

HEC Montréal

**Comment rendre l'efficiency efficace dans la perspective d'une réduction
de l'empreinte environnementale?**

Par

Cédric Bourbonnais

Sciences de la gestion

Management

*Mémoire présenté en vue de l'obtention
du grade de maîtrise ès sciences
(M. Sc.)*

Yves-Marie Abraham & Pierre-Olivier Pineau
Directeurs de recherche

Janvier 2022

© Cédric Bourbonnais, 2022

TABLES DES MATIÈRES

Table of Contents

Liste des tableaux	5
Liste des figures	5
Résumé	6
Remerciements	7
Introduction	8
Chapitre 1 : Distinguer « efficience » et « efficacité » ?	12
1.1 Genèse étymologique de l'efficience et de l'efficacité	12
1.2 L'efficience en contexte de réduction de l'empreinte environnementale	14
1.3 L'efficience est-elle garante de l'efficacité?	14
Chapitre 2 : Qu'est-ce que l'effet rebond ?	17
2.1 Définition générale de l'effet rebond	17
2.2 Deux perspectives d'analyse	18
2.2.1 Perspective de l'économie néoclassique	19
2.2.2 Perspective de l'économie écologique	19
2.2.3 Distinction entre les deux perspectives	19
2.3 Magnitudes de l'effet rebond : rebond partiel et backfire	21
2.3.1 Rebond de magnitude « partielle »	21
2.3.2 Rebond de magnitude « backfire »	22
2.4 Facteurs généraux déterminant la magnitude du rebond	24
2.4.1 Saturation de la demande liée au B/S en question	24
2.4.2 L'élasticité prix de la demande du B/S étudié	25
2.4.3 Le secteur économique étudié	26
2.4.4 Le niveau de globalisation du marché	26
2.4.5 Le type de technologie	26
2.5 L'effet rebond direct	27
2.5.1 Définition	27
2.5.2 Déterminants de la magnitude du rebond direct : niveau d'efficience et d'utilisation	28
2.5.3 Données empiriques	29
2.6 L'effet rebond indirect	32
2.6.1 Définition	32

2.6.2	Déterminants de la magnitude du rebond indirect : intensité énergétique et revenu libéré.....	33
2.6.3	Constat empirique de la littérature.....	35
2.6.4	Limites méthodologiques	39
2.7	Approches émergentes	41
2.7.1	Rebond croisé	41
2.7.2	Rebond de temps	42
2.7.3	Rebond moral	43
2.8	L'effet rebond macroéconomique (macro) et total (economy-wide).....	45
2.8.1	Définition.....	45
2.8.2	Trois composantes du rebond macro	46
2.8.3	Constat empirique et théorique de la littérature.....	51
2.9.	Rebond total (economy-wide).....	55
2.10	L'effet rebond frontière.....	60
2.10.1	Définition de l'effet rebond frontière	60
2.11	Conclusions et inférences principales : que peut-on retirer de la littérature concernant l'effet rebond?	63
2.11.1	Récapitulatif des principaux résultats.....	63
2.11.2	Que faire : s'attaquer à la source du rebond	64
Chapitre 3 : Comment limiter la consommation ?		66
3.1	La fonction IPAT comme cadre théorique.....	66
3.2	Comment une société peut mettre en place une telle mesure de limitation?.....	67
3.3	Qu'est-ce que l'hétéro-limitation (ou approche technocratique)?.....	70
3.3.1	L'hétéro-limitation individualiste : L'écofiscalité comme principe sociétal central..	71
3.3.2	Qu'est-ce que la quantification monétaire des biens et services écologiques?	72
3.3.3	Quelles sont les limites de cet outil?	74
3.3.4	Est-ce possible d'accomoder croissance économique et limite à la consommation?.	79
3.4	L'hétéro-limitation holiste : dictature écologique.....	80
3.5	Difficultés d'implémentation, efficacité compromise.....	82
3.6	Qu'est-ce que l'autolimitation?	85
3.6.1	Remise en cause de la conception néoclassique de la richesse	87
3.6.2	Remise en cause de la société de rareté.....	89
3.6.3	Comment légitimer la mise en place d'une norme de suffisance	91

3.7	L'autolimitation individualiste : la simplicité volontaire.....	91
3.8	L'autolimitation collective : L'écociété.....	93
	Conclusion.....	99
4.0	Résumé du mémoire.....	99
4.1.1	Questions, thèmes et principaux concepts abordés	99
4.1.2	L'effet rebond : finalement, quel est son impact?	99
4.1.3	Les stratégies de limite à la consommation	100
4.1.3.1	Hétéro-limitation.....	101
4.1.3.2	L'autolimitation	103
4.1.4	Comment rendre l'efficace efficace?.....	105
4.2	Apports, limites et pistes pour de futures recherches.....	106
4.2.1	Quelles sont les contributions potentielles de cet essai?	106
4.2.2	Quelles sont les principales limites de ce mémoire ?	109
4.2.3	Pistes de recherche futures	112
	Bibliographie.....	114
	Annexes.....	134

Liste des tableaux

Tableau 2.4.2 - Magnitude de l'effet rebond direct dans les pays développés selon le secteur...	30
Tableau 2.5.2 - Intensité énergétique de différents produits (kg de CO ₂ par unité de prix).....	34
Tableau 2.5.3 - Magnitude de l'effet rebond indirect induit par une consommation plus frugale.....	37
Tableau 2.7.4A - Récapitulation des différents rebonds estimés à l'aide de la méthode CGE....	57
Tableau 2.7.4B - Différenciation entre les rebonds directs, macros et totaux en fonction de l'année, divisé par secteur de l'économie.....	59
Tableau 3.2 - Matrice des différentes approches conceptuelles concernant la mise en place de limites à la consommation.....	69
Tableau 5.0A - Cartographie des types de rebonds en fonction de la perspective et de leur potentiel de magnitude.....	132
Tableau 5.0B - Cartographie des dynamiques associées aux différents rebonds expliquant la hausse de consommation.....	133

Liste des figures

Figure 2.1 – Équation 1.....	18
Figure 2.3.1 – Rebond de magnitude partielle.....	22

Résumé

Depuis les années 1970, les gouvernements, les entreprises et la société civile ont adopté comme stratégie la recherche de gains d'efficacité face aux diverses crises écologiques. En effet, ceux-ci ont comme double objectif de réduire l'empreinte environnementale de la production en utilisant moins de ressources, tout en augmentant la production matérielle. Bien que cette stratégie ait sans aucun doute réussi à augmenter la croissance économique, qu'en est-il de son objectif environnemental? Malgré des progrès technologiques absolument remarquables durant cette période et les gains d'efficacité substantiels qu'ils ont permis, l'état de la plupart des écosystèmes majeurs de la planète ne cesse de se dégrader. Comment l'expliquer?

Nous soutenons dans ce mémoire qu'est principalement en cause ici ce que l'on appelle « l'effet rebond ». Pour étayer cette thèse, nous prenons appui sur une revue de la littérature extensive portant sur ce phénomène. Ceci nous amène à conclure que la seule manière de profiter de gains d'efficacité de façon efficace, c'est-à-dire sans contribuer à dégrader la situation sur le plan écologique, consiste à établir une limite à la consommation. Une fois ce constat énoncé, la seconde partie du mémoire se concentre sur la présentation et la discussion des différentes stratégies possibles pour mettre en place une telle limite. Nous proposons pour finir de souligner les apports et les limites de notre travail, et les voies à suivre pour le prolonger.

Mots clés : Efficacité, efficacité, effet rebond, limite, consommation, gain d'efficacité, économie écologique, économie de l'environnement

Remerciements

Je tiens d'abord à remercier mes deux directeurs, Yves-Marie et Pierre-Olivier. Bien que vos points de vue divergent sur certains aspects, je pense que cette collaboration nous a tous permis de rapatrier certaines forces présentées par la perspective d'autrui, tout en nous forçant à peaufiner et clarifier certains aspects de notre propre discours. En tout cas, ce fut définitivement le cas pour moi. Je voudrais donc vous remercier d'avoir d'abord accepté de collaborer ensemble, et ensuite de m'avoir épaulé dans ce long et ardu cheminement que fut l'écriture de ce mémoire.

Je remercie aussi mes parents qui m'ont toujours encouragé à persévérer dans l'adversité, celle-ci s'étant notamment manifesté par ma santé physique et mentale qui a trop souvent joué le rôle de trouble-fête. Je vous remercie donc pour vos nombreux messages et mots d'encouragements qui témoignent sans aucun doute votre intérêt envers mon bien-être.

En dernier lieu, j'aimerais aussi remercier tous les amis et connaissances qui m'ont, par leur intérêt envers mon projet, permis d'en discuter et ainsi de clarifier certains points et d'aiguiser ma pensée. Je pense entre autres à Katherine, Geneviève, Alexandre (merci encore pour la traduction d'un article en allemand, je n'en reviens toujours pas), Sylvain, Jean-François et Pierre-Marc.

Introduction

À la tombée de la COP26, la communauté internationale ne cesse de répéter les mêmes messages : qu'il faut passer à l'action immédiatement si nous voulons espérer limiter le réchauffement climatique à 1,5 degré Celsius d'ici la fin du siècle, ce dernier se situant actuellement plutôt sur une trajectoire de 2,7 degrés. La grande majorité des gouvernements reconnaissent la situation actuelle comme étant pressante et qu'elle doit être ajustée, et la plupart des dirigeants sont d'accord (du moins en principe) pour chaque État-nation fasse sa part dans cette lutte contre les changements climatiques, qui menacent l'entière de l'humanité. Pensons par exemple aux récentes initiatives canadiennes visant à mettre en place une tarification internationale afin de mitiger les émissions de GES et ainsi diminuer l'impact du réchauffement climatique. Il faut dire que les conséquences probables de ce phénomène sur les humains et le reste des organismes vivants s'avèrent très considérables. Citons notamment l'augmentation d'évènements météorologiques extrêmes comme des pluies torrentielles, des tempêtes violentes, des ouragans, des tornades, ainsi que d'autres phénomènes tels que la montée des eaux, des vagues de chaleur de plus en plus fréquentes et marquées, une baisse de rendement des terres agricoles, l'acidification des océans, etc (GIEC, 2014). Bien que certaines actions concrètes soient effectivement mises en place afin de contrer le réchauffement climatique, les mesures déployées ne sont clairement pas d'ampleur suffisante, d'autant que le réchauffement climatique n'est pas le seul problème que nous ayons à affronter sur le plan écologique. À ce sujet, on peut citer Partha Dasgupta (2021) dans son étude concernant l'économie de la biodiversité, où elle rapporte notamment une dégradation marquée de la qualité des sols depuis 1970, une augmentation du taux d'extinction de 100 à 1000 fois plus élevé que la moyenne pré-industrielle menant à une possible extinction de 20 à 40% de toutes les espèces dans les prochaines décennies, une diminution de la qualité de 14 services écosystémiques sur 18 évalués, et enfin une diminution de la valeur du capital naturel de 40% depuis 1992. De son côté, en plus de partager les mêmes constats que Dasgupta, la plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) en rajoute à ce constat désolant, notamment concernant le fait que diverses conséquences des activités humaines dont la pollution des sols, de l'eau, l'épandage de pesticides et la perte de milieux naturels sont responsable des mutations biologiques qui sont significativement plus rapides que le rythme d'évolution naturel (IPBES, 2019). Sans nécessairement faire un lien de cause à effet, on peut

toutefois associer cette réalité à des évènements concrets qui nous concernent directement, notamment la pandémie liée au COVID-19.

Face à un constat aussi frappant, comment peut-on expliquer un tel manque de proactivité, d'effort et de mobilisation de la part des gouvernements ? En effet, considérant que la dégradation environnementale est un phénomène connu au moins depuis la parution du rapport de Rome en 1972, il peut sembler à première vue surprenant que l'humanité se retrouve 50 ans plus tard dans une telle situation de crise. En réalité, ce rapport répond à cette question en mettant l'accent sur le fait que la croissance économique du 20^e siècle repose sur une exploitation écologique dévastatrice, d'où le titre du rapport : *Limits to growth*. C'est donc dire que le niveau de vie des sociétés capitalistes est intrinsèquement lié à l'exploitation écologique. Face à ce constat, les dirigeants politiques et les populations concernées avaient deux choix : réduire la production économique de façon absolue ou continuer à soutenir leur course à la croissance mais en tentant d'en limiter les effets négatifs sur le plan écologique. On sait que c'est la seconde option qui a été choisie, bien que très peu ait concrètement été mis en place. Celle-ci repose sur le pari d'un « découplage » possible entre la croissance économique et ses répercussions écologiques. Brièvement, on observe un découplage **relatif** lorsqu'on réduit la quantité de contraintes, de ressources ou d'extrants indésirables (comme les émissions de GES ou encore le rejet de métaux lourds et produits toxiques dans l'environnement) **par unité de production**, alors qu'un découplage **absolu** est une diminution de la quantité totale de contraintes non désirées, **indépendamment du niveau de production** y étant associé. L'une des solutions employées afin d'arriver à ce découplage est la recherche de gains d'efficacité dans le processus de production. Par exemple, durant cette période de cinquante ans, l'efficacité des moteurs à essence a été grandement améliorée, de façon à ce que les voitures puissent maintenant parcourir une même distance tout en consommant beaucoup moins de carburant.

Cinquante ans plus tard, force est de constater que cette stratégie est un échec d'un point de vue écologique. Dans le meilleur des cas, ce qui a été réalisé est un découplage relatif entre croissance économique et pression écologique, c'est-à-dire une réduction de la quantité de ressources à mobiliser et/ou la quantité de pollution générés par unité de production, sans toutefois arriver à stopper la dégradation écologique constante (Hickel & Kallis, 2020) (Parrique & als, 2019).

Comment expliquer ce constat? Parmi les raisons qui expliquent l'échec des gains d'efficience comme moyen de réduire l'empreinte environnementale de manière absolue, se trouve l'effet rebond (Sorrell, 2007) (Jenkins & als, 2011) (Lange & als, 2019). Ce concept sera détaillé de long en large dans les chapitres subséquents, mais essentiellement l'effet rebond est un concept économique qui peut être défini comme la consommation d'une ressource qui est induite par un gain d'efficience ayant *a priori* comme objectif de réduire la consommation de la ressource en question, ou d'une autre ressource (Font Vivanco & als, 2018) (Abraham, 2020). Ce faisant, une augmentation de la demande pour un bien ou service donné fait en sorte que cette consommation nouvellement incitée exerce une pression environnementale additionnelle, ce qui contre en partie ou en totalité les gains environnementaux initialement attendus par les gains d'efficience, d'où le terme « rebond ». Pour revenir à l'exemple des moteurs plus efficaces, certes ceux-ci requièrent moins de carburant à distance parcourue égale, mais en réalité les automobilistes parcourent davantage de kilomètres annuellement aujourd'hui qu'il y a cinquante ans, en partie parce que des moteurs qui consomment moins de carburant permettent aux automobilistes d'épargner sur la facture d'essence. Cette mise en scène constitue un exemple d'effet rebond direct.

Cela dit, malgré la piètre performance environnementale des gains d'efficience depuis 1970 en raison de l'effet rebond, la recherche de l'efficience reste tout de même pertinente. En effet, comme il en sera question de façon plus approfondie à la toute fin du chapitre sur l'effet rebond, ce dernier diminue le potentiel environnemental des gains d'efficience d'environ 50%. Tout indique donc que la quête d'efficience est pertinente, mais qu'elle n'est, à elle seule, pas efficace. C'est par l'entremise de ce constat que découle la question de recherche de ce mémoire, soit : comment rendre l'efficience efficace dans la perspective d'une réduction de l'empreinte environnementale?

C'est à cette question à laquelle ce mémoire tentera de répondre. Cet essai sera divisé en trois parties. La première partie consistera en une brève analyse étymologique et historique des termes « efficience » et « efficacité » afin d'éclaircir la nuance entre les deux, distinction nécessaire afin de bien saisir la question de recherche fondamentale de ce mémoire. Ensuite, dans la partie centrale de ce mémoire, il sera question de mieux comprendre ce qu'est l'effet rebond. En quoi consiste-t-il? Quelles sont ses différents types? Quelles sont ses causes et ses conséquences? Dans quelle mesure en particulier constitue-t-il un obstacle aux stratégies de découplage? Après avoir répondu

à ces questions cruciales, ce mémoire enchaînera avec la troisième partie qui se concentrera sur les solutions à mettre en œuvre en réponse aux inférences avancées par la deuxième section. Plus précisément, il s'agira de répondre aux questions suivantes : quelles sont les stratégies possibles pour bénéficier des gains d'efficacité sans aggraver la situation sur le plan écologique, et quelles sont les apports et limites de ces stratégies?

Chapitre 1 : Distinguer « efficience » et « efficacité » ?

D'emblée, la question de recherche posée par ce travail, comment rendre l'efficience efficace dans une perspective de réduction d'empreinte environnementale, soulève d'autres interrogations. D'abord, quelle est la distinction entre efficience et efficacité, et pourquoi les distinguer? Est-il donc possible d'être efficace sans être efficace, ou vice-versa? De plus, qu'est-il entendu par « en contexte de réduction d'empreinte environnementale » ? Ces questions méritent un approfondissement dont il sera maintenant question.

1.1 Genèse étymologique de l'efficience et de l'efficacité

Princen (2005) et Dunlop (2019) affirment qu'Aristote aurait été le premier auteur connu des historiens à utiliser le terme *efficiens* pour décrire un processus de création ou de changement quelconque ayant comme objectif d'être bien effectué et accompli avec succès. Le philosophe grec utilise le terme *efficiens* en donnant l'exemple d'un charpentier d'expérience construisant une maison à l'aide de matériaux solides, bien assemblés, avec les outils appropriés, et toujours dans l'objectif d'accomplir son travail avec brio (Princen, 2005). Les concepts de rentabilité monétaire et temporelle n'entrent pas en considération dans cette définition. De plus, la distinction entre les termes efficience et efficacité n'existe pas encore. À l'époque médiévale la langue française tire du grec *efficiens* le terme efficience et ses dérivés (efficace, efficient, efficacement, etc). Ces termes ont pris une connotation plus religieuse alors qu'ils étaient utilisés afin de décrire le travail du dieu chrétien, focalisant surtout sur l'aspect de la création et du changement de matière (Alexander, 2009). Par exemple, dans son livre *The Art of Logic* écrit en 1628, Thomas Spencer décrit Dieu comme étant : « *the Efficient Cause of man, for he had given human form to base matter* » (Alexander, 2009). Les notions centrales de changement et de tâche à accomplir étant toujours présentes, le terme garde en partie son sens grec d'origine tout en étant utilisé en contexte religieux.

Toutefois, ce cloisonnement du terme à la sphère religieuse s'estompe à l'arrivée de la révolution industrielle. En raison des nouvelles technologies et méthodes de production révolutionnant les processus traditionnels de fabrication, il est devenu nécessaire de trouver de nouveaux termes afin de décrire une réalité beaucoup plus concrète et opérationnelle (Alexander, 2009). De fait, les

ingénieurs embauchés par les propriétaires de grandes entreprises qui se trouvaient avec le mandat d'augmenter le rendement de la firme avaient besoin d'un outil, tant au niveau mathématique que linguistique, leur permettant d'évaluer le niveau actuel de productivité et d'avoir une preuve tangible témoignant de l'amélioration de la productivité (Dunlop, 2019). Plus concrètement, l'intensification du nombre de machines présentes sur les chaînes de production a rendu nécessaire la quantification de la performance de celles-ci (Alexander, 2009). C'est dans ces conditions qu'au début du 19^e siècle les termes efficient et efficace se séparent et prennent une signification différente.

D'abord, c'est à cette même époque que les scientifiques et ingénieurs découvrent que lorsque l'on utilise de l'énergie afin de produire un travail donné, une certaine quantité de chaleur est perdue (Alexander, 2009). C'est à ce moment que le concept d'efficience entre en jeu : la conversion d'énergie en travail en évitant toute perte de chaleur inutile est impossible, mais il est possible de minimiser ces pertes. Dans cette optique, Gérard Joseph Christian (1822), un professeur de physiques et mathématiques de l'époque cherchant à augmenter la productivité des machines, comprend l'efficience comme étant : « the greatest mechanical effect, while using the least amount of fuel » (Alexander, 2009). On observe que l'efficience est dorénavant un terme centré exclusivement sur la quantification et le comment faire : ce terme se concentre donc sur les moyens sans se pencher sur la fin ou l'objectif à atteindre. Plus qu'un nouveau sens, ce terme adopte maintenant la notion de ratio, c'est-à-dire la juxtaposition du résultat souhaité et observé (Princen, 2005). De l'autre côté, le terme efficace reprend le sens abandonné de tâche ou d'objectif bien accompli et reste essentiellement fidèle à l'ancien terme d'*efficiens* utilisé par Aristote.

Par ailleurs, tout au long du 19^e et 20^e siècle l'efficience est de plus en plus associée à la notion de croissance et gagne en popularité chez les économistes, qui érigent la maximisation de l'utilité comme résultat souhaité, et les ressources comme contrainte (Alexander, 2009). Aujourd'hui, les économistes contemporains se sont inspirés de la définition apportée par Christian pour la modifier légèrement et en arriver à celle-ci : une amélioration parvenant à réduire la quantité d'intrants (ressources naturelles, temps, énergie, etc.) nécessaire pour produire un bien ou service (B/S) de la même façon (Font Vivanco & als, 2016) (Encyclopédie Britannica, 2021). Autrement dit, faire autant (ou plus) avec moins. Par ailleurs, lorsqu'il sera dorénavant question

d'efficience ou de gain d'efficience dans le cadre de ce travail, le concept fera appel à cette dernière définition tirée de Font Vivanco & als (2016). Bref, la vision économique adopte donc essentiellement la définition physique de l'efficience, tout en y incorporant une logique utilitaire : par la production d'un B/S identique suite à un gain d'efficience, elle sous-entend donc un meilleur rendement économique en termes de profits (Jenkins & als, 2011).

Enfin, bien qu'aujourd'hui dans la langue courante française les termes efficience et efficacité sont souvent interchangeables et sont même considérés comme des synonymes par le dictionnaire Larousse (Larousse, 2021), il n'en demeure pas moins qu'ils doivent être distingués et comportent une nuance importante. Essentiellement, l'efficience se concentre sur les moyens ou les façons d'arriver à un objectif, alors que l'efficacité mets l'emphase sur la fin en soi, c'est-à-dire si l'objectif (réduction de l'empreinte environnementale pour le cas présent) a été atteint ou non.

1.2 L'efficience en contexte de réduction de l'empreinte environnementale

Comme mentionné ci-haut par Jenkins & als (2011), traditionnellement l'efficience est utilisée pour des raisons économiques dans le but de maximiser un profit. En revanche, dans le contexte de cette présente recherche, l'efficience est perçue comme un outil ou une solution face aux multiples crises environnementales actuelles. Conséquemment, la réduction de l'empreinte environnementale correspond à l'utilisation de l'efficience dans le but de diminuer toute pression exercée par nos modes de production modernes sur l'environnement, que ce soit au niveau des gaz à effet de serre, de la perte de la biodiversité, de l'épuisement des ressources naturelles, etc. Concrètement, un gain d'efficience peut être le fruit d'une innovation technique, par exemple un nouveau procédé de fabrication permettant de réduire la consommation d'électricité d'une firme, ou encore un nouveau processus permettant une meilleure utilisation des ressources afin d'éviter le gaspillage, comme un service d'autopartage (Communauto par exemple).

1.3 L'efficience est-elle garante de l'efficacité?

Ces définitions étant clarifiées, il est maintenant possible de se pencher sur les questions abordées en introduction. D'abord, est-il possible d'être efficace sans être efficient? Théoriquement, on peut aisément imaginer un scénario où l'objectif à remplir est atteint avec succès, mais il aurait pu être mieux fait. Inversement, est-il possible d'être efficient sans être

efficace? Si un processus ou une tâche est accomplie en minimisant les coûts, les ressources utilisées et les contraintes, cela ne signifie-t'il pas par défaut que l'objectif est atteint? À première vue on pourrait croire que oui. Toutefois, la crise écologique dans laquelle la planète entière se trouve actuellement est un exemple qui met en lumière certains indices suggérant la thèse inverse.

D'abord, il est clair qu'au moins officiellement, la plupart des États modernes reconnaissent la réalité environnementale actuelle et ont comme objectif (faisant donc appel à la notion d'efficacité) de réduire leur empreinte écologique (Font Vivanco & als, 2018). Afin de pallier ce défi, le discours le plus populaire et le plus souvent adopté par les différents États est d'inciter les entreprises et particuliers à améliorer leur niveau global d'efficacité (Alcott, 2005). Par exemple, l'État peut imposer des standards d'émission de CO₂ aux producteurs de voitures à gaz, inciter financièrement les ménages à investir dans une isolation thermique de bonne qualité par l'entremise de crédits d'impôt, exiger des entreprises qu'elles fassent partie d'un marché carbone, etc.

À première vue, cette stratégie semble effectivement porter fruit. Jackson (2009, tiré de Alexander, 2014) remarque une baisse de 33% de l'intensité énergétique (c'est-à-dire la quantité d'énergie requise par unité produite) au niveau mondial entre 1970 et 2010. Qui plus est, durant la même période la quantité d'émissions de CO₂ nécessaire pour produire un bien ou service équivalant à 1\$ US est passée de 1 kg à 770g (Jackson, 2009). Cependant, le même auteur avance que le niveau total de CO₂ a augmenté de 80% sur la même période et que le rythme associé à cette augmentation est encore plus rapide durant les années 2000 pour atteindre environ 3% par année. Autrement dit, la production est 33% plus efficace énergétiquement, mais les émissions de CO₂ ont presque doublé sur la même période, donc le processus de production est globalement de plus en plus efficace, mais l'objectif de réduire ces émissions s'éloigne. De son côté, Victor (2008, tiré de Alexander, 2014) arrive à une conclusion semblable alors qu'il observe l'intensité matérielle de la production de l'Allemagne, du Japon, des États-Unis et des Pays-Bas. En effet, la quantité de matériaux nécessaire pour un niveau de production donné a chuté de 25% pour ces quatre pays entre 1980 et 2002. Toutefois, la quantité totale de matériel extrait a augmenté de 36% sur la même période, corroborant les observations de Jackson (2009). Enfin, Herring (2006) en arrive à la même conclusion concernant la hausse du niveau global d'efficacité énergétique observée en Europe qui

est couplée avec l'augmentation constante de la quantité totale d'énergie consommée lorsqu'elle est mesurée en termes absolus. Bref, si on superpose le constat écologique annoncé en introduction par Dasgupta (2021), l'IPBES (2019) et le GIEC (2014) aux observations de Jackson, Victor et Herring, on comprend que nos sociétés contemporaines se retrouvent effectivement dans cette situation contre intuitive d'efficacité inefficace.

Qu'est-ce qui explique la piètre performance environnementale des gains d'efficacité? Tel qu'énoncé en introduction, une partie de la réponse se retrouve dans l'effet rebond. Le chapitre suivant aura donc comme objectif de couvrir de fond en large la littérature scientifique traitant de l'effet rebond et de la synthétiser afin d'avoir une bonne compréhension d'ensemble du phénomène. Plus précisément, les questions suivantes seront abordées : quelles sont les différentes dynamiques expliquant son fonctionnement, quels sont les facteurs contribuant à la magnitude de son effet, quels sont ses différents types, quelles sont les différentes méthodologies employées pour l'estimer, et quelles sont les limites de ces méthodes ?

Chapitre 2 : Qu'est-ce que l'effet rebond ?

Dans ce chapitre central, il sera question donc de la conception générale de l'effet rebond et de la distinction entre les deux principales perspectives présentes dans la littérature, soit l'économie néoclassique et l'économie de l'environnement, pour ensuite aller plus en profondeur concernant les différents types de rebonds couverts par la littérature.

2.1 Définition générale de l'effet rebond

Sommairement, l'effet rebond est un concept économique qui désigne la consommation d'une ressource qui est induite directement ou indirectement par un gain d'efficacité ayant *a priori* comme objectif de réduire la consommation de la ressource en question, ou d'une autre ressource (Font Vivanco & als, 2018) (Abraham, 2020). Par ressource on entend ici aussi bien de l'énergie que de la matière (vivante ou inerte), ou encore du temps ou de l'argent (Schneider, 2003). Il est important de noter que ce présent projet de recherche considère que l'effet rebond peut être provoqué par n'importe quel gain d'efficacité associé aux ressources mentionnées plus haut. Un exemple classique de rebond peut être observé lorsqu'un ménage investit dans une meilleure isolation thermique et que celui-ci décide d'augmenter la température moyenne de sa demeure puisque l'isolation plus efficace lui permet d'économiser sur sa facture électrique. Par ailleurs, l'effet rebond s'observe aussi du côté de la production : il y aura à ce moment une production additionnelle induite par un gain d'efficacité (Jenkins & als, 2011). Bref, l'étude du rebond est intéressante car il constitue *a priori* un obstacle important à la réduction de l'empreinte écologique de nos activités économiques.

Concernant le rebond lui-même, il est exprimé par un pourcentage reflétant le ratio entre l'économie de ressource espérée et l'économie (ou la perte) effectivement réalisée. Dans l'équation ci-dessous, la quantité de ressource qui devrait *théoriquement* être sauvée par le procédé plus efficace (*expected savings* dans l'équation) est donc la différence entre la quantité de ressource nécessaire pour produire ou utiliser un B/S avant et après le gain d'efficacité (Alcott 2005). La donnée *actual savings* dans l'équation, correspond quant à elle à la quantité réelle de ressources consommées à la suite du changement de niveau de consommation provoqué par le gain d'efficacité. Par exemple, lorsqu'une étude cite que l'effet rebond est de 20%, cela signifie que

seuls 80% des ressources que l'on espérait sauver au départ à la suite d'un gain d'efficacité ont effectivement été économisés. Dans la majorité des études portant sur ce phénomène, ce pourcentage de rebond fait référence à une unité exprimant la quantité d'énergie perdue, bien que certaines études fassent aussi référence au pourcentage de rebond en utilisant la quantité de CO2 émise comme unité de référence (Zhang & Als, 2017). Mathématiquement, le rebond se résume par cette équation, qui sera dorénavant identifiée comme l'équation 1 lorsqu'il en sera question dans les prochains chapitres (Wang & Lu, 2014) :

$$\begin{aligned}
 \text{rebound effect (RE)} &= \frac{\text{rebound consumption}}{\text{expected savings}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{expected savings} - \text{actual savings}}{\text{expected savings}} \times 100\% \\
 &= \frac{E_2 - E_1}{E_0 - E_1} \times 100\% \\
 &= 1 - \frac{E_0 - E_2}{E_0 - E_1} \times 100\%
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Cette représentation mathématique de ratio entre gain espéré et réel correspond à l'idée générale du concept de rebond (Feire-Gonzalez, 2017).

2.2 Deux perspectives d'analyse

La littérature scientifique concernant l'effet rebond est issue de deux grandes écoles de pensée : l'économie néoclassique et l'économie écologique. Cette distinction entre les deux perspectives s'appuie sur la catégorisation effectuée par Douai et Plumecocq (2017) et est reprise par plusieurs auteurs influents dans le domaine de la recherche sur le phénomène de l'effet rebond, notamment Font Vivanco & als (2018), ainsi que Jenkins & als (2011). Les deux approches utilisent des méthodes et des outils d'analyse semblables, mais elles présentent aussi d'importantes divergences en termes de définition et d'étendue de l'effet rebond, d'où l'intérêt de les présenter séparément.

2.2.1 *Perspective de l'économie néoclassique*

Selon cette perspective, le rebond désigne la hausse de consommation d'une ressource induite par un gain d'efficacité énergétique donné ayant *a priori* comme objectif de réduire l'usage de cette ressource (Jenkins & als, 2011) (Sorrell, 2009) (Ouyang & als, 2010). Cette hausse est rendue possible puisqu'un gain d'efficacité augmente le pouvoir d'achat des consommateurs et des producteurs en diminuant le coût de production ou d'usage d'un B/S donné, ce qui se reflète sur le prix final du B/S en question, incitant donc sa consommation (Ouyang & als, 2010). Par ailleurs, l'effet rebond a été officiellement observé pour la première fois par William Stanley Jevons (1865), un économiste classique ayant eu un impact majeur sur sa discipline¹. À noter que l'école de pensée néoclassique se concentre uniquement sur la consommation induite par les gains d'efficacité énergétiques, délaissant ainsi les autres types de gains d'efficacité (Berkhout & als, 2000). Cette perspective utilise les outils et la méthodologie de l'économie contemporaine qu'elle applique à des problèmes environnementaux, ce qui la rend très compétente pour des analyses quantitatives avec peu de variables et faisant partie d'un cadre d'analyse précis, bien défini et assez restreint. Ce type d'analyse contribue à la littérature par l'entremise de résultats chiffrés relativement précis et dont le niveau de certitude est acceptable.

2.2.2 *Perspective de l'économie écologique*

De son côté, l'économie écologique s'inspire des sciences biologiques et de l'écologie pour comprendre l'économie de façon plus systémique, comme un ensemble de plusieurs phénomènes dynamiques chacun interdépendants, un peu à l'image du corps humain (Douai & Plumecocq, 2017). Cette distinction pousse l'économie écologique à adopter une définition du rebond plus large et inclusive. Elle définit ce phénomène comme étant un terme parapluie englobant tout mécanisme qui, d'une façon quelconque, réduit le potentiel d'un gain environnemental donné à la suite d'un gain d'efficacité (Sorrell, 2009).

2.2.3 *Distinction entre les deux perspectives*

D'abord, celles-ci utilisent des hypothèses différentes derrière leurs modèles de calcul de l'ampleur du rebond, notamment concernant le niveau d'interdépendance entre les facteurs de production (capital, main d'œuvre et énergie) qui est plus faible chez les néoclassiques (Jenkins &

¹ Pour plus d'informations à ce sujet, se référer à la section 2.3.2 : *rebond de magnitude « backfire »*

als, 2011). De plus, les économistes écologiques accordent un rôle beaucoup plus important à l'énergie quant à son apport à la croissance économique, alors que les néoclassiques maintiennent que l'énergie n'a qu'un rôle secondaire pour expliquer celle-ci, derrière le capital financier et le travail (Sorrell, 2009). Ces nuances sont explicitées en détail à la section 2.8.2.

Toutefois, la plus grande différence entre les deux perspectives se caractérise par leur différente conception de l'effet rebond, c'est-à-dire ce qui constitue un rebond et ce que l'on inclus dans son analyse. En effet, la mention « tout mécanisme » est une importante distinction apportée par l'économie écologique, puisque cette nuance permet l'ouverture du concept de rebond. Cette perspective conçoit que les gains d'efficacité ont d'autres impacts possibles que simplement la modification du prix (Binswanger, 2000). Plutôt, l'économie écologique soutient que les gains d'efficacité engendrent un bouleversement dans le rapport que l'individu, et plus largement la société, entretiennent avec leur environnement matériel (Galvin & Gubernat, 2016). Ce bouleversement se concrétise en changements de pratiques et d'habitudes face à la nouvelle réalité technologique qui ne sont pas uniquement déterminés par le mécanisme de prix, permettant ainsi d'analyser des types de rebonds (entre autres les rebonds de temps, croisés, moraux et frontières) qui ne sont simplement pas pris en compte par la perspective néoclassique (Galvin & Gubernat, 2016). Par exemple, ces auteurs ont étudié comment l'usage des technologies de l'information s'est modifié au fil du temps en fonction des nombreux gains d'efficacité dont ces technologies ont bénéficié. Ils en sont arrivés à la conclusion que ces technologies ont restructuré et transformé plusieurs pratiques et habitudes de la société, notamment à travers l'arrivée des voitures automatique, des opérations médicales à distance, des habitations intelligentes, des méthodes d'analyse de données, etc (Galvin & Gubernat, 2016). L'explosion des technologies de l'information (TI) comme cas de figure de l'effet rebond est explicitée de façon plus approfondie dans la section 2.8.1, mais il suffit de lire ces lignes pour comprendre que certains gains d'efficacité peuvent avoir un effet profond sur nos comportements, bien au-delà d'une simple modification tarifaire.

