPIR, André. Beyond the WTO? An anatomy of EU and US preferential trade agreements. *The World Economy*, 2010, vol. 33, no 11, p. 1565-1588.

HTWE, Nyi Nyi, LIM, Seunghoo, et KAKINAKA, Makoto. The coevolution of trade agreements and investment treaties: Some evidence from network analysis. *Social Networks*, 2020, vol. 61, p. 34-52.

HUMMON, Norman P. Utility and dynamic social networks. *Social networks*, 2000, vol. 22, no 3, p. 221-249.

HUYSMANS, Martijn et CURZI, Daniele. The impact of protecting EU Geographical Indications in trade agreements. 2020.

JACCARD, Paul. Contribution au problème de l'immigration post – glaciaire de la flore alpine. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 1900, vol 37, p.547-579.

JACKSON, Matthew O. et ROGERS, Brian W. Meeting strangers and friends of friends: How random are social networks?. *American Economic Review*, 2007, vol. 97, no 3, p. 890-915.

JACKSON, Matthew O. *Social and economic networks*. Princeton university press, 2010.

JAYADEVAPPA, Ravishankar et CHHATRE, Sumedha. International trade and environmental quality: a survey. *Ecological Economics*, 2000, vol. 32, no 2, p. 175-194.

JINNAH, Sikina et LINDSAY, Abby. Diffusion through issue linkage: Environmental norms in US trade agreements. *Global Environmental Politics*, 2016, vol. 16, no 3, p. 41-61.

KLEIMANN, David. Beyond market access?: The anatomy of ASEAN's preferential trade agreements. *Journal of World Trade*, 2014, vol. 48, no 3.

KLOVDAHL, Alden S. Social networks and the spread of infectious diseases: the AIDS example. *Social science & medicine*, 1985, vol. 21, no 11, p. 1203-1216.

KOHL, Tristan, BRAKMAN, Steven, et GARRETSEN, Harry. Do trade agreements stimulate international trade differently? Evidence from 296 trade agreements. *The World Economy*, 2016, vol. 39, no 1, p. 97-131.

KRUGMAN, P. R. La mondialisation n'est pas coupable: vertus et limites du libre échange. Vol. 81, *Découverte*. 2000.

LAGET, Edith, OSNAGO, Alberto, ROCHA, Nadia, et al. Deep trade agreements and global value chains. The World Bank, 2018.

LECHNER, Lisa. Good for some, bad for others: US investors and non-trade issues in preferential trade agreements. *The Review of International Organizations*, 2018, vol. 13, no 2, p. 163-187.

LEE, Trevor R. The resilience of social networks to changes in mobility and propinquity. *Social Networks*, 1980, vol. 2, no 4, p. 423-435.

LEE, Lung-Fei, LIU, Xiaodong, PATACCHINI, Eleonora, et al. Criminal networks: Who is the key player?. 2012.

LEVENTHAL, Gabriel E., HILL, Alison L., NOWAK, Martin A., et al. Evolution and emergence of infectious diseases in theoretical and real-world networks. *Nature communications*, 2015, vol. 6, no 1, p. 1-11.

MANGER, Mark S. Investing in protection: The politics of preferential trade agreements between north and south. Cambridge University Press, 2009.

MANSFIELD, Edward D., MILNER, Helen V., et ROSENDORFF, B. Peter. Replication, realism, and robustness: Analyzing political regimes and international trade. *American Political Science Review*, 2002, p. 167-169.

MATTOO, Aaditya, MULABDIC, Alen, et RUTA, Michele. Trade creation and trade diversion in deep agreements. The World Bank, 2017.

MATTOO, Aaditya, ROCHA, Nadia, RUTA, Michele, et al. The Evolution of Deep Trade Agreements. World Bank Group, Development Research Group, East Asia and the Pacific Region, Office of the Chief Economist, Macroeconomics, Trade and Investment Global Practice, 2020.

MILEWICZ, Karolina, HOLLWAY, James, PEACOCK, Claire, *et al.* Beyond trade: The expanding scope of the nontrade agenda in trade agreements. *Journal of Conflict Resolution*, 2018, vol. 62, no 4, p. 743-773.

MINHAS, Shahryar, HOFF, Peter D., et WARD, Michael D. Influence networks in international relations. arXiv preprint arXiv:1706.09072, 2017.

MOLINA, Chai et STONE, Lewi. Modelling the spread of diseases in clustered networks. *Journal of theoretical biology*, 2012, vol. 315, p. 110-118.

MON, Yi Yi, LIM, Seunghoo, et KAKINAKA, Makoto. Multiplex relations between states: Coevolution of trade agreements and political alliances. *Sustainability*, 2019, vol. 11, no 14, p. 3911.

MONTEIRO, Jose-Antonio et TRACHTMAN, Joel P. Environmental Laws. *Handbook of Deep Trade Agreements*, 2020, p. 553.

MORIN, Jean-Frédéric, DÜR, Andreas, et LECHNER, Lisa. Mapping the trade and environment nexus: Insights from a new data set. *Global Environmental Politics*, 2018, vol. 18, no 1, p. 122-139.

