

# LA TRADUCTION AUTOMATIQUE NEURONALE : TECHNOLOGIE RÉVOLUTIONNAIRE OU POUDRE DE PERLIMPINPIN ?

## COMPTE-RENDU D'UNE EXPÉRIENCE PÉDAGOGIQUE

**Perrine SCHUMACHER**

*Université de Liège, Belgique*

### **Résumé**

Dans cet article, nous proposons le compte-rendu d'une expérience pédagogique menée dans le cadre d'un cours de traduction spécialisée anglais-français suivi par des étudiants du master en traduction de l'ULiège (Belgique). Nous présentons les résultats de l'analyse qualitative d'un corpus composé de cinq textes sources en anglais, de leur traduction automatique (TA) et de leur post-édition (PE) en français. L'outil de TA que nous avons étudié est DeepL. L'objectif principal de notre expérience était que les étudiants mettent en lumière non seulement les avantages, mais aussi les limites, toujours existantes, de la TA, et ce, en dépit des nombreux progrès réalisés dans le domaine. Enfin, nous souhaitons contribuer à une réflexion plus large portant sur les défis majeurs que pose aujourd'hui la TA neuronale aux (futurs) traducteurs.

**Mots-clés :** traduction automatique neuronale, post-édition, expérience pédagogique, DeepL

### **Abstract**

This paper reports on a classroom experiment carried out with Master's students enrolled in a specialised translation course (English-French) at the University of Liège (Belgium). We present the results from the qualitative analysis of a corpus of five source texts in English, their machine translations and their post-edited versions in French. We decided to use DeepL as MT engine. The main objective of our experiment is first and foremost to provide students with the opportunity to gain perspective on the MT advantages and disadvantages, which still exist in spite of many advances made in the field. Finally, this paper also seeks to contribute to a broader discussion on the major MT challenges faced today by (future) translators.

**Keywords:** neural machine translation, post-editing, classroom experiment, DeepL

## 1. INTRODUCTION

Tandis que l'intelligence artificielle est aujourd'hui au centre des attentions, l'une de ses applications, la traduction automatique (TA) neuronale, est en train de bouleverser le marché des services langagiers et en particulier le secteur de la traduction. Dès 2017, Google Translate traduisait plus de mots en un jour que tous les traducteurs humains réunis ne le font en un an (Massardo & van der Meer, 2017) et la nouvelle génération de TA est considérée par beaucoup comme une technologie révolutionnaire, capable de concurrencer la traduction humaine (Shoshan, 2018). Le paysage traductionnel ne cesse de se transformer : de nouvelles pratiques, de nouvelles tâches émergent dont la post-édition (PE) de TA. Plus que jamais, le traducteur professionnel doit acquérir de nouvelles compétences afin de « s'adapter aux mutations de la profession et à la révolution technologique qui se déroule sous [ses] yeux » (Fontenelle, 2019).

Les progrès impressionnants de la TA neuronale et la rapide expansion de la PE conduisent non seulement les professionnels à devoir s'adapter (Way, 2018), mais aussi les formateurs et les universités à devoir repenser les formations aux métiers de la traduction (Loock, 2019). Cette mutation apporte, bien entendu, son lot d'interrogations. Peut-on parler de révolution de la profession ? Peut-on être un post-éditeur compétent sans être un traducteur compétent ? Faut-il envisager de former les étudiants en traduction à la PE ? Quels sont les défis posés par la TA neuronale aux étudiants ? Dans cette recherche, nous nous concentrons sur ces deux dernières questions. Pour tenter d'y répondre, nous avons décidé de mener une expérience pédagogique avec des étudiants de master en traduction à finalité spécialisée de l'Université de Liège pour les initier à la PE, mais aussi pour explorer les avantages et les limites de la TA neuronale. En effet, selon Massey et Ehrensberger-Dow (2017, cités par Loock, 2018), il est important de proposer aux étudiants une phase de métacognition en les incitant à « prendre de la distance par rapport aux outils utilisés afin de maîtriser la technologie et non de la subir ». Ainsi, l'objectif principal de cette expérience était d'éveiller l'esprit critique des étudiants par rapport à la TA neuronale, de les amener à prendre conscience par eux-mêmes des avantages, mais aussi des limites toujours existantes de cette technologie, et de prendre ainsi du recul par rapport aux avis dithyrambiques sur le sujet que l'on peut retrouver aujourd'hui dans la presse et dans le discours marketing.