À l'opposé, la perspective néoclassique, qui représente la très grande majorité des études scientifiques portant sur l'effet rebond (Berkhout & als, 2000), se contente toutefois de prendre en compte uniquement les gains d'efficacité liés au domaine de l'énergie, laissant ainsi de côté les

nombreuses boucles de rétroaction observables (mais difficilement quantifiables) au-delà du simple rebond direct. Par exemple, le rapport entre un gain d'efficacité et son impact sur les autres ressources est une bonne démonstration d'une de ces boucles de rétroaction que la perspective néoclassique n'analyse pas (Freire-Gonzalez & Font Vivanco, 2017) (Wang & Lu, 2014) (Ouyang & als, 2010) (Greening & als, 2000) (voir section 2.7.1 pour plus de détails). Ces divergences font en sorte que, les auteurs néoclassiques arrivent généralement à la conclusion que l'effet rebond est un phénomène d'ampleur moins importante que ce que suggèrent les tenants de l'économie écologique. Par ampleur, la littérature fait référence à la magnitude de l'effet rebond, une de ses caractéristiques fondamentales dont il sera question dans la prochaine section.

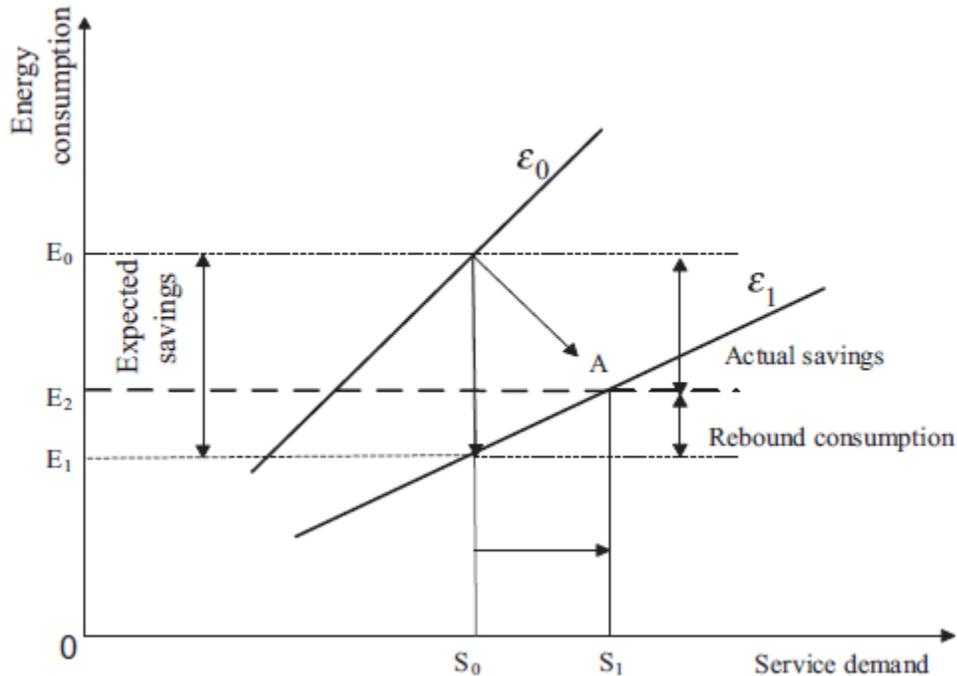
2.3 Magnitudes de l'effet rebond : rebond partiel et backfire

Comme le rebond est représenté par un ratio, ce concept possède par définition la possibilité de quantifier les magnitudes pour les différents rebonds étudiés : certains rebonds sont faibles, d'autres sont très élevés. Bien que la terminologie utilisée par la littérature concernant l'échelle de magnitude ne soit pas uniforme, celle empruntée pour cette étude sera une échelle de gradation à deux degrés.

2.3.1 Rebond de magnitude 'partielle'

D'abord, un rebond peut être compris entre zéro et l'unité. On parle alors d'un rebond 'partiel', qui constitue d'ailleurs la magnitude de rebond de loin la plus fréquente et la plus reconnue par la littérature (Zhang & Als, 2017). Dans ce cas, les gains réels sont moindres que ceux espérés *a priori*, mais ne sont pas totalement grugés par la hausse de consommation induite par le gain d'efficacité. Autrement dit, cette hausse de la consommation d'une ressource quelconque induite par un gain d'efficacité reste à un niveau en deçà de l'économie de ressource initiale engendrée par le gain d'efficacité. L'efficacité est donc moins efficace que souhaitée, mais elle offre tout de même des résultats positifs. À titre d'exemple, on peut penser à une voiture qui offre une consommation de carburant plus efficace. Ce gain d'efficacité diminue le coût de transport en termes de kilomètres parcourus par litre d'essence, ce qui incite le consommateur à conduire davantage. Dans ce cas, si on assume un rebond partiel de magnitude arbitraire de 50%, cela signifierait que la moitié des gains environnementaux qui auraient dû être fournis par le gain d'efficacité initial seront contrecarrés par une augmentation du nombre de kilomètres parcourus

par le consommateur en question. Graphiquement, on peut illustrer ce type de rebond comme l'ont fait Wang et Lu (2014), où la droite ϵ_0 représente le niveau initial d'efficacité énergétique et ϵ_1 représente le niveau d'efficacité à la suite d'un gain d'efficacité donné. On observe qu'à la suite de ce gain, la demande pour le B/S augmente, passant de S_0 à S_1 , au niveau de consommation d'énergie E_2 , qui est donc plus élevé que E_1 . La différence entre E_2 et E_1 constitue le rebond, de la même façon que dans l'équation 1, où l'on soustrait les gains réels des gains espérés.



2.3.2 Rebond de magnitude « backfire »

Ensuite, le deuxième ordre de magnitude est l'effet « backfire ». Dans ce cas de figure, l'énergie que l'on espérait libérer grâce au gain d'efficacité est entièrement grugée par la hausse de la consommation. Plus précisément, à partir du moment où la magnitude du rebond est égale à l'unité (un rebond de 100% ou 1), le gain d'efficacité induit une hausse de la consommation assez importante pour que ce dernier soit totalement inefficace. Lorsque le rebond dépasse l'unité, on entre dans le célèbre paradoxe de Jevons où l'efficacité vient en fait augmenter et non diminuer la consommation d'une ressource de façon absolue (Alcott, 2005). L'existence de ce phénomène fait l'objet de débats houleux. Il surviendrait dans une économie en pleine croissance et lorsque le gain d'efficacité s'applique à un facteur de production affectant l'ensemble de l'économie

(notamment l'énergie), comme ce fût le cas pour Jevons alors qu'il étudiait l'effet des gains d'efficacité liés au charbon en Grande-Bretagne dans la seconde partie du 19^e siècle (Alcott, 2005). Brièvement, Jevons s'étonnait de voir comment, à production égale, plus l'efficacité énergétique du charbon augmentait (c'est-à-dire la quantité de travail offerte par une même masse de charbon), plus la consommation de ce bien augmentait. À la place de provoquer une baisse généralisée de la demande, cette hausse du potentiel énergétique s'est en fait traduite par une augmentation massive de la consommation de cette ressource, en rendant la production et la transformation du fer plus abordable, ce qui a notamment permis à l'industrie ferroviaire de se développer de façon fulgurante grâce au meilleur rendement du charbon (Sorrell, 2009). En outre, cette industrie reposait entièrement sur cette énergie pour le fonctionnement des trains, autre facteur expliquant la hausse fulgurante de consommation du charbon. Bref, lorsque l'on analyse les effets directs et indirects que l'efficacité engendre concernant le potentiel énergétique d'une ressource énergétique, il est concevable que les gains d'efficacité puissent être contreproductifs en termes de sauvegarde d'une ressource. Étant donné que l'efficacité énergétique est l'un des piliers centraux du développement durable et que cette stratégie fait partie du plan de transition énergétique d'à peu près tous les pays du globe, les rebonds de magnitude « backfire » suscitent une certaine controverse (Alcott, 2005) (Sorrell, 2009).

Par ailleurs, il est aussi primordial de noter que chaque étude portant sur l'effet rebond, peu importe l'école de pensée, le type de rebond ou sa magnitude, est associée à un contexte empirique particulier déterminant le rebond et ses limites dans son unicité spatiotemporelle (Sorrell, 2009). Concrètement, ce contexte est caractérisé par toute variable pouvant influencer la dynamique du rebond, soit le type de bien ou service en question, le marché dans lequel l'étude est effectuée, le niveau de saturation de la demande, l'élasticité de la demande et de l'offre, le modèle et les hypothèses de bases utilisées, le secteur de l'économie, la période, etc (Sorrell, 2009). Comme chaque contexte d'étude est unique, si une étude affirme un rebond de type et magnitude donné, il est impossible d'inférer qu'un même gain d'efficacité étudié dans un contexte différent engendrera un rebond identique. Afin d'avoir un semblant de vue d'ensemble et d'établir certaines généralités, il est donc nécessaire de s'appuyer sur un grand nombre d'études empiriques, comme il en sera question dans les sections *données empiriques*, présentes pour la plupart des types de rebonds étudiés.

Enfin, une fois la magnitude déterminée, le concept d'effet rebond se scinde en une multitude de rebonds de plusieurs types distincts et dont les mécanismes de fonctionnement diffèrent fortement. Toutefois, tous les types de rebonds gardent cette même base commune vue dans l'équation 1, soit la différence entre le gain espéré et réel. Les types de rebonds et la magnitude sont donc deux classifications totalement distinctes.

2.4 Facteurs généraux déterminant la magnitude du rebond

Bien que chaque type de rebond possède un fonctionnement propre à chacun, cinq facteurs généraux viennent directement influencer la magnitude du rebond indépendamment du type. Ces facteurs sont : le niveau de saturation de la demande pour le B/S étudié, l'élasticité prix de cette demande, le secteur de l'économie dans lequel le rebond étudié se situe, le niveau de globalisation des marchés et enfin le type de technologie affecté par le gain d'efficience.

2.4.1 Saturation de la demande liée au bien ou service en question

D'abord, plus les agents d'un marché ont une demande latente insatisfaite pour un B/S donné, plus l'effet rebond sera de magnitude importante (Sorrell, 2018). Puisque l'usage de ce B/S est fortement valorisé dû à une demande insaturée, une baisse du coût d'utilisation induit par un gain d'efficience tend à provoquer une forte augmentation de la demande, engloutissant donc la majorité des gains escomptés sur la ressource en question (Khazzoom, 1980). Bien qu'une demande insaturée pour un B/S donné peut se retrouver de façon fortuite sur n'importe quel marché, les pays économiquement en voie de développement ont tendance à avoir une demande insaturée pour plusieurs B/S, en plus d'être constitués de ménages possédant des revenus généralement croissants dans le temps, ce qui contribue à d'importants rebonds comparativement aux demandes globalement plus saturées des pays économiquement développés (Wang & Lu, 2014) (Lin & Liu, 2013). Cette logique d'insaturation s'applique aussi dans le cas des ménages à faible revenu au sein des pays développés (Hertwich, 2005). Par exemple, l'isolation thermique d'une demeure tend à produire des rebonds plus importants chez les ménages à plus faible revenu du fait qu'ils n'avaient pas forcément les moyens jusque-là de maintenir une température ambiante jugée parfaitement confortable. Cette température risque d'être déjà la norme ambiante pour les ménages à revenu plus élevé, ce qui limite donc les possibilités de rebond (Ehrhardt-Martinez &

Laitner, 2010). Le succès des stratégies d'éco-efficience tend donc à être plus réduit dans les pays en pleine expansion économique, ou plus généralement pour les ménages à faible revenu. Toutefois, il est important de noter que, bien que ces stratégies éco-efficientes sont moins efficaces au niveau environnemental, elles ont tout de même le bénéfice d'améliorer la qualité de vie de ménages à plus faible revenu sans impacter négativement leur budget. Cette dualité entre réduction de l'impact environnemental et augmentation de la qualité de vie est d'ailleurs une question ouverte dans la littérature de l'effet rebond, dans le sens où il devient rapidement problématique, dans le paradigme économique actuel, de faire l'arbitrage entre l'augmentation de la qualité de vie résultant d'un gain d'efficience donné versus les pertes environnementales engendrées par le rebond (Sorrell, 2018). C'est d'ailleurs pourquoi ce travail se concentre uniquement sur l'aspect environnemental des gains d'efficience.

2.4.2 *L'élasticité prix et revenu*

Par ailleurs, on observe que plus la demande d'un B/S est élastique, plus la force du rebond tend à être importante (Anson & Turner, 2009). L'élasticité étant un indice de la sensibilité des consommateurs face aux variations de prix, si la demande pour le B/S étudié est élastique, une diminution du coût de production ou du coût d'usage aura tendance à induire une hausse de la consommation. Qui plus est, lorsque l'élasticité est supérieure à 1, les rebonds de type backfire peuvent avoir lieu puisque les consommateurs sont encore plus friands du bien suite à la baisse du prix, éclipsant ainsi les gains énergétiques préalablement acquis (Jenkins & als, 2011). Également, du côté de l'élasticité revenu, celle-ci mesure la variation du niveau de consommation pour un bien en fonction du revenu d'un agent. Inversement, lorsque la demande est très inélastique, la chute de prix induite par le gain d'efficience n'incite pas ou très peu les agents économiques à consommer davantage de ce B/S. Ce cas de figure est souvent un prérequis à l'effet de désinvestissement, effet dont il sera question dans la section traitant de l'effet rebond macro (section 2.8) (Turner, 2009).

En ce qui a trait à l'effet rebond indirect, la magnitude de ce dernier est fortement dépendante de cette élasticité revenu. De fait, c'est le cas de Lin & Liu (2013) lorsqu'ils estiment l'élasticité revenu de ménages chinois pour le transport à 1.96, signifiant que lorsque le revenu de ces ménages augmente, la demande en transport augmente grandement. De fait, la proportion

d'individus propriétaires d'automobile en Chine entre 2000 et 2010 a passé de 0.5% à 13%, une augmentation de 2500% durant cette période (Lin & Liu, 2013). Par ailleurs, dans leur étude ces auteurs estiment qu'un gain d'efficacité énergétique de 15% à court terme dans le domaine des transports en Chine résulterait en un rebond de 107.2%, démontrant que l'élasticité joue un rôle important dans la taille de la magnitude (Lin & Liu, 2013).

2.4.3 Le secteur économique étudié

Le troisième facteur d'importance quant à la magnitude du rebond réside dans le secteur de l'économie dans lequel le rebond est étudié. Simplement, plus le rebond étudié provient d'un secteur de l'économie énergivore, plus le rebond tend à être élevé (Jenkins & als, 2011). Cette dynamique s'explique par le fait que ces secteurs (manufactures, alumineries, raffineries, centre de données informatiques, etc) ont une structure de coût dans laquelle le prix de l'énergie représente une part plus importante comparativement à d'autres industries. Lorsqu'advient un gain d'efficacité énergétique dans ces secteurs, la réduction des coûts de production est rapidement significative, ce qui peut se traduire par une baisse du prix du B/S offert, engendrant un rebond de consommation, en autant que la demande du B/S en question soit élastique.

2.4.4 Le niveau d'interconnectivité des marchés mondiaux

En quatrième lieu, plus un marché est libre d'accès institutionnellement parlant (sans taxe ou quota d'importation, des droits de propriétés clairs et bien respectés, une politique commerciale stable et uniforme, etc) et que le B/S est facilement exportable, plus un gain d'efficacité aura tendance à induire un rebond fort puisque la haute globalisation des marchés donne accès aux consommateurs marginaux dont la demande est encore insaturée (Jenkins & als, 2011). Les gains d'efficacité risquent donc d'être majoritairement utilisés afin de combler cette nouvelle demande internationale, et non pour réduire la pression environnementale.

2.4.5 Le type de technologie

Enfin, la littérature scientifique s'entend univoquement sur l'impact qu'ont les gains d'efficacité associés aux technologies multi-usages : comme ces technologies ont un impact colossal sur le niveau de production à travers l'ensemble de l'économie, un gain d'efficacité qui améliore le rendement ou qui permet de repousser les frontières de production aura un impact

environnemental énorme, propice aux rebonds de magnitude “backfire” (Van Den Bergh, 2010) (Gossart, 2014) (Sorrell, 2007, 2009). Par technologie multi-usages, la littérature entend une technologie affectant l’ensemble de l’économie et qui souvent révolutionne ou améliore grandement la productivité d’un ou plusieurs facteurs de production (Gossart, 2014). Quelques exemples notables sont l’adoption de la machine à vapeur, l’automobile comme moyen de transport, l’électrification de la production, l’utilisation des TI et d’internet comme moyen de communication, etc. Inversement, un gain d’efficacité isolé et qui affecte peu ou pas du tout le niveau de production sera beaucoup moins sujet à d’importants rebonds. Par exemple, un immeuble éco-efficace peut générer des rebonds considérables au niveau des quelques individus affectés, mais il n’aura jamais un potentiel de rebond aussi important qu’un gain d’efficacité donné affectant la productivité de l’ensemble de l’économie comme la miniaturisation en contexte de TI.

La section suivante a comme objectif de définir et donc de distinguer les différents types de rebonds, analyser de façon détaillée le fonctionnement de chacun de ces types distinctifs, et enfin d’énoncer les facteurs propres à chaque type de rebond qui peuvent affecter leur magnitude.

2.5 L’effet rebond direct

2.5.1 Définition

Ce premier type de rebond est sans aucun doute le plus étudié dans la littérature et il est reconnu par la majorité des économistes (Wang & Lu, 2014) (Sorrell, 2009). Gillingham, Rapson et Wagner (2015) rapportent deux dynamiques séparées qui ensemble constituent le rebond direct, soit l’augmentation de l’usage et l’effet de substitution. D’abord, ces auteurs affirment que le gain d’efficacité vient diminuer la quantité d’énergie nécessaire afin de jouir d’un même B/S, ce qui réduit le coût d’usage et donc en augmente l’utilisation (effet d’usage). De plus, non seulement le prix implicite du B/S doté d’une plus grande efficacité diminue, mais en plus ce B/S, relativement aux autres contenus dans la fonction d’utilité, devient comparativement moins dispendieux, ce qui pousse les agents économiques à substituer le nouveau B/S plus efficace au détriment d’autres B/S (effet de substitution) (Gillingham, Rapson & Wagner, 2015) (Jenkins & als, 2011).

Afin d'illustrer ces propos, prenons l'exemple d'une voiture hybride. Comme celle-ci consomme moins d'essence par kilomètre en comparaison avec une autre voiture conventionnelle ayant les mêmes attributs (poids, taille, vitesse, etc), le coût par kilomètres parcourus baisse nécessairement. Cette chute de prix incite donc les consommateurs à parcourir une plus grande distance qu'ils ne le faisaient avant d'avoir fait l'acquisition d'une voiture hybride, d'où le rebond. Concrètement, cette réalité peut être représentée par une famille, maintenant propriétaire d'une voiture hybride, qui décide de substituer ses vacances en camping dans les Laurentides pour des vacances similaires passées en Gaspésie, puisque le nouveau coût d'essence par kilomètre parcouru permet à cette famille de se payer cette excursion auparavant trop dispendieuse.

À cet exemple, la perspective de l'économie écologique ajouterait qu'une consommation d'essence plus efficace change les habitudes de conduite des consommateurs. De fait, des moteurs plus efficaces permettent aux conducteurs la possibilité d'accélérer plus rapidement et d'adopter une conduite plus 'sportive', ce qui très rapidement efface les économies de carburant (Galvin, 2017). Ce changement de comportement s'explique par le fait qu'une conduite plus rapide est souvent associée à un plaisir accentué (Hagman, 2010), et permet au conducteur de sauver du temps (Galvin, 2017). Par ailleurs, Galvin (2017) note aussi que la complaisance et le confort sont d'importants facteurs susceptibles d'augmenter la distance de conduite. Plusieurs technologies rendant la conduite plus plaisante et agréable (sièges chauffants, caméras assistant la conduite, télévisions à l'arrière des sièges, etc), sont aujourd'hui considérées comme étant la norme lors de l'achat d'un véhicule neuf. Celles-ci doivent leur adoption à d'importants gains d'efficacité dans le domaine de la nanotechnologie et de l'efficacité énergétique (Hilty & als, 2006) (Galvin & Gubernat, 2016). Ces technologies ont donc comme effet d'inciter le consommateur à utiliser plus souvent la voiture (d'où le rebond direct), tout en maintenant un prix constant ou même supérieur.

2.5.2 *Déterminants de la magnitude du rebond direct : niveau d'efficacité et d'utilisation*

Pour calculer l'effet rebond direct, deux paramètres sont nécessaires : le gain d'efficacité dont il est question pour un B/S donné et son niveau d'utilisation (Freire-Gonzalez, 2017). En calculant la dérivée de la demande pour le B/S étudié, il est possible de déduire le changement qu'une baisse de prix induira sur les quantités demandées lorsque l'on connaît d'emblée le niveau d'usage. Ce procédé indiquera donc de combien l'on doit soustraire la donnée *Expected savings*

dans l'équation 1 afin d'obtenir la donnée *Actual savings* et ultimement obtenir la magnitude du rebond. Idéalement, les chercheurs qui tentent empiriquement de calculer l'amplitude de l'effet rebond connaissent d'emblée ces deux paramètres. Par exemple, une voiture dont l'aérodynamisme a été amélioré consomme 10% d'essence en moins, ce qui fait diminuer le coût d'utilisation de cette voiture d'un montant empiriquement connu des chercheurs, qui peuvent ensuite en déterminer l'effet, sachant les habitudes de conduite des usagers. En réalité, il arrive souvent que le niveau d'efficience est inconnu ou difficile à obtenir du fait de la rareté ou de la piètre qualité des données. Dans ces cas-là, les chercheurs utilisent directement une chute de prix fictive pour évaluer l'amplitude du rebond (Freire-Gonzalez, 2017). Cette substitution est possible puisqu'un gain d'efficience est économiquement équivalent à une hausse de l'offre, donc une baisse du prix.

2.5.3 *Données empiriques*

Afin d'avoir une vue d'ensemble sur le phénomène, Greening & als (2000) se sont penchés sur une méta-analyse comprenant 75 études sur l'effet direct, résumées dans le tableau ci-dessous (tiré de l'article publié par Jenkins & als, 2011). Comme ce dernier le suggère, l'effet direct est bel et bien présent, mais il est difficile d'établir une constante générale par rapport à la magnitude en raison de l'unicité de chaque contexte empirique où l'effet rebond a été étudié, comme il a été mentionné dans la section précédente. Malgré ces aléas méthodologiques, la plupart des auteurs s'entendent pour dire que l'effet rebond direct au niveau des consommateurs pour les pays développés se situe entre 10 et 30% (Jenkins & als, 2011), (Hertwich, 2005).

Magnitude de l'effet rebond direct dans les pays développés selon le secteur

TABLE 2.1:

Scale of Direct Rebound for Consumer Energy Services in Developed Nations – Summary

Energy Service	Range of Estimates	Best Guess	Degree of Confidence (Notes)
Automotive transport	5-87%	10-30%	HIGH (Unmeasured in these studies are changes in automotive attributes, particularly heavier vehicles and more powerful engines.)
Space heating	1.4-60%	10-30%	MEDIUM (Unmeasured in these studies are increases in the space heated and an increase in thermal comfort.)
Space cooling	0-50%	1-26%	LOW (Unmeasured in these studies are increases in the space cooled and an increase in thermal comfort.)
Water heating	<10-40%	??	VERY LOW (Unmeasured in these studies are reports of increased shower length or purchase of larger water heating unit.)
Other consumer energy services	0-49%	<20%	LOW

(Jenkins & als, 2011)

Si l'on s'attarde plus précisément au domaine du transport, la revue de littérature de Wang et Lu (2014) indique des magnitudes légèrement supérieures mais en somme similaires à celles de Jenkins & als (2011) :

Blair et al. [23] used monthly data of motor transport from 1967 to 1976 in Florida, estimated that the short-term rebound effect of motor transport is 25–40%, and the long-term rebound effect is also about 25–40%. Mayo and Mathis [24] used yearly data of motor transport from 1958 to 1984 in the USA, estimated that short-term rebound effect of motor transport is 22%, and long-term rebound effect is about 26%. The other similar studies' estimation results of direct rebound effect on motor transport neither the short-term nor the long-term were less than 40% [25,26].

Toutefois, les rebonds ont tendance à être de plus grande magnitude lorsqu'ils sont étudiés dans des marchés en pleine expansion. L'utilisation de l'automobile en fonction de son efficacité énergétique en Chine est un excellent exemple de cette relation entre force du rebond et demande

insaturée. De fait, malgré les indéniables avancées et progrès technologiques liés à l'efficacité énergétique des voitures et camions, l'augmentation de la consommation de carburant dans le domaine du transport en Chine entre 1971 et 2010 se situe à 9.3% par année (Wang & Lu, 2014). Comment expliquer cette différence entre une amélioration de l'efficacité énergétique dans le domaine du transport d'un côté, et de l'autre une hausse constante de la consommation absolue de carburant années après années? Outre une portion importante de cette augmentation qui repose sur la croissance du parc automobile (croissance par ailleurs en partie induite par de multiples gains d'efficacité), une partie de la réponse se trouve dans la magnitude de l'effet rebond direct. Wang et Lu (2014) se sont penchés sur l'effet rebond direct du transport routier de marchandises en Chine sur une période s'échelonnant de 1999 à 2011. Ils l'estiment à 52% pour les régions de l'Est, 80% au centre du pays, 78% à l'Ouest et 84% pour la nation en entier. Il est donc assez marquant de constater qu'en contexte économique d'expansion, de forte croissance et de demande non comblée, les gains d'efficacité technique n'ont en fait réduit la consommation d'énergie dans le transport que de 20 à 30% environ.

De façon similaire, Lin et Liu (2013) estiment qu'un gain d'efficacité de 15% en termes de consommation d'essence dans le secteur du transport chinois en 2010 induirait un rebond de 107.2% à court terme. Autrement dit, une hausse de l'efficacité énergétique pour ce secteur engendrerait une hausse absolue de la consommation de carburant, rendant la mesure d'efficacité totalement contre-productive sur le plan environnemental. Les auteurs nuancent cependant leur point de vue en admettant que l'industrie pétrolière chinoise est fortement subventionnée par le gouvernement (Lin & Liu, 2013). En corrigeant pour ce biais, les auteurs arrivent à un rebond de 90.7%, ce qui reste tout de même très élevé. Bref, force est d'admettre qu'à tout le moins, l'effet rebond est loin de n'être qu'un débat académique dont les politiques environnementales n'auraient pas à tenir compte.

Enfin, du côté du producteur, les firmes sont aussi affectées par l'effet rebond direct. D'abord, si un gain d'efficacité donné permet de combler une demande latente insaturée de la firme, celle-ci augmentera l'usage du B/S en question. Par exemple un chauffage plus efficace qui incite à augmenter la température ambiante d'une usine. Ensuite, si une firme quelconque trouve une méthode moins énergivore pour produire un même B/S, le prix de fabrication de ce dernier chutera.

À moins que le producteur encaisse la totalité de cette baisse de coût dans ses poches, cette chute de coût de production contribuera à réduire le prix du produit final, ce qui en incitera la consommation et donc induira un effet rebond direct (Jenkins & als, 2011). Par exemple, une étude longitudinale s'échelonnant de 1949 à 1999 portant sur les effets d'une chute de prix de l'énergie (cette chute étant utilisée comme indicateur équivalent à l'effet qu'aurait eu un gain d'efficacité sur le prix de l'énergie) dans le secteur manufacturier aux États-Unis estime le rebond direct à 24% pour ce secteur (Bentzen, 2004). Ce rebond direct assez élevé s'explique notamment par le fait que les coûts énergétiques occupent une proportion importante des coûts totaux pour le secteur manufacturier.

2.6 L'effet rebond indirect

2.6.1 Définition

De son côté, l'effet rebond indirect est caractérisé par la dépense énergétique provenant de B/S nouvellement consommés du fait de l'augmentation du revenu de ménages ou firmes, générée par un gain d'efficacité donné (Sorrell, 2018). Autrement dit, si un service énergétique est dorénavant moins coûteux suite à un gain d'efficacité, le budget disponible des ménages ou des firmes augmente. En assumant que l'effet rebond direct est nul, ce nouveau revenu sera nécessairement dépensé ailleurs dans l'économie sur des B/S ayant une empreinte énergétique quelconque. Le rebond indirect est donc la différence entre le gain énergétique initialement escompté (*Expected savings* dans l'équation 1) et l'empreinte énergétique induite par les nouvelles dépenses encourues suite à cette augmentation de revenu (Jenkins & Als, 2011). L'effet rebond indirect et direct sont liés entre eux dans le sens où, par exemple, si un gain d'efficacité donné provoque un effet rebond direct de magnitude élevée, cela veut dire qu'une part importante de revenu est allouée à cette augmentation d'utilisation énergétique, laissant donc peu de possibilité de rebond indirect (Freire-Gonzalez, 2017). Évidemment le raisonnement inverse est tout aussi vrai : un effet rebond direct faible a le potentiel d'engendrer un rebond indirect de grande envergure, tout dépendant de l'intensité énergétique associée à cette dépense.

2.6.2 Déterminants de la magnitude du rebond indirect : intensité énergétique et revenu libéré

Afin de déterminer la magnitude de l'effet indirect, deux questions se posent : à la suite du gain de revenu, quels B/S les ménages vont ils se procurer et quelle sera l'empreinte environnementale de ces B/S? Afin de répondre à la première question, une méthode relativement commune dans la littérature est d'utiliser la courbe d'Engels (Chitnis & Sorrell, 2015) (Gillingham & als, 2015) (Font Vivanco & als, 2015). Brièvement, cette courbe permet de décrire le comportement d'achat d'un ménage à la suite d'un changement de revenu pour un panier donné de biens. Puisqu'un gain d'efficacité induit une hausse de revenu, cette courbe permet donc de déduire quels B/S seront achetés en quantité supérieure et quels B/S seront délaissés (Font Vivanco & als, 2015). La magnitude de l'effet rebond indirect dépend donc en grande partie des nouveaux revenus libérés par le gain d'efficacité, comme l'affirme directement Sorrell (2018) : "the greater the economic benefit from the sufficiency action, the larger the indirect rebound effect". Cette dynamique s'explique par le fait que plus le revenu est élevé, plus l'empreinte écologique y étant liée le sera aussi. Inversement, si le gain d'efficacité affecte négativement le revenu d'un ménage, souvent à la suite d'un investissement initialement important (par exemple réisoler une demeure avec un isolant plus efficace), l'effet rebond indirect sera négatif puisqu'une part de revenu auparavant allouée à d'autres dépenses liées à une empreinte environnementale donnée sera dorénavant rapatriée vers ce nouvel investissement important (Sorrell, 2018).

Concernant la deuxième interrogation, à partir du moment où les B/S nouvellement acquis sont connus, il reste à soustraire leur empreinte environnementale aux gains environnementaux escomptés à la suite du gain d'efficacité pour finalement déterminer la magnitude du rebond indirect (Font Vivanco & als, 2015). À première vue cette opération peut sembler simple, mais en réalité les divergences considérables de magnitude présentes dans la littérature concernant l'effet indirect sont en grande partie attribuables aux divergences d'intensité énergétique du B/S nouvellement consommé à la suite du gain de revenu. Par intensité énergétique, la littérature entend le nombre de kg de CO₂ par dollars (Sorrell, 2018) (Font Vivanco & als, 2015). À titre d'exemple, voici la grille utilisée par l'étude de Font Vivanco & als (2015) indiquant l'intensité de différentes catégories de consommation :

Intensité énergétique de différents produits (kg de CO₂ par unité de prix)

Consumption category (COICOP level)	Kg CO₂/\$
CP01 Food and non-alcoholic beverages	1.60
CP02 Alcoholic beverages, tobacco and narcotics	0.82
CP03 Clothing and footwear	1.47
CP04 Housing, water, electricity, gas and other fuels	0.31
CP05 Furnishings, household equipment and routine maintenance of the house	2.74
CP06 Health	0.01
CP07.1 Motor vehicle transport	0.53
CP07.2 Other transport	6.85
CP08 Communications	0.16
CP09 Recreation and culture	6.14
CP10 Education	0.41
CP11 Restaurants and hotels	0.17
CP12 Miscellaneous goods and services	1.34
Total	1.40

(Font Vivanco & als, 2015)

Comme mentionné plus haut, l'intensité énergétique détermine majoritairement la magnitude du rebond indirect (Gillingham & als, 2015). Si le ménage propriétaire d'une nouvelle voiture hybride décide d'utiliser son revenu auparavant dépensé en carburant pour faire une sortie hebdomadaire au cinéma de leur quartier, l'effet rebond indirect est extrêmement faible, puisque l'empreinte environnementale d'aller au cinéma reste négligeable. Toutefois, si ce ménage décide de mettre toute la part du revenu sauvé afin de s'offrir un voyage annuel dans les Caraïbes en avion, alors le rebond indirect sera très élevé, puisque l'empreinte environnementale du transport aérien est considérable. Fait intéressant à noter : Font Vivanco & als (2015) estiment que la catégorie « récréation et culture », contenant notamment des équipements de photographie et d'enregistrement, des jouets, des équipements sportifs, des fertilisants et engrais agricoles pour le jardinage, des armes à feu, des instruments de musique et des maisons mobiles, a une intensité énergétique de 6.14 KG de CO₂ par euros dépensés, ce qui est énorme comparativement aux autres catégories. Cette donnée est importante concernant l'estimation de l'effet indirect, puisque,

dépendamment du niveau de revenu du ménage, les nouveaux revenus dégagés auront tendance à aller vers cette catégorie de dépenses, surtout dans les pays développés où la demande pour les autres catégories est relativement saturée. Puisque cette catégorie contient énormément de biens variés dont certains ont une forte empreinte environnementale, Font Vivanco & als (2015) obtiennent des magnitudes de rebonds indirects très élevées.

Par exemple, en analysant le rebond induit par l'introduction de moteurs à injection directe, bien plus efficaces que les moteurs traditionnels, ces auteurs affirment qu'entre 1990 et 2005 en Europe, ce gain d'efficacité a provoqué un rebond indirect de 122%. De fait, cette plus grande efficacité a permis aux détenteurs de ce type de véhicule d'épargner en moyenne par année 227 euros. Cela peut paraître étonnant, mais selon ces auteurs, 58% de ces 227 euros auparavant dépensés en carburant ont été dépensés sur des B/S ayant une intensité énergétique plus élevée que l'essence, expliquant ainsi la présence d'un rebond de magnitude "backfire" (Font Vivanco & als, 2015). Ces types de rebonds surviennent donc lorsque le revenu libéré est élevé, et que ce dernier est dépensé sur des B/S à intensité énergétique plus élevée que les dépenses passées. Bref, que ces estimés concernant l'intensité énergétique soient fiables ou non, le point important à retenir est que la magnitude du rebond dépend énormément de ces estimés, et les auteurs se penchant sur la question de l'effet indirect utilisent très souvent des estimés différents, expliquant en partie la grande divergence des résultats présents dans la littérature.