MORIN, Jean-Frédéric, BLÜMER, Dominique, BRANDI, Clara, *et al.* Kick-starting diffusion: Explaining the varying frequency of PTAs' environmental clauses by their initial conditions. *The World Economy*, 2019, vol. 42, no 9, p. 2602-2628.

NATALIA, J., MURSITAMA, T. N., *et al.* Environmental impact of ASEAN-China free trade agreement: A case of Indonesia palm oil industry 2005-2010. In : *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2021. p. 012056.

NEWMAN, Mark EJ. Spread of epidemic disease on networks. *Physical review E*, 2002, vol. 66, no 1, p. 016128.

PUIG, Gonzalo Villalta et DALKE, Eric D. Nature and Enforceability of WTO-plus SPS and TBT Provisions in Canada's PTAs: From NAFTA to CETA. *World Trade Rev.*, 2016, vol. 15, p. 51.

PUYANA, Alicia et ROMERO, José. *Diez años con el TLCAN: las experiencias del sector agropecuario mexicano*. Flaco México, Colegio de México, 2005.

PUYANA, Alicia et ROMERO, José. El sector agropecuario mexicano bajo el Tratado de Libre Comercio de América del Norte. La pobreza y la desigualdad se intensifican, crece la migración. *Revista Oasis*, 2009, p. 187-214.

REARDON, Thomas et VOSTI, Stephen A. Links between rural poverty and the environment in developing countries: asset categories and investment poverty. *World development*, 1995, vol. 23, no 9, p. 1495-1506.

RIPLEY, Ruth M., SNIJDERS, Tom AB, BODA, Zsófia, *et al.* Manual for RSIENA. *University of Oxford, Department of Statistics, Nuffield College*, 2011, vol. 1, p. 2011.

ROBINS, Garry et ALEXANDER, Malcolm. Small worlds among interlocking directors: Network structure and distance in bipartite graphs. *Computational & Mathematical Organization Theory*, 2004, vol. 10, no 1, p. 69-94.

SALATHÉ, Marcel et JONES, James H. Dynamics and control of diseases in networks with community structure. *PLoS computational biology*, 2010, vol. 6, no 4, p. e1000736.

SATTERTHWAITE, David. The links between poverty and the environment in urban areas of Africa, Asia, and Latin America. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 2003, vol. 590, no 1, p. 73-92.

SCHERR, Sara J. A downward spiral? Research evidence on the relationship between poverty and natural resource degradation. *Food policy*, 2000, vol. 25, no 4, p. 479-498.

SCRUGGS, Lyle. Democracy and environmental protection: An empirical analysis. In : annual meeting of the Midwest Political Science Association 67th Annual National Conference, The Palmer House Hilton, Chicago, Illinois. 2009.

SHIRLEY, Mark DF et RUSHTON, Steve P. The impacts of network topology on disease spread. *Ecological Complexity*, 2005, vol. 2, no 3, p. 287-299.

SIEBERT, Horst. *Trade and environment: a theoretical enquiry*. Elsevier, 2011.

SNIJDERS, Tom AB. Stochastic actor-oriented models for network change. *Journal of mathematical sociology*, 1996, vol. 21, no 1-2, p. 149-172.

SNIJDERS, Tom AB. The statistical evaluation of social network dynamics. *Sociological methodology*, 2001, vol. 31, no 1, p. 361-395.

SNIJDERS, Tom AB. Models for longitudinal network data. *Models and methods in social network analysis*, 2005, vol. 1, p. 215-247.

SNIJDERS, Tom AB. Statistical Methods for Social Network Dynamics. *Methods*, 2020, no 1/171.

SNIJDERS, Tom AB, LOMI, Alessandro, et TORLÓ, Vanina Jasmine. A model for the multiplex dynamics of two-mode and one-mode networks, with an application to employment preference, friendship, and advice. *Social networks*, 2013, vol. 35, no 2, p. 265-276.

SNIJDERS, Tom AB, VAN DE BUNT, Gerhard G., et STEGLICH, Christian EG. Introduction to stochastic actor-based models for network dynamics. *Social networks*, 2010, vol. 32, no 1, p. 44-60.

SOTO, Gloria. Environmental impact of agricultural trade liberalization under NAFTA. *Politics & Policy*, 2012, vol. 40, no 3, p. 471-491.

STEWART, Richard B. International Trade and Environment: Lessons from the Federal Experience. *Wash. & Lee L. Rev.*, 1992, vol. 49, p. 1329.

STRANGE, Michael. Implications of TTIP for transnational social movements and international NGOs. *The Politics of Transatlantic Trade Negotiations: TTIP in a Globalized World*, 2015, p. 81-92.

VAN DE BUNT, Gerhard G., VAN DUIJN, Marijtje AJ, et SNIJDERS, Tom AB. Friendship networks through time: An actor-oriented dynamic statistical network model. *Computational & Mathematical Organization Theory*, 1999, vol. 5, no 2, p. 167-192.