Pour ce faire, nous avons travaillé sur un corpus constitué, d'une part, de textes source traduits automatiquement de l'anglais au français par l'outil de TA neuronale DeepL<sup>1</sup> et, d'autre part, de leur post-édition.

---

<sup>1</sup> DeepL GmbH : *DeepL Translator*. Cologne : DeepL GmbH. Consulté le 22 janvier 2020, <<https://www.deepl.com/>>.

Dans cet article, nous présentons l'analyse qualitative de ce corpus en rendant compte des avantages et des inconvénients du recours à ce mode de traduction, tels qu'ils ont été perçus par les étudiants.

L'article est structuré de la manière suivante : nous détaillons tout d'abord notre corpus de travail ainsi que le déroulement de l'expérience ; ensuite, nous parcourons les résultats issus de l'analyse qualitative du corpus ; enfin, nous proposons de tirer les implications de cette expérience et de nos résultats en tentant de dégager les défis majeurs que pose la TA neuronale aux (futurs) traducteurs, du moins en l'état actuel de la technologie.

## 2. CORPUS DE TRAVAIL

Le corpus de travail est composé de cinq textes sources anglais de longueur variable (237 à 547 mots), de leur TA et de leur PE. Étant donné que nous explorons la PE dans un contexte pédagogique, nous avons voulu rester proches de l'environnement des cours de traduction dispensés à l'ULiège. Ainsi, les textes sources sélectionnés pourraient tout à fait être traduits ou donnés en préparation dans le cadre de cours de traduction conventionnelle. Nous avons choisi différents types textuels afin de pouvoir dégager de potentielles variations de performances de la TA.

Le premier texte est tiré d'une colonne éditoriale publiée dans le journal *The Philippine Star* et porte sur le déficit commercial et sur la balance des paiements aux Philippines. Les quatre autres textes gravitent autour du thème central des « économies alternatives ». Le deuxième texte traite d'économie collaborative et est issu d'un document de réflexion (*think brief*) établi par Altimeter Group. Pour le troisième texte source, il s'agit d'un extrait du discours prononcé par Donald Trump le 11 juin 2019 à Council Bluffs (Iowa) intitulé « Remarks by President Trump on Renewable Energy » (litt. : remarques du Président Trump sur les énergies renouvelables). Le quatrième texte est un rapport sur le financement participatif (*crowdfunding*) rédigé par l'OCHA (Bureau de la coordination des affaires humanitaires des Nations Unies). Enfin, le cinquième et dernier texte source est un article écrit par Jonathan Wichmann et publié sur le site du Forum économique mondial (FEM). Cet article traite du concept d'« économie régénératrice ».

Nos objectifs étant de procéder à l'analyse critique des TA brutes et à l'élaboration d'une PE commune en contexte pédagogique, nous avons eu recours à un système de TA neuronale grand public : DeepL. DeepL est un moteur de TA lancé publiquement à la fin août 2017 par la société Linguee GmbH (aujourd'hui DeepL GmbH) dont le siège social est situé à Cologne (Allemagne). Il s'agit d'un service de TA neuronale qui supporte 9 langues (français, anglais, allemand, espagnol, portugais, italien, néerlandais, polonais et russe) et 72 combinaisons (au 1<sup>er</sup> novembre 2019). Nous avons décidé d'utiliser ce moteur de TA, car il était considéré au moment où nous

avons mené notre étude (fin 2019) comme le traducteur automatique grand public le plus performant, devant notamment les solutions similaires de Google, Microsoft et Facebook (Smolentceva, 2018). Aux fins de cette étude, nous avons eu recours à la version disponible en ligne gratuitement et non à la version professionnelle DeepL Pro.