2.6.3 *Constat empirique de la littérature*

Bien que le manque d'études et les limites méthodologiques empêchent de pouvoir établir des conclusions claires par rapport à l'impact environnemental global de l'effet indirect et sa magnitude (Chitnis & Sorrell, 2015) (Jenkins & Als, 2011), selon Freire-Gonzalez (2017), l'effet rebond indirect est encore plus puissant en termes d'impact écologique que l'effet direct. Il est donc impératif de le prendre en considération, tout en restant prudent face aux résultats des études, si l'on veut appréhender notre réalité de façon objective et réaliste quant aux réels impacts environnementaux des gains d'efficacité. Afin de tenter de clarifier ce phénomène, Sorrell a publié en 2018 une méta analyse sur l'effet rebond indirect induit par une volonté de suffisance de la part de différents ménages (Sorrell, 2018). Brièvement, ce concept se définit comme étant l'adoption de l'idée qu'une fois un niveau raisonnable de richesse matérielle atteint, cette richesse ne

contribue plus au bonheur de l'individu (Alcott, 2008). De ce fait, les adeptes de ce mode de vie érigent, collectivement ou individuellement, un niveau donné de bien-être matériel qu'ils estiment satisfaisant et suffisant pour être heureux, et pour lequel un niveau supérieur d'opulence matérielle serait inutile car il ne contribuerait pas à leur bonheur. Concrètement, il s'agit donc d'un mode de vie plus frugal, traduit par une volonté de diminuer le niveau de consommation, les heures travaillées, de tendre vers des biens plus durables, et finalement de remplacer le travail par les relations sociales comme priorité et comme moyen principal d'épanouissement. Qui dit suffisance implique donc un certain niveau d'abstention de consommation, donc un gain de revenu, ce qui induit nécessairement un effet rebond indirect donné, d'où la pertinence de cette étude même si elle ne se penche que sur le phénomène de la suffisance et non sur les gains d'efficience en tant que tels. Ses résultats confirment la controverse sur la magnitude de l'effet mentionnée par Chitnis et Jenkins, où il est difficile d'établir une quelconque forme de tendance générale quant à la magnitude de l'effet indirect, mais il reste possible d'effectuer certains constats intéressants :

Magnitude de l'effet rebond indirect induit par une consommation plus frugale

Table 4. Estimates of the indirect rebound effects from sufficiency actions

Author	Region	No. of categories	Measures	Metric	Rebound effect (%)
Alfreddson [38]	Sweden	300	Food, travel, utilities	CO ₂	Food: 200% Travel: 35% Utilities: 20%
Lenzen and Day [37]	Australia	150	Food	Energy & GHGs	Energy: 112-123% GHGs: 45-50%
Grabs [144]	Sweden	117	Food	Energy & GHGs	Energy: 95-104% GHGs: 49-56%
Murray [40]	Australia	36	Transport, electricity	GHGs	Transport: 15-17% Electricity: 4.5-6.5%
Druckman <i>et al</i> [9]	UK	17	Heating, transport food	GHGs	Heating: 7% Transport: 25% Food: 51%
Chitnis <i>et al</i> [8]	UK	20	Heating, transport, food	GHGs	Heating: 12-17% Transport: 25-40% Food: 66-106%
Bjelle <i>et al</i> [42]	Norway	12	Transport, utilities, food, waste, other	GHGs	Transport: 83% Heating: 35% Clothing: 89% Food: 16% Furniture: -51% Paper: 190% Plastic: 95%

(Sorrell, 2018)

De cette méta analyse, Sorrell ressort que l'effet indirect semble plutôt faible concernant les comportements affectant la réduction de l'électricité utilisée par les habitations des ménages (notamment le chauffage), allant de 5.5% à 35%. De leur côté, les actions concernant le transport induisent des rebonds de magnitude partielle : entre 15% et 83%. Enfin, les actions concernant le changement de diète engendrent des rebonds indirects de magnitude très importante, quelques-uns atteignant le stade de "backfire". Dans la majorité des pays concernés par la méta analyse de Sorrell (2018), l'intensité énergétique associée à l'électricité acheminée vers le secteur résidentiel ainsi que celle de l'essence est très élevée. Dès lors, il est peu probable que l'intensité énergétique

des dépenses effectuées à la suite du gain de revenu soit supérieure à celle des dépenses en essence et électricité. Toutefois, concernant la nourriture, celle-ci a une intensité énergétique beaucoup plus faible. Il est donc probable que les nouvelles dépenses produisent plus d'émissions de GES que celles effectuées sur la nourriture, expliquant la présence de rebonds indirects à magnitude très élevée (Sorrell, 2018). Dans la même lignée, Alfredsson (2003) étudie l'effet d'un changement de diète sur la consommation énergétique ainsi que sur la quantité de CO₂ émise chez les ménages suédois. Corroborant les résultats de Sorrell, Alfredsson conclue qu'une diète "verte", c'est-à-dire une diminution des produits animaliers (viande et produits laitiers notamment) entraîne une hausse de revenu de 1047 USD annuellement. Ce revenu est par la suite dépensé dans des catégories de consommation à haute intensité énergétique, comme le transport, les loisirs, l'achat de vêtements, etc. Pour finir, l'auteur affirme que l'adoption d'un tel régime augmente de 2% la quantité totale de CO₂ émise ainsi que la quantité totale d'énergie consommée (Alfredsson, 2003). De façon contre-intuitive, en fonction des patrons de consommation des individus, l'inférence d'Alfredsson suggère donc qu'une diète omnivore émet moins de CO₂ et nécessite moins d'énergie qu'une diète plus végétarienne en raison de l'effet rebond indirect.

De son côté, Freire-Gonzalez (2017) a étudié l'effet indirect qu'induit un gain d'efficacité énergétique (dont le pourcentage n'est pas mentionné par l'étude) dans le secteur de l'habitation. Cette recherche porte spécifiquement sur les ménages de tous les pays membres de l'Union Européenne durant l'année 2007, en assumant un rebond direct de 30 et 50%. L'auteur en arrive à la conclusion qu'en moyenne, dépendamment du rebond direct pris en compte, le rebond indirect à lui seul se situe entre 31.16% et 43.62% (Freire-Gonzalez, 2017). Tout comme Sorrell et Font Vivanco & als, Freire-Gonzalez constate que ses résultats dépendent directement de l'intensité énergétique de la source énergétique des ménages (Freire-Gonzalez, 2017). De plus, à l'inverse de ce que la plupart des auteurs avancent, Freire-Gonzalez constate l'absence de lien entre richesse économique (donc saturation de la demande) et magnitude de l'effet indirect (Freire-Gonzalez, 2017). Selon lui, la magnitude s'explique principalement par la structure de l'économie elle-même, et non par le niveau d'activité économique.

Toutefois, d'autres auteurs arrivent à des résultats très différents de ceux de Sorrell, Font Vivanco et Freire-Gonzalez. Par exemple, Zhang & als (2017) ont étudié l'effet rebond direct et indirect

d'une hausse de l'efficacité énergétique de 20% concernant les moteurs de voitures de différentes provinces chinoises entre 2001 et 2012. Les auteurs concluent que le rebond direct se situe entre 30 et 35%, conformément à la littérature sur l'effet rebond direct (Zhang & als, 2017). Toutefois, le rebond indirect quant à lui est totalement négligeable : -0.38%. Ce rebond indirect peut parfois atteindre des sommets élevés (156% en 2001 dans la province de Qinghai), mais l'effet agrégé de -0.38% à l'échelle de toutes les provinces signifie que les consommateurs ont changé leur panier de consommation pour des biens à intensité énergétique inférieure à l'intensité énergétique associée aux dépenses antérieures. Ces résultats vont à l'encontre de la thèse soutenue par Sorrell (2018), Wang & Lu (2014) et Lin & Liu (2013), selon laquelle l'expansion économique devrait favoriser des rebonds indirects au moins partiels (compris entre 1% et 99%). De plus, ces résultats vont aussi à l'encontre de Font Vivanco & als puisque l'étude chinoise analyse essentiellement le même type de gain d'efficacité que Font Vivanco & als, qui pourtant eux attribuent à des rebonds indirects de type "backfire". Bref, ces résultats divergents nous rappellent que les résultats empiriques de rebonds restent fortement spécifiques au contexte dans lequel ils sont étudiés et sont difficilement généralisables.

Enfin, du côté du producteur, une firme peut aussi décider de réinvestir les excédents monétaires libérés par un gain d'efficacité dans l'entreprise elle-même afin d'augmenter ses capacités de production, constituant un autre type de rebond indirect (Jenkins & Als, 2011). Malheureusement, les études portant spécifiquement sur l'effet rebond indirect du côté des producteurs sont inexistantes, puisque ce genre de données reste très sensible pour les entreprises et donc est très difficile à obtenir. Cela incite donc encore plus à la prudence quant aux possibles impacts des gains d'efficacité au niveau des firmes. Toutefois, en théorie, comme les coûts énergétiques ont tendance à représenter une petite part du budget des entreprises (dépendamment des secteurs), les gains d'efficacité ne peuvent pas dégager un revenu important, réduisant l'ampleur de l'effet indirect du côté des firmes (Jenkins & als, 2011). Cependant, l'effet des gains d'efficacité ayant un impact sur des ressources autres qu'énergétiques reste inconnu.

2.6.4 *Limites méthodologiques*

Deux limites techniques susceptibles de biaiser le résultat de toutes les études citées précédemment ont été identifiées par la littérature. D'abord, bien que l'utilisation des courbes

d'Engels présente des résultats robustes et assez fiables (Chitnis & Sorrell, 2015), une limite importante de celle-ci se situe dans le fait que le panier de biens utilisé pour comparer l'usage des différents revenus est fixe, c'est-à-dire que, pour un ménage donné par exemple, le nouveau revenu dégagé ne peut théoriquement pas être utilisé sur des B/S qui ne faisaient auparavant pas partie de leur panier de biens (Freire-Gonzalez, 2017). Cette réalité peut biaiser une partie des résultats, particulièrement pour les dépenses importantes et peu fréquentes comme l'achat de billets d'avion, qui ont toutefois un poids énergétique très important.

Ensuite, un détail important à considérer concernant le calcul du rebond indirect est qu'aucune étude ne prend en compte la possibilité que les agents économiques puissent épargner leur gain de revenu (Freire-Gonzalez, 2017). Cela s'explique probablement par la trop grande complexité d'un tel choix, puisqu'il faudrait calculer l'empreinte environnementale des différents fonds d'investissement dans lequel les agents décideraient d'épargner ou celles des dépenses réalisées dans le futur avec cette épargne. Selon le taux d'épargne des ménages et l'impact environnemental de cette épargne convertie en investissement, cette hypothèse de non-épargne peut considérablement surestimer ou sous-estimer la magnitude de l'effet indirect.

Toutefois, en plus de ces restrictions techniques, la limite la plus importante demeure le fait que l'effet rebond indirect est un phénomène nettement moins étudié que l'effet rebond direct, du fait de la complexité méthodologique de telles études (Jenkins & als, 2011) (Zhang & als, 2017). L'effet rebond direct peut faire le sujet d'une analyse relativement simple à deux variables (le niveau de demande et le niveau d'efficacité) et à un niveau microéconomique, rendant l'étude empirique assez claire, et produisant des résultats robustes qui théoriquement devraient refléter la réalité. Cependant, la plupart des études concernant l'effet indirect nécessitent une analyse macroéconomique impliquant des ajustements sur l'ensemble de l'économie (Zhang & Als, 2017). Ces difficultés méthodologiques découragent les chercheurs, puisque le risque de parvenir à des résultats trop aisément réfutables est élevé. Enfin, la majorité des rares études ayant inclus l'effet indirect portent soit sur le secteur du transport ou de l'habitation (Zhang & Als, 2017), délaissant une panoplie d'autres secteurs où des rebonds indirects se manifestent mais ne sont pas considérés.

Ces différentes limites, qui s'ajoutent au fait que des détails techniques sur le plan méthodologique peuvent induire des différences de résultat très importantes, contribuent donc à entretenir une certaine opacité concernant le phénomène de l'effet rebond.

2.7 Approches émergentes

Dans sa tentative d'élargissement du concept de rebond, la perspective de l'économie écologique traite de trois autres types de rebonds dont la méthodologie, la portée et la dynamique est très similaire aux effets directs et indirects, soit les rebonds croisés, de temps, et moraux.

2.7.1 Rebond Croisé

Récemment, deux chercheurs d'économie écologique venant de Yale et Harvard, Freire-Gonzalez et Font Vivanco, ont développé une nouvelle méthode afin d'inclure l'impact des gains d'efficacité sur le niveau d'utilisation d'autres variables, notamment les ressources naturelles, permettant ainsi d'observer un nouveau type de rebond, le rebond croisé. En soit, l'approche n'est pas différente du calcul du rebond direct et indirect, simplement on y inclut une analyse de cycle de vie en considérant d'autres variables que seul le niveau de consommation énergétique (Font Vivanco & als, 2018). Une étude a récemment été publiée sur le sujet par Freire-Gonzalez & Font Vivanco (2018), qui se sont penchés sur la relation entre différents niveaux d'efficacité énergétique associés aux services énergétiques des ménages espagnols et leur consommation de ressources naturelles (pétrole, métaux, minéraux non métalliques et l'eau). Ils ont observé que, dépendamment du niveau d'efficacité et de l'élasticité de la demande, le rebond croisé est de 48 à 63% pour le pétrole, 84 à 89% pour les métaux, 134 à 147% pour les minéraux non métalliques et 1191% à 1628% pour l'utilisation de l'eau (Freire-Gonzalez & Font Vivanco, 2018). Cela signifie que le gain d'efficacité associé aux services énergétiques induit un rebond partiel important, mais ce gain d'efficacité entraîne aussi une consommation plus élevée en terme absolu pour les métaux non métalliques et l'eau, provoquant un rebond de magnitude "backfire". Toutefois, il est important de noter que le rebond de magnitude extrême associé à l'utilisation de l'eau est en parti dû à l'échantillon de ménages pris par les auteurs, celui-ci se trouvant en milieu fortement rural où l'agriculture est une activité économique importante (Freire-Gonzalez & Font Vivanco, 2018). Bref, l'utilisation du rebond croisé permet d'observer quel est l'impact d'un gain

d'efficience sur l'ensemble de l'écosystème, ce qui est cohérent avec la volonté de la perspective de l'économie écologique d'élargir le spectre du concept de rebond.

2.7.2 *Rebond de temps*

Par ailleurs, la pensée de l'économie écologique traite d'un autre type de rebond, soit le rebond associé au temps. De fait, plusieurs gains d'efficience ont comme effet secondaire de diminuer la quantité de temps nécessaire à accomplir une tâche ou une activité. Notamment, dans le domaine du transport où les déplacements sont accélérés grâce aux moteurs plus efficaces et dans le domaine des TI où l'échange d'informations se fait maintenant de façon quasi instantanée et à coût insignifiant. Bien qu'on pourrait penser que ce gain temporel soit utilisé pour se reposer ou comme temps de loisir (lecture, cuisine, cinéma, etc), Binswanger (2000) affirme que le temps gagné tend à être directement réinvesti dans des activités productives comme le travail ou la consommation de B/S, provoquant ainsi d'importants rebonds. Cette affirmation s'observe particulièrement chez les individus à revenu élevé qui valorisent grandement leur temps, ce qui les incite à le rentabiliser et donc tendent à être friands de tout gain de temps. Supportant l'idée de Binswanger, Hertwich (2005) soutient que tout gain de temps de voyage est entièrement réutilisé pour augmenter la distance parcourue, notamment à travers l'addition de nouvelles destinations. Dans le même ordre d'idée, Hilty & als (2006) se questionnent sur l'efficacité des TI concernant leur potentiel de réduction de l'empreinte environnementale. Ils concluent que tout gain d'efficience permettant de gagner du temps associé au transport, par exemple une application permettant de voir et réserver un stationnement d'avance afin d'éviter les va-et-vient inutiles pour trouver un endroit où garer le véhicule, résulte nécessairement en une augmentation absolue du trafic et donc à un rebond de magnitude backfire, puisque ces types de gains d'efficience rendent la conduite plus pratique et attrayante (Hilty & als, 2006). Le rebond de temps est donc d'abord caractérisé par l'empreinte environnementale associée à l'activité effectuée grâce au gain de temps. De plus, en rendant la complétion d'une tâche plus rapide, celle-ci devient plus attrayante comparativement aux autres activités, ce qui entraîne un effet de substitution (identique à la section sur le rebond direct).

2.7.3 *Rebond moral*

Enfin, l'approche de l'économie écologique considère un dernier rebond, soit de type moral. Ce rebond moral est induit par le fait que généralement, les consommateurs considèrent l'achat d'un B/S jugé efficient énergétiquement comme une action moralement valorisée puisqu'ils estiment venir en aide et protéger l'environnement avec cet achat. De ce fait, certains de ces individus vont ensuite contrebalancer cette « bonne » action par une autre qui, elle, est associée à une forte empreinte environnementale, puisqu'ils estiment qu'ils ont fait leur part et justifient leur comportement par l'achat du B/S efficient (Sorrell, 2018). Concrètement, Klöckner & als (2013) ont analysé la conduite d'individus nouvellement propriétaires d'une voiture électrique et rapportent que ces voitures sont utilisées comme complément aux voitures à gaz plutôt que comme substitut. Ces propriétaires utilisent donc plus fréquemment la voiture pour se déplacer, augmentant ainsi la distance totale parcourue. Cela a d'importantes conséquences, notamment sur l'agrandissement et la maintenance de l'infrastructure routière qui augmente la quantité de ressources nécessaire au bon fonctionnement de ce système, en plus de s'étaler sur des terres rurales, accélérant la dégradation de la biodiversité. Cette réalité s'explique notamment par un sentiment moins élevé de culpabilité face à l'activité de conduire, puisque cette conduite est considérée comme moins néfaste environnementalement par les propriétaires sondés (Klöckner & als, 2013).

De plus, le rebond moral vient en partie contrer un des arguments minimisant la magnitude de l'effet rebond souvent martelé par l'approche néoclassique, lorsque cette dernière perspective avance que comme la facture énergétique payée par les ménages demeure un montant relativement faible, il y a peu de chance qu'un rebond direct ou indirect élevé émerge dû au faible montant qui peut en être dégagé. De fait, comme il a été constaté plus haut, une importante partie du potentiel de rebond ne provient pas d'un montant minime sauvé par un B/S moins énergivore, mais bien d'un sentiment de déculpabilisation et de d'autosatisfaction morale dû à un achat dit écoefficient qui incite à une consommation de compensation. Ce constat démontre certaines limites importantes de la consommation verte (*greenwashing*), bien illustrées par le cas du recyclage. Depuis juillet 2017, la Chine a cessé d'acheter les produits issus du recyclage de plusieurs pays, notamment ceux du Canada et des États-Unis, puisque la qualité des matières envoyées par ces pays était trop médiocre, faisant en sorte que leur transformation, manipulation et l'éventuel enfouissement était

trop polluant et coûteux pour la Chine. Depuis cette période, le Canada et les États-Unis sont essentiellement pris avec leurs matières en principe recyclables, mais mal triées. Ce faisant, celles-ci se retrouvent le plus souvent incinérées, stockées ou enfouies. En plus, d'autres limites déjà existantes sont encore problématiques, notamment le degré entropique qui limite le nombre de cycles de récupération d'une matière, la faible proportion de matière qui est recyclable, ainsi que l'énergie nécessaire à la transformation des matériaux. Dans cette optique, on peut considérer que le recyclage pourrait être en fait nuisible au maintien de la qualité environnementale : la plupart des entreprises et des particuliers n'étant pas au courant de l'échec du recyclage, ceux-ci maintiennent insoucieusement leurs habitudes de consommation en croyant avec bonne foi que la plupart des matières requises à la production d'un bien seront réutilisées ultérieurement. Ce type de croyance permet le maintien de comportements malsains comme l'achat de produits suremballés. Inversement, si les consommateurs étaient conscients que leurs déchets recyclés se retrouvent presque systématiquement dans un incinérateur ou dans un dépotoir, ceux-ci seraient probablement plus enclins à choisir des B/S produisant moins de déchets, en achetant plus souvent en vrac ou dans des commerces zéro déchet par exemple.

Pour en revenir au rebond moral, les B/S ecoefficients sont semblables au recyclage dans le sens où ceux-ci présentent des avantages environnementaux, mais peuvent en même temps donner l'illusion que de s'équiper avec les B/S plus récents et performants suffira pour régler les multiples crises écologiques actuelles, sans nécessairement remédier (parfois aggravant) à la source du problème. Bref, pour utiliser un exemple qui illustre cette dynamique en plus de résumer les différents rebonds micros vus précédemment : remplacer son ensemble d'électroménagers encore fonctionnels sous prétexte que les nouveaux sont plus écoefficients induit les effets pervers suivants, soit une utilisation accrue en raison de leur nouvel attrait, fonctions et coût d'utilisation réduit, en plus d'inciter à davantage de consommation d'autres B/S grâce au faible montant épargné et du sentiment d'autosatisfaction morale accompagnant l'achat initial. On comprend donc pourquoi la consommation verte, légitimisée par l'efficacité, revient en réalité rarement à être un geste gagnant environnementalement. De fait, Alfredsson (2003) étudie les effets d'une consommation jugée "verte" (utilisation de biens plus efficaces et moins énergivores, notamment les électroménagers et les voitures) sur l'utilisation énergétique et les émissions totales de CO₂. Cet auteur conclut que si ces changements s'échelonnent sur une période de 20 ans, ceux-ci

procureraient une baisse de 13% de l'utilisation d'énergie, ainsi qu'une réduction de 25% des émissions de CO₂ (Alfredsson, 2003). Ce sont des résultats positifs, mais nettement insuffisants à l'atteinte des cibles environnementales, notamment celles posées par les États signataires de l'Accord de Paris (COP21). Qui plus est, les différents rebonds énumérés ci-haut ne font partie que d'un ordre de grandeur micro, c'est-à-dire que seuls les rebonds liés aux actions individuelles (c'est-à-dire les consommateurs et les entreprises) sont considérés. Les sections subséquentes traiteront donc des effets rebonds macro, s'appliquant à l'ensemble d'une société.

2.8 L'effet rebond macroéconomique (macro) et total (economy-wide)

2.8.1 Définition

L'effet rebond macro correspond à l'augmentation de la consommation provenant des gains d'efficacité qui provoquent les rebonds directs et indirects mentionnés plus haut, qui lorsqu'additionnés et agrégés au niveau de l'économie entière, ceux-ci auront tendance à faire diminuer le prix des diverses ressources ayant profité de gains d'efficacité, à modifier la composition de l'économie, et à favoriser la croissance économique (Sorrell, 2009). Ce sont ces trois conséquences des gains d'efficacité, qui lorsque combinés à l'échelle macro, constituent l'effet rebond macro (Gillingham & als, 2016) (Jenkins & als, 2011). Le rebond macro est donc soumis au même principe fondamental de soustraction entre quantité d'énergie qui devrait être sauvée versus la quantité réellement sauvée par un gain d'efficacité donné. Comparativement aux rebonds directs et indirects, la différence majeure concernant l'effet rebond macro a trait surtout à l'échelle à laquelle le gain d'efficacité est associé : ce dernier doit inciter plusieurs acteurs à changer leurs comportements, ce qui a ensuite des répercussions sur différents marchés et affecte la composition et le niveau d'activité économique dans son ensemble (Hertwich, 2005). Toutefois, bien qu'on considère généralement un rebond macro comme étant à l'échelle nationale (ce qui tend à minimiser l'ampleur du rebond considérant que la macroéconomie baigne dans les échanges internationaux), la notion du nombre d'acteurs, de marchés, d'interactions et l'ampleur du gain d'efficacité de ce qui définit un rebond comme étant macro laisse beaucoup place à l'interprétation subjective du chercheur. En effet, puisque le choix des paramètres lui appartient entièrement, les études ont tendance à présenter des rebonds macros d'ordre de grandeur différente, ce qui complique et rend très difficile la comparaison des différentes études portant sur le rebond macro

(Sorrell, 2009). Enfin, il est important de noter que la perspective néoclassique limite son analyse des rebonds en tenant compte uniquement des gains d'efficacité liés au secteur énergétique. Comme cette perspective est dominante dans la littérature, le secteur énergétique représente presque l'entièreté des études s'étant penchées sur le rebond macro, bien qu'en réalité d'autres types de ressources pourraient induire ce type de rebond.

2.8.2 *Trois composantes du rebond macro*

D'abord, le rebond macro est constitué par un effet d'usage (suivant la même logique que l'effet d'usage concernant le rebond direct) : un gain d'efficacité affectant l'ensemble de l'économie impliquera nécessairement des ajustements sur les quantités demandées et offertes de plusieurs marchés puisqu'il diminue le prix implicite de production, incitant ainsi à la consommation de différents B/S touchés par ce gain d'efficacité (Jenkins & als, 2011). Par exemple, l'électrification massive des camions de marchandises aux États-Unis aura un impact à la baisse sur le prix mondial du baril de pétrole, incitant d'autres pays ou entreprises à se procurer ce bien. Toutefois, la complexité des ramifications d'un gain d'efficacité comme ce dernier peut en même temps provoquer des rebonds négatifs sur d'autres marchés affectés. Poursuivant l'exemple des camions électriques, la demande d'électricité augmentera de façon substantielle afin de charger les batteries de ces camions, ce qui poussera les tarifs électriques vers le haut, décourageant donc la demande pour ce service. Enfin, la magnitude de l'effet d'usage dépend à la fois de l'élasticité de la demande et de l'offre des différents marchés affectés par ledit gain d'efficacité, ainsi que de la dualité entre complémentarité et substituabilité des différents B/S et secteurs de l'économie affectés (Jenkins & als, 2011). Somme toute, il est difficile et hasardeux de se prononcer clairement quant à l'ampleur de l'effet d'usage en raison du grand nombre d'interactions économiques associées à un gain d'efficacité s'appliquant à l'ensemble de l'économie. De plus, les conséquences environnementales de gains d'efficacité d'une telle importance peuvent à la fois être positives, comme dans le cas d'une diminution d'émission de CO₂ grâce aux camions électriques, ou négatives comme dans le cas de l'augmentation de la demande d'électricité qui pousserait le gouvernement à construire plus de centrales électriques. Ces nombreuses interactions et éventualités possibles font en sorte qu'au final, il est ardu de déterminer clairement quelle est l'empreinte environnementale finale d'un gain d'efficacité au niveau macro.

La deuxième composante constituant le rebond macro est l'effet de composition. L'agrégation de plusieurs gains d'efficience dans le temps fait en sorte que les secteurs dans lesquels le coût énergétique est un enjeu important seront, toutes choses étant égales, plus compétitifs. Cela aura comme effet de décaler l'économie vers ces secteurs, stimulant ainsi la consommation et la production d'activités économiques dont l'intensité énergétique est généralement plus élevée, au détriment d'autres secteurs moins affectés par les coûts énergétiques et donc par les gains d'efficience (Jenkins & als, 2011). Toutefois, si la chute de prix à long terme n'est pas accompagnée d'une stimulation suffisante de la demande, cela peut créer un effet de désinvestissement, c'est-à-dire qu'une baisse de prix à long terme décourage les nouveaux investissements dans ce type d'activité en raison du faible retour d'investissement, ce qui contracte l'offre, hausse les prix et donc diminue la consommation (Turner, 2009). La magnitude de l'effet de composition va donc dépendre de la structure de l'économie en elle-même : si celle-ci tend à être plus énergivore, si elle possède beaucoup d'industries lourdes de transformation, quelles sont les sources principales énergétiques supportant ces industries, etc. Son effet est donc difficilement calculable empiriquement.

Par ailleurs, suivant la logique du changement de composition de l'économie, les gains d'efficience vont aussi modifier la structure de production au niveau des firmes. En effet, comme l'énergie est moins dispendieuse à la suite d'un gain d'efficience, celle-ci peut être utilisée afin de remplacer d'autres facteurs de production dorénavant relativement plus coûteux : c'est ce que l'on appelle l'élasticité de substitution de l'énergie. Théoriquement, plus cette mesure est élevée, plus l'énergie pourra se substituer à d'autres facteurs, ce qui induirait donc d'importants rebonds (Gillingham & als, 2016). De fait, Jenkins & als (2011) vont même jusqu'à affirmer que les deux derniers siècles peuvent être interprétés comme l'histoire de la substitution entre les facteurs terre et travail (humain et animal) pour l'énergie et le capital, en partie grâce aux gains d'efficience énergétique. D'un point de vue plus empirique, Sorrell (2007) a effectué une revue de littérature de 200 études s'échelonnant sur 30 ans concernant les estimations empiriques de la substituabilité entre l'énergie et le capital. Loin de faire l'unanimité, la conclusion qui en ressort est que l'énergie serait en général plutôt un complément ou un faible substitut au capital, mais que cette mesure repose énormément sur le secteur économique et le pays étudié. De leur côté, Greening & als (2000) en

arrivent à la conclusion que l'élasticité de substitution entre l'énergie et les autres facteurs de production varie entre 0.4 et 0.8 (sur une échelle de -1 à 1), annonçant que l'énergie est bel et bien un substitut et non un complément aux autres facteurs. Bref, la littérature s'entend pour dire qu'en théorie, plus le niveau de substitution est grand entre l'énergie et les autres types de capitaux, plus les gains d'efficacité au niveau macro auront tendance à performer un changement de composition, où l'énergie sera utilisée de façon accentuée (Jenkins & als, 2011). Toutefois, comme le niveau de substituabilité est une donnée intrinsèquement liée à son contexte empirique particulier et est donc difficilement généralisable, l'impact de la substituabilité ou complémentarité entre les facteurs de production et l'énergie sur la magnitude du rebond macro est difficile à estimer.

Enfin, la dernière composante du rebond macro est la croissance économique engendrée par le gain d'efficacité en question. Cette croissance additionnelle se caractérise par un plus grand volume de ventes, une productivité augmentée, des investissements pour accroître le niveau de production, et enfin des revenus supplémentaires pour les salariés (ou actionnaires). Le rebond provient donc des dépenses énergétiques associées à ces différentes facettes de la croissance. Toutefois, l'importance de la croissance dans la magnitude du rebond macro est extrêmement controversée (Jenkins & als, 2011) (Gillingham & als, 2016) (Sorrell 2009) (Herring & Roy, 2007) (Hertwich, 2005). En fait, l'un des seuls consensus quant à l'effet rebond macro est qu'il dépend très largement des postulats proposés par les chercheurs concernant l'indépendance ou l'interdépendance des facteurs de production et du niveau d'importance de l'énergie comme vecteur de croissance économique.

D'un côté, les tenants de la position néoclassique ne croient pas que les gains d'efficacité énergétique puissent avoir une incidence considérable sur la croissance économique, limitant fortement les possibilités de rebonds macros, et ce pour deux raisons (Sorrell, 2009). D'abord, pour expliciter cette affirmation, il est nécessaire de se pencher sur la théorie néoclassique de la croissance, selon laquelle celle-ci découlerait de trois facteurs de production, soit le capital, la main d'œuvre et le facteur technologique (Kümmel et Linderberger, 2014). Selon cette perspective, l'énergie n'est généralement pas comptabilisée comme l'un des trois principaux facteurs de production, car sa contribution à la production serait insignifiante. En effet, les auteurs

néoclassiques affirment que la productivité des différents facteurs de production est proportionnelle à la part du coût qu'ils engendrent pour une production donnée. Concrètement, cela signifie que pour l'équivalent de 1\$ CAD de production, si le coût énergétique nécessaire à cette production est de 5 cents, alors la contribution de l'énergie en tant que facteur de production correspond à 5%. Comme l'énergie représente généralement une partie négligeable du coût de production, les gains d'efficacité énergétique ont peu de chance de fortement stimuler la croissance et donc d'induire d'importants rebonds (Kümmel et Linderberger, 2014).

Ensuite, les auteurs néoclassiques expliquent la production en additionnant la contribution des principaux facteurs de production, c'est-à-dire que chaque facteur est indépendant l'un de l'autre et que la somme de leurs impacts singuliers forme la totalité de la production (Jenkins & als, 2011). En termes mathématiques : Y (PIB/Production) = K (capital) + L (labour) + T (facteur technologique) + E (énergie). Ces penseurs concluent que comme l'efficacité énergétique ne peut qu'influencer de façon isolée la productivité de l'énergie et que, comme mentionné plus haut, celle-ci contribue faiblement à la production, par défaut les gains d'efficacité énergétique ne pourront impacter significativement la croissance économique, d'où le faible potentiel de rebond macro (Sorrell, 2009).

De l'autre côté, les auteurs affiliés à l'école de pensée de l'économie écologique comprennent que le coût de l'énergie ne représente effectivement qu'une petite part du PIB, d'autant plus que pour ces auteurs, l'énergie n'est qu'une ressource parmi d'autres susceptibles d'induire des rebonds. Toutefois, ces chercheurs affirment que l'importance de l'énergie ne se situe pas dans la proportion qu'elle occupe au sein du PIB, mais bien dans les possibilités de production qu'elle offre (Kauffman 1992, 1994, 2004) (Cleveland & als, 1984, 2000) (Ayres, 1998). En réalité, les chercheurs néoclassiques peinent à expliquer la croissance autrement que par approche résiduelle. En effet, tel que mentionné plus haut, les néoclassiques expliquent la croissance par le capital, le travail, et l'innovation technologique. Afin d'estimer l'apport de chacun de ces facteurs, essentiellement on compare leur coût économique au PIB annuel (Sorrell, 2009). Si par exemple les entreprises d'un pays ont investi en capital un milliard de dollars et que le PIB représente 3 milliards, on conclue que le capital explique le tiers de la croissance économique pour cette année. Toute croissance observée empiriquement qui ne découle pas de ces trois facteurs de production

tombe dans un quatrième facteur, dénommé résiduel. En réalité, ce résiduel (communément appelée le résiduel de Solow), totaliserait dans certains pays jusqu'à 50% de la croissance (Kümmel et Linderberger, 2014). Autrement dit, cela signifie que la théorie néoclassique est incapable d'expliquer près de la moitié de la croissance économique observée.

Au lieu de se fier au coût des facteurs de production pour estimer leur contribution au PIB, les économistes écologiques déterminent les facteurs contribuant à la croissance économique à l'aide de données historiques estimant la productivité pour chaque facteur de production (Sorrell, 2009). Plus précisément, Ayres & Warr (2005) partent de leur estimation avançant que les gains d'efficacité dans le domaine énergétique ont permis en moyenne d'augmenter de 18 fois la quantité d'énergie utile pour une même quantité d'énergie entre 1900 et 2000. Ces auteurs ont ensuite inclus cette augmentation fulgurante de la disponibilité de l'énergie utile à leur fonction de production afin de déterminer les facteurs expliquant la croissance économique, et démontrent que 60% de cette croissance serait attribuable à l'augmentation de la qualité énergétique qu'a connu ce pays durant cette période (Ayres & Warr, 2005). Par qualité d'énergie, ces auteurs entendent une augmentation du flux d'énergie utile à accomplir un travail. Corroborant les résultats d'Ayres & Warr (2005), Sorrell (2009) résume plusieurs études ayant estimé de cette façon les vecteurs de croissance, et conclue que l'énergie contribue à la croissance économique environ dix fois plus que ce qui est estimé par les fonctions de production néoclassiques.

Parallèlement, les économistes écologiques ajoutent que le PIB ne correspond pas à la contribution totale de chaque facteur de production pris individuellement et de façon isolée, mais bien au résultat d'une dynamique d'interdépendance et d'une multiplication de ces facteurs (Jenkins & als, 2011). Exprimé mathématiquement : $Y = f(K,L,T)$. Ce postulat a des conséquences majeures en termes d'incidences possibles sur la croissance, puisque cela fait en sorte qu'un gain d'efficacité énergétique pourrait par la suite avoir des répercussions sur la productivité d'un autre facteur de production, décuplant les effets sur la croissance. Par exemple, Lovins & Lovins (1997) affirment que les bâtiments éco-éfficiants augmentent la productivité des travailleurs de 16%, en raison de la température plus confortable, de l'acoustique et de la meilleure qualité visuelle pour les travailleurs. Ce sont donc des gains d'efficacité énergétique qui ont permis de décupler le potentiel d'autres facteurs de production, dans ce cas-si le facteur travail, corroborant l'hypothèse des

économistes écologiques comme quoi l'efficacité énergétique peut donc augmenter l'efficacité dans l'usage d'autres ressources. En conclusion, comme les gains d'efficacité peuvent affecter plusieurs facteurs de production à la fois et que l'énergie a une incidence beaucoup plus forte sur la croissance que ce qu'affirment les penseurs néoclassiques, la probabilité que ces gains d'efficacité induisent d'importants rebonds macros est beaucoup plus grande selon la perspective de l'économie écologique.