VEGA, Dixia, RAMÍREZ, Pedro, *et al.* Situación y perspectivas del maíz en México. *Universidad Autónoma de Chapingo*, 2004.

WASSERMAN, Stanley, FAUST, Katherine, et al. *Social network analysis: Methods and applications*. 1994.

WATTS, Alison. A dynamic model of network formation. *Games and Economic Behavior*, 2001, vol. 34, no 2, p. 331-341.

WU, Jennifer Pédussel. *Measuring and explaining levels of regional economic integration. Assessment and Measurement of Regional Integration*, Routledge, London, 2006, p. 162-179.

Annexes

Annexe 1 : Niveau de vulnérabilité des pays

Pays avec un niveau de vulnérabilité au changement climatique faible

Albanie

Andorre

Arménie

Bénin

Bangladesh

Bosnie-Herzégovine

Belarus

Bolivie

Brésil

Bahreïn

Bhoutan

République centrafricaine

Suisse

Cote d'Ivoire

Cameroun

République Démocratique du Congo

Kosovo

Colombie

Equateur

Gabon

Géorgie

Guinée équatoriale

Guatemala

Guyane

Indonésie

Island

Cambodge

Corée du Sud

Laos

Libéria

Liechtenstein

Lesotho

Monténégro

Malaysie

Norvège

Nauru

Nouvelle – Zélande

Panama

Papouasie-Nouvelle-Guinée

Corée du Nord

Paraguay

Russie

Singapour

Sierra Leone

Saint-Marin

Serbie

Suriname

Thaïlande

Tadjikistan

Union Européenne

Ukraine

Uruguay

Venezuela

Vietnam

Pays avec un niveau de vulnérabilité au changement climatique moyen

Afghanistan

Angola

Argentine
Antigua-et-Barbuda
Azerbaïdjan
Burundi
Bahreïn
Belize
Barbade
Canada
Chili
Chine
Comores
Cap-Vert
Costa-Rica
République Dominicaine
Ethiopie
Micronésie
Ghana
Guinée
Guinée-Bissau
Grenade
Honduras
Haïti
Inde
Kazakhstan

Kenya
Kirghizstan
Saint-Kitts-et-Nevis
Kuwait
Liban
Sainte-Lucie
Sri Lanka
Maroc
Moldavie
Mexique
Myanmar (Birmanie)
Mongolie
Mozambique
Malawi
Nigeria
Nicaragua
Népal
Pérou
Philippines
Qatar
Rwanda
Iles Salomon
El Salvador
Soudan du Sud

Eswatini

Seychelles

Syrie

Togo

Turkménistan

Trinité-et-Tobago

Turquie

Tanzanie

Ouganda

Etats-Unis

Ouzbékistan

Saint-Vincent et les Grenadines

Vanuatu

Samoa

Afrique du Sud

Zambie

Zimbabwe

Pays avec un niveau de vulnérabilité au changement climatique fort

Emirats Arabes Unis

Australie

Burkina Faso

Bahamas

Botswana

Cuba

Djibouti

Algérie
Egypte
Erythrée
Fiji
Gambie
Iran
Iraq
Israël
Jamaïque
Jordanie
Japon
Kiribati
Lybie
Madagascar
Maldives
Iles Marshall
Mali
Ile Maurice
Namibie
Niger
Oman
Pakistan
Arabie Saoudite
Soudan

Sénégal

Tchad

Tonga

Tunisie

Tuvalu

Yémen

Annexe 2 : Indice de démocratie des pays

Pays très autocratiques

Bahreïn

Corée du Nord

Qatar

Arabie Saoudite

Pays très démocratiques

Australie

Canada

Suisse

Chili

Cap-Vert

Costa-Rica

Japon

Mongolie

Ile Maurice

Norvège

Nouvelle-Zélande

Trinité-et-Tobago

Taiwan

Uruguay

Etats-Unis

Pays démocratiques

Albanie

Argentine

Benin
Burkina Faso
Bolivie
Brésil
Botswana
Colombie
Comores
République Dominicaine
Géorgie
Ghana
Guinée-Bissau
Grenade
Honduras
Indonésie
Inde
Iraq
Israël
Jamaïque
Kenya
Kirghizstan
Corée du sud
Liban
Liberia
Sri Lanka

Lesotho
Moldavie
Madagascar
Mexique
Macédoine
Monténégro
Malawi
Namibie
Niger
Nigeria
Nicaragua
Népal
Pakistan
Panama
Pérou
Philippines
Paraguay
Sénégal
Iles Salomon
Sierra Leone
El Salvador
Serbie
Tunisie
Union Européenne

Afrique du Sud

Zambie

Pays peu démocratiques

Arménie

Bangladesh

Bhoutan

République centrafricaine

Cote d'Ivoire

République démocratique du Congo

Djibouti

Algérie

Equateur

Fiji

Gabon

Guinée

Haïti

Cambodge

Lybie

Mali

Myanmar (Birmanie)