### **3. PARTICIPANTS ET DÉROULEMENT**

Les cinq textes sources ont donc été traduits automatiquement par DeepL entre octobre et décembre 2019 et les sorties de TA ont été post-éditées par des étudiants de première et de deuxième année du master en traduction à finalité spécialisée de l'Université de Liège dans le cadre du cours à option de traduction spécialisée de l'anglais vers le français « Questions économiques et sociales » (5 ECTS – 60h). Cette expérience s'est déroulée en six séances de cours de 2h lors du 1<sup>er</sup> quadrimestre de l'année académique 2019-2020. Durant cette année académique, ce cours était suivi par onze étudiants francophones.

Nous avons prévu une séance de 2h par texte source. Avant la séance de cours, nous fournissions aux étudiants la TA générée par DeepL et leur demandions d'en préparer une PE individuelle. Nous n'avons pas précisé de contexte de traduction (type de lectorat, fonction du texte cible, attentes du client, etc.). Chaque séance a consisté en la mise en commun des préparations, en la mise en évidence des principaux avantages et limites de la TA et en l'élaboration d'une PE commune, considérée comme collectivement satisfaisante sur le plan linguistique et sémantique. En ce qui concerne les paramètres d'évaluation de la TA, nous avons eu recours à une classification traditionnelle des problèmes de traduction en utilisant la typologie d'erreurs communément admise pour la TH au sein de notre filière (non-sens ; glissement de sens ; calques ; etc.). Cette typologie, certes non spécifique à la TA, présente l'avantage d'être connue des enseignants et des étudiants. La toute dernière séance de l'expérience nous a permis d'échanger nos réflexions sur ce mode de traduction avec celles des étudiants et de les synthétiser.

### **4. RÉSULTATS**

#### **4.1. Avantages de la TA**

Nous évoquons tout d'abord ce que les étudiants ont avancé comme avantages principaux du recours à la TA neuronale pour la traduction anglais-français. De façon générale, les étudiants se sont mis d'accord sur deux avantages : le gain de temps et la maîtrise des règles d'usage du français.

#### **4.1.1. Gain de temps**

Sans surprise, le premier avantage relevé par les étudiants est le gain de temps qui découle directement de l'usage de la TA. Il s'agit là d'un point fort de la TA qui ressort fréquemment dans la littérature scientifique (Daems, 2016 ; Daems, Vandepitte et al., 2017 ; Depraetere, De Sutter & Tezcan, 2014 ; Deneufbourg, 2018 ; Jia, Carl & Wang, 2019). Ce gain de temps peut s'expliquer notamment par le fait que le post-éditeur dispose déjà d'un texte sous forme numérique en langue cible contrairement au traducteur humain qui n'a, lui, que le texte source.

Mais la TA permet également, par moments, de faire gagner du temps au traducteur en réduisant certaines vérifications terminologiques au strict nécessaire. À cet égard, plusieurs étudiants ont déclaré que la TA leur avait permis d'utiliser des termes, souvent spécialisés, ou encore des néologismes auxquels ils n'auraient pas pensé ou qui leur étaient inconnus et qui se sont révélés corrects dans cet usage et dans ce contexte : la TA permettrait-elle d'élargir les connaissances du traducteur ?

En outre, la liste déroulante de synonymes en contexte que propose DeepL lorsque l'on clique sur un terme ou syntagme a été fort appréciée par les étudiants et semble également permettre un gain de temps.