Le débat concernant la magnitude de l'effet macro entre les économistes écologiques et les néoclassiques est en grande partie déterminé par la question de fond suivante. Bien que la consommation énergétique et la croissance économique soient fortement corrélés depuis la révolution industrielle (Sorrell, 2009), la question reste à savoir si la croissance économique engendre une quantité demandée d'énergie donnée (position néoclassique), ou si la quantité d'énergie disponible offre les conditions nécessaires à une croissance économique (position de l'économie écologique). Autrement dit, quelle est la direction de la causalité, si celle-ci existe, entre les deux variables. Le sens de cette causalité a une incidence majeure sur la magnitude potentielle de l'effet rebond macro. En effet, pour les néoclassiques, la croissance est perçue comme étant le résultat souhaitable de l'activité économique. Dans cette optique, comme les gains d'efficacité énergétique ont un impact négligeable sur la croissance, ceux-ci font figure d'outil pour atténuer les conséquences environnementales néfastes de la croissance. Pour les économistes écologiques, tels que Stern (1993, 2000), ces derniers avancent que si l'on utilise la qualité énergétique comme donnée plutôt que la quantité d'énergie demandée, le sens de la causalité entre énergie et croissance est clair : la qualité énergétique détermine le niveau de croissance, donc l'augmenter impliquerait une hausse importante de la croissance économique. Si l'on poursuit ce raisonnement à l'aide des études de Ayres & Warr (2005), comme les gains d'efficacité énergétique équivalent à une augmentation de la qualité énergétique, ceux-ci auraient donc un impact majeur sur la croissance économique, d'où les rebonds macros à magnitude élevée.

2.8.3 *Constat empirique et théorique de la littérature*

Contrairement aux rebonds directs et indirects, à la connaissance du chercheur, le corpus scientifique concernant l'effet macro ne contient pas d'études économétriques pouvant isoler et identifier clairement la magnitude de ce rebond. Celle-ci est toutefois parfois incluse dans certaines

études traitant du rebond total, sujet dont il est question à la section 2.9. L'analyse du rebond macro est donc effectuée de deux façons. La première approche consiste à se fier à des données empiriques sans toutefois pouvoir tirer de conclusions claires et généralisables. La deuxième méthode d'analyse est d'adopter une approche purement théorique, permettant un plus grand potentiel de généralisations au détriment d'un certain réalisme empirique.

Concernant la première approche, certains chercheurs utilisent de longues séries temporelles comme données afin d'étudier l'effet macro, leur permettant ainsi de rester fidèle le plus possible de la réalité. Ruzzenenti & Basosi (2008) avancent que, associé à d'autres facteurs, l'augmentation de l'efficacité concernant les moteurs de camions à marchandises durant les années soixante-dix a eu comme effet de significativement diminuer le coût de transport, ce qui a rendu économiquement viable le phénomène de la délocalisation (outsourcing) de la production en Europe. En lien avec le corpus théorique du rebond macro, l'augmentation significative de cette pratique correspond à un changement de composition de l'économie en faveur d'un secteur à haute intensité énergétique (le transport). De plus, en ayant accès à un système de fabrication de B/S moins dispendieux, cela permet d'augmenter la production et de stimuler la croissance économique.

Dans cette étude, les auteurs conçoivent le rebond en termes d'augmentation de la flotte de camions, entraînant une hausse de la consommation de carburant. De fait, en prenant le cas de l'Italie en particulier, les deux auteurs notent que la flotte de camions a augmenté de 172% sur une période de 25 ans, alors que durant cette même période le taux de croissance n'était que de 54% (Ruzzenenti & Basosi, 2008). Cependant, cette approche n'a qu'un potentiel explicatif indirect du phénomène : comme l'impact d'un gain d'efficacité au niveau macro se diffuse dans l'ensemble de l'économie, il devient difficile (voire impossible) d'établir un lien clair de causalité entre le gain d'efficacité et la consommation d'énergie post gain d'efficacité (Sorrell, 2009). D'un autre côté, sans nécessairement pouvoir garantir la direction de la causalité, il est plausible d'imaginer qu'inversement, une perte d'efficacité affectant à la hausse les prix puisse provoquer une récession (ou à tout le moins un ralentissement de la croissance) si cette ressource est d'une grande importance pour l'économie. On peut notamment penser au choc pétrolier de 1973 qui a causé une forte récession dans plusieurs pays industrialisés. C'est pourquoi le raisonnement de Ruzzenenti

& Basosi se tient et demeure très pertinent. Toutefois, cette difficulté méthodologique démontre d'abord pourquoi Ruzzenenti & Basosi (2008) expliquent le rebond de façon détournée en passant par l'augmentation du nombre de camions sans toutefois chiffrer clairement son impact sur la consommation de carburant, ainsi que l'utilisation du terme "très probable" lorsqu'ils suggèrent que les gains d'efficacité des années soixante-dix ont permis la viabilité de la délocalisation durant les années quatre-vingt :

Although a temporal sequence does not entail causality between events, it does provide concrete evidence that the preceding event cannot be caused by the subsequent one. The dramatic change in truck fuel economy occurred before the rise of international outsourcing as a distinctive feature of globalization. The leap in fuel efficiency was not caused nor driven by international outsourcing or globalization, but it is very likely that it was a driving force, among others, of those events.

Bien que les implications de l'analyse temporelle, comme l'ont fait Ruzzenenti & Basosi, restent indirectes, ce type de recherche demeure pertinent puisqu'un phénomène peut exister sans nécessairement qu'il soit possible d'en démontrer les causes, faute de moyens techniques ou de méthode employée. Malheureusement, la très grande majorité des revues scientifiques en économie refusent de publier de recherches qui ne contiennent pas un lien de causalité clair entre deux variables (Gillingham & als, 2016), expliquant la rareté de ce type d'analyse.

De plus, cette approche légèrement plus qualitative permet aux chercheurs de couvrir une grande période de temps (deux décennies dans ce cas), ce qui est beaucoup plus compliqué à effectuer avec les méthodologies et outils mentionnés auparavant dans ce travail. Cela permet ainsi d'observer les effets long terme des gains d'efficacité, sujet très peu abordé par la littérature. Concernant l'effet du temps sur la magnitude, l'argument prévalent dans la littérature serait de dire que plus la période s'échelonne sur une longue durée, plus la magnitude risque d'être élevée (Sorrell, 2009) (Wang & Lu, 2014) (Barker, Dagoumas et Rubin, 2009). Ce raisonnement s'explique par le fait que plus la période est longue, plus les gains d'efficacité ont le temps de s'implémenter dans le système de production dont ils font partie et donc plus leur impact bénéfique sur la productivité se fait sentir. Cet argument est particulièrement convaincant en contexte de

« technologies multi-usages » d'effet rebond « frontière », deux sujets qui seront abordés de façon plus approfondie subséquemment (se référer à la table des matières). En revanche, d'autres auteurs comme Zhang & Lin Lawell (2017) et Turner (2009) défendent la position contraire. Ils affirment que comme l'augmentation de l'efficacité diminue le prix, cela fait diminuer la profitabilité du secteur, décourageant ainsi les nouveaux investissements et la production du secteur, ce qui minimiserait la possibilité de rebonds à long terme. Bien que l'avis des chercheurs soit mitigé quant à l'impact du temps sur la magnitude du rebond, une chose est claire : une période de temps étudiée plus longue signifie plus de variabilité dans les résultats, expliquant pourquoi relativement peu de chercheurs osent se lancer dans ce genre d'étude (Sorrell, 2018).

De l'autre côté, d'autres chercheurs préfèrent complètement ignorer le côté empirique en se penchant exclusivement sur l'argumentation théorique (Gillingham & als, 2016). Bien que cela leur permet d'avoir un plus grand potentiel explicatif, leur analyse ne reflète pas nécessairement toute la complexité du monde réel. Cette approche est notamment préconisée par Saunders (1992), lorsque l'auteur cherche à comprendre quel serait l'impact, dans un cadre théorique néoclassique, d'un gain d'efficacité sur la croissance économique et quelle serait la taille du rebond. Sous certaines hypothèses fortes (l'adoption d'une fonction de production Cobb-Douglas, où le niveau de substituabilité entre l'énergie et les autres facteurs de production est élevé), Saunders en arrive à la conclusion qu'un gain d'efficacité au niveau macro entraîne nécessairement un rebond de magnitude « backfire » pour deux raisons. D'abord, puisque ce type de gain stimule la croissance économique, et ensuite parce que l'augmentation de l'efficacité incite l'usage accru de l'énergie puisque ce facteur de production est plus abordable et pratique, *ceteris paribus* (Saunders, 1992). Toutefois, avec une fonction de production de type CES, où les hypothèses de substitution sont moins fortes, les gains d'efficacité peuvent parfois générer un rebond partiel, parfois un rebond « backfire » (Saunders, 1992). Ainsi, en soulignant lui-même les limites de son analyse quelques années plus tard, Saunders (2007) maintient que la démarche du chercheur, en l'occurrence le choix de la fonction de production et des différentes hypothèses utilisées, détermine carrément la magnitude du rebond macro. Cette réflexion est par ailleurs cohérente avec le débat présent dans la littérature entre l'école de pensée économique néoclassique et écologique.

Si l'on adopte une perspective plus historique de l'économie, les penseurs classiques se sont aussi indirectement questionnés sur le sujet. En effet, Jevons, Smith, Say et Malthus observaient à leur époque que l'augmentation de la productivité d'un facteur de production ne réduisait pas son utilisation, mais bien l'augmentait (Jenkins & als, 2011). Par exemple, la productivité ouvrière n'a fait qu'augmenter depuis la Deuxième Guerre mondiale dans le monde occidental, et pourtant le taux de chômage est resté généralement stable et relativement faible. C'est donc dire que l'augmentation de la productivité de ce facteur ne mène pas au chômage, mais bien à l'utilisation accrue de ce facteur afin d'augmenter continuellement la production. Poursuivant la logique des auteurs classiques, il n'y a donc aucune raison pour laquelle ce raisonnement ne pourrait s'appliquer à l'efficacité énergétique (ou d'autres ressources), c'est-à-dire qu'il y aurait toujours un rebond d'au moins 100% puisque l'énergie sauvée serait réutilisée pour augmenter les possibilités de production (Jenkins & als, 2011).

Bref, le débat sur l'ampleur du rebond macro repose principalement sur l'argumentation théorique et bute sur l'absence d'études pouvant clairement chiffrer un tel rebond. Toutefois, l'effet combiné des trois composantes du rebond macro est parfois inclus dans certaines modélisations par ordinateur dont l'objectif est d'obtenir la magnitude du rebond total.

2.9. Rebond total (economy-wide)

Ce rebond représente la somme de l'ensemble des rebonds directs, indirects et macros générés par un gain d'efficacité donné. Il ne s'agit donc pas d'un nouveau type de rebond à proprement parler, mais plutôt d'une agglomération de plusieurs rebonds mis ensemble. Puisque son ampleur est très considérable, les démarches empiriques afin d'estimer sa magnitude sont actuellement inexistantes. Plutôt, deux méthodes de modélisation par ordinateur sont principalement utilisées afin d'évaluer la magnitude du rebond total : la méthode CGE (computable general equilibrium) et les modèles intégratifs (Jenkins & als, 2011). Ces deux types de modèles estiment un niveau d'activité économique en fonction de différents paramètres inclus dans le modèle, dont l'efficacité énergétique. Ceux-ci ont donc l'avantage de pouvoir utiliser plusieurs fonctions de productions avec les mêmes données, pouvant donc répéter une simulation afin d'isoler un paramètre et d'observer son effet (Maxwell & McAndrew, 2011). Par ailleurs, la difficulté qu'ont les études empiriques avec l'établissement clair d'un lien de causalité est par

défaut écartée en contexte de modélisation, puisqu'en fonction des variables endogènes (dépendantes) et exogènes (indépendantes) choisies par le chercheur, le lien de causalité est généré automatiquement par le modèle (Mitra-Kahn, 2008). Autrement dit, le chercheur détermine lui-même le sens de la causalité, sans toutefois réellement savoir si cela correspond à la réalité, ce qui peut certainement biaiser les conclusions de ces études qui tentent d'estimer la magnitude du rebond total.

Concernant le modèle CGE, il découle directement de la théorie macroéconomique néoclassique et est principalement utilisé afin d'analyser l'effet d'un impact économique donné sur l'ensemble d'une économie (Jenkins & als 2011) (Sorrell, 2007). Jenkins & als (2011) ont effectué une revue des études concernant le rebond total analysées avec la méthode CGE :

Récapitulation des différents rebonds estimés à l'aide de la méthode CGE

TABLE 3.1: Survey of CGE Simulations of Economy-wide Rebound Effect

Study	Country/Region	Projected Economy-wide Rebound	Notes
Semboja (1994)	Kenya	170-350%	Two scenarios: 1% improvement in economy-wide energy production efficiency and end-use energy efficiency.
Dufoumaud et al. (1994)	Sudan	47-77%	Three scenarios, modeling 100%, 150% and 200% improvement in efficiency of wood-burning stoves
Van Es et al. (1998)	Holland	15%	Explicit representation of efficiency improvements fed by detailed, bottom-up supply side database of energy-saving technology opportunities.
Vikstrom (2004)	Sweden	50-60%	15% increase in efficiency in non-energy sectors and 12% increase in energy sectors of economy.
Washida (2004)	Japan	35-70% (53% in central scenario)	1% efficiency improvement in all energy use in production. Sensitivity analysis reveals positive correlation between rebound and value for elasticity of substitution with energy
Grepperud and Rasmussen (2004)	Norway	Small for oil use but >100% for electricity	Two sectors see doubling in efficiency of electricity use and two see doubling of efficiency in oil use modeled as doubling of energy productivity growth rate.
Glomsrod and Wei (2005)	China	>100%	Compares BAU case to an improvement in coal-sector productivity under scenario limiting emissions with tax on coal use.
Hanley et al. (2005)	Scotland	120%	5% improvement in efficiency of energy use across all production sectors. Model looks at open region with major energy exports, identifies sensitivity of export demand is key driver of backfire.
Allan et al. (2007)	United Kingdom	30-50% (37% central scenario)	5% improvement in efficiency of energy use across all production sectors. Performs extensive sensitivity analysis. Note contrast between this study and very similar study of Scottish economy Hanley et al. (2005, 2009), indicating further evidence of importance of rebound in energy exporting sectors.
Hanley et al. (2009)	Scotland	132% for electricity and 134% for other energy	5% improvement in efficiency of energy use across all production sectors; refinement of Hanley et al. (2005) with robust sensitivity analysis and greater decomposition of results. Backfire is only found in energy supply sectors (~245% rebound) with more modest rebound (~35-41%) in non-energy supply sectors.

(Jenkins & al, 2011)

De ce tableau, il est possible de tirer l'observation générale que la méthode CGE produit des rebonds totaux de magnitude très importante, la plupart en haut de 50% avec plusieurs cas de "backfire". Ces fortes magnitudes sont expliquées par le fait que ce type de modèle comporte des hypothèses de base très fortes, notamment concernant le haut niveau de substitution entre l'énergie et les autres types de capitaux ainsi que l'hypothèse selon laquelle la décision des agents

économiques est toujours optimale (Jenkins & als, 2011) (Pollitt & als, 2019). D'autres études publiées à l'aide de la méthode CGE produisent des résultats similaires : Broberg & als (2015) estiment qu'un gain d'efficacité énergétique de 5% dans le secteur industriel engendre un rebond de 40 à 70% et Zha & Zhou (2010) concluent qu'un gain d'efficacité énergétique de 4% engendrerait un rebond d'environ 30% pour trois secteurs énergétiques (charbon, pétrole et électricité) (Du & als, 2017). Enfin, du côté de la demande, Lecca & als (2014), avancent qu'un gain d'efficacité de 5% concernant l'utilisation énergétique des ménages entraînerait un rebond total supérieur à 50%.

De leurs côtés, les modèles intégratifs fusionnent l'approche théorique néoclassique formant la base du modèle CGE avec des séries de données empiriques temporelles utilisées afin de simuler le comportement des agents au lieu de simplement assumer ce comportement avec des hypothèses (Pollitt & als, 2019). Ce genre de modèle permet donc de mieux comprendre l'interaction entre les niveaux micros et macros, comblant une faiblesse importante du modèle CGE. Toutefois, ces modèles sont beaucoup plus complexes, donc plus coûteux en temps et en financement. Barker, Foxon et Ekins (2007) ont d'abord adopté cette méthode lorsqu'ils ont analysé le rebond total d'un amalgame de différentes politiques d'efficacité énergétique entre 2000 et 2010, rebond qu'ils estiment à 11%. Ensuite, la même année ces trois auteurs ont publié une autre recherche utilisant exactement le même modèle concernant le rebond total induit par des politiques d'efficacité énergétique appliquées spécifiquement au secteur industriel. Barker & als (2007) estiment le rebond total à 19%. Enfin, à l'aide d'un modèle très similaire Barker, Dagoumas et Rubin (2009) obtiennent un rebond total de 32% entre 2013 et 2020 et 51% entre 2020 et 2030 pour l'économie mondiale si celle-ci adoptait les normes d'efficacité énergétique de l'agence internationale de l'énergie proposées en 2005. Voici un tableau résumant cette dernière étude : pour différents secteurs de l'économie, il différencie le rebond direct, macro et total sur une période s'échelonnant de 10 à 20 ans (Barker & als, 2009) :

Différenciation entre les rebonds directs, macros et totaux en fonction de l'année, divisé par
secteur de l'économie

Energy Efficiency (2009) 2:411–427

425

Table 9 Direct, macroeconomic and total rebound effect of energy-efficiency policies (%), % difference between policy case and reference case

World	Direct			Macroeconomic			Total		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Energy supply industries	0	0	0	0	20.8	43.7	0	20.8	43.7
Transport	0	9.1	9.1	0	26.9	43.1	0	36.0	52.2
residential/services buildings	0	20.0	20.0	0	24.3	40.6	0	44.3	60.6
Industry	0	5	5	0	18.3	40.8	0	23.3	45.8
Agriculture	0	5	5	0	11.8	36.1	0	16.8	41.1
Total	0	9.4	9.7	0	22.1	41.6	0	31.5	51.3

Figures are total rebound effects, assumed direct rebound plus projected macroeconomic rebound effects

Sources: E3MG 2.4 and 4CMR

À l'inverse de la méthode CGE, les modèles intégratifs ont plutôt tendance à sous-estimer la magnitude du rebond total pour deux raisons. D'abord, ils adoptent l'hypothèse discutée plus haut de la théorie néoclassique selon laquelle un gain de productivité ne se limite qu'à un facteur et n'aura donc pas d'effets multiplicateurs sur les autres facteurs de production (Jenkins & als, 2011). Ensuite, la magnitude du rebond direct n'est pas estimée empiriquement, mais bien fixée par les auteurs selon la littérature. Les magnitudes associées aux rebonds directs choisis par Barker & als (2009) sont significativement moins élevées que celles citées plus haut dans cette recherche. Elles se situent même en-deçà du consensus général d'environ 30% convenu par la littérature (consensus qui est d'ailleurs lui-même sujet à être sous-estimé) (Jenkins & als, 2011).

Bref, cette divergence notable de magnitude entre les modèles intégratifs et CGE est conforme à ce qu'affirmait Saunders (2007) plus haut : le choix du modèle, c'est-à-dire les hypothèses de base venant encadrer la conception de ce dernier, viennent déterminer la magnitude du rebond. Cela signifie que, selon les méthodes de calcul et les techniques de modélisation actuelles, il est très hasardeux de se positionner quant à l'ampleur du rebond lorsque l'on extrapole les effets d'un gain d'efficacité au niveau macro.

2.10 L'effet rebond frontière

2.10.1 Définition de l'effet rebond frontière

L'effet frontière est le dernier type de rebond défini dans la littérature scientifique et n'est mentionné que par la perspective de l'économie écologique, puisque celle-ci est la seule à concevoir que les gains d'efficacité peuvent avoir une incidence sur le comportement des individus autrement que par son impact sur le prix d'un B/S. En effet, ce rebond est compris comme étant l'extension des possibilités de production, c'est-à-dire l'émergence de nouveaux produits, fonctionnalités et usages, ceux-ci étant rendus possibles grâce aux gains d'efficacité (Jenkins & als, 2011). Ruzzenenti & Basosi (2008) conçoivent l'effet frontière avec une approche inspirée des sciences physiques et biologiques, où plus un système est efficace, plus il devient complexe. Ces auteurs utilisent l'économie globale actuelle comme système : en augmentant l'efficacité, cela permet à l'économie de se complexifier puisqu'elle repose sur un meilleur apport énergétique, et plus un système se complexifie, plus celui-ci est énergivore (Ruzzenenti & Basosi, 2008). Ultiment, cette augmentation de la complexité, soit l'extension des possibilités de production, se traduit par de nouveaux marchés et industries, permettant à l'économie de croître et générant une demande d'énergie accrue, d'où la présence d'un rebond. Du côté de sa magnitude, en raison de la difficulté à établir un lien de cause à effet entre un gain d'efficacité et une extension des possibilités de production, les quelques auteurs ayant abordé le sujet adoptent une optique théorique et aucune étude (à la connaissance du chercheur) n'a tenté d'estimer la magnitude de ce rebond (Jenkins & als, 2011) (Sorrell, 2009) (Owen, 2011). Toutefois, il reste pertinent de se pencher sur ce type de rebond puisque son potentiel en termes d'impact environnemental est considérable (Jenkins & als, 2011).

Concrètement, le rebond frontière est bien illustré par l'adoption grandissante des TI dans la quasi-totalité des sphères de nos vies. Depuis les cinquante dernières années, l'efficacité énergétique des TI a significativement augmenté. Parallèlement, on observe durant cette même période une diminution importante des matériaux nécessaires à la fabrication des microprocesseurs, téléphones portables, ordinateurs et autres outils technologiques grâce à la miniaturisation et aux nanotechnologies (Hilty & als, 2006). Toutefois, ces multiples gains d'efficacité dans le temps ont eu comme effet d'étendre les possibilités de production en créant de nouveaux produits et en

permettant différents usages qui n'étaient auparavant pas technologiquement ou économiquement possibles. En effet, la miniaturisation et l'efficacité énergétique ont permis la création de produits, par exemple les superordinateurs. Bien qu'ils soient fort pratiques pour la recherche et l'analyse de données, leur consommation énergétique annuelle est gigantesque, équivalant en moyenne à la demande énergétique de 5000 ménages sur une période de temps égale (Gossart, 2014). De plus, déjà en 2006, 98% des microprocesseurs fabriqués étaient destinés à un usage autre que de faire fonctionner un ordinateur, marquant ainsi le début de l'ère de "l'intelligence" massive de plusieurs biens (télévisions, cellulaires, montres, lunettes, voitures, éclairage, etc) (Hilty & als, 2006). Enfin, la masse moyenne d'un téléphone portable a été réduite de 4,4 fois entre 1900 et 2005, démontrant ainsi les importants gains d'efficacité en lien avec la fabrication de ce produit. Toutefois, combiné avec le processus d'intelligence, ces gains d'efficacité ont par le fait même permis de rendre ce type de bien plus pratique, léger et accessible, ce qui au final a augmenté la consommation absolue de matériaux associés à la fabrication de téléphones portables de huit fois entre 1990 et 2005 (Hilty & als, 2006). Bref, il est clair que les multiples gains d'efficacité dans le domaine des TI ont en partie permis la création de nouveaux produits et usages, constituant ainsi un rebond de type frontière.

Par ailleurs, l'extension des possibilités de production s'observe d'autant plus au niveau des pratiques et habitudes, à la fois du côté des individus et de la société, dans le contexte des TI. Afin d'observer empiriquement ce phénomène, Galvin & Gubernat (2016) ont fait une expérience entre 2008 et 2015 dans une université allemande. Ils ont monitoré le niveau d'utilisation des ordinateurs et des serveurs d'un groupe de recherche ainsi que le niveau global d'efficacité de cette infrastructure, c'est-à-dire l'efficacité énergétique mais aussi la quantité de matériel requis et la taille physique de l'infrastructure. Puisque le groupe de recherche en question se spécialise sur la soutenabilité environnementale, ce dernier a augmenté l'efficacité globale de son infrastructure TI de 160% entre 2008 et 2015. Les résultats de Galvin & Gubernat (2016) démontrent que, puisque ces gains d'efficacité ont permis à l'infrastructure TI de supporter un plus grand afflux énergétique et un nombre supérieur d'ordinateurs et de serveurs, cela a incité le groupe de recherche à adopter des techniques d'analyse de données plus poussées. Cette augmentation marquée de l'utilisation de l'infrastructure TI s'est donc concrètement traduite par des simulations plus complexes, plus fréquentes et requérant plus de données, ce qui a provoqué un rebond en

termes de consommation énergétique de 188% pour les ordinateurs et 173% pour les serveurs (Galvin & Gubernat, 2016). Plus généralement, l'introduction des TI a aussi transformé la façon d'effectuer certaines tâches dans le milieu académique et en entreprise, comme céder des rencontres, réserver des salles de conférence et lire des articles, qui historiquement étaient des tâches effectuées physiquement (Galvin & Gubernat, 2016). Autrement dit, une infrastructure plus efficiente a amené de nouvelles fonctionnalités, ce qui a changé la façon d'effectuer des tâches logistiques et de faire de la recherche, faisant ainsi exploser la consommation énergétique du groupe de recherche étudié.

Cette étude est cohérente à ce qu'avance Gossart (2014), lorsqu'il affirme que l'efficacité de serveurs a changé la façon dont les gens stockent des données : antérieurement, celles-ci étaient entreposées dans des mémoires mortes (disques durs) et ne reposaient donc pas sur une infrastructure demandant constamment de l'énergie. Maintenant, une importante partie des données mondiales sont stockées dans des serveurs de type "cloud" qui doivent être maintenus branchés en tout temps, augmentant ainsi la consommation d'énergie (Gossart, 2014). Par ailleurs, cette nouvelle fonctionnalité incite les individus à consommer davantage de données, puisqu'ils ont accès à un espace de rangement immense, parfois illimité, constituant ainsi un rebond direct additionné au rebond frontière. On peut donc assumer que le 173% de rebond chez Galvin & Gubernat concernant l'utilisation des serveurs peut en partie être expliqué par ce phénomène.

Bref, le rebond frontière reste difficilement quantifiable et est plus associé à la sphère théorique puisqu'il est presque impensable de comptabiliser tous les changements de production et consommation associés à l'extension des possibilités de production, et ensuite de les insérer dans une logique de cause à effet en ciblant un ou plusieurs gains d'efficacité responsables de ce foisonnement économique. Cependant, malgré la difficulté quant à la mesure de ce phénomène, il n'en demeure pas moins que ce rebond possède un potentiel de magnitude immense, probablement plus important que tous les autres types de rebonds (Jenkins & als, 2011).

Par ailleurs, afin de mieux visualiser comment se chevauchent les différents types de rebonds, les facteurs généraux qui influencent leur magnitude, et les deux perspectives, deux graphiques ont été mis en annexes à cet effet (les tableaux 5.0A et 5.0B).

2.11 Conclusions et inférences principales : que peut-on retirer de la littérature concernant l'effet rebond?

2.11.1 Récapitulatif des principaux résultats

Ce chapitre avait pour but de répondre à la question « qu'est-ce que l'effet rebond ? », en synthétisant la littérature scientifique portant sur le sujet. Tel que présenté, il s'agit d'un sujet assez simple en principe, mais qui reste difficile à appréhender, et surtout à mesurer adéquatement. Cela tient entre autres au fait que l'effet rebond est un phénomène systémique qui n'obéit pas à une logique linéaire. Même après tout ce cheminement, le phénomène de l'effet rebond reste donc encore difficile à cerner, baliser et quantifier. Cela dit, la littérature s'entend grosso modo sur le fait que le rebond direct oscille entre 10 et 30% pour les pays développés et est autour de 50% pour les pays en voie de développement (Jenkins & als, 2011) (Ouyang & als, 2010) (Wang & Lu, 2014). Ensuite, le rebond indirect peut être séparé en trois catégories de dépenses : la consommation électrique des ménages, le transport et la diète. La première catégorie est sujette à des rebonds d'environ 20%, alors que la deuxième provoque aussi des rebonds avoisinant les 50%. Enfin, la dernière catégorie est sujette à des magnitude "backfire" (Sorrell, 2018). Le rebond total quant à lui dépend fortement du modèle utilisé, mais se situerait en moyenne autour de 70% selon le modèle CGE et 30% selon les modèles intégratifs (Jenkins & als, 2011) (Barker & als, 2007) (Barker & als, 2009). Les autres types de rebonds sont trop difficiles à quantifier, ont de trop grandes variations ou n'ont pas été assez étudiés pour en arriver à une conclusion globale.

En résumé, les études empiriques présentées dans ce travail suggèrent que les rebonds sont généralement de magnitude partielle avec occasionnellement des rebonds de magnitude "backfire", lors de situations particulièrement propices. Autrement dit, bien que les B/S plus efficaces incitent effectivement un usage ou une consommation accrue, il est toujours pertinent de tendre vers l'efficacité dans une volonté de réduire l'empreinte environnementale d'une société donnée. Toutefois, il est aussi important de garder à l'esprit que plus la littérature élargit sa vision de ce qui constitue un rebond en prenant en compte un plus grand nombre d'impacts provoqués par les gains d'efficacité, plus la magnitude du rebond et l'ampleur de ce phénomène augmente. Dans le même ordre d'idée, plus les ramifications du gain d'efficacité s'étalent à travers l'économie, plus le potentiel de rebond est important. Il est donc probable que les magnitudes

actuelles soient souvent sous-estimées et qu'au fil du temps, des techniques plus adaptées et une méthodologie plus robuste permettront aux spécialistes du sujet d'ajuster à la hausse leurs estimations concernant l'étendue réelle du rebond.

À la lumière des constats empiriques concernant l'ampleur du phénomène de l'effet rebond en tant qu'obstacle majeur à la recherche de gains d'efficacité en contexte environnemental, une question demeure : que faire? Est-il possible de contrer l'effet rebond? Et si oui, quelles sont les solutions envisageables, et dans quels contextes? Autrement dit, comment rendre l'efficacité efficace dans une perspective de réduction d'empreinte environnementale?

2.11.2 Que faire : s'attaquer à la source du rebond

Essentiellement, l'efficacité de l'efficacité dépend fondamentalement de la demande latente non saturée pour toute consommation. De fait, si un besoin est pleinement satisfait, les gains d'efficacité n'auront simplement pas l'occasion de pouvoir induire un rebond, puisqu'il n'y a pas de volonté chez le consommateur de vouloir plus de ce B/S. Dans ce cas, les gains d'efficacité engendrent assurément un gain environnemental net. Le problème survient lorsque la demande pour un B/S est loin d'être saturée, même chez les économies dites "développées". On peut penser notamment aux impressionnantes économies de temps dans le secteur du transport depuis les dernières décennies, celles-ci étant réalisées grâce à plusieurs gains d'efficacité (gestion du trafic, augmentation de la puissance des moteurs, applications de navigation, etc), qui en principe devraient permettre aux individus de passer moins de temps dans leur véhicule et ainsi diminuer l'impact environnemental du transport. Toutefois, les tendances qu'observent Binswanger (2000) et Hertwich (2005) vont dans le sens opposé, où on constate plutôt une distance parcourue et un temps de trajet qui sont en augmentation constante dans le temps malgré les avancées technologiques. Dans ces cas de figures, le potentiel environnemental des gains d'efficacité est fortement réduit.

À partir de ce constat, le présent travail de recherche propose d'émettre une quelconque forme de limite afin de contraindre le niveau de consommation d'un bien, d'un service ou d'une ressource. Celle-ci pourrait par exemple prendre la forme d'une taxe comme la taxe carbone canadienne, ou d'un quota prédéfini dictant la quantité permise à extraire ou consommer.

L'emphase mise sur le concept de limite ou plafond est cruciale pour restreindre les possibilités de rebond. En effet, aujourd'hui, tant et aussi longtemps qu'un besoin n'est pas entièrement satisfait et qu'il y a une opportunité de profit, le niveau maximal de consommation d'une société pour ce besoin dépend uniquement de limites techniques. Décréter un seuil maximal (plafond) de consommation est donc un moyen de limiter celle-ci à un niveau donné, permettant ainsi aux gains d'efficacité d'atteindre un objectif environnemental sans avoir l'effet pervers de sans cesse repousser la limite de ce qui est possible de consommer. Comme il en sera question tout au long de la prochaine section, l'avenue de la mise en place d'une quelconque forme de limite à la consommation est non seulement celle qui est jugée comme étant la seule possibilité afin de profiter pleinement des gains environnementaux promis par l'efficacité, mais plus largement elle est aussi la seule avenue à offrir une porte de sortie à nos sociétés capitalistes contemporaines face aux multiples crises écologiques.

Chapitre 3 : Comment limiter la consommation ?

3.1 La fonction IPAT comme cadre théorique

Justifiant le concept de limite comme méthode efficace afin de stopper les diverses hémorragies écologiques, Alcott (2005) affirme que l'empreinte environnementale totale (toutes activités et unités confondues) se résume par l'équation suivante : $I = f(P \times A \times T)$, c'est-à-dire l'impact environnemental (I) est fonction de la population (P), multiplié par l'affluence (A), multiplié par le niveau technologique (T). Ce niveau global d'avancement technologique (T) correspond à l'innovation et aux gains d'efficacité. Pour cet auteur, le phénomène du rebond s'explique d'abord par l'hypothèse que P, A et T sont des paramètres interdépendants, c'est-à-dire que la valeur de chaque paramètre est fonction des deux autres compris dans l'équation. Cette interdépendance provient de l'obéissance du système économique actuel à la prémisse comme quoi les besoins humains sont infinis. La matérialisation de cette "infinité de besoins" en consommation de B/S explique pourquoi les paramètres rebondissent perpétuellement entre eux. Par exemple, une mesure de contrôle de naissance mise en place dans le but de réduire la population totale engendrera une augmentation du niveau d'affluence pour la population actuelle, puisque les ressources disponibles seront divisées en un nombre moins important d'individus. C'est donc dire que selon Alcott (2005), dû à l'interdépendance de P, A et T, aucune stratégie qualifiée de "right-side" (en faisant appel au côté droit de l'équation $I = f(P \times A \times T)$) ne peut être efficace afin de réduire l'impact environnemental.

Pour limiter l'impact (I), Alcott (2005) affirme que la direction causale de son équation est importante. Pour lui, il n'y a pas d'études ou de données permettant d'avancer clairement que les paramètres PAT déterminent le niveau d'impact, brouillant ainsi ce possible lien de causalité. En revanche, il avance que l'impact quant à lui détermine assurément la valeur de P, A et T. En effet, on imagine mal un monde où le niveau de qualité environnementale n'a aucune incidence sur la population, l'affluence et la technologie : si nous étions dans un environnement malsain et hautement pollué, sans doute les populations seraient moins nombreuses, le niveau de consommation baisserait et le niveau d'efficacité serait très élevé pour éviter tout gaspillage. Ce faisant, comme la causalité part de la gauche vers la droite, selon lui seules les mesures contrôlant directement l'impact sont efficaces (left-side strategies) (Alcott, 2005). Par ces mesures, Alcott

entend soit une taxe pigouvienne sur une ressource donnée (par exemple une taxe carbone) afin d'en augmenter considérablement le prix pour dissuader la consommation, ou encore de socialement déterminer certaines limites à la consommation de ressources importantes comme l'eau potable, la nourriture, le pétrole, etc. De cette façon, la limite imposée sur la consommation invalide la possibilité de rebonds, assurant ainsi une efficacité totale pour tout gain d'efficience. Autrement dit, il est impossible qu'un rebond soit induit par des mesures de type "left-side".

Toutefois, bien qu'Alcott soit un économiste écologique ayant travaillé longtemps sur l'effet rebond, sa perspective reste très théorique : le portrait général des études empiriques traitant de l'effet rebond dressé plus haut reste tout de même plus optimiste que ce qu'affirme cet auteur, donnant ainsi au moins une légitimité partielle aux stratégies "right-side". De plus, les stratégies "left-side" que ce dernier propose, c'est-à-dire une quelconque forme de limitation à la consommation, souffrent d'un manque d'appui populaire et gouvernemental, ce qui fait qu'elles sont rarement appliquées.