Mozambique

Malaysie

Papouasie-Nouvelle-Guinée

Russie

Soudan du sud

Suriname

Turquie

Tanzanie

Ukraine

Venezuela

Yémen

Zimbabwe

Pays peu autocratiques

Afghanistan

Angola

Burundi

Cameroun

République du Congo

Egypte

Ethiopie

Jordanie

Maroc

Rwanda

Singapour

Tchad

Togo

Thaïlande

Tadjikistan

Ouganda

Pays autocratiques

Emirats Arabes Unis

Azerbaïdjan

Belarus

Chine

Cuba

Erythrée

Gambie

Guinée équatorial

Iran

Kazakhstan

Kuwait

Laos

Oman

Syrie

Turkménistan

Ouzbékistan

Vietnam

Annexe 3 : Evolution entre 1990 et 2015 des réseaux étudiés

Réseaux d'accords bilatéraux sans environnement

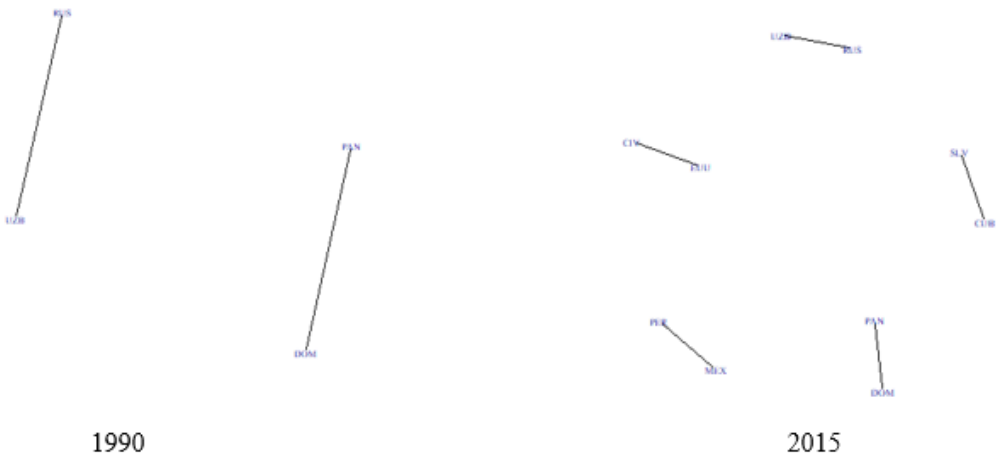


Figure 19 : Évolution dans le temps du réseau des accords bilatéraux sans environnement
 Source : Réalisation personnelle avec le package igraph dans R

Réseaux d'accords bilatéraux contraignants

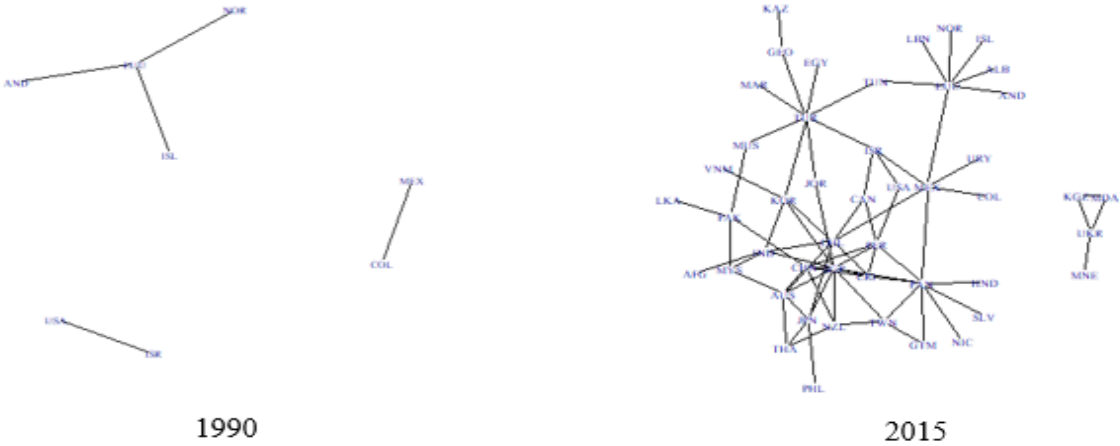


Figure 20 : Évolution dans le temps du réseau des accords bilatéraux contraignants
 Source : Réalisation personnelle avec le package igraph dans R