Notons toutefois qu'en PE, ce gain de temps est à mettre en balance avec la « perte » de temps plus ou moins grande engendrée par les modifications qui doivent être apportées à la TA brute. En effet, même si la PE de TA semble à première vue faire gagner du temps par rapport à la traduction humaine, ce n'est pas toujours le cas. Il se peut qu'en raison de la piètre qualité de la sortie de la TA, le traducteur ait davantage intérêt à traduire certains passages ou même certains textes entiers « à partir de zéro », car la PE serait fastidieuse et chronophage.

#### **4.1.2. Maîtrise des règles d'usage du français**

Les étudiants ont également mis en avant la très bonne performance de la TA en matière de grammaire, de syntaxe et d'orthographe d'usage. Force est de constater que nous avons relevé très peu d'erreurs de ce type dans les TA brutes, ce qui constitue un avantage certain, particulièrement pour les étudiants montrant des faiblesses en français.

Outre ces deux avantages, nous avons incité les étudiants à nous faire part de ce qu'ils ont perçu comme limites en TA neuronale. Dans cet article, nous avons sélectionné les failles qui nous ont semblé les plus pertinentes et qui permettaient d'illustrer ce que nous considérons comme défis majeurs en TA neuronale. La liste ci-dessous ne se veut donc pas exhaustive.

## 4.2. Limites de la TA

Pour cette partie, nous avons pris soin de présenter les limites de la TA en différentes catégories ; chacune étant illustrée par un ou plusieurs exemples tirés de notre corpus. À noter que certains exemples serviront à plusieurs reprises pour illustrer différentes catégories.

### 4.2.1. Traductions littérales et calques

Dans cette expérience, l'un des défauts majeurs de la TA qui a été relevé pour tous les textes sources est cette forte tendance à traduire littéralement et à introduire des calques<sup>2</sup> fautifs en langue cible. Ces traductions littérales et calques de l'anglais ont pour effet de mener à des problèmes de terminologie et d'idiomaticité, voire à des glissements de sens ou encore à des non-sens<sup>3</sup>. Ces observations peuvent, entre autres, provenir du fait qu'un moteur de TA génère un résultat qui reste, de manière générale et à l'heure actuelle, plus proche linguistiquement du texte source qu'une traduction humaine (Depraetere, 2010).

Plusieurs études ont montré que les étudiants sont alors enclins à conserver, dans une certaine mesure, ces calques et traductions littérales dans le texte cible en raison, notamment, de ce fort effet d'interférence avec le texte source induit par le processus même de PE (Čulo et al., 2014 ; Martikainen et Kübler, 2016), ainsi que probablement en raison d'un excès de confiance de leur part à l'égard des propositions de la machine (Deneufbourg, 2019) que nous aborderons dans la suite de cet article. Nous avons veillé à ne pas tomber dans ce piège lorsque nous élaborions notre PE commune.

Dans le tableau 1, nous avons repris trois exemples de segments qui contiennent des traductions littérales ou calques fautifs en TA brute. La troisième colonne reprend la PE qui a été validée par la classe.

---

<sup>2</sup> « Le calque consiste à utiliser des éléments lexicaux qui existent dans une langue donnée avec la construction ou le sens qu'ont ces éléments dans l'autre langue. » (Chuquet et Paillard, 1989).

<sup>3</sup> Un non-sens est une « faute de traduction qui consiste à attribuer à un segment du texte de départ un sens erroné qui a pour effet d'introduire dans le texte d'arrivée une formulation absurde. » (Delisle, 2013).