3.2 Comment une société peut mettre en place une telle mesure de limitation?

En effet, du moment que ce constat est accepté, la question du comment demeure. Pour répondre à cette interrogation, Gorz (1992) avance que la mise en place d'une limite à la consommation² peut être soit imposée ou choisie, deux approches qui seront dénommées l'hétéro-limitation et l'autolimitation, respectivement, dans le reste du texte. À noter que l'approche (ou perspective) technocratique est un terme utilisé comme synonyme à hétéro-limitation, puisque Gorz conçoit cette approche comme étant technocentrique, où les limites à la consommation sont basées selon les différents seuils biogéochimiques de la planète. Ces seuils sont donc imposés de façon exogène aux individus et collectivités concernées par les experts scientifiques et politiques en charge. De son côté, l'approche par autolimitation signifie que ce sont les individus et collectivités concernés qui décident eux-mêmes des seuils de consommation à l'intérieur desquels ils jugent acceptable de vivre une vie digne. Essentiellement, ces approches illustrent deux façons de concevoir un nouveau fonctionnement sociétal qui serait cohérent avec les limites biophysiques

² Par le terme « consommation », l'auteur entend la dualité entre consommation et production, qui sont les deux facettes de l'activité économique. Le terme « consommation », sera dorénavant utilisé dans ce contexte pour alléger la lecture.

de la planète. Du même coup, la limite à la consommation peut également être divisée en fonction de quel acteur ou groupe d'acteurs est le centre d'analyse, c'est-à-dire le preneur de décision, ou encore l'acteur dominant. C'est pourquoi les perspectives d'hétéro-limitation et autolimitation peuvent chacune être divisées en deux sous-catégories, soit de façon individualiste ou holiste. Ces divisions peuvent être illustrées à l'aide de la matrice d'idéaux-types suivante :

Matrice des différentes approches conceptuelles concernant la mise en place de limites à la consommation

Perspectives	Hétéro-limitation	Autolimitation
Individualiste	Société fondée sur le principe d'utilisateur-payeur, où chaque unité de production comprends des données indiquant le niveau de pollution y étant associée. Ces externalités négatives sont internalisées par le consommateur sous la forme de taxes ou redevances afin de dissuader la consommation de ces biens. Essentiellement, les individus sont libres de leurs choix mais ceux-ci sont entièrement régis par le principe d'écofiscalité.	Toute forme de restriction individuelle volontaire à la consommation, telle que le mouvement de suffisance volontaire. Les décisions de consommation ne sont pas incitées par un mécanisme de prix, elles sont plutôt prises en fonction de valeurs et principes moraux (frugalité, défense de la vie, respect de la nature, etc).
Holiste	Toutes les sphères de la société, autant les activités privées que publiques, sont soumises à des limites de consommation qui ont été décidées de façon exogène par des experts qui fondent leurs décisions sur des bases scientifiques. Les comportements ne sont pas incités à l'aide d'outils économiques, ils sont plutôt contraints par des règlements et des lois dictant la façon de se comporter. Exemple : une dictature écologique qui tire sa légitimité et son pouvoir à l'aide d'assises scientifiques et écologiques.	Les balises à la consommation sont décidées de façon démocratique par les citoyens concernés, en fonction de leurs besoins. Une notion de suffisance matérielle émerge collectivement, où la maximisation et l'accumulation infinie de richesses matérielles n'est pas un objectif perçu comme étant désirable par les membres de la communauté. Actuellement, ce mode d'organisation social est caractérisé par différentes initiatives comme : les éco-villages, les communes écologiques, et éco hameaux. Toutefois, ces initiatives demeurent très marginales et font plutôt office de laboratoires ou d'expérimentations. L'objectif de cette démarche serait d'arriver à une forme d'organisation sociale pouvant impacter un nombre d'individus beaucoup plus important, comme une municipalité entière.

3.3 Qu'est-ce que l'hétéro-limitation (ou approche technocratique)?

De façon plus précise, l'approche par hétéro-limitation tente de faire respecter cette idée de limite grâce à la légitimité que lui procure la démarche scientifique. Cette perspective va donc se baser sur l'analyse scientifique des écosystèmes en calculant par exemple les seuils de pollution maximaux qui sont tolérables pour un écosystème donné, quels sont les apports en valeur économique de ces écosystèmes, quels sont les effets des émissions de GES sur les systèmes climatiques, quels sont les principaux flux biogéochimiques à considérer pour assurer un environnement planétaire sain, etc (Rockström & als, 2009) (Gorz, 1992). Cette approche est fortement basée et influencée par les travaux de Johan Rockström (2009), où ce dernier établit un cadre conceptuel de neuf limites écologiques qui, si ces seuils sont transgressés, peuvent avoir des effets dévastateurs sur l'écologie planétaire. Le but de ces démarches est de quantifier le plus précisément possible les diverses limites écologiques de l'environnement pour pouvoir gérer les interactions entre les humains et leurs extrants indésirables avec l'environnement (Rockström & als, 2009). Cet objectif peut être atteint de deux façons, soit individualiste ou holiste. D'abord, la forme individualiste constitue l'application de l'écofiscalité comme principe économique primaire, qui à son tour se caractérise par l'internalisation des externalités, c'est-à-dire d'inclure au prix de divers B/S les dommages environnementaux qui ne sont pas captés par les mécanismes de marché. De ce fait, en internalisant les externalités le prix des B/S fluctue, ce qui incite les agents économiques à adopter des comportements plus responsables environnementalement. Le calcul des externalités peut se faire par l'entremise de la quantification monétaire des biens et services écologiques, ou simplement par l'imposition d'une taxe ou d'une subvention dont le montant est déterminé de façon plus ou moins arbitraire. Les deux méthodes ont toutefois le même objectif, soit de refléter plus justement le coût environnemental des divers B/S produits. Un exemple relativement simple de mesure écofiscale est suggéré par Alepin (2019), où celle-ci propose de mettre en place une taxe personnelle applicable à chaque individu en fonction de l'empreinte carbone liée aux B/S consommés par ces derniers : « 65 % des émissions mondiales proviennent de la consommation des individus eux-mêmes, avec une concentration d'émission chez les mieux nantis. Avec les nouvelles technologies, il est maintenant facile de calculer son empreinte carbone, et la taxation des individus eux-mêmes devient une avenue à considérer » (Alepin, 2019).

De son côté la forme holiste représente simplement l'imposition de comportements donnés en fonction de limites biophysiques prédéterminées afin d'assurer la pérennité écologique d'une société qui impose ce principe. Dans les sociétés capitalistes contemporaines, l'implémentation d'hétéro-limitations est essentiellement réformiste et ne vise pas une refonte majeure des fondements capitalistes. En réalité, la notion même de limite est extrêmement controversée et peu appliquée dans ces sociétés, où l'expertise technocratique est beaucoup plus mobilisée pour produire mieux, et non pas produire moins. Dans cette situation, l'objectif est donc d'affecter le moins négativement possible le niveau de vie sans remettre en question l'impératif de croissance, ni la notion comme quoi le bien-être dépend du niveau de vie matériel. Toutefois, en ce qui concerne ce travail, les deux perspectives seront analysées purement sous l'angle de l'imposition d'une limite à la consommation.

3.3.1 L'hétéro-limitation individualiste : L'écofiscalité comme principe sociétal central

Actuellement, nos sociétés modernes occidentales reposent déjà très partiellement sur des principes technocratiques, tels que l'internalisation des externalités et la quantification monétaire des biens et services écologiques. En effet, la présence de comités scientifiques et d'experts fonctionnaires dans chacune des hautes sphères décisionnelles et ministérielles en est une preuve assez révélatrice. Concrètement, un document publié conjointement en 2017 par le Ministère des Finances et le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) intitulé : 'Le recours à l'écofiscalité : Principes d'application', illustre clairement la préférence étatique pour les solutions technocratiques. En effet, cette publication introduit son propos principal de la façon suivante :

Le gouvernement du Québec s'est engagé à arrimer prospérité économique et sociale et préservation de la qualité de l'environnement [...] À cet égard, il est un pionnier en Amérique du Nord puisqu'il a adopté sa Loi sur le développement durable et mis en place le Système québécois de plafonnement et d'échange de droits d'émissions de gaz à effet de serre (SPEDE), communément appelé « marché du carbone ». La transition ainsi amorcée vers une économie plus verte, sobre en carbone et socialement responsable nécessite des changements importants dans les modes de consommation et de production, de même qu'un encouragement à l'innovation technologique et aux nouvelles pratiques socio-économiques. À cet égard, l'utilisation de certains instruments économiques peut

favoriser l'atteinte des objectifs gouvernementaux en incitant les citoyens à délaisser les comportements qui produisent des effets néfastes sur l'environnement et engendrent des coûts économiques et sociaux importants et en favorisant les comportements qui réduisent au minimum l'empreinte écologique ou protègent l'environnement.

Selon cet exemple, qui par ailleurs pourrait faire office de plan environnemental pour à peu près n'importe quel gouvernement occidental, l'emphase sur la modification du comportement de consommation de l'individu par les incitatifs économiques ainsi que la prépondérance des solutions techniques (telle que le SPEDE) est clairement mis en évidence, ce qui implique que l'hétéro-limitation sous sa forme individualiste serait plus logique et compatible avec nos institutions et notre fonctionnement contemporain, conformément à la théorie de la dépendance du sentier (Trouvé & als, 2010). Considérant que l'approche technocratique individualiste est promulguée par l'idéologie dominante et les présentes instances au pouvoir, cette démarche aurait donc théoriquement l'avantage d'être mieux acceptée socialement, d'être perçue comme la façon légitime de procéder, et de mieux s'intégrer aux institutions déjà en place. D'ailleurs, c'est la réalité que l'on observe actuellement parmi la majorité des pays du globe. Par exemple, le Canada en 2021-2022 impose une taxe de 40\$ par tonne de CO₂ émise dans l'atmosphère pour certaines activités économiques produites sur son territoire. Cette tarification a comme objectif d'ajouter au prix du carbone une partie du coût social engendré par les émissions de GES. Pour que le stratagème fonctionne, le prix du carbone doit augmenter graduellement avec le temps dans le but d'éventuellement atteindre un point où le prix du carbone est si élevé qu'il dissuadera très fortement la consommation de produits fortement émetteurs de GES, le tout dans le but d'atténuer les changements climatiques et les diverses crises écologiques y étant reliées. Concrètement, le ministère fédéral de l'environnement et des changements climatiques estime qu'entre 2018 et 2022, la tarification du carbone réduira les émissions de CO₂ d'environ 80 à 90 millions de tonnes (ECCC, 2018).

3.3.2 Qu'est-ce que la quantification monétaire des biens et services écologiques?

Par ailleurs, un autre principe fondamental de l'hétéro-limitation réside dans la quantification monétaire des biens services écologiques. En langage moins technique, il s'agit

d'attribuer une valeur monétaire à un écosystème³ ou à un stock de ressources naturelles donné en fonction des services⁴ ou de l'utilité que ce dernier fournit à une communauté. L'internalisation de la valeur monétaire de cet écosystème aux mécanismes de prix permet aux marchés de lui attribuer une valeur monétaire non nulle, ce qui vient modifier les incitatifs économiques. Par exemple, puisqu'un milieu humide permet de réduire les risques d'inondations et augmente la qualité de l'eau pour les bénéficiaires de ce milieu, ce dernier se verra attribué une certaine valeur monétaire en fonction de ses bienfaits écologiques, dans l'espoir de notamment freiner l'ardeur des promoteurs de développement qui conformément à la loi sur les milieux humides du Québec, devront déboursier une somme additionnelle si ceux-ci veulent développer une zone considérée humide (MELCC, 2018).

La clé de la quantification monétaire des biens et services écologiques réside dans la méthodologie utilisée pour calculer ladite valeur monétaire. En effet, traditionnellement deux méthodes sont utilisées pour déterminer cette valeur, soit par l'intermédiaire des préférences révélées ou déclarées. Par préférences déclarées, il s'agit simplement de sonder des individus et leur demander de différentes façons combien seraient-ils prêts à payer pour un bien ou une ressource environnementale donnée (Stavins, 2007). Par exemple, He & als (2016) utilisent la propension à payer des résidents concernés pour la sauvegarde d'un milieu humide, et en arrivent à la conclusion que les résidents attribuent en moyenne une valeur annuelle de 460\$ par ménage pour ce milieu humide. Concernant les préférences révélées, l'objectif est de d'observer indirectement combien les individus sont prêts à déboursier pour un bien ou une ressource environnementale donnée. Cette méthode s'effectue notamment grâce à la comparaison d'achats de biens ou services qui sont à la base similaires, mais qui ont une divergence importante au niveau environnemental (Stavins, 2007). Par exemple, des chercheurs peuvent déterminer la propension à payer des consommateurs à vivre en forêt en comparant le prix qu'ils sont prêts à déboursier pour une habitation similaire, alors qu'une se trouve en ville et l'autre en forêt. La différence de prix entre les deux achats correspond donc à la valeur que les consommateurs sont prêts à payer pour profiter de cette

³ Écosystème : Constitué d'éléments qui interagissent et de leurs environnements non vivants. Ils offrent des avantages, ou des services, au monde (FAO, 2021).

⁴ Services écosystémiques : Rendent la vie humaine possible, par exemple en fournissant des aliments nutritifs et de l'eau propre, en régulant les maladies et le climat, en contribuant à la pollinisation des cultures et à la formation des sols et en fournissant des avantages récréatifs, culturels et spirituels (FAO, 2021)

ressource. Dans les deux cas, ces méthodes sont utilisées pour déterminer la propension à payer des individus. Cet indicateur est ensuite utilisé comme *proxy* pour représenter la “valeur réelle” du bien, de l’écosystème, ou de la ressource environnementale étudiée. De son côté, le gouvernement aborde la question de façon plus pragmatique avec une approche comptable. En effet, le règlement sur la compensation pour l’atteinte aux milieux humides et hydriques prévoit un montant compensatoire pour la destruction d’un de ces milieux, qui correspond à la somme du coût monétaire estimé pour restaurer ou créer un nouveau milieu humide, de la valeur du terrain où la restauration sera effectuée, et enfin de la superficie de ce terrain (MELCC, 2018). Encore là, il s’agit d’une autre méthode de calcul utilisée pour évaluer la valeur d’un écosystème.

Enfin, d’autres techniques de modélisation plus complexes existent où, pour un espace géographique donné, chaque biens et services écologiques jugés utiles (reste à savoir utile pour qui et qui détermine cette utilité, en fonction de quels critères) est pris en compte. Par exemple, le logiciel InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) comprends 19 modèles différents, soit un modèle par biens et services écologiques inclus dans le logiciel. Ceux-ci vont tous produire des données à l’aide de la cartographie d’un territoire donné. Ces modèles permettent notamment de générer des données sur la séquestration et les émissions de carbone, la production agricole, la rétention de sédiments, la pollinisation, etc (Natural Capital Project, 2022). Selon le choix de l’utilisateur du logiciel, ces données peuvent être générées en termes biophysiques, par exemple une quantité de CO₂ séquestrée, ou encore en données monétaires.

3.3.3 *Quelles sont les limites de cet outil?*

Toutefois, bien qu’il s’agisse d’un outil intéressant, la quantification monétaire des biens et services écologiques demeure une technique peu utilisée hors des cercles universitaires et qui a peu de répercussions concrètes dans le monde pratique, en raison de son degré de complexité élevé et de la relative nouveauté de ces méthodes. Dans les faits, pour représenter adéquatement la valeur d’un écosystème donné, cette approche nécessite une connaissance extensive de ces milieux extrêmement complexes dont le fonctionnement est intrinsèquement dynamique, puisqu’il s’agit d’un ensemble de vivants qui ont évolué depuis des milliers d’années de façon à être mutuellement en interdépendance et interaction constante. Cette réalité insinue que le fonctionnement systémique de ces milieux, avec toutes leurs interactions, dynamiques, subtilités, et nuances,

doivent être connues, comprises et maîtrisées par les experts concernés (Klees, 2020). Autrement, ce manque de connaissance ou d'expertise reviendrait à une défaillance de marché, donc une incapacité d'internaliser les externalités adéquatement.

De fait, si on prend le cas du papillon de nuit en Grande-Bretagne en tant que vivant essentiel au maintien de l'équilibre des écosystèmes du sud de l'Angleterre, sa survie est mise en péril pour plusieurs raisons. D'abord, l'usage combiné de pesticides et herbicides, dont les effets néfastes sont multiplicatifs, tuent les papillons, en plus de détruire leur source de nourriture, soit certaines plantes qui sont particulièrement sensibles à l'usage d'herbicides (The Guardian, 2021). De plus, le territoire de cette espèce est constamment menacé par le développement urbain. Également, le cycle de reproduction de cette espèce est censé être synchronisé avec l'éclosion des fleurs au printemps, et en raison des changements climatiques la période d'éclosion est altérée, ce qui désynchronise la période de reproduction actuelle, affectant négativement le taux de reproduction des papillons. Si la logique technocratique était appliquée pour ce cas précis afin de limiter ces comportements environnementalement destructeurs, il faudrait d'abord connaître quelle est la valeur économique des services écosystémiques fournis aux humains pour un écosystème donné. Ensuite, il faudrait déduire quelle est l'importance du papillon de nuit dans cet écosystème, c'est-à-dire à quel point la production des services qu'il fournit serait affectée par la perte ou la diminution de population de papillons. Finalement, il s'agirait de pénaliser monétairement les utilisateurs, bénéficiaires ou fournisseurs de technologies et produits qui nuisent à la survie des papillons de nuit en fonction de l'impact négatif que ces technologies infligent sur ces derniers. Bien que théoriquement possible, cette avenue semble concrètement très peu praticable.

Qui plus est, l'usage d'éclairage LED est plus efficace énergétiquement qu'un éclairage traditionnel orange sodium, mais son spectre de couleur plus vaste que l'éclairage traditionnel perturbe le cycle de reproduction des papillons (Boyes & als, 2021). Cette illustration anodine témoigne d'une incohérence inhérente à l'hétéro-limitation, où les solutions techniques, poussées par le désir de contrôle sur la nature, sont en fait implémentées alors que la compréhension des impacts que ces solutions techniques peuvent avoir sur un écosystème complet est encore très méconnue, surtout à long terme. Il s'agit donc, dans les mots d'Edgar Morin, alors qu'il s'intéresse aux perturbations chimiques que subissent les écosystèmes : 'Nos déferlements technologiques

perturbent non seulement les cycles biologiques, mais les boucles chimiques primaires. En réponse, on développe des technologies de contrôle qui soignent les effets de ces maux, tout en développant les causes'' (Morin, 1980).

Par ailleurs, les auteurs de l'étude ne sont même pas certains de la cause pouvant expliquer l'impact négatif de l'éclairage LED, leurs hypothèses principales étant que l'éclairage plus vif permet un nombre accru de prédateurs, diminue la quantité d'œufs pondus et enfin tonifie l'herbe (la principale source de nourriture des papillons de nuit), ce qui la rend plus difficile à manger (Boyes & als, 2021). Ces différentes hypothèses, toutes aussi valides, témoignent simplement du manque de connaissance de la part d'experts mondiaux du sujet, ce qui jette de l'ombre sur l'idéal technocratique d'exercer une maîtrise complète et bienveillante sur la nature, compétence essentielle pour légitimer l'imposition de limites à la consommation.

Et même si on assume que le niveau des connaissances environnementales et biologiques est suffisant pour atteindre un tel niveau de maîtrise, encore faut-il utiliser une méthodologie qui transformera le plus justement possible cette "valeur" biologique en dollars. À ce sujet, le SCC (*social cost of carbon*) est un indicateur utilisé pour intégrer l'impact social des émissions de carbone au prix des divers B/S impactés par cet indicateur. La définition du terme *social* comprise dans ce dernier peut changer, mais généralement elle représente la variation du niveau de vie (donc du PIB par habitant) en fonction des dommages économiques que provoqueront les émissions de carbone (Nordhaus, 2016). Cet indicateur est très souvent l'unité utilisée par les instances gouvernementales à travers le monde si celles-ci désirent tarifier leurs émissions de carbone. En effet, les États-Unis ont statué en 2021 qu'ils évaluaient à 51\$ USD la tonne de carbone émise, ce montant se basant entre autres sur les travaux de Nordhaus parus en 2016 (ce dernier étant un récipiendaire du prix Nobel d'économie en 2018 pour ses travaux concernant l'impact économique des changements climatiques). Il est important de mentionner que l'attrait principal de la perspective technocratique réside dans son désir et sa capacité de maintenir les mécanismes de marchés en place grâce à l'internalisation des externalités négatives, et que pour ce faire celles-ci doivent être connues et comprises, pour ensuite être monétairement estimées. Ce faisant, afin de présenter une certaine légitimité, on pourrait s'attendre à un résultat relativement homogène quant

aux diverses estimations effectuées pour déterminer le coût social des externalités négatives pour la production d'un B/S donné. Or, la réalité est toute autre.

En effet, toujours par rapport au SCC, une étude de Robert Pindyck publiée en 2019 révèle que les fluctuations concernant quelle est la "bonne" ou "juste" valeur à internaliser dépend essentiellement des experts concertés. De fait, cet auteur a sondé une multitude d'experts mondiaux qui ont travaillé sur le calcul de la valeur du SCC. Son étude révèle qu'en moyenne, les économistes sondés estiment à 174\$ le SCC, alors que les climatologues sondés de leur côté optent pour un SCC de 316\$ (Pindyck, 2019). Dans un contexte où, pour qu'il soit crédible, la méthodologie derrière le calcul du coût social devrait être relativement similaire (bien que plusieurs juridictions différentes soient incluses), comment expliquer des fluctuations aussi importantes? Ou plutôt, qui doit-on croire, qui a raison, bref quel montant reflète le véritable coût social du carbone? À cette question, Pindyck répond essentiellement que, bien que les méthodologies utilisées afin de calculer le SCC diffèrent en fonction des auteurs, la majorité de l'énorme fluctuation de cet indicateur relève d'une hypothèse structurelle à la modélisation du SCC, soit le niveau de tolérance au risque d'effondrement sociétal (Pindyck, 2019). En effet, plus les experts sondés optaient pour un SCC élevé, plus ceux-ci estimaient les probabilités comme étant élevées que les émissions de carbone puissent être responsables d'un effondrement majeur de l'activité économique dans le futur, d'où la nécessité d'imposer un tarif élevé afin de fortement limiter la consommation (un expert sondé est même allé jusqu'à suggérer un SCC de 800\$/tonne) (Pindyck, 2019).

Bref, plus le risque futur perçu quant à la possibilité d'un effondrement social est élevé, plus le SCC est élevé et vice-versa. Considérant que cet indicateur est sujet à autant de variations qui sont dues à des perceptions relativement subjectives et affectives concernant un futur très incertain, sa légitimité d'un point de vue scientifique semble questionnable pour la perspective technocratique, même s'il s'agit actuellement d'un indicateur populaire et utilisé par plusieurs juridictions. Au final, considérant la connaissance imparfaite du fonctionnement des écosystèmes, ainsi que la fluctuation considérable d'indicateurs clés tels que le SCC lorsque vient le temps de transformer la valeur biologique en valeur monétaire, force est d'admettre qu'internaliser adéquatement les externalités est, au moins présentement, loin d'être une méthode robuste pour constituer les

fondements théoriques à l'imposition d'une limite à la consommation. Dans un tel climat d'incertitude et de variation méthodologique, il est fort à parier que le critère primant derrière le "choix" du montant reflétant le SCC est plutôt le résultat d'un jeu de pouvoir. De fait, l'adoption d'un indicateur et du montant associé est ultimement une décision politique et non technique. Cette réalité expliquerait d'ailleurs pourquoi l'administration Biden a opté pour un SCC de 51\$/tonne de CO₂, un montant nettement inférieur à la moyenne suggérée par les économistes de 174\$ (elle-même inférieure au montant de 316\$ avancé par les climatologues).

Une autre limite de la quantification monétaire des biens et services écologiques réside dans le présupposé néoclassique comme quoi le capital financier et le capital naturel sont des substituts, donc que l'un peut être remplacé par l'autre. Concrètement, cette hypothèse signifie qu'à valeur monétaire égale, les écosystèmes ont la même valeur ou richesse biologique. Une illustration concrète de ce principe serait, tel que mentionné auparavant, la loi sur les milieux humides qui exige des promoteurs une compensation financière pour la destruction d'un milieu humide dans le but d'en recréer un ailleurs qui posséderait une "valeur" écologique identique, c'est-à-dire qui fournirait la même quantité de biens et services écologiques. Or, Moreno-Mateos & als (2012) ont comparé les structures biologiques et les flux biogéochimiques de 621 milieux humides naturels et artificiels à travers le monde. Les auteurs concluent qu'en réalité, les milieux humides artificiels sont en moyenne 26% moins riches en termes d'espèces différentes, et 23% moins efficace en termes de gestion des flux biogéochimiques, et ce même si certains milieux artificiels étaient âgés de près de 100 ans (Moreno-Mateos & als, 2012). On peut donc en conclure que soit que la science derrière la création et la fabrication de milieux humides artificiels n'est pas au point, ou que ces milieux prennent plusieurs siècles avant d'atteindre véritablement leur plein potentiel.

Concernant la richesse de la biodiversité, Levy (2015), Bellio & als (2009) et Ma & als (2004) ont chacun comparé des milieux humides construits artificiellement à des milieux humides naturels pour déterminer si ceux-ci auraient un impact sur la quantité et la diversité de diverses espèces d'oiseaux en Espagne, au Canada et en Chine. Dans les trois études, les auteurs concluent qu'en effet, les milieux artificiels sont généralement moins riches et abondants en termes de nombre d'individus et d'espèces différentes, comparativement aux milieux naturels (Levy, 2015), (Bellio & als, 2009) (Ma & als, 2004). Malgré tout, les auteurs s'entendent sur le fait que même s'ils ne

sont pas aussi biologiquement riches et adéquats pour les différentes espèces qui en dépendent, les milieux humides artificiels restent quand même une solution relativement acceptable dans l'ensemble. À ce sujet, il serait cohérent que la création de milieux humides artificiels, basée sur l'évaluation monétaire des milieux humides naturels, fasse partie de l'arsenal de l'approche technocratique, étant donné la forte dépendance à la science et la technique de cette stratégie. En réalité, il semblerait que l'approche technocratique soit ironiquement sous l'emprise d'incohérences cognitives : au Québec, depuis l'implémentation de la loi sur la conservation des milieux humides en 2017, sur les 74,9 millions de dollars collectés en quatre ans, seulement 1% du montant récolté a été investi à des fins de création artificielle de milieux humides (La Presse, 2021). Au final, la quantification monétaire de biens et services écologiques demeure possiblement envisageable, mais son efficacité est grandement affligée par plusieurs maux, notamment des manques importants en termes de connaissances et d'expertise très pointue qu'elle nécessite pour fonctionner, sans mentionner la quantité importante de temps et de ressource que cette pratique nécessite. Même dans une éventualité où l'expertise et la méthodologie seraient sans faille, l'approche technocratique serait essentiellement vouée à l'échec si elle est imbriquée dans un système politique tel qu'actuellement conçu, comme le démontre le cas de la loi sur la conservation des milieux humides au Québec.

3.3.4 Est-ce possible d'accomoder croissance économique et limite à la consommation?

Bref, l'hétéro-limitation abordée de façon individualiste affiche donc de nombreuses critiques. À cet effet, Alexander (2015) affirme que si la tarification du carbone était appliquée pour prévenir un réchauffement climatique maximal de deux degrés avec 50% de probabilité d'atteindre cet objectif, les pays de l'annexe 1 (c'est-à-dire les pays dits développés, entre autres le Canada, les États-Unis, l'Union Européenne et la Russie) doivent décarboniser leur économie de 8 à 10% par année dès 2016, alors que les pays hors de l'annexe 1 tels que la Chine et l'Inde doivent atteindre leur plus haut taux d'émission de CO₂ en 2025 pour ensuite réduire leurs émissions de 7% par année. Considérant que les émissions canadiennes augmentent graduellement depuis 2016 (sauf durant la pandémie), et que la Chine ne prévoit pas décroître ses émissions avant 2030, l'atteinte du réchauffement maximal de deux degrés semble difficile. Au contraire, en raison

du lien intime entre la quantité d'énergie disponible et la croissance économique⁵, selon un nombre important d'économistes spécialisés dans les questions environnementales (Stern, 2006) (Anderson, 2013) (United Kingdom's Committee on Climate Change, 2006) (Ayres & Warr, 2009), une décarbonisation de plus de 4% par année est incompatible avec l'objectif de croissance économique de 2% par année, objectif pourtant recherché par la très grande majorité des pays, et que même une décarbonisation de 1% par année est associée à d'importants bouleversements sociaux et à un risque de récession élevé. Qui plus est, les paramètres utilisés par Alexander (un réchauffement de deux degrés avec une probabilité de succès de 50%) sont excessivement conservateurs. En réalité, on peut imaginer que, considérant les efforts à déployer pour mitiger le réchauffement climatique et les possibles effets dévastateurs si ce dernier monte à deux degrés celcius, la population souhaiterait plutôt un taux de succès d'au moins 80% et un réchauffement maximal de 1,5 degrés. Dans ce cas, les pays de l'annexe 1 devraient plutôt viser une décarbonisation économique annuelle de 16 à 20%, soit quatre à cinq fois plus que le taux maximal de décarbonisation compatible avec une économie de croissance (Alexander, 2015). Il est cependant important de préciser qu'afin d'obtenir un taux de décarbonisation maximal de 4% par année, les auteurs précédemment cités modélisent l'économie mondiale selon son fonctionnement et sa composition actuelle, c'est-à-dire un modèle où l'activité économique reste constante. Il est donc possible que ce taux de 4% soit en réalité plus élevé si la composition de l'économie est modifiée, par exemple en détournant la consommation des B/S hautement polluants vers des B/S carboneutres ou encore à faible empreinte carbone, comme l'activité sportive, la lecture, le cinéma, la marche, etc. Cela dit, une décarbonisation de l'économie de 16 à 20% annuellement demeure un défi d'envergure monumentale, même avec une modification importante des activités économiques. Dans ce contexte, il est possible d'envisager un scénario où, pour des raisons de précarité écologique extrême, la société se retrouverait dans un état de dictature écologique.

3.4 L'hétéro-limitation holiste : dictature écologique

En effet, ce type de régime serait une extension plausible (sans être forcément probable) de l'hétéro-limitation, à la différence où celle-ci s'effectuerait dans une perspective holiste, où les experts scientifiques et politiques en position d'autorité détiendraient un pouvoir d'action absolu

⁵ Se référer à la section précédemment couverte de l'effet rebond macro, plus précisément portant sur le lien entre croissance économique et énergie disponible

et s'étendrait sur toutes les sphères de la société afin d'en assurer la survie. Dans cette approche, le concept de limite à la consommation érigée sur des bases scientifiques figure nécessairement comme outil prépondérant afin d'obtenir un résultat environnemental escompté : chaque décision individuelle et collective serait jugée acceptable ou non en fonction de la quantité de pollution engendrée par ladite décision. En fait, l'objectif d'autolimitation appliqué par l'approche individualiste est toujours présent, mais dû à la sévérité extrême des différentes crises écologiques qui causeraient un niveau de précarité et de fragilité très élevé, dans une optique holiste, les incitatifs économiques ne seraient pas des leviers assez puissants pour réellement estomper les différentes crises écologiques. La façon de procéder ne serait donc pas de manipuler le comportement des agents économiques par les prix, mais bien en les obligeant de se soumettre à des règles strictes limitant fortement la consommation et ainsi la pollution produite. Cette situation hypothétique s'apparente énormément à un événement historique, soit le rationnement imposé par la loi canadienne sur les mesures de guerre.

De fait, durant la Seconde Guerre mondiale, la commission des prix et du commerce en temps de guerre (l'organisme prenant les décisions commerciales et économiques en situation de crise) a mis en place un système de rationnement de ressources pour l'ensemble de la population canadienne, notamment concernant des commodités essentielles de l'époque comme le sucre, la viande, et la laine (Tremblay, 2005). Dans un contexte où la demande pour ces commodités était importante dû au fait qu'il s'agissait souvent de biens nécessaires à la satisfaction de besoins primaires (se nourrir et se loger), la stratégie de rationnement n'a été qu'un succès temporaire. Essentiellement, la prise de contrôle de l'économie par le gouvernement et la perte de liberté individuelle y étant associée étaient perçues par les citoyens comme des contraintes temporaires, uniquement légitimisées par l'allocation de ces ressources vers les efforts de guerre (Tremblay, 2005). En effet, malgré la fin de la guerre en 1945, certaines restrictions à la consommation sont restées en place jusqu'en 1947 afin de redistribuer ces ressources à l'Europe qui était en processus de reconstruction. C'est durant ces deux années que soudainement le comportement des citoyens était beaucoup moins docile, de nombreux affrontements et manifestations ont eu lieu, ainsi que la mise en place d'un important marché noir où les denrées rationnées y étaient vendues illégalement. En effet, près de 75% de la viande, un des principaux biens encore sous l'imposition d'un rationnement, était vendue sur le marché noir (Tremblay, 2005).

Évidemment, le contexte actuel (hormis la pandémie) n'est pas du tout comparable ; nous ne sommes pas actuellement en situation de guerre. Toutefois, si on se fie à l'exemple cité plus haut concernant la Seconde Guerre mondiale, le point demeure que de rationner artificiellement (c'est-à-dire par intervention gouvernementale) la quantité de biens ou de ressources attribuables à chaque individu, qu'importe la motivation derrière, est une stratégie qui fonctionne seulement temporairement. Par ailleurs, bien que dans l'ensemble la stratégie de rationnement a relativement bien marché lorsque le pays était en guerre, la fin de ce conflit coïncide avec la perte de légitimité de cet outil, donc il semble peu probable qu'une stratégie de rationnement puisse être appliquée et acceptée sur une longue période de temps. De plus, le rationnement est inefficace pour modifier les habitudes de consommation des consommateurs à long terme, et est une mesure qui est très coûteuse au point de vue du bien-être sociétal : elle résulte en une insatisfaction générale, des manifestations, une abnégation de certains besoins primaires, l'apparition d'un marché noir pour des commodités banales, etc. Dès lors, il semble peu probable qu'une restriction aussi intense au niveau des libertés individuelles soit acceptée et respectée dans un contexte où la cause justifiant une telle mesure serait la ou les crises environnementales auxquelles la dictature écologique ferait face, particulièrement si on prend en compte le niveau de laxisme et d'inaction observé dans les sociétés modernes actuelles. Dans cette optique, il est peu probable que des stratégies de rationnement appliquées en raison de crises environnementales actuelles ou futures soit une avenue viable pour la perspective technocratique. Enfin, il est aussi intéressant de remarquer que cet exemple illustre bien le fait que l'hétéro-limitation a toujours été affligée par des problèmes importants au niveau de l'acceptabilité sociale de ses méthodes et directives.

3.5 Difficultés d'implémentation, efficacité compromise

En résumé, l'hétéro-limitation, qu'elle soit appliquée à un contexte individualiste ou holiste, fonde ses décisions sur la base d'indicateurs objectifs qui sont générés grâce à une méthodologie scientifique, en l'occurrence calculer l'empreinte écologique de chaque B/S consommés et ajouter le coût monétaire associé à cette empreinte, ou encore calculer la valeur monétaire d'un bien ou service écologique donné. Ce type de limite imposée selon des critères exogène repose donc fondamentalement sur la possibilité d'internaliser toutes les externalités négatives engendrées par toutes les activités économiques, ou du moins elle milite en ce sens. Cet

objectif repose sur des prémisses de base qui sont essentielles à identifier pour comprendre certaines limites de cette approche. D'abord, d'internaliser les externalités négatives suppose que celles-ci sont connues, c'est-à-dire que les disciplines scientifiques concernées (biologie, physique, chimie, économie notamment) savent parfaitement toutes les implications de tous les processus de production pour tous les B/S qu'une économie fournit à ses consommateurs, et qu'en plus ces disciplines scientifiques ont les connaissances, les outils, les capacités et la coordination pluridisciplinaire nécessaire pour pouvoir quantifier correctement en termes biophysiques et monétaires les implications de ces externalités sur les marchés. Autrement dit, pour assurer la légitimité de cette perspective, il faut d'abord détenir la capacité de prendre en compte l'entièreté des externalités négatives, et ensuite les internaliser de façon à refléter la valeur "réelle" ou "objective" de la nature. De façon plus large, cette prémisse concernant le niveau de connaissance repose à son tour sur une autre hypothèse, soit celle de la commensurabilité de la nature. L'objectif présent n'étant pas d'argumenter en faveur ou en défaveur de cette hypothèse, mais il demeure toutefois important de la mettre en évidence, puisque l'acceptation de cette prémisse correspond nécessairement à l'objectification de la nature. En effet, si la nature possède une valeur quantifiable monétairement, elle peut dès lors être comparable à d'autres objets, d'autres biens et services. Après tout, c'est l'objectif principal de l'approche technocratique que de faire des échanges entre le naturel et l'artificiel, en autant que ces échanges soient valorisés correctement.