Réseaux d'accords bilatéraux peu contraignants

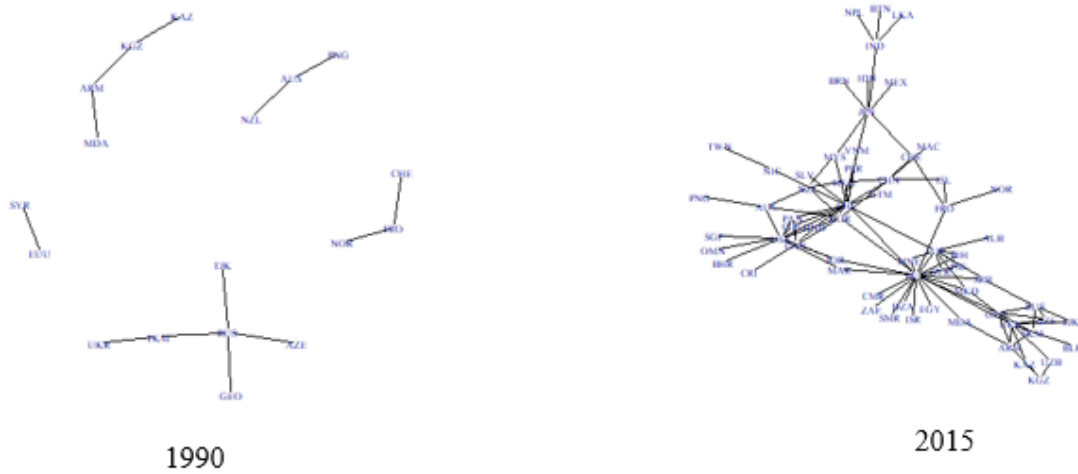


Figure 21 : Évolution dans le temps du réseau des accords bilatéraux peu contraignants
Source : Réalisation personnelle avec le package igraph dans R

Réseaux d'accords plurilatéraux sans environnement

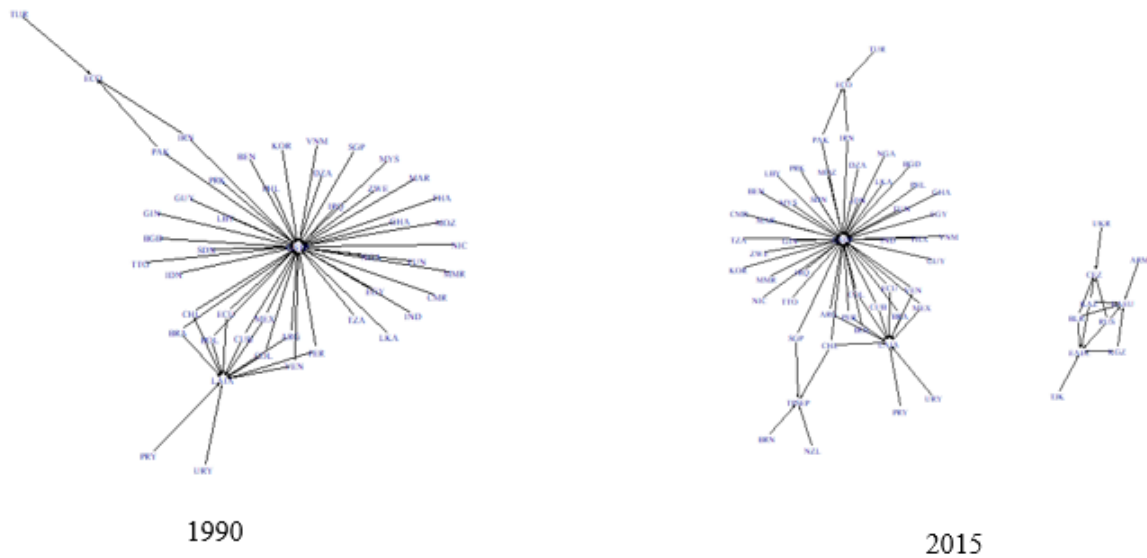


Figure 22 : Évolution dans le temps du réseau des accords plurilatéraux sans environnement
Source : Réalisation personnelle avec le package igraph dans R