Tableau 1 : Traductions littérales et calques

	Texte source	TA brute (DeepL)	Post-édition commune
1	<p><b>With the help of energy grown and produced at home</b>, we've increased annual ethanol exports by 550 million gallons.</p> <p>(Trump, 2019)</p>	<p><b>Avec l'aide de</b> l'énergie <b>cultivée</b> et produite <b>à la maison</b>, nous avons augmenté les exportations annuelles d'éthanol de 550 millions de gallons.</p>	<p><b>Grâce à l'énergie produite sur vos terres</b>, nous avons augmenté les exportations annuelles d'éthanol de 2 milliards de litres.</p>
2	<p><b>For millennia, the finance industry</b> has been a primary culprit in global warming.</p> <p>(Wichmann, 2018)</p>	<p><b>Pendant des millénaires, l'industrie financière</b> a été l'un des principaux responsables du réchauffement climatique.</p>	<p><b>Depuis toujours<sup>4</sup>, le secteur financier</b> est l'un des principaux responsables du réchauffement climatique.</p>
3	<p>Fashionistas can wear the latest trends by renting clothing and accessories through sites like Bag, Borrow or Steal, and Rent the Runway — swapping clothes on 99dresses for an <b>infinite closet of free fashion</b>".</p> <p>(Altimeter Group, 2013)</p>	<p>Les fashionistas peuvent porter les dernières tendances en louant des vêtements et des accessoires sur des sites comme Bag, Borrow ou Steal, et Rent the Runway – ou en échangeant des vêtements sur 99 adresses pour un « <b>placard infini de mode libre</b> ».</p>	<p>Les fashionistas peuvent porter les dernières tendances en louant des vêtements et des accessoires sur des sites comme Bag, Borrow or Steal et Rent the Runway – ou en échangeant des vêtements sur le site 99dresses pour un « <b>dressing inépuisable de vêtements gratuits</b> ».</p>

<sup>4</sup> À noter que la construction en anglais est étrange ; nos recherches n'ayant pas pu attester de l'usage non littéral de l'expression « for millennia », nous en avons déduit le sens du contexte.

4	<p>Three elements are keeping this deficit at bay to arrive at a sustainable balance of payments situation: [...] (2) <b>OFW</b><sup>5</sup> remittances are continuing their high level [...]</p> <p>(Sicat, 2018)</p>	<p>Trois éléments maintiennent ce déficit à distance pour parvenir à une situation soutenable de la balance des paiements : [...] (2) les envois de fonds de l'<b>OFW</b> continuent d'atteindre un niveau élevé [...]</p>	<p>Trois éléments permettent de freiner cette croissance pour parvenir à une situation viable de la balance des paiements : [...] deuxièmement, les envois de fonds <b>de la part des travailleurs migrants philippins</b> continuent d'atteindre un niveau élevé [...]</p>
---	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Non-conversion des unités de mesure**

En outre, nous avons observé que, bien trop souvent, l'outil de TA a également traduit littéralement les unités de poids et de mesure plutôt que de faire la conversion requise au « système international d'unités » (SI), anciennement « système métrique » (tableau 2). Il en va de même pour les unités monétaires. Sans cette conversion, il est généralement très difficile pour le lecteur francophone de se figurer un ordre de grandeur.

Tableau 2 : Non-conversion des unités de mesure

	Texte source	TA brute (DeepL)	Post-édition commune
1	<p>Last year, we exported a record-breaking <b>1.7 billion gallons</b> of ethanol – that's a big number – and, separately, the United States is now the number-one producer of oil and natural gas anywhere on the planet.</p> <p>(Trump, 2019)</p>	<p>L'an dernier, nous avons exporté un volume record de <b>1,7 milliard de gallons</b> d'éthanol – c'est un chiffre énorme – et, séparément, les États-Unis sont maintenant le premier producteur de pétrole et de gaz naturel de la planète.</p>	<p>L'an dernier, nous avons exporté un volume record de <b>6 milliards de litres d'éthanol</b> – c'est impressionnant – de plus, les États-Unis sont maintenant le premier producteur mondial de pétrole et de gaz naturel.</p>

**Non-idiomaticité**

Cette propension à la traduction littérale est aussi particulièrement notable dans le cas d'unités phraséologiques (expressions, locutions, collocations, etc.). En traduisant littéralement des unités phraséologiques,

<sup>5</sup> Overseas Filipino Workers (litt.: travailleurs migrants philippins).



la TA engendre la plupart du temps des problèmes d’idiomaticité en langue cible, car elle produit des tournures qui ne sont pas, ou peu, idiomaticques ou collocationnelles, tel qu’illustré dans le tableau 3.