De plus, l'approche technocratique partage les mêmes fondements théoriques que l'économie néoclassique en ce qui concerne l'homo economicus, c'est-à-dire la conception des acteurs et décideurs concernés comme étant des êtres froids, rationnels et calculateurs. Cette conception de l'individu voile le regard de la perspective et fait en sorte qu'elle peine à expliquer certains comportements jugés "irrationnels", qui en fait peuvent être attribués à des jeux de pouvoirs, des problèmes d'acceptabilité sociale, et finalement des enjeux d'asymétrie de l'information. Si on reprend l'exemple de la taxe carbone canadienne, la perspective technocratique soutient fermement qu'il est dans l'intérêt de la collectivité canadienne d'adhérer à ce programme. Comment alors expliquer que des politiciens, dans une juridiction où pourtant le fonctionnement sociétal soit technologiquement et idéologiquement compatible avec l'approche technocratique, se font élire grâce à des promesses d'abolition de ce programme, voire même de subventionner l'industrie pétrolière ou encore d'assouplir les contraintes légales de cette industrie? Par exemple,

les provinces de l'Ontario (le premier ministre ontarien, Doug Ford, s'est d'ailleurs fait élire en partie grâce à sa position en défaveur d'une taxe carbone), du Manitoba et de la Saskatchewan ont poursuivi en justice le gouvernement fédéral afin d'abolir l'imposition aux provinces d'être souscrit au programme de taxation fédéral (CBC News, 2019). Qui plus est, le gouvernement libéral en 2018 a assoupli la portée de la taxe carbone pour quatre industries polluantes, soit celles du ciment, du fer et de l'acier, de la chaux, et enfin de l'engrais azoté, pour des raisons de perte de compétitivité (Radio-Canada, 2018). Ce faisant, 90% des émissions produites par ces secteurs ne seront pas taxées. Tout récemment, le gouvernement fédéral a octroyé à trois géants de l'industrie chimique (Dupont, Kingspan Insulation et Owens Corning) le droit de vendre au Canada une mousse isolante qui ne respecte pas les normes canadiennes en termes d'émissions de HFC (Le Devoir, 2021). Enfin, si on se penche sur d'autres pays que le Canada, on peut penser aux débâcles des gilets jaunes en France en réponse à une augmentation du prix de l'essence à la pompe pour les consommateurs

Bref, les exemples sont multiples où, d'un côté la solution technique existe et est applicable, et de l'autre l'action réellement effectuée ne concorde pas avec la logique technocratique, ou du moins celle-ci est fortement compromise. Bien entendu, les défenseurs de cette approche argumenteront comme quoi les stratégies technocratiques sont efficaces, elles manquent simplement de volonté politique et d'acceptabilité sociale pour être bien implémentées et pour pouvoir profiter pleinement de l'efficacité de ces stratagèmes. En effet, en raison de la trop grande complexité scientifique expliquant les limites biogéochimiques planétaires qui sont le moteur du processus décisionnel de l'approche par hétéro-limitation, cette dernière tend à adopter une attitude très *top-down* afin de militer vers une apolitisation du processus décisionnel. L'argument étant que les jeux de pouvoirs et débats sont intrinsèquement subjectifs et teintés de jugements, de valeurs et d'opinion, bref des facteurs de décision qui ne mènent pas nécessairement à une prise de décision "optimale" en terme environnemental. Cependant, cette volonté d'apolitisation du processus décisionnel partant du centre vers la périphérie, mène à un délaissement des nécessités et particularités propres à chaque contexte local, ce qui peut créer des insatisfactions importantes pour les communautés impactées négativement, et tend aussi à discréditer les opinions, faits et arguments d'individus qui ne sont pas membres de la communauté scientifique, mais dont les témoignages pourraient tout de même être bénéfiques à la cause environnementale (Rockström & als, 2009). Par exemple, le

consensus scientifique concernant le réchauffement climatique est de le limiter à 1.5 degrés Celsius pour éviter les conséquences les plus dévastatrices. Toutefois, ce ne sont pas tous les pays qui seront touchés de façon égale par ce réchauffement, notamment les états côtiers et insulaires seront fortement impactés même si le réchauffement est limité à ce niveau (Brand & als, 2021). Dans cette optique, considérant aussi que ces états insulaires ont pour la plupart peu de ressources et de pouvoir sur l'échiquier politique mondial, peut-on réellement souscrire à une position technocratique apolitique si les impacts d'une limite donnée ne sont pas les mêmes pour tous?

Finalement, cette position défensive témoigne du problème fondamental de cette approche : ce n'est pas l'aspect technique qui généralement fait défaut, mais bien l'encastrement de cette approche dans un système fondamentalement basé sur l'accroissement du niveau de vie matériel, où toute forme de limite à la consommation est perçue comme une atteinte négative au niveau de vie des individus. L'hétéro-limitation est donc constamment en lutte avec la pression d'augmenter le niveau de vie qu'impose la logique croissanciste, ce qui vient ronger la quasi-totalité des maigres gains que les solutions proposées par cette approche, aussi ingénieuses soient-elles, puissent fournir aux individus, d'où le constat de dégradation écologique soutenue depuis les années soixante-dix (Jackson, 2009) (Dasgupta, 2021) (IPBES, 2019) (GIEC, 2014). Qui plus est, une approche purement basée sur l'hétéro-limitation court le risque d'effectivement émettre des limites biogéochimiques valables d'un point de vue écologique, sans toutefois comprendre les mécanismes expliquant pourquoi ces seuils sont si près d'être dépassés. Autrement dit, ce n'est pas nécessairement l'activité économique humaine en soit qui est problématique d'un point de vue environnemental, mais plutôt la forme contemporaine de ce système économique qui est propre à un contexte et une époque donnée.

3.6 Qu'est-ce que l'autolimitation?

Le principe de base de cette approche est la volonté et la capacité des individus et collectivités de pouvoir décider comment se comporter par eux-mêmes et pour eux-mêmes, en fonction de principes ou valeurs fondamentales qui dirigent normativement les comportements à adopter. Ce faisant, cette perspective comprend la mise en place d'une limite à la consommation de façon autonome : les acteurs, individuellement ou collectivement, décident eux-mêmes du niveau de vie qu'ils désirent et donc de la quantité de ressources et de moyens nécessaires pour

atteindre ce niveau de vie. En contraste avec l'approche par hétéro-limitation, une démarche d'autolimitation comprend que l'élaboration d'une limite à la consommation est d'abord un construit social informé, qui est en partie éclairé mais non dicté, par la science (Rockström, 2009). L'approche par autolimitation repose fondamentalement sur la réappropriation individuelle ou collective (en fonction de la forme individualiste ou holiste de cette approche) de la norme de suffisance. Cette norme correspond à un niveau de richesse matérielle qui, à partir du moment où ce point est atteint, est jugé suffisant pour mener une vie digne, décente, et qui permet à l'individu ou à la collectivité de se donner les moyens pour s'émanciper (Spangenberg & Lorek, 2019) (Alexander, 2015). Autrement dit, ce concept se réapproprie des termes et expression comme suffisance, satisfaction, avoir assez de (la littérature anglophone fait appel au terme « *enoughness* »), satiété, et intègre ces valeurs dans les normes structurant un mode de vie dit suffisant. Ce faisant, les partisans de ce principe vont donc ériger un corridor de consommation autour de ce niveau qui délimite les seuils minimaux et maximaux d'accès aux divers biens, ressources et services (Brand, 2021). Les limites de ce corridor correspondent aux normes minimales et maximales de ce qui est jugé comme acceptable ou tolérable à ne pas franchir, alors que le milieu équivaut au niveau idéal nécessaire à l'émancipation et aux besoins de tous.

Concernant l'application concrète de l'autolimitation, ce principe fait face à deux défis considérables. Le premier réside dans la façon de déterminer démocratiquement ce qui est entendu par niveau de richesse matériel « raisonnable » ou « suffisant ». Individuellement, ce choix reste relativement simple puisque cette décision ne concerne qu'une seule personne. Le défi de la mise en place d'une norme de suffisance réside dans son aspect collectif, où un groupe d'individus s'entend sur une quantité de biens, services et ressources qu'ils jugent acceptable afin de pouvoir jouir d'une vie digne et enrichissante. Cette problématique sera abordée plus en profondeur dans la section portant sur l'autolimitation holiste. Le second défi se caractérise par le fait que les principaux fondements de l'économie néoclassique contemporaine ne sont pas compatibles avec la mise en place d'une limite. En effet, cette doctrine explique le comportement humain à partir de certaines prémisses fondamentales, dont deux particulièrement centrales qui seront critiquées afin de légitimer la possibilité de mettre en place avec succès une forme d'autolimitation. Le premier présumé critiqué se résume par le fait que les individus recherchent à maximiser leur utilité à travers la consommation de biens et services, donc que leur bien-être équivaut à leur richesse

matérielle et économique. En second lieu, l'économie néoclassique présuppose que tous les individus sont inhéremment dans un état de rareté quasi constant, puisque les désirs sont infinis alors que les ressources sont limitées (Keynes, 1930). Cet état assumé de rareté pousse les individus à vouloir constamment améliorer leurs conditions matérielles (Alexander, 2015) (Daoud, 2018) (Spangberg & Lorek, 2019). Ces deux prémisses s'illustrent bien par la pensée d'Adam Smith, l'un des pères fondateurs de l'économie classique. Dans son œuvre intitulée *Lectures on Jurisprudence* (une recollection des principales idées sur lesquelles Adam Smith s'appuiera pour écrire *Richesse des nations*), l'auteur affirme : « The object of police [politics or governance] in general is the proper means of introducing plenty and abundance into the country, that is, the cheapness of goods of all sorts » (Adam Smith, 1763, tiré de Daoud, 2018). Qui plus est, les trois plus grands pionniers de l'économie néoclassique (Jevons, Menger et Walras) avancent que la rareté est le point de départ de toute analyse économique (Jevons, 1888) (Menger, 1871) (Walras, 1954). Bref en se basant sur ces fondements, comment serait-il possible d'adopter une stratégie d'autolimitation, c'est-à-dire se réapproprier une norme de suffisance dans nos sociétés contemporaines et l'appliquer avec succès de façon démocratique et non imposée?

3.6.1 Remise en cause de la conception néoclassique de la richesse

De fait, le concept de suffisance vient contredire la notion néoclassique comme quoi la richesse économique est synonyme de bien-être, où ce dernier correspond essentiellement au pouvoir d'achat des individus (Alexander, 2015). Autrement dit, plus un individu possède un revenu élevé, plus il aura d'opportunités pour le dépenser, et ainsi plus son bien-être sera grand. Inversement, l'autolimitation avance qu'il y aurait plutôt absence de corrélation entre les deux variables, passé un certain point de revenu. Pour appuyer cet argument, cette approche se base sur l'article de Richard Easterlin (1974) : « *Does Economic Growth Improve the Human Lot? Some Empirical Evidence* », où l'auteur avance l'absence de corrélation entre revenu et bien-être, en autant qu'un niveau de revenu convenable est atteint. Par la suite, plusieurs auteurs vont tenter de supporter empiriquement cet argument en quantifiant le point à partir duquel revenu et bien-être ne sont plus corréllés. Par exemple, Kahneman & Deaton (2010) concluent qu'il n'y a plus de corrélation entre le bien-être émotionnel et le revenu passé le seuil de 75 000 USD. De son côté, Alexander (2015 & 2019) avance que l'absence de corrélation entre bien-être et revenu s'observe autour de 80 000 USD. Afin d'en arriver à cette conclusion, ces chercheurs provenant de milieux

variés (économie, développement durable, changements climatiques, etc) ont effectué différentes études indépendantes, notamment des sondages et des entrevues avec des individus à revenu variable, et notent que la relation entre le revenu et le bien-être suit une courbe de rendement marginal décroissant. Lorsque la limite supérieure de cette courbe est atteinte, on arrive à un point où les gains monétaires n'ont plus aucune incidence sur le niveau de bien-être, ce qui correspond en termes économiques à une utilité de revenu nulle (Waygood & als, 2019). Cela signifie que les individus qui atteignent ce niveau de revenu auraient intérêt à abandonner la quête d'enrichissement personnelle pour se concentrer sur d'autres priorités afin de maximiser leur bien-être personnel (Alexander, 201 & 2019) (Spangenberg & Lorek, 2019) (Muller, (2009) (Darby, 2007). Pour illustrer cette réalité, dans une étude publiée par Alexander en 2015, ce dernier sonde des participants ayant volontairement choisi de diminuer leur revenu ainsi que leur temps de travail pour diverses raisons, et note que 87% de ses répondants affirment se sentir plus heureux suite à leur changement vers un mode de vie plus frugal.

Ce constat illustre que l'atteinte d'un certain niveau de bien-être, au-delà d'un certain niveau, n'est plus corrélé avec le revenu. Afin d'expliquer cette conclusion, deux explications sont offertes. D'abord, selon Easterlin (1974), le bien-être est le produit de la comparaison historique qu'un individu fait entre son niveau de consommation présent et passé. L'absence de corrélation entre revenu et bien-être s'explique par le fait qu'une hausse de revenu pour les consommateurs est toujours accompagnée d'attentes qui sont aussi plus élevées en termes de confort et d'abondance matérielle, tel un animal qui court pour attraper sa queue. Comme Myers (2000) le résume bien : « yesterday's luxuries can soon become today's necessities and tomorrow's relics ». Dans cette optique, un gain de revenu est nécessairement accompagné d'attentes plus élevées, donc le sentiment de bien-être est toujours de plus en plus difficile à obtenir. La deuxième explication relève de l'ordre social, où passé un certain point le revenu disponible est utilisé pour consommer des biens qui reflète la classe sociale ou le statut d'un individu (Veblen, 1899, tiré de Parrique, 2019). Celui-ci utilise donc son revenu afin de se différencier des classes sociales inférieures et pour se distinguer parmi ses pairs. Dans cette optique, puisque chaque individu est pris dans cette logique comparative, chacun utilise ses richesses afin de demeurer celui qui s'illustre le plus, enlisant ainsi les individus dans une guerre sans fin de consommation ostentatoire. Puisqu'il y a

rarement un gagnant à ce jeu de comparaison, l'augmentation de revenu est inutile pour atteindre un état de bien-être.

En fait, les individus et les collectivités auraient plutôt intérêt à recentrer leurs priorités vers d'autres aspects de la vie telles que les relations sociales, le loisir, la repossession de moyens autonomes de production, la santé mentale et physique, la culture, les activités sportives, la communauté et le bien-être collectif si ceux-ci désirent réellement atteindre un état de bien-être (Brand, 2021). Ce point est central pour l'autolimitation, particulièrement dans l'acceptation de limite à la consommation, puisque c'est cette restructuration consciente des préférences personnelles (passant de quête de richesses matérielles à une richesse sociale et intérieure) qui permet que cette limite soit acceptée. Sans cela, l'autolimitation serait reçue avec une forte opposition, problème auquel l'hétéro-limitation fait face lors de la mise en place de mesures écofiscales qui sont souvent contrées en raison d'une acceptabilité sociale faible. De plus, ce recentrement vers d'autres aspects de la vie tels que les activités sportives et culturelles permet de réduire l'empreinte écologique de ces personnes, comparativement aux individus ayant actuellement des revenus élevés (voyages, achat de voitures de luxe, grandes maisons, etc).

3.6.2 Remise en cause de la société de rareté

L'idée selon laquelle l'humain serait naturellement dans un état de précarité constat et en quête continuelle vers la satisfaction de besoins non remplis est fortement contestée en anthropologie. Selon cette discipline, cette attitude est un construit social propre à un contexte sociohistorique particulier, qui se trouve à être celui associé à notre société. Pour appuyer cette affirmation, Arcand (1988) se fonde sur ses études de terrain qui étudient les Cuivas, un peuple aborigène de Colombie. En étudiant leur comportement et leurs habitudes concernant la distribution des ressources, les tâches à accomplir, et leurs loisirs, Arcand se rend compte que cette tribu consacre en moyenne 15-20 heures par semaine à la chasse, la cueillette et la cuisine. Cette allocation de temps est amplement suffisante pour leur procurer une diète variée et riche en calories (viande, fruits et légumes sont notamment au menu) (Arcand, 1988). Le reste de leur temps est alloué à la détente, au loisir et au repos. De son côté, l'anthropologue Jacques Lizot (1978) décrit une situation similaire chez les Yanomami. Ces derniers consacrent environ 2h30 par jour à la recherche et à la préparation de nourriture et utilisent le reste de leur temps pour se reposer.

D'ailleurs, leur EROEI (energy return over energy investment) a été quantifié à 6.4, c'est-à-dire que pour chaque calorie dépensée en recherche ou préparation de nourriture, les Yanomami en retirent 6.4, indiquant clairement qu'ils sont en surplus énergétique, sans toutefois utiliser ce surplus à des fins d'expansion, de croissance, ou à une quête infinie d'assouvissement de besoins (Thévard, 2013).

Ces deux exemples illustrent clairement que les peuples indigènes sont loin de passer tout leur temps disponible à assurer leur survie, même qu'ils ont substantiellement plus de temps libre que l'humain moyen contemporain vivant en société capitaliste. Qu'est-ce qui explique que, dans les deux cas, les peuples préfèrent utiliser leur temps libre à d'autres fins que celui de l'amélioration des conditions matérielles. Simplement parce que ces deux peuples ne perçoivent pas leur survie comme étant en danger (en excluant les causes externes comme l'expansionnisme occidental), donc ces chasseurs cueilleurs ne comprennent pas l'intérêt d'améliorer leurs conditions matérielles. En d'autres mots, ils se considèrent plutôt comme étant dans un état d'abondance et de richesse. En effet, ces deux exemples empiriques vont dans le même sens que l'œuvre de Marshall Sahlins, une référence en anthropologie moderne : « *Stone Age Economics* ». Dans son livre, l'auteur avance que les sociétés de subsistance ont historiquement mené des vies qui auraient été plus adaptées à l'épanouissement individuel, comparativement au style de vie contemporain (Sahlins, 1972). Plus précisément, cet auteur affirme : « A good case can be made that hunters and gatherers work less than we do; and, rather than a continuous travail, the food quest is intermittent, leisure abundant, and there is a greater amount of sleep in the daytime per capita per year than in any other condition of society » (Sahlins, 1972). Nulle part dans cet extrait décrivant une société aborigène de l'Australie (ni ailleurs dans son livre) peut-on y retrouver que les membres des communautés étudiées se rallient et s'organisent en fonction du principe de rareté. En n'en faisant pas une institution, ces communautés ont le loisir de pouvoir jouir de leur temps libre, sans se retrouver dans un cycle perpétuel de consommation et insatisfaction, causant en grande partie les dérives écologiques actuelles. Enfin, au sein même de la société capitaliste, ce présupposé de besoins infinis induits par la rareté ne faisait pas partie de l'imaginaire des travailleurs du début du 20^e siècle. En effet, décrivant comment les capitalistes marchands ont procédé pour déposséder les artisans de leurs moyens de production afin d'augmenter leurs heures de travail, Gorz (1988) note :

La norme du suffisant (gain suffisant pour l'artisan, bénéfice suffisant pour le marchand) était si bien enracinée dans le mode de vie traditionnel qu'il était impossible d'obtenir des ouvriers un travail plus intense ou plus prolongé en leur promettant un gain plus élevé. L'ouvrier « ne se demandait pas, écrit Max Weber, combien puis-je gagner par jour si je fournis le plus de travail possible, mais : combien dois-je travailler pour gagner les deux marks cinquante que je recevais jusqu'à présent et qui couvrent mes besoins courants.

3.6.3 Comment légitimer la mise en place d'une norme de suffisance

Bref, ce détour empirique concernant la relation entre bien-être et revenu, combiné à l'étude de certains peuples aborigènes permet de souligner que l'économie néoclassique base sa réflexion sur des prémisses qui sont purement contingentes, c'est-à-dire qu'elles décrivent un certain type de comportement qui est associé à une époque et à un contexte particulier. Ce faisant, plusieurs anthropologues, sociologues, et même certains économistes (Abraham, 2021) (Parrique, 2019) (Arcand, 1988) (Lizot, 1978), (Alexander, 2015 & 2019), (Sahlins, 1972) suggèrent que le comportement associé à l'homo oeconomicus n'a rien d'inné ni de naturel, ce qui signifie donc que ce comportement peut être modifié grâce à une socialisation différente. Cet argument offre la possibilité de façonner un monde où le comportement des individus répond à des principes fondamentaux et des codes moraux différents de ceux actuellement véhiculés, d'où l'intérêt et la pertinence des stratégies d'autolimitation. Dans cette optique, ce nouveau mode de vie serait capable de nourrir un sentiment d'abondance perçu par les individus poursuivant cette démarche. Une fois ce constant effectué, la question se tourne vers la dimension pratique de l'autolimitation, c'est-à-dire comment celle-ci pourrait être implémentée, et quels sont ses apports ainsi que ses limites?

3.7 L'autolimitation individualiste : la simplicité volontaire

D'un point de vue individuel, l'autolimitation se traduit par des mouvements comme celui de la simplicité volontaire, où des individus vont volontairement fortement réduire ou carrément renoncer à la consommation de certains B/S, puisque les impacts négatifs de cette consommation vont à l'encontre de leur valeur. Autrement dit, si on revient au corridor de consommation, il s'agit de définir individuellement la limite supérieure de cette fourchette. Essentiellement, ce sont donc les individus qui construisent et intègrent eux-mêmes une norme de suffisance propre à leur

situation. De plus, généralement ces individus occupent des emplois qui leur permettent de réduire leur temps de travail. Par exemple, la plupart des individus pratiquant ce mode de vie ont une vision normativement teintée vers la frugalité, retirent peu de satisfaction passé un certain niveau de vie matériel et conséquemment tendent à prioriser leur bien-être social, mental ou spirituel (Alexander, 2015). Parallèlement, Osikominu & Bocken (2020) décrivent la simplicité volontaire comme étant un mode de vie en opposition directe avec le consumérisme et le matérialisme, ce qui implique un effort conscient afin de modifier son comportement de façon à poursuivre des objectifs plus satisfaisants. À noter par ailleurs que des individus adoptant de façon imposée un style de vie plus frugal ne constitue pas un exemple de simplicité volontaire. Il serait donc totalement faux et malsain de prêcher pour un style de vie adopté par des individus vivant en contexte de crise sociale et politique comme étant suffisant et donc souhaitable. On peut notamment penser aux vénézuéliens ou aux libanais qui sont présentement dans cette situation, ou plus simplement aux Québécois et Québécoises qui vivent sur l'assistance sociale sans l'avoir désiré. En termes empiriques, la suffisance volontaire (ou toute forme d'autolimitation individuelle) permet de significativement réduire son empreinte environnementale au niveau individuel. En effet, afin d'illustrer cet argument, Lorek & Spangenberg (2019) se penchent sur l'appropriation de la norme de suffisance dans un contexte d'habitation. À cet effet, les deux auteurs avancent que même dans un logement où plusieurs gains d'efficacité ont été effectués (entre autres l'utilisation de matériaux et technologies d'isolation récents, une énergie provenant de source renouvelable, et des électroménagers consommant peu d'énergie), l'efficacité à elle seule est insuffisante pour obtenir des gains environnementaux significatifs dû aux différents rebonds (Lorek & Spangenberg, 2019). Comparativement, les ménages ayant adopté un comportement de consommation sobre ont réussi à diminuer leur impact écologique de 45% (Lorek & Spangenberg, 2019).

Toutefois, cette approche est plutôt limitée par le fait que son attention est entièrement centrée sur l'individu et ses choix personnels. En effet, l'adoption d'une norme de suffisance repose sur le bon vouloir ainsi que sur les d'un individu acceptant de volontairement adopter un style de vie plus frugal. Force est d'admettre que, bien que ce soit un effort louable, le risque demeure que ce style de vie attirera peu d'adeptes en raison de la conception contemporaine du bien-être, qui elle est basée sur la richesse monétaire et matérielle. Comme cette norme est prédominante dans notre société moderne, réduire sa consommation revient à une perte de bien-être, d'où le faible attrait

pour ce mode de vie. Plus largement, même si le nombre d'individus pratiquant la suffisance volontaire atteignait une masse critique, le fait demeure que le fonctionnement sociétal répond aux incitatifs économiques mis en place par le système capitaliste contemporain. Autrement dit, même les individus pratiquant la suffisance volontaire seront contraints, à degré variable, d'utiliser des services à haute empreinte écologique, faute d'alternative, telle que les routes et les hôpitaux, sans compter le fait que ces individus paient des taxes et des impôts qui à leur tour financent des projets et des infrastructures à impact écologique élevé. Bref, il n'y aura d'impact significatif sur le plan écologique qu'au terme d'une action collective orientée vers la transformation de nos sociétés, notamment par l'allègement ou le démantèlement des infrastructures les plus lourdes et énergivores. En ce sens, la nature individualiste du mouvement de suffisance volontaire limite son potentiel d'impact.

De plus, si on revient à l'équation $I = f(P,A,T)$, la simplicité volontaire équivaut à une baisse de A (le niveau de vie, soit le PIB/habitant). Selon Alcott, cette stratégie serait fortement propice aux rebonds, puisque la consommation refusée de l'un est la consommation marginale de l'autre (Alcott, 2005). Autrement dit, si un individu adopte un style de vie plus frugal, sa baisse de demande pour certains produits engendra une baisse du prix pour ces derniers, ce qui à son tour aura comme effet d'inciter d'autres acheteurs potentiels qui seraient intéressés à consommer ces B/S donnés en vertu de leur coût moins élevé. Bref, ces deux aspects font en sorte que l'approche par autolimitation individualiste n'est probablement pas particulièrement prometteuse en tant que façon d'établir une limite à la consommation touchant un grand nombre d'individus.

3.8 L'autolimitation collective : L'écosociété

De son côté, l'écosociété s'inspire de la liberté qu'ont les individus de décider eux-mêmes comment ils entendent mener leur vie pour organiser plusieurs individus atomisés en un tout collectif. La définition précise du terme collectivité est généralement omise dans la littérature, mais pour ce contexte on peut comprendre que ce terme fait grosso modo appel à une échelle locale, donc une municipalité, région, petite ville ou village, etc. Cette conception holiste de l'autolimitation s'inspire du municipalisme libertaire, démarche proposée par Murray Bookchin (1971 & 1989). Ce dernier propose cette forme d'organisation politique comme moyen afin de fournir un mode de vie écologiquement et humainement durable pour les citoyens. Dans son essai

écrit en collaboration avec Janet Biehl, Murray Bookchin (1998) imagine comment la vie politique pourrait s'opérer à l'échelle locale ou municipale, et à quel point la participation au processus politique est nécessaire au développement d'une vie communautaire saine :

La base institutionnelle des futures municipalités démocratiques sera l'assemblée : l'ensemble de la population d'un espace délimité sera convié à s'y retrouver afin de délibérer et de prendre en charge les questions d'intérêt commun — le citoyen perdra ainsi son statut de « mineur incompetent », soumis à la tutelle de l'État, et deviendra enfin « majeur » à mesure que la politique deviendra la « province des amateurs, des gens ordinaires ». Ces assemblées seront l'espace de la « recorporalisation des masses », de la formation du corps politique ; elles se réuniront à intervalles réguliers dans divers lieux possibles : cour d'école, auditorium, théâtre, église, salle des fêtes, etc. Les décisions seront prises, après débats, par votation et à la majorité — la minorité aura à s'y conformer. Elle pourra sans contredit continuer d'exprimer ses désaccords et chercher à convaincre la majorité de réviser son jugement.

L'écosociété proposée dans ce mémoire emprunte cette vision de la réappropriation du politique que partagent Biehl et Bookchin. Concrètement, l'élaboration collective d'un niveau de vie jugé suffisant pour fournir un niveau de bien-être décent pour la communauté reposerait sur des débats publics, où chacun posséderait un droit de vote et un droit de parole afin d'exprimer ses besoins individuels, préférences et opinions. Cela ne veut pas nécessairement dire que tous les caprices individuels seraient rencontrés, mais plutôt que la communauté s'engagerait à fournir un niveau de richesse matérielle et institutionnelle qui permettrait à sa population d'atteindre un niveau de vie collectivement jugé comme acceptable. De plus, puisqu'il s'agit d'une démarche d'autonomie qui s'appuie sur le libre choix individuel, les demandes et besoins de la communauté seraient sujet à changement, d'où l'importance d'instances démocratiques qui permettent de statuer, débattre et finalement accepter ou refuser des changements proposés par un ou plusieurs membres d'une écosociété concernant la définition des seuils minimaux et maximaux du corridor de consommation (Liegey & als, 2014). Concrètement, ces institutions démocratiques pourraient se retrouver, entre autres, sous la forme d'assemblées populaires ou de quartier, les *townhall meetings* typiques de la Nouvelle-Angleterre, et les organisations d'immeubles (Vogel, 1995).

Généralement la prise de décision est faite soit par majorité ou par consensus, dépendamment aussi du nombre de participants au débat. Par exemple, une communauté pourrait décider que chaque membre possède un droit à la mobilité et qu'il doit avoir les moyens d'exercer ce droit (donc avoir accès à un vélo, une voiture, ou un système de transport en commun), tout en interdisant la production et la consommation d'énergies pétrolières. C'est d'ailleurs le cas pour l'écovillage de Dancing Rabbit, qui partage un total de quatre véhicules électriques et hybrides pour l'ensemble de la communauté tout en imposant un quota strict sur l'achat d'essence et en interdisant la production d'électricité de source non renouvelable (Trainer & Alexander, 2019).

Qui plus est, cette limite ne correspond pas uniquement à un niveau de ressources matérielles, mais inclus aussi des "ressources" institutionnelles nécessaires à l'émancipation sociale, telles que l'éducation, un seuil de pauvreté, un système d'aide aux aînés, un système de santé, bref des services essentiels. Par exemple, des auteurs comme Liegey, Madelaine, Ondet et Veillot (2014) proposent le concept de dotation inconditionnelle d'autonomie (DIA), c'est-à-dire un droit inaliénable d'accès au seuil minimal du corridor de consommation, qui pour ces auteurs comprend une habitation, de la nourriture, des vêtements, de l'énergie, de l'eau et une certaine mobilité, en plus de pouvoir profiter de services tels que l'éducation et la santé. Cette garantie d'accès gratuit à ces biens et services serait offerte pour tous les membres de la communauté, de leur naissance à leur mort, indépendamment du statut social, du revenu, ou à toute autre possible forme de discrimination. Concernant la question du revenu, Liegey & als (2014) proposent de donner la possibilité aux membres d'une écosociété de pouvoir consommer une quantité de biens ou services supérieure au minimum fourni par le DIA, en autant que l'individu puisse compenser monétairement pour les dommages écologiques causés par cette consommation additionnelle. De plus, la DIA propose d'imposer un revenu maximum acceptable, aussi déterminé démocratiquement, dans le but de réduire à la fois les inégalités matérielles entre les membres, ainsi que l'impact environnemental de la consommation (Abraham, 2014).

Le cas de l'habitation est un bon moyen d'illustrer plus amplement la dotation inconditionnelle d'autonomie, puisque celle-ci accorde une emphase particulière à ce sujet. En effet, Liegey & als (2014) estiment que tout individu devrait avoir le droit fondamental à l'accès au logement, ainsi qu'à un terrain ou un local permettant à cet individu d'accomplir des tâches ou un travail

quelconque. Conformément au concept de suffisance, la DIA propose d'établir démocratiquement une certaine dimension de logement jugée décente pour tous, par exemple garantir l'accès à un nombre de mètres carrés minimal pour chaque personne (ce qui revient à un droit de tirage). Si jamais un individu désirait posséder un logement plus spacieux que ces standards, ce serait sa responsabilité de compenser monétairement ou en nature (par l'octroi de services par exemple) le reste de la communauté pour l'espace additionnel requis. Un exemple réel illustrant comment les principes de la DIA seraient appliqués pourrait se traduire par la situation suivante, soit un individu qui se passionne pour l'ébénisterie qui aurait accès à une certaine portion d'une forêt afin de recueillir des matériaux de base, ainsi qu'à un local et des outils simples qui lui servirait de lieu de travail pour transformer le bois. En retour, les services de cet individu seraient très utiles au reste de la communauté pour construire des meubles, des chaises, des charpentes, etc. Ce faisant, les auteurs de la DIA tentent de concevoir leur idéal sociétal afin de favoriser particulièrement le commerce local, les échanges sociaux et les interactions de proximité.

Également, afin de remplir à la fois son objectif d'assurer un logement pour tous tout en limitant fortement l'impact environnemental induit par la construction d'habitations, la DIA propose comme alternative au fonctionnement traditionnel la cohabitation, où plusieurs individus ou familles pourraient vivre dans un même édifice d'appartements ou dans une même maison unifamiliale. Cette possibilité permettrait de réduire drastiquement la destruction des milieux naturels reliés à l'étalement urbain puisque le nombre d'habitations requises serait moindre, tout en réduisant l'isolement social ressenti par une proportion importante de la population de notre société moderne, notamment les aînés. Par ailleurs, les impacts négatifs de l'isolement social sont non-négligeables : un accroissement de 50% du risque de mortalité, un risque accru de malnutrition, une moins bonne capacité à faire face à différentes situations d'urgence telles qu'un incendie, une canicule, ou une inondation, etc (INSPQ, 2020). Tous ces impacts négatifs d'une conception individualiste de la façon de se loger, et plus largement de la société, sont des coûts monétaires et des ressources matérielles et humaines qu'une écosociété n'aurait pas à déboursier, ou du moins ceux-ci seraient grandement diminués en raison de son organisation axée sur la solidarité sociale. Cette réalité de l'écosociété démontre la grande importance sociale de l'entraide et de la coopération entre les membres d'une même société, nourrissant ainsi un tissu social solide et un sentiment d'appartenance à la communauté. D'ailleurs, même dans notre société

contemporaine québécoise, cette tendance à la cohabitation ou aux logements intergénérationnels, qui existait déjà, a connu un gain considérable de popularité depuis la pandémie pour justement contrer les problèmes d'isolement et éviter les CHSLD, reflétant ainsi un certain désir d'une partie de la population à adopter un mode de vie plus près de l'idéal proposé par l'écosociété (Radio-Canada, 2020).

Par ailleurs, une telle restructuration du système d'habitation permet aussi une utilisation plus efficiente des ressources énergétiques ainsi que des possessions matérielles. En fait, pour emprunter à l'économie néoclassique, la cohabitation permet de réaliser des économies d'échelle. En effet, si plusieurs ménages partagent un même logement, ceux-ci peuvent tous profiter des électroménagers (laveuse, sècheuse, four, réfrigérateur, lave-vaisselle, etc), alors qu'individuellement ces ménages auraient chacun dû posséder ces appareils. De plus, les pièces d'une habitation seraient plus souvent utilisées si un nombre supérieur d'individus y habitent, évitant ainsi de chauffer ou climatiser inutilement ces pièces quand celles-ci ne sont pas utilisées. Un tel mode de vie permet aussi le partage de biens qui sont plus dispendieux, plus énergivores, et plus néfastes pour l'environnement, comme une voiture, un ordinateur, ou encore des outils de construction. Ce partage mène à une utilisation accrue et donc à une optimisation de l'usage de ces objets. Qui plus est, la dynamique d'une cohabitation permet à ses membres de répartir plus aisément et sainement les tâches. Par exemple, il peut parfois être fatigant pour une famille moderne typique de jongler entre les tâches ménagères, le travail, et en plus élever des enfants. La cohabitation permettrait cependant de répartir les tâches ménagères avec plus d'individus participant à l'accomplissement de celles-ci, tout en donnant la possibilité aux parents de pouvoir faire garder les enfants par les autres membres de l'habitation, notamment les grands-parents si ceux-ci sont présents, ce qui réduit la charge mentale des parents tout en créant une atmosphère plus vivante pour les autres membres de l'habitation. Enfin, la cohabitation donne l'occasion à ses occupants d'entreprendre des projets collectifs ambitieux, notamment la construction d'un jardin de grande envergure, qui offre le co-bénéfice de nourrir en partie les membres du logement, ou encore la mise en place d'une fosse septique qui réutilise les déchets humains pour en faire du composte, combiné avec les des restes de nourriture. Dans les deux cas ce sont des projets qui ne seraient très probablement pas entrepris par une famille moyenne moderne considérant l'envergure des travaux et le peu de temps que la majorité des individus possèdent aujourd'hui. Évidemment,

il faut garder à l'esprit que cette conception différente de l'habitation n'est pas dans le but de faire des économies monétaires pour ensuite dépenser celles-ci ailleurs dans l'économie et ainsi induire des effets rebonds indirects. Conformément à l'idée fondamentale d'une limite à la consommation, il s'agirait plutôt de compenser ces économies à l'aide d'une réduction du temps de travail, réduisant ainsi le potentiel de dégradation écologique.