Réseaux d'accords plurilatéraux peu contraignants

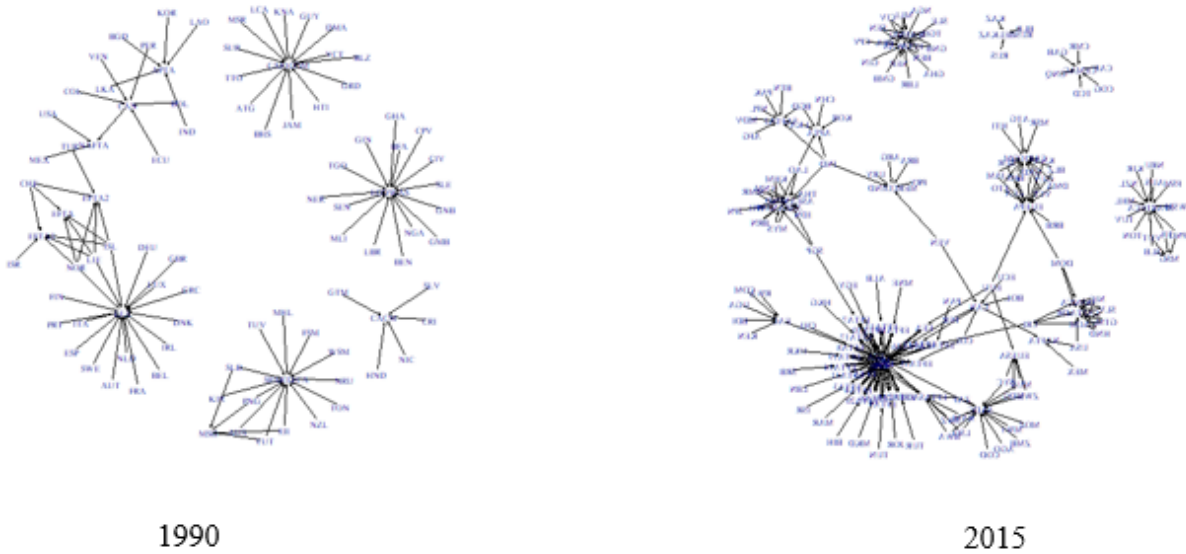


Figure 23 : Évolution dans le temps du réseau des accords plurilatéraux peu contraignants
Source : Réalisation personnelle avec le package igraph dans R

Réseaux d'accords plurilatéraux contraignants

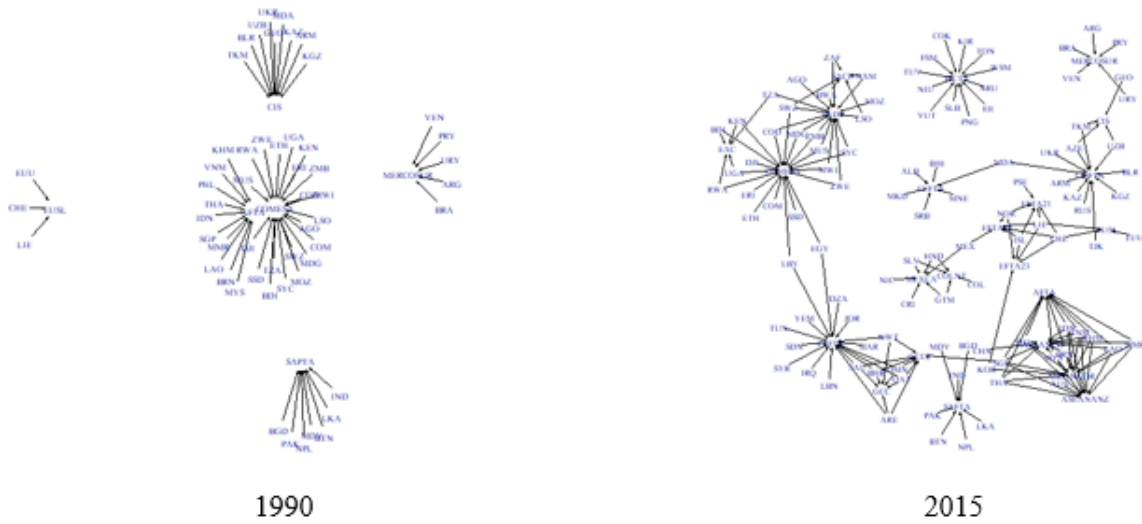


Figure 24 : Évolution dans le temps du réseau des accords plurilatéraux contraignants
Source : Réalisation personnelle avec le package igraph dans R

Annexe 4 : Distribution des degrés pour chacun des réseaux étudiés à l'année 2015.

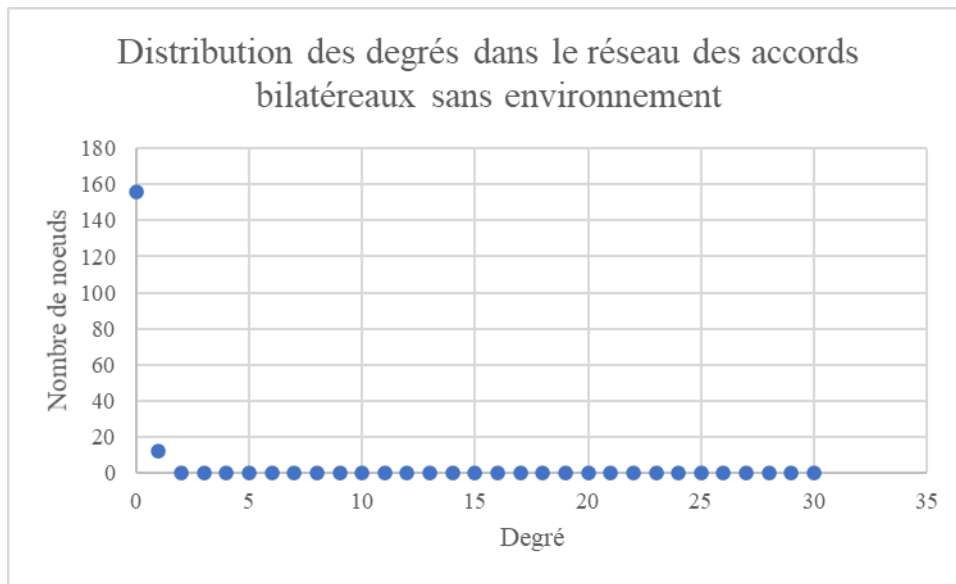


Figure 25 : Distribution des degrés dans le réseau des accords bilatéraux sans environnement
Source : Réalisation personnelle