Tableau 3 : Non-idiomaticité

	Texte source	TA brute (DeepL)	Post-édition commune
1	And <b>this isn’t political season quite for me</b> . It’ll start next week. (Trump, 2019)	Et <b>ce n’est pas tout à fait la saison politique pour moi</b> . Ça commencera la semaine prochaine.	Et <b>je ne suis pas encore en campagne</b> . Je commencerai dès la semaine prochaine.
2	At the same time, the fuel you produce brings down prices at the pump for millions of American drivers. Those savings go straight into the pockets of <b>hardworking families</b> all across our land. (Trump, 2019)	En même temps, le carburant que vous produisez fait baisser les prix à la pompe pour des millions de conducteurs américains. Ces économies vont directement dans les poches <b>des familles qui travaillent fort</b> partout au pays.	Par ailleurs, le carburant que vous produisez fait baisser les prix à la pompe pour des millions d’Américains. Ces économies vont directement dans les poches <b>des familles qui travaillent d’arrache-pied</b> dans notre pays.
3	The first step towards achieving a sustainable future is <b>to dispel the notion that</b> environmental sustainability is somehow distinct from financial sustainability. (Wichmann, 2018)	La première étape vers la réalisation d’un avenir durable consiste à <b>dissiper l’idée que</b> la durabilité environnementale est en quelque sorte distincte de la durabilité financière	La première étape pour un avenir durable consiste à <b>balayer l’idée que/selon laquelle</b> la durabilité environnementale est en quelque sorte distincte de la durabilité financière.
4	Or as Oxford University climate scientist Myles Allen says, we need to “ <b>turn the world economy on a dime</b> ”. (Wichmann, 2018)	Ou, comme le dit Myles Allen, climatologue à l’Université d’Oxford, nous devons « <b>faire tourner l’économie mondiale à dix cents</b> ».	Ou, comme le pense Myles Allen, climatologue à l’Université d’Oxford, nous devons « <b>changer l’économie mondiale du tout au tout</b> ».

### 4.2.2. Irrégularités

Dans cette expérience, les étudiants ont également souligné que le recours à la TA avait engendré, par moments, des irrégularités de divers ordres au sein d'un même texte cible. Ces irrégularités prennent diverses formes : manque d'uniformité orthographique, incohérence terminologique ou usage non systématique du tutoiement et du vouvoiement. Il arrive, en effet, que l'outil de TA orthographie un même mot de diverses manières (tableau 4, exemple 1), traduise un même terme source de différentes façons (tableau 4, exemple 2) ou encore passe aléatoirement du vouvoiement au tutoiement (tableau 4, exemple 3). En traduction humaine, il pourrait s'agir d'une stratégie de traduction tout à fait légitime dans certaines situations, toutefois il apparaît clairement que ce n'est pas le cas des exemples repris dans le tableau 4. Ces irrégularités ont pour effet de compliquer la compréhension du texte et de dérouter sinon de perdre le lecteur.

Le premier exemple repris du tableau 4 relève d'un manque d'uniformité orthographique pour le terme « plate(-)forme ». Le deuxième exemple est un cas d'incohérence terminologique pour la traduction du terme *crowdfunding*. Enfin, le dernier exemple illustre le passage du vouvoiement au tutoiement dans le discours de président Donald Trump.