Au niveau empirique, on peut trouver plusieurs applications réelles des différents principes de la DIA dans nos sociétés contemporaines. En ce sens, le groupe Habitat Groupé Solidaire est un organisme belge qui propose une méthode de partage des habitations, c'est-à-dire un logement partagé par plusieurs ménages différents dans le but de collectiviser les biens et les espaces de cette habitation (Habitat Groupé Solidaire, 2021). Il s'agit d'une initiative volontaire dans laquelle les habitants partagent un projet et des valeurs communes, qui sont formalisées par une charte. Le site web de cet organisme comprend d'ailleurs une liste de 227 habitations partagées seulement en Belgique (Habitat Groupé Solidaire, 2021). Il s'agit donc d'un mouvement encore marginal mais qui impacte un nombre non négligeable d'individus, ce qui permet de penser que ce mode de vie répond à une certaine insatisfaction causée par notre mode de vie actuel.

Bref, la mise en place d'une norme de suffisance et de seuils minimaux et maximaux d'accès aux biens, services et ressources permet d'implémenter une organisation sociale, un mode de vie, et des principes sociétaux différents (tels que la DIA), tout en donnant l'opportunité d'établir et de faire respecter des limites à la consommation pour les membres d'une écosociété. En principe, grâce au respect des limites de consommation, ce mode alternatif de fonctionnement social devrait être immunisé contre les possibilités de rebond et ainsi permettre aux stratégies d'efficience de profiter pleinement des gains espérés, tout en garantissant un niveau de richesse suffisant pour satisfaire un certain bien-être pour tous les membres d'une communauté.

Conclusion

4.0 Résumé du mémoire

4.1.1 *Questions, thèmes et principaux concepts abordés*

La question de recherche principale à laquelle ce mémoire tente de répondre est : comment rendre l'efficience efficace dans une perspective de réduction de l'empreinte environnementale. Pour ce faire, ce mémoire débute avec la distinction entre efficience et efficacité, nuance nécessaire afin de faire réaliser au lecteur qu'il est possible de se retrouver dans une situation où, dans une volonté de réduction d'empreinte environnementale, une société donnée se donne les moyens pour arriver à cet objectif, sans pour autant y parvenir : elle est donc efficiente sans être efficace. Cette distinction permet de progresser vers la question suivante : pourquoi cette inefficacité de l'efficience? À cette interrogation, le phénomène d'effet rebond est mobilisé pour fournir une partie de la réponse. En effet, en raison d'une augmentation de la demande induite par des biens et services qui sont rendus plus attrayants grâce aux gains d'efficience, notamment par l'entremise d'un coût de production ou d'usage réduit, ou encore grâce à de nouvelles fonctionnalités, cette augmentation de la demande cause une pression environnementale additionnelle. Cette dernière vient donc amoindrir les bienfaits de l'efficience qui étaient initialement espérés, d'où le frein majeur que constitue l'effet rebond face aux stratégies de recherche de gains d'efficience dans une perspective environnementale.

4.1.2 *L'effet rebond : finalement, quel est son impact?*

Plus précisément, la littérature s'entend grosso modo sur le fait que le rebond direct oscille entre 10 et 30% pour les pays développés et est autour de 50% pour les pays en voie de développement (Jenkins & als, 2011) (Ouyang & als, 2010) (Wang & Lu, 2014). À noter que cette estimation est tirée d'une moyenne de 74 études empiriques qui chacune estime individuellement la magnitude du rebond direct d'un cas précis. De ces 74 études, 68 portent sur les consommateurs et 6 sur les producteurs, et les principaux secteurs étudiés sont le transport ainsi que la demande énergétique des ménages (Jenkins & als, 2011). Concernant le rebond indirect, Sorrell (2018) est l'auteur ayant produit l'étude la plus rigoureuse quant à l'estimation de la magnitude de ce type de rebond. Dans cette étude, il divise le rebond indirect en trois catégories de dépenses : la consommation électrique des ménages, le transport et la diète. La première catégorie est sujette à

des rebonds d'environ 20%, alors que la deuxième provoque aussi des rebonds avoisinant les 50%. De son côté, la dernière catégorie est sujette à des magnitude "backfire" (Sorrell, 2018). Enfin, le rebond total quant à lui dépend fortement du modèle utilisé, mais se situerait en moyenne autour de 70% selon le modèle CGE et 30% selon les modèles intégratifs (Jenkins & als, 2011) (Barker & als, 2007) (Barker & als, 2009). Ce faisant, on peut donc avancer, avec grande prudence, que le rebond total avoisinerait les 50%, c'est-à-dire qu'environ la moitié des gains environnementaux espérés seraient contrecarrés par une augmentation de la consommation induite par les gains d'efficience. En ce qui concerne la magnitude des autres types de rebonds, les méthodologies actuelles peinent à quantifier précisément et adéquatement ces rebonds, d'autant plus qu'encore très peu d'études se sont spécifiquement penchées sur ces types de rebonds, ce qui implique une variation de résultats importantes entre les études, et des marges d'erreur très élevées. Cette réalité permet toutefois de penser que l'estimé présenté ci-haut est probablement sous-estimé, considérant que ces autres types de rebonds existent bel et bien mais ne sont pas compris dans cette estimation.

Suivant cette inférence, un constat s'impose : les stratégies d'efficience demeurent pertinentes, mais sont à elles seules insuffisantes pour réduire de façon absolue l'empreinte environnementale liée à nos activités économiques contemporaines. Pour que les gains d'efficience puissent réellement permettre de préserver une ressource environnementale donnée, la mise en place d'une limite à la consommation est nécessaire, puisque celle-ci annule la possibilité de rebonds. En effet, dans un monde où la consommation est plafonnée à un certain niveau et qu'elle ne peut être dépassée, il est impossible que les gains d'efficience induisent une consommation additionnelle qui surpasse ladite limite, d'où l'absence de rebonds.

4.1.3 Les stratégies de limite à la consommation

Une fois que la limite à la consommation est considérée comme une nécessité afin de ne plus aggraver les crises écologiques actuelles, il s'agit ensuite d'imaginer comment cette nouvelle mesure pourrait socialement se traduire, bref comment imaginer un monde qui se dote d'une norme de suffisance. Dans le troisième chapitre, deux perspectives différentes sont mobilisées afin d'imaginer comment une limite à la consommation pourrait être concrètement mise en place : l'hétéro-limitation, d'une part, l'autolimitation, d'autre part. De plus, la mise en place d'une limite à la consommation peut également varier selon l'unité d'analyse considérée ou la cible visée par

cette politique : l'individu ou la totalité sociale dont il fait partie. Ce sont donc ces quatre grandes options qui sont présentées dans le chapitre trois.

4.1.3.1 Hétéro-limitation

L'approche par hétéro-limitation consiste à fixer une limite à la consommation, sans que les consommateurs visés ne prennent part à la décision concernant cette limite. Deux stratégies sont possibles en la matière. La première, soit l'hétéro-limitation individualiste, vise à modifier les comportements individuels sans poser aucun interdit, mais en modifiant le prix des ressources concernées pour inciter les consommateurs à s'en détourner ou à en faire un usage plus parcimonieux. La seconde stratégie, l'hétéro-limitation holiste, n'est pas respectueuse de la liberté individuelle. Elle fixe des interdictions qui s'appliquent à tous les membres de la société considérée, quelles que soient leurs différences sur le plan individuel.

Globalement, l'approche par hétéro-limitation (à la fois individuelle et holiste) s'appuie sur la décision d'experts en écologie, biologie, environnement et économie afin de modifier le comportement des individus. Concrètement, au niveau individuel, il s'agirait d'internaliser les externalités pour tous les biens et services vendus dans une économie donnée de façon à ce que le prix de vente reflète adéquatement les diverses pressions environnementales engendrées par la conception, fabrication, et la distribution d'un produit. En somme, l'approche par hétéro-limitation individuelle réformerait l'économie de marché actuelle en y intégrant les principes de l'écofiscalité afin de donner les signaux adéquats aux consommateurs, ce qui alignerait naturellement ces derniers vers une consommation moins effrénée et vers des biens et services plus respectueux de l'environnement sans trop restreindre la liberté de consommation. De son côté, dans une éventualité où la dégradation écologique atteindrait un niveau si catastrophique qu'elle menacerait à court terme la survie d'une société, l'hétéro-limitation holiste consisterait en une approche plus coercitive où la liberté de consommation individuelle serait révoquée au profit de la mise en place de limites plus sévères à la consommation, celles-ci étant déterminées selon les capacités biophysiques d'un écosystème et de la dégradation environnementale engendrée par toute consommation et production de biens et services. Ce plafonnement serait imposé de façon obligatoire aux individus, au risque d'être sanctionnés et pénalisés en cas de non-respect. L'approche par hétéro-limitation holiste s'apparenterait donc à une écodictature dirigée par les

experts possédant les connaissances et l'expertise nécessaire afin de déterminer les différentes limites biophysiques à ne pas franchir pour éviter un effondrement.

Dans son ensemble, l'hétéro-limitation individuelle possède l'avantage d'avoir déjà entamé, bien qu'à très petite échelle, cette démarche d'internalisation des externalités dans les économies contemporaines. En effet, on peut notamment penser à la tarification du carbone au Canada, ou encore la loi sur la compensation des milieux humides et hydriques au Québec. De plus, les sociétés modernes sont en grande partie façonnées par les principes d'économie de marché, en ce sens où ceux-ci sont déjà profondément intégrés dans le comportement des individus. D'ajouter un nouveau signal de prix par l'entremise de l'écofiscalité ne constitue donc pas un changement trop drastique qui risquerait de complètement déstabiliser une société et potentiellement causer une ou plusieurs crises majeures. En revanche, cette approche souffre d'une faible acceptabilité sociale, ce qui entrave grandement son potentiel de changement de comportement, et donc d'incidence sur la dégradation environnementale actuelle (Pineau & Whitmore, 2020). En effet, la classe politique semble avoir beaucoup de difficultés à faire accepter les principes d'écofiscalité à la population, puisque ceux-ci constituent une atteinte négative à leur pouvoir d'achat qui est souvent perçue comme une nouvelle façon pour le gouvernement de percevoir des taxes dont les fonds seront mal gérés par ce dernier. Comme les pays historiquement les plus pollueurs sont pour la plupart des démocraties, il est ardu pour les dirigeants de mettre en place de telles mesures si la population les perçoit négativement en raison d'éventuelles élections. Parallèlement, les acteurs les plus puissants de ces démocraties sont aussi ceux qui souvent polluent le plus, que ce soit au niveau de leur style de vie personnel ou par l'entremise de l'activité économique d'entreprises leur appartenant. Ce faisant, leur pouvoir d'influence par le biais du lobbying et de dons politiques peut fortement nuire à la mise en place de mesures écofiscales, d'autant plus que si leur compétitivité est affectée par ces mesures, ces grandes entreprises peuvent fermer leurs portes et déménager ailleurs, ce qui représente une perte d'emplois et de revenus pour l'État.

De son côté, l'hétéro-limitation holiste est probablement la stratégie la plus efficace d'un point de vue environnemental, surtout si les sanctions sont sévères et si les comportements sont scrupuleusement surveillés. De plus, cette approche permettrait de simplifier et clarifier le comportement que les individus doivent adopter, puisque chacun aurait droit à une quantité fixe

de biens et services en fonction des limites biogéochimiques de la planète. Ce faisant, l'impact environnemental serait aussi beaucoup plus facile à calculer, permettant ainsi de savoir si les limites écologiques fixées sont atteintes ou non. Toutefois, l'hétéro-limitation holiste est de loin la stratégie la plus violente et répressive en ce qui concerne la liberté individuelle. Bien que cette stratégie serait probablement efficace sur le plan environnemental, d'imposer des limites à la consommation indépendamment de l'avis des individus serait sans aucun doute très dommageable pour le moral et le bien-être des individus dont leurs comportements seraient contre leur gré fortement contraint, et sans possibilité de compromis.

4.1.3.2 L'autolimitation

L'approche par autolimitation est basée autour du principe fondamental selon lequel un individu ou une société s'approprie la capacité de décider comment se comporter en fonction de principes et valeurs choisis volontairement. Ce sont cette fois les consommateurs de la ressource concernée qui décident eux-mêmes de la limite de consommation qu'ils vont respecter, soit à titre individuel, soit à titre collectif. D'un point de vue individuel, l'approche par autolimitation se caractérise dans des mouvements sociaux contemporains comme la simplicité volontaire, où des individus vont volontairement réduire leur consommation personnelle et vivre une vie plus frugale, le plus souvent pour adopter un mode de vie qui est en concordance avec leurs valeurs environnementales. Dans ce cas, le corridor de consommation est établi par un individu, ou parfois une famille. Du côté des avantages, la détermination de ce qui constitue les seuils minimaux et maximaux reste relativement aisée puisque le nombre d'individus impliqués est singulier ou très faible. Toutefois, respecter ces limites imposées par soi-même consiste en un défi considérable dans une société reposant sur un mode de production hétéronome. De plus, cette vision individualiste de l'autolimitation ne permet pas d'organiser la production et la mise en place de systèmes qui requiert la coopération de plusieurs individus, voire plusieurs organisations, comme un mode de transport, un système de santé, la construction de logements, etc, limitant ainsi le potentiel de cette approche si elle demeure appliquée strictement dans une perspective individuelle.

D'un point de vue holiste, l'approche par autolimitation peut être comprise comme une écosociété, qui serait un groupe d'individus partageant un certain nombre de valeurs environnementales et sociales qui désireraient s'organiser en collectivité dans le but de faire honneur à celles-ci.

Concrètement, les membres de la communauté érigeraient démocratiquement un corridor de consommation, dans lequel des seuils minimaux et maximaux seraient clairement définis, compris et respectés par tous. Le seuil minimal correspond à un niveau de richesse matérielle et institutionnelle jugé nécessaire afin de mener une vie digne. Du côté du seuil maximal, il s'agit du niveau de richesse au-delà duquel il est interdit pour tout individu appartenant à la communauté de dépasser.

L'autolimitation holiste posséderait l'avantage de fournir un processus décisionnel mieux adapté aux questions complexes et multifactorielles. En effet, Akbulut & Adaman (2020) ainsi que Klees (2020) affirment qu'un régime démocratique est mieux adapté pour faire face à des problèmes complexes, incertains, multifactoriels, et pluridisciplinaires (particulièrement lorsque des questions éthiques et de jeux de pouvoir entrent en compte), puisqu'un processus décisionnel purement basé sur la science n'aurait pas la capacité de modéliser adéquatement tous ces facteurs qui influencent la prise de décision. Plutôt, puisque l'écosociété favorise l'ouverture au dialogue, au débat et à l'écoute entre les membres d'une communauté, cet aspect inciterait les membres à être mieux éduqués et à avoir une connaissance très concrète et tangible des principaux enjeux affectant leur quotidien, aussi complexes ceux-ci puissent être. Cette meilleure compréhension et maîtrise des principaux enjeux mènerait généralement à des décisions qui seraient plus éclairées plus cohérentes avec leur intérêt. De plus, une meilleure compréhension des enjeux, que l'on soit d'accord ou non, mène en principe à une meilleure acceptation de la décision prise par la communauté, ce qui tend à inciter les individus à adopter le comportement souhaité (Van Meegeren, 2010) (Pineau & Whitmore, 2020). En d'autres termes, ce mode de fonctionnement favorise une bonne acceptabilité sociale.

Toutefois, du côté des limites, ce type d'organisation sociale diffère de façon substantielle par rapport au système sociétal actuel, ce qui pourrait mener à une transition de système assez ardue et instable, dépendamment aussi du niveau d'urgence dans lequel s'effectuerait cette transition. En effet, des institutions qui aujourd'hui sont absolument centrales comme la monnaie, l'entreprise, le commerce, etc, auraient un rôle différent, probablement beaucoup moins important (peut-être qu'elles seraient même absentes) dans une écosociété. L'idée qu'une écosociété s'organiserait autour de besoins locaux qui sont relativement bien connus et prévisibles, mais dont les possibilités

restent assez limitées en raison du processus de production plus lent, local, et fondé sur la durabilité du produit, est en contradiction directe avec nos sociétés capitalistes modernes qui offrent l'accès à un nombre inimaginable de biens et de services à des coûts très réduits. On peut citer par exemple à quel point, en quelques clics de souris grâce à des entreprises comme Amazon ou des services comme Facebook Marketplace, il est aisé de se procurer à peu près n'importe quel bien ou service imaginable. Ce clivage entre deux mondes aussi différents prendrait sans doute des années d'adaptation pour les individus pour accepter le changement de réalité et ajuster leur comportement en conséquence, en assumant que ces individus acceptent volontairement ce changement. En fait, ce contraste entre les deux modes d'organisation sociale reflète probablement la limite la plus importante de l'approche par autolimitation, c'est-à-dire que les membres d'une communauté se concertent, pour finalement démocratiquement décider qu'ils refusent l'idée d'une limite à la consommation, détruisant ainsi le potentiel de réduction d'empreinte environnementale.

Enfin, la détermination des seuils du corridor de consommation dans une perspective holiste constitue un défi de taille, dont l'ampleur augmenterait en fonction de la taille de la communauté. En effet, il s'agit d'obtenir une majorité (voire la totalité) des individus qui s'entendent sur ce qui constitue les seuils maximaux et minimaux de ce corridor, c'est-à-dire ce que l'opinion publique considère comme suffisant pour mener une vie digne tout en limitant le niveau de vie à un certain plafond, pour ensuite déterminer des mécanismes de surveillance et un système de sanction afin de s'assurer du respect de ces deux seuils. Considérant que les besoins individuels varient substantiellement d'un individu à l'autre, on peut comprendre assez facilement qu'il s'agit d'un énorme défi que des centaines, voire des milliers, d'individus arrivent à un consensus concernant un sujet aussi sensible et personnel. Toutefois, l'existence de vastes communs mis en lumière par les travaux d'Elinor Ostrom montre qu'un tel projet n'a rien d'utopique (Ostrom, 1990).

4.1.4 Comment rendre l'efficacité efficace?

Finalement, comment répondre à la question de recherche : comment rendre l'efficacité efficace dans une perspective de réduction d'empreinte environnementale? Essentiellement, comme l'affirme Princen (2005) : « il est temps de reprendre contrôle de l'efficacité, c'est-à-dire d'arrêter de la voir comme une fin en soi ». Plutôt, l'efficacité peut être un moyen d'arriver efficacement à un objectif environnemental donné, tant et aussi longtemps qu'elle est régie par un

principe supérieur qui balise la consommation afin de limiter la possibilité de rebonds, que ce soit par l'entremise d'une approche par hétéro-limitation ou par autolimitation. Pour terminer, le choix d'adopter une stratégie concrète d'hétéro-limitation ou d'autolimitation (ou une combinaison des deux) revient à des préférences personnelles et collectives qui sont elles-mêmes déterminées en fonction de l'environnement dans lequel les individus ou les collectivités se retrouvent. L'objectif de ce mémoire n'est pas de favoriser l'une ou l'autre des stratégies, mais plutôt d'encourager une prise de conscience quant à l'impact potentiel de l'effet rebond dans les pronostics environnementaux, et d'inciter les individus et collectivités à entreprendre un mode de vie différent.

4.2 Apports, limites et pistes pour de futures recherches

4.2.1 Quelles sont les contributions potentielles de cet essai?

En premier lieu, la majorité des efforts liés à la recherche et à l'écriture de ce mémoire ont été concentrés sur le chapitre de l'effet rebond. Logiquement, ce dernier constitue donc sa contribution la plus importante. Plus précisément, l'une des limites majeures observées dans la littérature scientifique est que l'écrasante majorité des études se focalise sur le calcul de la magnitude du rebond direct pour un gain d'efficacité en particulier, le tout appliqué à un contexte précis et unique. Même dans la section « revue de littérature » des articles scientifiques, il est rare qu'on y retrouve des passages portant sur l'ensemble du phénomène de l'effet rebond, incluant les différents types de rebonds, leurs déterminants, leurs dynamiques de fonctionnement, leurs interactions, etc. Toutes ces questions sont souvent sans réponse, ou elles ne concernent qu'un type de rebond associé à une étude de cas en particulier. À titre d'exemple, des 143 articles scientifiques consultés en lien avec l'effet rebond, seulement deux articles peuvent être considérés comme un effort de synthèse sur l'ensemble du phénomène (les deux articles en question sont celui de Jenkins & als (2011) et Lange & als (2019). Bref, l'un des objectifs principaux de ce mémoire, était de palier ce manque dans la littérature en tentant de fournir au lecteur une compréhension d'ensemble du phénomène, dans des termes accessibles, tout en demeurant précis dans les détails techniques et en allant en profondeur dans la clarification des dynamiques de fonctionnement et des différentes ramifications associées à l'effet rebond. Nous espérons avoir atteint au moins en partie cet objectif.

Ce faisant, cette tentative de faire sens du phénomène dans sa globalité et de le représenter de façon plus accessible aux lecteurs non-initiés au jargon économique pourrait avoir une retombée positive en termes de prise de décision au niveau politique. En effet, on observe une ignorance ou un déni de la plupart des dirigeants au niveau mondial quant à l'existence de l'effet rebond, et ce malgré le fait que ce phénomène constitue indéniablement un obstacle majeur aux stratégies d'efficacité, d'autant plus que ces dernières représentent la majeure partie des efforts déployés par la plupart des sociétés contemporaines qui veulent réduire leur empreinte environnementale. Bref, l'effet rebond demeure très peu reconnu en dehors de la sphère académique (Font Vivanco & als, 2016) (Alcott, 2010). Par exemple, l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) a publié un rapport en 2018 concernant le potentiel d'efficacité énergétique au Canada en fonction des tendances énergétiques prévues d'ici à 2050. Dans ce rapport, l'effet rebond n'est mentionné qu'une seule fois pour y indiquer qu'il n'est pas pris en compte dans les prédictions de l'AIE (AIE, 2018). Dans le même ordre d'idée, les seules politiques nationales de réduction de l'empreinte écologique qui prennent en compte l'existence de l'effet rebond sont celles de l'Angleterre, de l'Irlande et des États-Unis. En effet, le département de l'énergie et des changements climatiques de l'Angleterre estime un rebond de 15% concernant l'énergie sauvée par une isolation thermique plus efficace (Font Vivanco & als, 2016). Dans son plan national d'efficacité énergétique de 2014, l'Irlande présume un rebond direct à 70% pour les ménages à faible revenu qui augmentent l'efficacité énergétique de leur demeure (Font Vivanco & als, 2016). Enfin, le département de l'énergie des États-Unis estime à 10% le rebond direct de distance parcourue suite à une hausse d'efficacité de consommation de carburant (Font Vivanco & als, 2016).

L'une des raisons pouvant potentiellement expliquer cette ignorance ou ce déni de l'effet rebond est sa complexité et son incertitude quant à son ampleur. En effet, dans la réalité actuelle, la classe politique a généralement déjà du mal à passer des lois et des mesures en faveur de la réduction de l'empreinte environnementale, dans un contexte où les changements climatiques sont une certitude qui fait consensus de façon quasi unanime dans la communauté scientifique. Concernant l'effet rebond, sa magnitude et son fonctionnement demeurent encore mal compris et incertains. De plus, il s'agit d'un phénomène contre intuitif et méconnu par la grande majorité de l'électorat. Ce faisant, il est assez clair que dans un contexte où autant d'incertitude et d'opacité règne, le risque politique est trop élevé pour inciter les dirigeants à agir et mettre en place des mesures contrant l'effet

rebond. Cette réalité est bien résumée par un entretien entre Blake Alcott (2010), un spécialiste du phénomène de l'effet rebond, et l'Agence de l'Énergie Suisse, dans lequel Alcott interroge l'Agence concernant leur vision de l'effet rebond et des solutions à entreprendre face à ce phénomène, alors que celle-ci répond à Alcott : "Until we know exactly how big rebound is, we treat it as zero" (Alcott, 2010). Ce mémoire constitue donc une ébauche de vulgarisation en vue d'informer les dirigeants et le public général quant au fonctionnement général du phénomène. De plus, en chiffrant la magnitude du rebond total à 50%, bien que ce soit une estimation très discutable, celle-ci constitue au moins un pas vers l'avant afin de constater à quel point l'effet rebond représente un obstacle important face à l'efficacité des stratégies d'efficience, et plus largement notre capacité sociale à mitiger notre impact environnemental. Ce pourcentage peut donc constituer une assise plus empirique et concrète sur laquelle la classe politique pourrait s'appuyer afin de tenter différentes méthodes pour commencer à contrer l'effet rebond. Cela dit, il serait aussi naïf d'insinuer que l'inaction politique repose uniquement sur un manque d'information, compte tenu que l'existence de l'effet rebond est connue depuis que Jevons a théorisé le concept en 1865. Une partie de l'inaction s'explique peut-être d'abord parce qu'on ne veut pas s'en préoccuper. Comme le dit le philosophe Jean-Pierre Dupuy (2002) : « Le problème essentiel est que nous ne croyons pas ce que nous savons ».

Enfin, concernant le chapitre sur la mise en place d'une limite à la consommation, la contribution de ce dernier se situe plus dans le décroissement de l'imaginaire, c'est-à-dire que ce chapitre tente d'esquisser deux façons d'instaurer un mode de fonctionnement sociétal et économique qui permettrait de baliser la consommation à un certain niveau, tout en notant les avantages et inconvénients des deux approches. Celles-ci peuvent donc inspirer des individus ou des dirigeants à expérimenter et à mettre en place des initiatives qui seraient basées sur une organisation sociale différente. De cette façon, ces individus et/ou dirigeants qui voudraient se lancer dans une telle initiative pourraient noter et témoigner des principales difficultés et réussites qui ont été rencontrées, et ainsi proposer des pistes de solutions afin d'améliorer ce mode de fonctionnement. Au final, la contribution de ce chapitre se veut aussi légèrement partisane, en ce sens où le constat de l'inefficacité de l'efficience proposé par ce mémoire amène le lecteur à la réalisation comme quoi il est maintenant temps de tenter des expériences concrètes afin de proposer une façon plus appropriée de vivre en société selon un nouveau paradigme, soit celui d'une consommation limitée.

4.2.2 *Quelles sont les principales limites de ce mémoire ?*

En ce qui a trait aux limites de ce mémoire, elles peuvent se diviser en trois catégories : techniques ou méthodologiques, et philosophiques. D'abord, au niveau des limites techniques, la revue de littérature portant sur l'effet rebond aurait pu bénéficier d'un regard ayant davantage d'expertise technique en ce qui concerne la modélisation mathématique de l'effet rebond. En effet, la formation, les compétences et les connaissances du présent chercheur n'étaient pas toujours suffisantes pour permettre une compréhension détaillée des nuances et interactions entre les différents paramètres de certains modèles présents dans la revue de littérature. Ce faisant, l'analyse de certains modèles n'a pas pu être poussée jusqu'au bout, limitant ainsi partiellement la qualité de la revue de littérature.

La deuxième limite technique tient au fait que la quantification de la magnitude pour chaque type particulier de rebond comporte des lacunes méthodologiques plus ou moins importantes. Celles-ci s'expliquent en partie par la relative nouveauté de l'effet rebond comme sujet d'étude en sciences économique. Par conséquent, les techniques et modèles adéquats ne sont pas encore totalement développée, bien qu'ils risquent de s'améliorer avec le temps, plus les chercheurs se spécialiseront dans ce domaine. Toutefois, le facteur le plus important concernant la volatilité et la faible fiabilité des résultats réside dans le fait que chaque étude scientifique portant sur l'analyse d'un rebond repose sur des balises spatiotemporelles et des définitions différentes. En effet, plus l'étendue du rebond étudié est étroite (c'est-à-dire que le rebond observé s'échelonne sur une courte période de temps, qu'il touche un faible nombre d'individus, et qu'il ne comprend qu'un seul type, souvent le rebond direct), plus il est aisé de quantifier la magnitude du rebond, et vice-versa. Les rares études qui tentent de quantifier la magnitude d'un rebond total se butent à une telle complexité qu'il est presque impossible de modéliser ce type de rebond pour déterminer sa magnitude tout en conservant une marge d'erreur faible. De plus, comme chaque étude possède ses propres balises spatiotemporelles et quel type de rebond est inclus dans l'étude, il devient rapidement très hasardeux, voire impossible, de comparer entre elles différentes études. Dans une volonté de réduire l'opacité entourant la littérature de l'effet rebond, il serait fortement bénéfique que les chercheurs indiquent clairement la définition du rebond qu'ils examinent, la méthodologie, les

techniques d'analyse et les modèles utilisés, les limites temporelles et spatiales de leur analyse, et finalement le type et le pourcentage du gain d'efficacité étudié.

Une autre limite méthodologique concerne le fait que les différentes façons proposées afin de mettre en place des limites à la consommation sont imaginaires et théoriques. Il s'agit de propositions qui n'ont jamais été testées et appliquées empiriquement, ou sinon à très petites échelle comme celle d'un écovillage. Toute l'analyse sous-jacente à la mise en place de limites à la consommation est donc entièrement rédigée au conditionnel. Ce chapitre se retrouve donc sur le terrain de la prospective. Cette réalité ne signifie pas que cette section est non rigoureuse au point de vue scientifique : elle est défendable sur le plan théorique, mais il est possible (et même probable) que l'application de ces limites dans le monde réel provoque des dynamiques imprévues par l'analyse proposée ici, simplement dû au fait que ces cas empiriques sont présentement excessivement rares et sont applicables à une échelle macroscopique. Également, cette réalité peut donner l'impression au lecteur que l'auteur de ce mémoire critique plus sévèrement l'approche par hétéro-limitation que l'autolimitation. Ce biais est partiellement assumé par l'auteur (voir les limites conceptuelles pour plus de détails), mais est aussi dû au fait qu'il est beaucoup plus facile de critiquer des mesures qui existent que d'imaginer des critiques hypothétiques à un système qui relève majoritairement de l'imaginaire, simplement en raison d'une plus grande disponibilité de données et de cas concrets à analyser.

Enfin, la dernière limite méthodologique concerne le biais inhérent au présent chercheur qui est en faveur de modes alternatifs de production économique et d'organisation sociale afin d'atténuer et éventuellement se sortir des multiples crises environnementales auxquelles la planète fait actuellement face. Il est donc probable que le lecteur ressente un certain penchant du chercheur envers des stratégies plus révolutionnaires que réformistes, comme la suffisance volontaire, l'écosociété, et plus largement l'abandon du capitalisme et du productivisme au profit d'une organisation sociale de type décroissante ou post-croissante. Sans vouloir justifier cette attitude, il demeure pertinent rappeler que la neutralité n'existe pas en science. Tout chercheur est engagé, soit dans la reproduction ou dans la transformation de son monde. De plus, les chercheurs qui touchent aux questions environnementales et écologiques sont confrontés à un défi particulier à ce champ : comment en tant que chercheur peut-on demeurer impartial, objectif et rationnel devant

l'ampleur de la catastrophe écologique que l'on observe aujourd'hui, et qui plus est ne cesse de s'aggraver. En fait, considérant l'urgence et la gravité actuelle de celle-ci, est-il encore pertinent en tant que chercheur de demeurer neutre et impartial ? C'est une opinion notamment abordée par Aurélien Barrau dans sa conférence du 6 mai 2021 donnée par l'Institut Polytechnique de Paris qui s'intitule : « face à la catastrophe écologique, ne pas être radical a-t-il encore un sens ? » dans laquelle l'astrophysicien invite les scientifiques à franchir la barrière de la neutralité et adopter une position plus militante (Barrau, 2021). Comme le résume bien le sociologue Geoffroy de Lagasnerie (2017): « Être neutre dans un monde en guerre, c'est laisser la guerre se poursuivre ».

Enfin, concernant la limite philosophique, il s'agit en fait d'une mise en garde dans une éventualité où une société se lancerait dans l'autolimitation. En effet, les sociétés capitalistes contemporaines sont souvent critiquées face à la vie vide de sens qu'elles offrent aux individus. Produire pour consommer, essentiellement. Bien que cette vision soit effectivement vide au sens moral du terme, il n'en demeure pas moins que ces sociétés ont toutes un objectif très clair, soit de maximiser la production et de croître de façon stable indéfiniment. Ce faisant, les sociétés qui voudraient transiter vers un mode de production balisé par des plafonds préalablement définis se buttent à un obstacle considérable : quel sens offre ce type d'organisation sociale pour les individus voulant en faire partie ? De simplement affirmer que « ne pas croître économiquement au-delà d'un certain niveau » est un objectif sociétal suffisant pour assurer une certaine cohésion sociale et pour offrir la possibilité aux individus de s'épanouir tant matériellement que spirituellement semble un argument plutôt réductionniste. En effet, la mise en place d'une limite et de s'organiser autour de celle-ci ne constitue pas en soit un objectif social permettant aux individus de donner un sens à leur existence (Onofrio, 2009). Il s'agit d'un problème technique et pratique qui ne touche en rien l'aspect spirituel ou moral de l'existence humaine. Pour remédier à cette lacune, Serge Latouche, un penseur incontournable de la décroissance, affirme que : « sans un réenchâtement de la vie, la décroissance serait là aussi vouée à l'échec » (Latouche, 2006). Il ne s'agit donc pas, selon cet auteur, de simplement reprendre les institutions et valeurs croissancistes tout en balisant ces dernières à l'intérieur d'un nouveau mode d'organisation sociale et de production économique. Plutôt, du moment que les questions de survie sont résolues, il est essentiel de collectivement se donner des projets, des valeurs cardinales à honorer, des normes à respecter, des ambitions, bref des règles et des objectifs sociétaux qui sont communs et partagés par les membres d'une

communauté afin de stimuler ce réenchantement pour souder les individus ensemble et en faire un tout cohérent.

4.2.3 Pistes de recherche futures

Enfin, ce mémoire propose deux pistes de recherche afin d'approfondir plus amplement la question de recherche de cet essai. D'abord, l'étude de l'effet rebond est extrêmement marginale au Canada, si bien qu'à la connaissance du chercheur, aucune étude de cas ne traite de rebond dans un contexte canadien. Il serait donc intéressant de se pencher sur les différents types de rebonds présents dans l'économie canadienne, considérant que celle-ci est une exportatrice nette d'énergie. Sans doute les gains d'efficacité appliqués au secteur pétrolier seraient propices aux rebonds macros et totaux. Inversement, il serait tout aussi intéressant de se pencher à fond sur une analyse effectuée à une échelle beaucoup plus microscopique. Par exemple, étudier le comportement d'une petite entreprise ou d'un ménage suite à un ou quelques gains d'efficacité donnés, afin d'identifier en détail les ressorts de l'effet rebond sous toutes ses formes et dans toutes les dimensions de l'activité économique de cette entreprise ou de ce ménage. Également, de développer de nouvelles méthodes afin de quantifier la magnitude des différents types de rebonds avec une marge d'erreur moins élevée serait grandement bénéfique à la prise en compte de ce phénomène par la classe politique, particulièrement en ce qui concerne le rebond total qui est à la fois le plus difficile à déterminer et le moins statistiquement fiable, mais aussi le plus important à connaître pour les dirigeants afin d'accomplir avec succès les différents objectifs environnementaux choisis par l'électorat.

Enfin, la deuxième piste de recherche consiste en l'approfondissement des études de terrain effectuées dans des communautés semblables à l'idéal-type de l'écosociété décrite dans ce mémoire. En effet, bien que ce type de communauté n'existe pas à grande échelle, plusieurs écovillages et écohamlet comme Dancing Rabbit et Hameau 18 notamment, représentent finalement une esquisse à petite échelle de ce que pourrait être une écosociété. Ce faisant, il est excessivement important de pouvoir tirer le maximum d'inférences empiriques que ces petites communautés puissent offrir à la communauté scientifique, notamment comment les décisions sont prises et quel est le système politique en place, comment la distribution de tâches s'effectue, comment s'assurer que les limites à la consommation soient respectées, etc. Ces questions sont

d'une importance capitale afin d'établir un guide de meilleures pratiques pour démarrer un projet d'écosociété assurant un maximum de chance de succès.