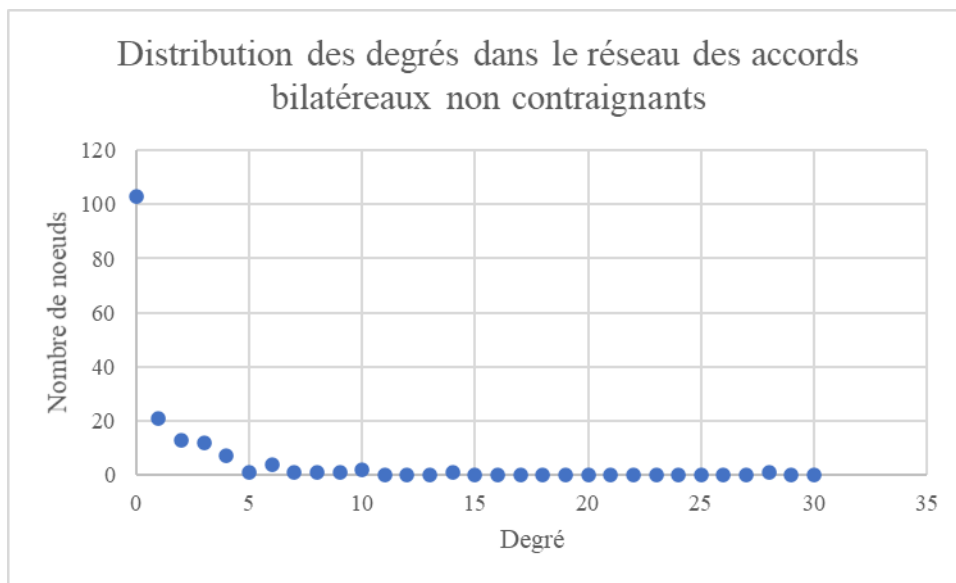


Figure 26 : Distribution des degrés dans le réseau des accords bilatéraux non contraignants
Source : Réalisation personnelle

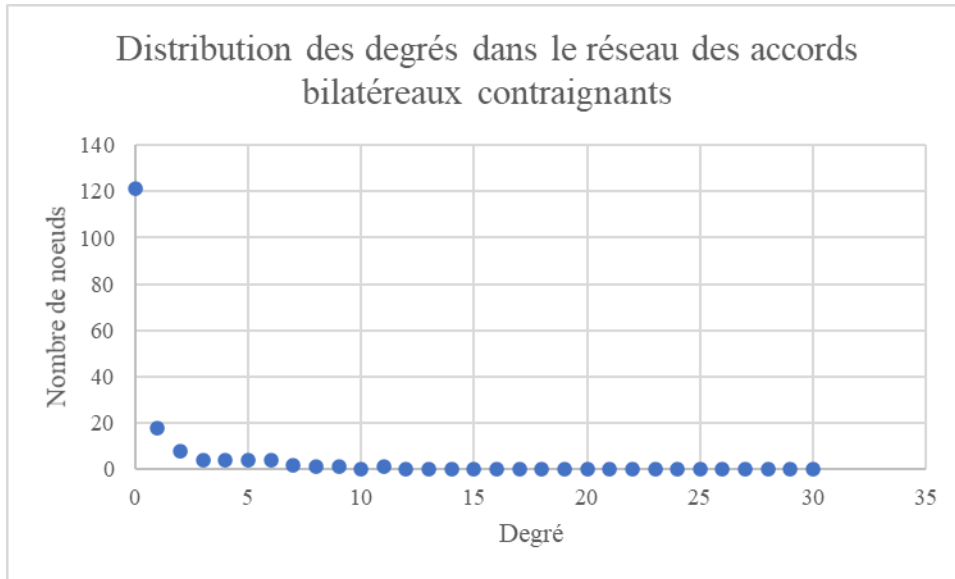


Figure 27 : Distribution des degrés dans le réseau des accords bilatéraux contraignants
 Source : Réalisation personnelle

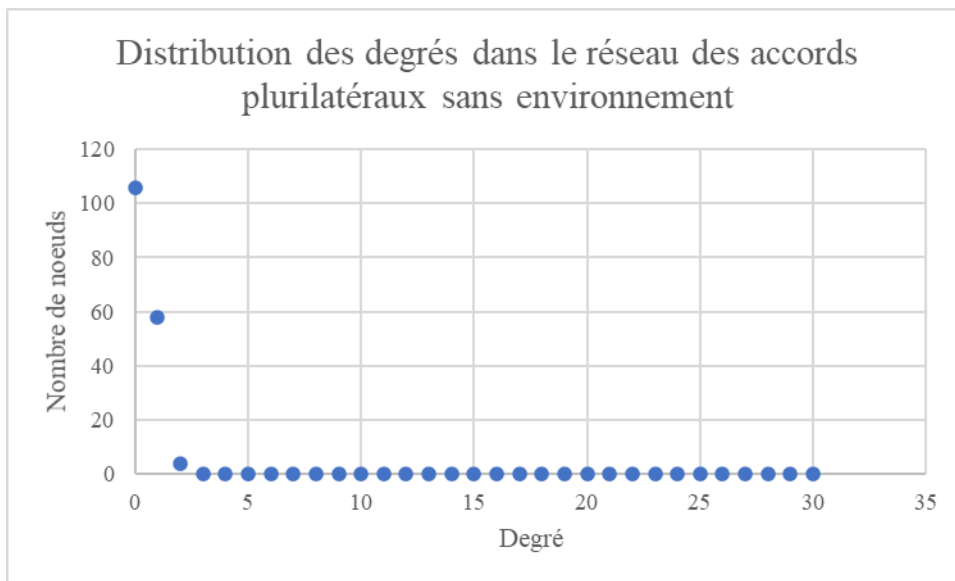


Figure 28 : Distribution des degrés dans le réseau des accords plurilatéraux sans environnement
 Source : Réalisation personnelle

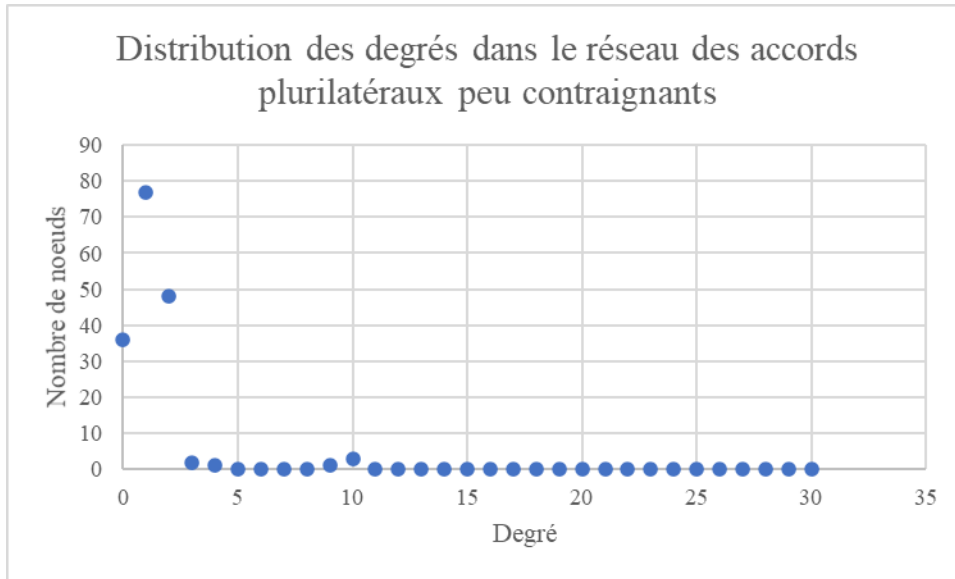


Figure 29 : Distribution des degrés dans le réseau des accords plurilatéraux non contraignants
 Source : Réalisation personnelle

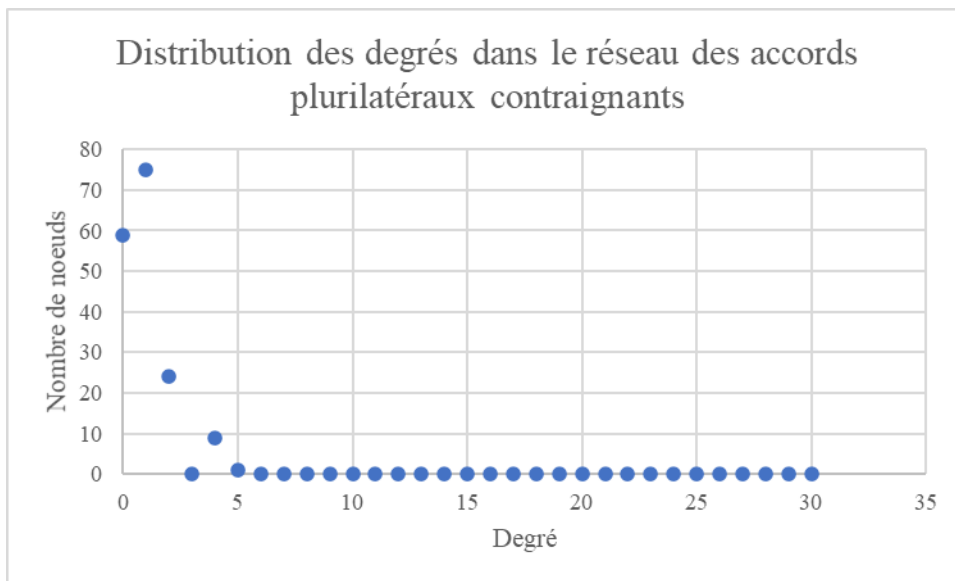


Figure 30 : Distribution des degrés dans le réseau des accords plurilatéraux contraignants
 Source : Réalisation personnelle