Bibliographie

Dictionnaire

Dictionnaire Larousse. En ligne. 2021 :

<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/efficience/27930>

Encyclopédie Britannica. En ligne. 2021 :

<https://www.britannica.com/topic/efficiency-economics-and-organizational-analysis>

Ouvrages ou extraits d'ouvrages

Alexander, J. K. (2008). *The mantra of efficiency : From waterwheel to social control*: Johns Hopkins University Press. 256 p.

Alexander, J. K. (2009). *The concept of efficiency : An historical analysis*. In *Handbook of the Philosophy of Science (Vol. 9): Philosophy of Technology and Engineering Sciences*.

Bookchin, M. (1971). *Post-Scarcity Anarchism*: Ramparts Press. 288 p.

Bookchin, M. (1989). *Remaking society (U. o. Michigan Ed.)*: Black Rose Books. 207 p.

Bookchin, M. B., Janet. (1998). *The Politics of Social Ecology: Libertarian Municipalism (U. o. Michigan Ed.)*: Black Rose. 187 p.

D'Alisa, G. D., Frederico; Kallis, Giorgos. *Décroissance : Vocabulaire pour une nouvelle ère*. Montréal: Éditions Écosociété. 371 p.

Douai, A. P. (2017). *L'économie écologique*. Paris: Éditions La Découverte. 126 p.

Dupuy, Jean-Pierre. (2002). *Nous ne croyons pas ce que nous savons. Pour un catastrophisme éclairé*, Paris, Seuil, 142 p.

Gorz, André (1988). *Métamorphoses du travail : Critique de la raison économique*, folio essais, 438 p.

Jevons, W. S. (1865). *The Coal Question*, Macmillan and Company. 411p.

Jevons, W. S. (1888). *The Theory of Political Economy*, Macmillan and Company. 296p.

Keynes, J. M. (1930). *A Treatise on Money*, Martino Fine Books. 816p.

Lagasnerie, Geoffroy. *Penser dans un monde mauvais*, Paris, PUF, 2017, p. 38

Latouche, Serge. *Le Pari de la décroissance*, Paris, Fayard, 2006.

Liegey, V. M., Stéphanie; Ondet, Christophe; Veillot, Anne-Isabelle. (2014). *Un projet de décroissance : Manifeste pour une Dotation Inconditionnelle d'Autonomie (DIA)*. France: Éditions Utopia. 148 p.

Menger, C. (1871). *Principles of Economics*: Braumüller. 285 p.

Onofrio, R. (2009). *Les enjeux anthropologiques de la décroissance*. In É. d. Croquant (Ed.), *La décroissance économique. Pour la soutenabilité écologique et l'équité sociale*. 239 p.

Ostrom, Elinor (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 280 p.

Owen, D. (2011). *The Conundrum : How scientific innovation, increased efficiency and good intentions can make our energy and climate problems worse*. New York: Penguin Group. 261 p.

Princen, T. (2005). *The logic of sufficiency*. Boston: Massachusetts Intitute of Technology. 401 p.

Sahlins, M. (1972). *Stone Age Economics*: Aldine-Atherton. 348 p.

Vogel, J. (1995). Le municipalisme libertaire : une nouvelle politique communale? In P. Marcolini (Ed.), *Pouvoir de détruire, pouvoir de créer : Vers une écologie sociale et libertaire: L'Échappée*.

Walras, L. W., Marie Esprit. (1954). *Elements of Pure Economics: Or, The Theory of Social Wealth*: Allen and Unwin. 620 p.

Articles à visée scientifique

Abraham, Yves-Marie. "Réaliser La Décroissance." *Les cahiers de lecture de l'Action nationale* 8, no. 3 (2014).

Akbulut, Bengi, and Fikret Adaman. "The Ecological Economics of Economic Democracy." *Ecological Economics* 176 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106750>.

Alcott, Blake. "Impact Caps: Why Population, Affluence and Technology Strategies Should be Abandoned." *Journal of Cleaner Production* 18, no. 6 (2010): 552-60.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.08.001>.

Alcott, Blake. "Jevons' Paradox." *Ecological Economics* 54, no. 1 (2005): 9-21.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.03.020>.

Alcott, Blake. "Population Matters in Ecological Economics." *Ecological Economics* 80 (2012): 109-20. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.06.001>.

Alcott, Blake. "Should Degrowth Embrace the Job Guarantee?". *Journal of Cleaner Production* 38 (2013): 56-60. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.06.007>.

Alcott, Blake. "The Sufficiency Strategy: Would Rich-World Frugality Lower Environmental Impact?". *Ecological Economics* 64, no. 4 (2008): 770-86.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.04.015>.

Alexander, Samuel (2012). *Living Better on Less? Toward an Economics of Sufficiency*. Melbourne, Simplicity Institute.

Alexander, Samuel (2014). "A Critique of Techno-Optimism : Efficiency without Sufficiency is Lost." *Post Carbon Pathways*.

Alexander, Samuel (2015). *Sufficiency Economy : Enough, For everyone, Forever*. Melbourne, Simplicity Institute - University of Melbourne.

Alfredsson, E. C. "'Green' Consumption—No Solution for Climate Change." *Energy* 29, no. 4 (2004): 513-24. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2003.10.013>.

Allievi, Francesca, Markus Vinnari, and Jyrki Luukkanen. "Meat Consumption and Production – Analysis of Efficiency, Sufficiency and Consistency of Global Trends." *Journal of Cleaner Production* 92 (2015): 142-51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.075>.

Anson, Sam, and Karen Turner. "Rebound and Disinvestment Effects in Refined Oil Consumption and Supply Resulting from an Increase in Energy Efficiency in the Scottish Commercial Transport Sector." *Energy Policy* 37, no. 9 (2009): 3608-20.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.04.035>.

Arcand, B. (1988). « Il n'y a jamais eu de société de chasseurs-cueilleurs », *Anthropologie et Sociétés*, vol. 12 no 1, p. 58.

Ayres, Robert U. "Towards a Disequilibrium Theory of Endogenous Economic Growth." *Environmental and Resource Economics* 11 (1998).

Ayres, Robert U., and Benjamin Warr. "Accounting for Growth: The Role of Physical Work." *Structural Change and Economic Dynamics* 16, no. 2 (2005): 181-209. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2003.10.003>.

Barbier, Edward B., Mikołaj Czajkowski, and Nick Hanley. "Is the Income Elasticity of the Willingness to Pay for Pollution Control Constant?". *Environmental and Resource Economics* 68, no. 3 (2016): 663-82. <https://doi.org/10.1007/s10640-016-0040-4>.

Barker, Terry, Athanasios Dagoumas, and Jonathan Rubin. "The Macroeconomic Rebound Effect and the World Economy." *Energy Efficiency* 2, no. 4 (2009): 411-27. <https://doi.org/10.1007/s12053-009-9053-y>.

Barker, Terry, Paul Ekins, and Tim Foxon. "Macroeconomic Effects of Efficiency Policies for Energy-Intensive Industries: The Case of the Uk Climate Change Agreements, 2000–2010." *Energy Economics* 29, no. 4 (2007): 760-78. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.12.008>.

Barker, Terry, Paul Ekins, and Tim Foxon. "The Macro-Economic Rebound Effect and the Uk Economy." *Energy Policy* 35, no. 10 (2007): 4935-46. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.04.009>.

Bellio, M. G., R. T. Kingsford, and S. W. Kotagama. "Natural Versus Artificial- Wetlands and Their Waterbirds in Sri Lanka." *Biological Conservation* 142, no. 12 (2009): 3076-85. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.08.007>.

Bentzen, Jan. "Estimating the Rebound Effect in Us Manufacturing Energy Consumption." *Energy Economics* 26, no. 1 (2004): 123-34. [https://doi.org/10.1016/s0140-9883\(03\)00047-1](https://doi.org/10.1016/s0140-9883(03)00047-1).

Berkhout, Peter H.G; Muskens, Jos C; Velthuisen Jan W. "Defining the Rebound Effect." *Energy Policy* 28 (2000).

Berr, Eric. "Keynes and Sustainable Development." *International Journal of Political Economy* 38, no. 3 (2014): 22-38. <https://doi.org/10.2753/ijp0891-1916380302>.

Binswanger, Mathias. "Technological Progress and Sustainable Development: What About the Rebound Effect?". *Ecological Economics* 36 (2001).

Bourrelle, Julien S. "Zero Energy Buildings and the Rebound Effect: A Solution to the Paradox of Energy Efficiency?". *Energy and Buildings* 84 (2014): 633-40. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.09.012>.

Brand, Ulrich, Barbara Muraca, Éric Pineault, Marlyne Sahakian, Anke Schaffartzik, Andreas Novy, Christoph Streissler, et al. "From Planetary to Societal Boundaries: An Argument for Collectively Defined Self-Limitation." *Sustainability: Science, Practice and Policy* 17, no. 1 (2021): 265-92. <https://doi.org/10.1080/15487733.2021.1940754>.

Broberg, Thomas, Charlotte Berg, and Eva Samakovlis. "The Economy-Wide Rebound Effect from Improved Energy Efficiency in Swedish Industries—a General Equilibrium Analysis." *Energy Policy* 83 (2015): 26-37. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.03.026>.

Brouwer, R., L. Brander, and P. Van Beukering. "'A Convenient Truth': Air Travel Passengers' Willingness to Pay to Offset Their Co2 Emissions." *Climatic Change* 90, no. 3 (2008): 299-313. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9414-0>.

Daoud, Adel. "Unifying Studies of Scarcity, Abundance, and Sufficiency." *Ecological Economics* 147 (2018): 208-17. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.01.019>.

Darby, Sarah (2007). *Enough is as good as a feast - Sufficiency as policy*. European council for an energy efficient economy, Oxford University Centre for the Environment.

Du, Qiang, Yi Li, and Libiao Bai. "The Energy Rebound Effect for the Construction Industry: Empirical Evidence from China." *Sustainability* 9, no. 5 (2017).
<https://doi.org/10.3390/su9050803>.

Dunlop, Tessa. "Mind the Gap: A Social Sciences Review of Energy Efficiency." *Energy Research & Social Science* 56 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.05.026>.

Easterlin, Richard A. "Does Economic Growth Improve the Human Lot? Some Empirical Evidence." *Nations and Households in Economic Growth* (1974): 89-125.

Ehrhardt-Martinez, Karen; Laitner, John A. "Rebound, Technology and People: Mitigating the Rebound Effect with Energy-Resource Management and People-Centered Initiatives." ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, 2010.

Figge, Frank, William Young, and Ralf Barkemeyer. "Sufficiency or Efficiency to Achieve Lower Resource Consumption and Emissions? The Role of the Rebound Effect." *Journal of Cleaner Production* 69 (2014): 216-24. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.031>.

Folster, S., and J. Nystrom. "Climate Policy to Defeat the Green Paradox." *Ambio* 39, no. 3 (May 2010): 223-35. <https://doi.org/10.1007/s13280-010-0030-7>.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20701179>.

Font Vivanco, David, René Kemp, and Ester van der Voet. "The Relativity of Eco-Innovation: Environmental Rebound Effects from Past Transport Innovations in Europe." *Journal of Cleaner Production* 101 (2015): 71-85. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.019>.

Font Vivanco, David, René Kemp, and Ester van der Voet. "How to Deal with the Rebound Effect? A Policy-Oriented Approach." *Energy Policy* 94 (2016): 114-25.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.054>.

Font Vivanco, David, Serenella Sala, and Will McDowall. "Roadmap to Rebound: How to Address Rebound Effects from Resource Efficiency Policy." *Sustainability* 10, no. 6 (2018). <https://doi.org/10.3390/su10062009>.

Freire-González, Jaume. "Evidence of Direct and Indirect Rebound Effect in Households in Eu-27 Countries." *Energy Policy* 102 (2017): 270-76. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.002>.

Freire-González, Jaume, and David Font Vivanco. "The Influence of Energy Efficiency on Other Natural Resources Use: An Input-Output Perspective." *Journal of Cleaner Production* 162 (2017): 336-45. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.050>.

Galvin, Ray. "How Does Speed Affect the Rebound Effect in Car Travel? Conceptual Issues Explored in Case Study of 900 Formula 1 Grand Prix Speed Trials." *Energy* 128 (2017): 28-38. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.168>.

Galvin, Ray, and Andreas Gubernat. "The Rebound Effect and Schatzki's Social Theory: Reassessing the Socio-Materiality of Energy Consumption Via a German Case Study." *Energy Research & Social Science* 22 (2016): 183-93. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.08.024>.

Gillingham, Kenneth, David Rapson, and Gernot Wagner. "The Rebound Effect and Energy Efficiency Policy." *Review of Environmental Economics and Policy* 10, no. 1 (2016): 68-88. <https://doi.org/10.1093/reep/rev017>.

Gorz, André. "L'écologie Politique Entre Expertocratie Et Autolimitation." *Actuel Marx* n°12, no. 2 (1992). <https://doi.org/10.3917/amx.012.0015>.

Gossart, C. (2014). *Rebound Effects and ICT: A Review of the Literature*. In A. Hilty (Ed.), *ICT Innovations for Sustainability*: Springer International Publishing.

Greening, Lorna A; Green, David L; Difiglio, Carmen. "Energy Efficiency and Consumption - the Rebound Effect : A Survey." *Energy Policy* 28 (2000).

Guerra Santin, O. "Occupant Behaviour in Energy Efficient Dwellings: Evidence of a Rebound Effect." *Journal of Housing and the Built Environment* 28, no. 2 (2012): 311-27.

<https://doi.org/10.1007/s10901-012-9297-2>.

Hagman, Olle. "Driving Pleasure: A Key Concept in Swedish Car Culture." *Mobilities* 5, no. 1 (2010): 25-39. <https://doi.org/10.1080/17450100903435037>.

Heindl, Peter, and Philipp Kanschik. "Ecological Sufficiency, Individual Liberties, and Distributive Justice: Implications for Policy Making." *Ecological Economics* 126 (2016): 42-50.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.03.019>.

Herring, Horace. "Energy Efficiency—a Critical View." *Energy* 31, no. 1 (2006): 10-20.

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2004.04.055>.

Herring, Horace, and Robin Roy. "Technological Innovation, Energy Efficient Design and the Rebound Effect." *Technovation* 27, no. 4 (2007): 194-203.

<https://doi.org/10.1016/j.technovation.2006.11.004>.

Hertwich, Edgar G. "Consumption and the Rebound Effect an Industrial Ecology Perspective." *Journal of Industrial Ecology* 9 (2005).

Hickel, Jason, and Giorgos Kallis. « Is Green Growth Possible ? », *New Political Economy*, 2020, 25:4, p. 469-486

Hilty, L. M., A. Köhler, F. Von Schéele, R. Zah, and T. Ruddy. "Rebound Effects of Progress in Information Technology." *Poiesis & Praxis* 4, no. 1 (2006): 19-38.

<https://doi.org/10.1007/s10202-005-0011-2>.

Hong, Li, Dong Liang, and Wang Di. "Economic and Environmental Gains of China's Fossil Energy Subsidies Reform: A Rebound Effect Case Study with Eimo Model." *Energy Policy* 54 (2013): 335-42. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.11.045>.

Hymel, Kent M., Kenneth A. Small, and Kurt Van Dender. "Induced Demand and Rebound Effects in Road Transport." *Transportation Research Part B: Methodological* 44, no. 10 (2010): 1220-41. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2010.02.007>.

Jenkins, Jesse; Nordhaus, Ted; Shellenberger, Michael. *Energy Emergence : Rebound & Backfire as Emergent Phenomena*. Breakthrough Institution (Breakthrough Institution, 2011).

Kahneman, Daniel; Deaton Angus. "High Income Improves Evaluation of Life but Not Emotional Well-Being." *Proceedings National Academy of Sciences of the United States of America* 107, no. 38 (2010).

Kaufmann, Cutler J. Cleveland; Robert Costanza; Charles A. S. Hall; Robert. "Energy and the U.S. Economy: A Biophysical Perspective." *Science* 225, no. 4665 (1984).

Kaufmann, Robert K. . "A Biophysical Analysis of the Energy/Real Gdp Ratio: Implications for Substitution and Technical Change." *Ecological Economics* 6 (1992).

Kaufmann, Robert K. "The Mechanisms for Autonomous Energy Efficiency Increases: A Cointegration Analysis of the Us Energy/Gdp Ratio." *The Energy Journal* 25 (2004). <https://doi.org/10.2307/41323021>.

Kaufmann, Robert K. "The Relation between Marginal Product and Price in the Us Energy Markets : Implications for Climate Change Policy." *Energy Economics* 16 (1994).

Khanna, Nina Zheng, Jin Guo, and Xinye Zheng. "Effects of Demand Side Management on Chinese Household Electricity Consumption: Empirical Findings from Chinese Household Survey." *Energy Policy* 95 (2016): 113-25. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.04.049>.

Khazzoom, Daniel J. "Economic Implications of Mandated Efficiency in Standards for Household Appliances." *The Energy Journal* 1 (1980).

Klößner, C. A; Nayum, A; Mehmetoglu, M. "Positive and Negative Spillover Effects from Electric Car Purchase to Car Use." *Transport and Environment* 21 (2013).

Kotchen, Matthew J., Kevin J. Boyle, and Anthony A. Leiserowitz. "Willingness-to-Pay and Policy-Instrument Choice for Climate-Change Policy in the United States." *Energy Policy* 55 (2013): 617-25. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.058>.

Kümmel, Reiner, and Dietmar Lindenberger. "How Energy Conversion Drives Economic Growth Far from the Equilibrium of Neoclassical Economics." *New Journal of Physics* 16, no. 12 (2014). <https://doi.org/10.1088/1367-2630/16/12/125008>.

Lange, Steffen. Maximilian Banning, Anne Berner, Florian Kern, Christian Lutz, Jan Peuckert, Tilman Santarius, Alexander Silbersdorff (2019): Economy-Wide Rebound Effects: State of the art, a new taxonomy, policy and research gaps, Arbeitsbericht 1 des Forschungsprojekts ReCap

Lecca, Patrizio, Peter G. McGregor, J. Kim Swales, and Karen Turner. "The Added Value from a General Equilibrium Analysis of Increased Efficiency in Household Energy Use." *Ecological Economics* 100 (2014): 51-62. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.01.008>.

Lekve Bjelle, Eivind, Kjartan Steen-Olsen, and Richard Wood. "Climate Change Mitigation Potential of Norwegian Households and the Rebound Effect." *Journal of Cleaner Production* 172 (2018): 208-17. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.089>.

Levy, Sharon. "The Ecology of Artificial Wetlands." *BioScience* 65, no. 4 (2015): 346-52. <https://doi.org/10.1093/biosci/biv022>.

Lin, Boqiang, and Xia Liu. "Reform of Refined Oil Product Pricing Mechanism and Energy Rebound Effect for Passenger Transportation in China." *Energy Policy* 57 (2013): 329-37. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.02.002>.

Lindén, Anna-Lisa, Annika Carlsson-Kanyama, and Björn Eriksson. "Efficient and Inefficient Aspects of Residential Energy Behaviour: What Are the Policy Instruments for Change?". *Energy Policy* 34, no. 14 (2006): 1918-27. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.01.015>.

Lizot Jacques, « Économie primitive et subsistance. Essai sur le travail et l'alimentation chez les Yanomami », *Revue LIBRE*, n° 4, 1978, p 69-113

Lorek, Sylvia, and Joachim H. Spangenberg. "Energy Sufficiency through Social Innovation in Housing." *Energy Policy* 126 (2019): 287-94. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.11.026>.

Lovins, Amory B; Lovins, Hunter L. "Climate : Making Sense and Making Money." Snowmass, Colorado, Rocky Mountain Institute, 1997.

Ma, Zhijun; Bo Li; Bin Zhao; Kai Jing; Shimin Tang; Jiakuan Chen. "Are Artificial Wetlands Good Alternatives to Natural Wetlands for Waterbirds? – a Case Study on Chongming Island, China." *Biodiversity & Conservation* 13 (2004).

Makov, Tamar, and David Font Vivanco. "Does the Circular Economy Grow the Pie? The Case of Rebound Effects from Smartphone Reuse." *Frontiers in Energy Research* 6 (2018). <https://doi.org/10.3389/fenrg.2018.00039>.

Mathews, Alexander P. "Renewable Energy Technologies: Panacea for World Energy Security and Climate Change?". *Procedia Computer Science* 32 (2014): 731-37. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.05.483>.

Mayrand, Hélène. "D  construire Et Repenser Les Fondements Du Droit International De L'environnement." *Revue québécoise de droit international* (2018).
<https://doi.org/10.7202/1067013ar>.

Mitra-Kahn, Benjamin H. *Debunking the Myths of Computable General Equilibrium Models*. Schwartz Center for Economic Policy Analysis (The New School for Social Research, 2008).

Moreno-Mateos, D., M. E. Power, F. A. Comin, and R. Yockteng. "Structural and Functional Loss in Restored Wetland Ecosystems." *PLoS Biol* 10, no. 1 (Jan 2012): e1001247.
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001247>. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22291572>.

Moser, Corinne, Andreas R  sch, and Michael Stauffacher. "Exploring Societal Preferences for Energy Sufficiency Measures in Switzerland." *Frontiers in Energy Research* 3 (2015).
<https://doi.org/10.3389/fenrg.2015.00040>.

Muller, Adrian. (2009). *Sufficiency - does energy consumption become a moral issue?* Conference Series Earth and Environmental Science, University of Zurich.

Myers, D. 2000b. 'The Funds, Friends, and Faith of Happy People' 55(1) *American Psychologist* 56 p.

Nomura, Noboru, and Makoto Akai. "Willingness to Pay for Green Electricity in Japan as Estimated through Contingent Valuation Method." *Applied Energy* 78, no. 4 (2004): 453-63.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2003.10.001>.

Nordhaus, W. D. "Revisiting the Social Cost of Carbon." *Proc Natl Acad Sci U S A* 114, no. 7 (Feb 14 2017): 1518-23. <https://doi.org/10.1073/pnas.1609244114>.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28143934>.

O'Neill, Daniel W., Andrew L. Fanning, William F. Lamb, and Julia K. Steinberger. "A Good Life for All within Planetary Boundaries." *Nature Sustainability* 1, no. 2 (2018): 88-95. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4>.

Osikominu, Jessica; Bocken, Nancy. "A Voluntary Simplicity Lifestyle: Values, Adoption, Practices and Effects." *Sustainability* 12, no. 5 (2020).

Ouyang, Jinlong, Enshen Long, and Kazunori Hokao. "Rebound Effect in Chinese Household Energy Efficiency and Solution for Mitigating It." *Energy* 35, no. 12 (2010): 5269-76. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.07.038>.

Parrique, Thimothée. *The political economy of degrowth*. Economics and Finance. Université Clermont Auvergne [2017-2020]; Stockholms universitet, 2019.

Parrique, Thimothée et al., *Decoupling Debunked : Evidence and Arguments Against Green Growth as a Sole Strategy for Sustainability*, European Environment Bureau, July 2019, 78 p.

Pindyck, Robert S. "The Social Cost of Carbon Revisited." *Journal of Environmental Economics and Management* 94 (2019): 140-60. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.02.003>.

Pocock, Douglas H. Boyes; Darren M. Evans; Richard Fox; Mark S. Parsons; Michael J. O. "Street Lighting Has Detrimental Impacts on Local Insect Population." *Science Advances* (2021).

Pollitt, Hector; Lewney, Richard; Mercure, Jean-Francois. *Conceptual Differences between Macro-Econometric and Cge Models*. Cambridge Econometrics (University of Cambridge, 2019).

Ruzzenenti, F., and R. Basosi. "The Rebound Effect: An Evolutionary Perspective." *Ecological Economics* 67, no. 4 (2008): 526-37. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.08.001>.

Safarzyńska, Karolina. "Modeling the Rebound Effect in Two Manufacturing Industries." *Technological Forecasting and Social Change* 79, no. 6 (2012): 1135-54.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.01.004>.

Safarzyńska, Karolina. "Integrating Behavioural Economics into Climate-Economy Models: Some Policy Lessons." *Climate Policy* 18, no. 4 (2017): 485-98.
<https://doi.org/10.1080/14693062.2017.1313718>.

Sanne, Christer. "Dealing with Environmental Savings in a Dynamical Economy - How to Stop Chasing Your Tail in the Pursuit of Sustainability." *Energy Policy* 28 (2000).

Saunders, Harry D. "The Khazzoom-Brookes Postulate and Neoclassical Growth." *The Energy Journal* 13 (1992).

Sinn, Hans-Werner. "Public Policies against Global Warming: A Supply Side Approach." *International Tax and Public Finance* 15, no. 4 (2008): 360-94. <https://doi.org/10.1007/s10797-008-9082-z>.

Sorrell, Steve. "Jevons' Paradox Revisited: The Evidence for Backfire from Improved Energy Efficiency." *Energy Policy* 37, no. 4 (2009): 1456-69.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.12.003>.

Sorrell, Steve; Chitnis, Mona. *Living up to Expectations : Estimating Direct and Indirect Rebound Effects for Uk Households*. The Sustainable Lifestyles Research Group (University of Surrey, 2015).

Sorrell, Steve; Gatersleben, Brigitta; Druckman, Angela. *Energy Sufficiency and Rebound Effects*. University of Surrey (European Council for an Energy Efficient Economy, 2018).

Spangenberg, Joachim H., and Sylvia Lorek. "Sufficiency and Consumer Behaviour: From Theory to Policy." *Energy Policy* 129 (2019): 1070-79.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.03.013>.

Stefan, Thomas; Brischke Thomas, Lars-Arvid; Thema, Johannes; Kopatz, Micheal (2015). "Energy sufficiency policy : an evaluation of energy efficiency policy or radically new approaches?" *Foundations of Future Energy Policy*.

Steffen Lange, Maximilian Banning, Anne Berner, Florian Kern, Christian Lutz, Jan Peuckert, Tilman Santarius, Alexander Silbersdorff. *Economy-Wide Rebound Effects: State of the Art, a New Taxonomy, Policy and Research Gaps*. Institute for Ecological Economy Research (University of Göttingen, 2019).

Stern, Cutler J. Cleveland; Robert K. Kaufmann; David I. "Aggregation and the Role of Energy in the Economy." *Ecological Economics* 32 (2000).

Stern, David I. "Energy and Economic Growth in the USA : A Multivariate Approach." *Energy Economics* (1993).

Stern, David I. "A Multivariate Cointegration Analysis of the Role of Energy in the Us Macroeconomy." *Energy Economics* 22 (2000).

Su, Hsin-Ning, and Igam M. Moaniba. "Does Innovation Respond to Climate Change? Empirical Evidence from Patents and Greenhouse Gas Emissions." *Technological Forecasting and Social Change* 122 (2017): 49-62. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.04.017>.

Su, Qing. "A Quantile Regression Analysis of the Rebound Effect: Evidence from the 2009 National Household Transportation Survey in the United States." *Energy Policy* 45 (2012): 368-77. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.045>.

Thévard, Benoît. "La Diminution De L'énergie Nette, Frontière Ultime De L'anthropocène." Momentum Institut, 2013.

Tremblay, Yves. "La Consommation Bridée." *Revue d'histoire de l'Amérique française* 58, no. 4 (2006): 569-607. <https://doi.org/10.7202/012213ar>.

Trainer, Ted and Samuel Alexander (2019). *The simpler way: envisioning a sustainable society in an age of limits*. Melbourne, Simplicity Institute.

Trouvé, Hélène; Couturier, Yves; Etheridge, Francis; Saint-Jean, Olivier; Somme, Dominique. "The Path Dependency Theory: Analytical Framework to Study Institutional Integration. The Case of France." *International Journal of Integrated Care* 10 (2010).

Turner, Karen. "Negative Rebound and Disinvestment Effects in Response to an Improvement in Energy Efficiency in the Uk Economy." *Energy Economics* 31, no. 5 (2009): 648-66. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.01.008>.

Van den Bergh, Jeroen C. J. M. "Energy Conservation More Effective with Rebound Policy." *Environmental and Resource Economics* 48, no. 1 (2010): 43-58. <https://doi.org/10.1007/s10640-010-9396-z>.

Van Meegeren, Puk. (2010) *Blue Bags or Refuse Tourism: Social Acceptance of Closed Policymaking*, *Society & Natural Resources*, 14:1, 77-86

Wang, Zhaohua, and Milin Lu. "An Empirical Study of Direct Rebound Effect for Road Freight Transport in China." *Applied Energy* 133 (2014): 274-81. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.07.090>.

Waygood, E. Owen D., Yilin Sun, and Jan-Dirk Schmöcker. "Transport Sufficiency: Introduction & Case Study." *Travel Behaviour and Society* 15 (2019): 54-62. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2018.12.002>.

Whitmore, Johanne et Pierre-Olivier Pineau (2020). L'écofiscalité au Québec : Quelles options pour accélérer la transition énergétique et la décarbonisation de l'économie? HEC Montréal.

Zhang, Jiangshan, and C. Y. Cynthia Lin Lawell. "The Macroeconomic Rebound Effect in China." *Energy Economics* 67 (2017): 202-12. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.08.020>.

Zhang, Yue-Jun, and Ya-Bin Da. "The Decomposition of Energy-Related Carbon Emission and Its Decoupling with Economic Growth in China." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41 (2015): 1255-66. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.021>.

Zhang, Yue-Jun, Zhao Liu, Chang-Xiong Qin, and Tai-De Tan. "The Direct and Indirect Co2 Rebound Effect for Private Cars in China." *Energy Policy* 100 (2017): 149-61. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.10.010>.

Revue de Presse

Bergeron, Ulysse. "Émission De Ges: L'exemption Donnée À Trois Géants De La Chimie Contestée " *Le Devoir* (Montréal), 2021.

Boisvert, Nick. "Doug Ford Government Broke the Law When It Scrapped Cap-and-Trade, Court Rules." *CBC News* (Toronto), 2019.

Bussièrès-McNicoll, Fannie "Des Maisons Intergénérationnelles Pour Briser L'isolement Des Aînés." *Radio-Canada* (Montréal), 2020.

Champagne, Éric-Pierre. "Québec Très Loin De Son Objectif " *La Presse* (Montréal), 2021.

Monbiot, George. "'Green Growth' Doesn't Exist – Less of Everything Is the Only Way to Avert Catastrophe." *The Guardian* (London), 2021.

Radio-Canada. "Ottawa Assouplit La Portée De La Taxe Sur Le Carbone." Radio-Canada, 2018.

Références gouvernementales

Agence Internationale de l'Énergie. Energy Efficiency Potential in Canada to 2050: OCDE, 2018.

Environment and Climate Change Canada. Estimated Results of the Federal Carbon Pollution Pricing System. Ottawa, 2018.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Analyse d'impact réglementaire du Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques. 2018, 68 p.

Maxwell, D; Owen, P; McAndrew, L; Muehmel, K; Neubauer, A. Addressing the Rebound Effect: European Commission DG Environment, 2011.

Institut National de Santé Publique du Québec. Lutter Contre L'isolement Social Et La Solitude Des Personnes Aînées En Contexte De Pandémie: Gouvernement du Québec, 2020.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp

S. Díaz & als : Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental. Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services., IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pages.

Sorrell, Steve. The Rebound Effect: An Assessment of the Evidence for Economy-Wide Energy Savings from Improved Energy Efficiency: UK Energy Research Centre's Technology and Policy, 2007.

Autres références

Barrau, Aurélien. "Face à la catastrophe écologique, ne pas être radical a-t-il encore un sens ?"
Paper presented at the Coriolis pour l'environnement, En ligne, 2021.

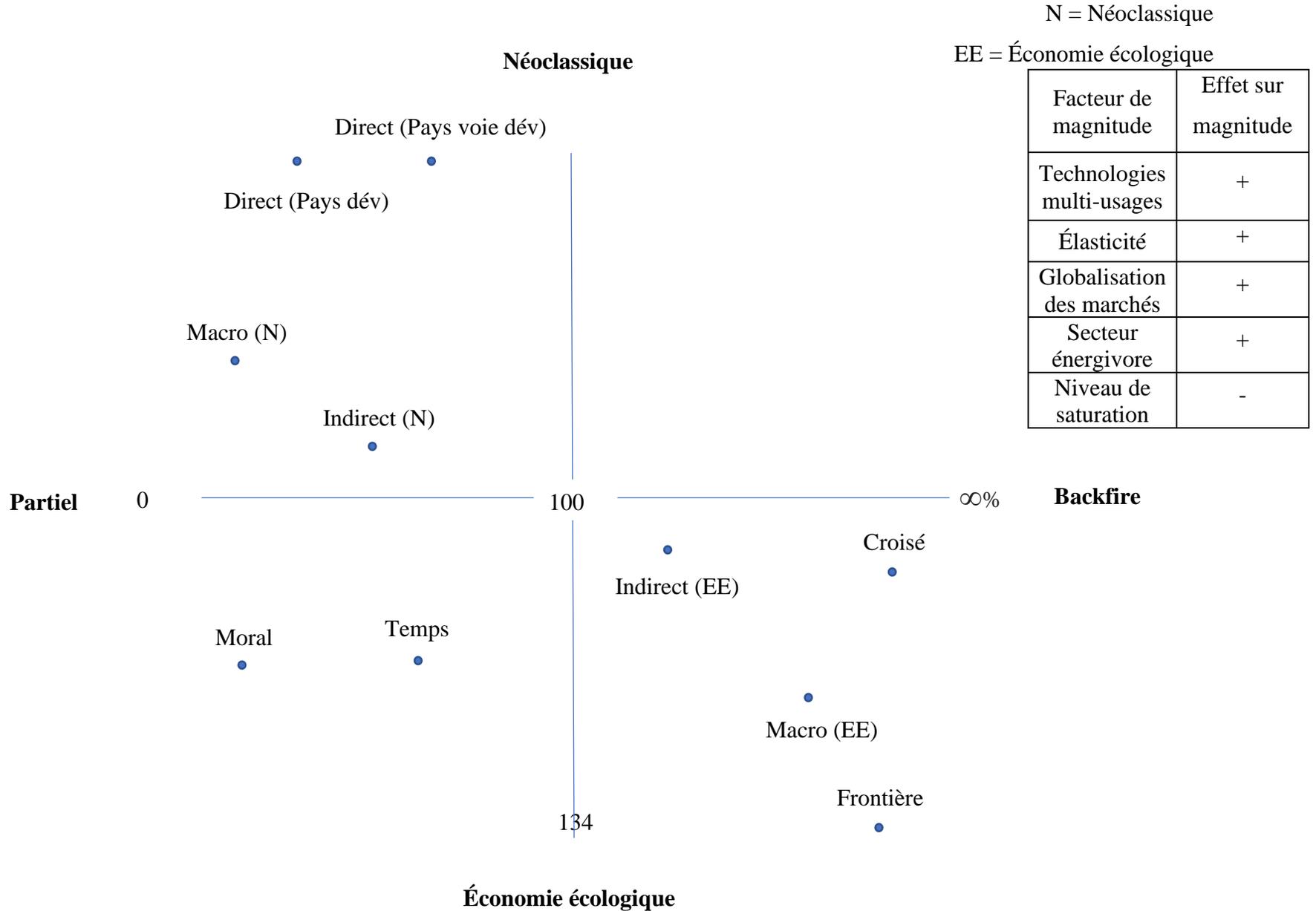
Klees, Steven. "Neoclassical Economics Is Dead. What Comes Next?" *Economics : The Next Evolution of Economics*, 2020,
https://economics.com/klees-neoclassical-economics-failed-what-comes-next/?fbclid=IwAR0K5luzFSqM_Tqd_WJi4wXQQ3d1IxtNsB2vEpZzCNUHhv34jhy701YYLwg

"Liste Des Habitats Groupés Et Solidaires.", 2022, <https://www.habitat-groupe.be/>

"Invest (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs)." Stanford University, 2022,
<https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>

Annexes

Cartographie des types de rebonds en fonction de la perspective et de leur potentiel de magnitude



Cartographie des dynamiques associées aux différents rebonds expliquant la hausse de consommation