Tableau 4 : Irrégularités

	Texte source	TA brute (DeepL)	Post-édition commune
1	There are three types of actors supporting a crowdfunding <b>platform</b> ...  Crowdfunding <b>platforms</b> are highly diverse despite their common purpose. (OCHA, 2015)	Il y a trois types d'acteurs qui soutiennent une <b>plateforme</b> de financement par la foule...  Les <b>plates-formes</b> de crowdfunding sont très diverses malgré leur objectif commun.	Il y a trois types d'acteurs qui interviennent dans une <b>plateforme</b> de financement participatif  Les <b>plateformes</b> de financement participatif sont très diverses malgré leur objectif commun.

2	<p>How can <b>crowdfunding</b> be used in the humanitarian sphere?</p> <p>There are three types of actors supporting a <b>crowdfunding</b> platform [...]</p> <p>[...] we first examine four types of <b>crowdfunding</b> models.</p> <p>Donation-based <b>crowdfunding</b> is the most straightforward funding model. (OCHA, 2015)</p>	<p>Comment le <b>crowdfunding</b> peut-il être utilisé dans le domaine humanitaire ?</p> <p>Il y a trois types d'acteurs qui soutiennent une plateforme de <b>financement par la foule</b> [...]</p> <p>[...] nous examinons d'abord quatre types de modèles de <b>financement par les foules</b></p> <p>Le <b>financement à grande échelle</b> basé sur les dons est le modèle de financement le plus simple.</p>	<p>Comment le <b>financement participatif</b> peut-il être utilisé dans le domaine humanitaire ?</p> <p>Il y a trois types d'acteurs qui interviennent dans une plateforme de <b>financement participatif</b> [...]</p> <p>[...] nous examinons d'abord quatre types de <b>financement participatif</b>.</p> <p>Le <b>financement participatif</b> sous forme de don est le type de financement le plus direct.</p>
3	<p>And <b>you</b>'ve heard me say this before, and I'm very proud of it: African American, Asian American, and Hispanic American unemployment have all reached their lowest levels in recorded history in this country.</p> <p>We have the number-one location for gain. <b>You</b> know that. (Trump, 2019)</p>	<p>Et <b>vous</b> m'avez déjà entendu le dire, et j'en suis très fier : Le chômage des Afro-Américains, des Américains d'origine asiatique et des Hispano-Américains a atteint son niveau le plus bas dans l'histoire de ce pays.</p> <p>Nous avons l'emplacement numéro un pour gagner de l'argent. <b>Tu</b> le sais bien.</p>	<p>Je <b>vous</b> l'ai déjà dit, et j'en suis très fier : le taux de chômage a atteint son niveau le plus bas dans l'histoire de notre pays parmi les Américains d'origine africaine, asiatique et hispanique.</p> <p>C'est ici l'endroit rêvé pour en profiter. Et vous le savez bien. Et <b>vous</b> le savez bien.</p>

### 4.2.3. Irrationalité

Dans cette expérience, nous avons également repéré qu'à l'instar de la TA statistique, la TA neuronale continue à produire, parfois, des erreurs typiquement « machine », c.-à-d. des erreurs qu'aucun traducteur humain, doué de raison, ne commettrait (tableau 5). Nous qualifions ces traductions d'« irrationnelles » dans le sens où elles s'opposent, pour nous en tant qu'êtres humains, à la raison ; elles n'obéissent pas et ne sont pas conformes au bon sens, à la logique (TLFi).

Ces traductions entraînent des problèmes évidents de compréhension et de lisibilité, mais elles ont également pour effet de trahir la présence de la TA auprès du lecteur qui se rend rapidement compte que le passage qu'il est en train de lire a été traduit par une machine.

Tableau 5 : Irrationalité

	Texte source	TA brute (DeepL)	Post-édition commune
1	After decades of <b>being held down and held back</b> , we are now a net exporter of energy to the world with a tremendous increase of jobs in the energy industry. (Trump, 2019)	Après des décennies <b>de retenue et de retenue</b> , nous sommes maintenant un exportateur net d'énergie vers le monde avec une augmentation considérable des emplois dans l'industrie de l'énergie.	Après avoir été <b>freinés</b> pendant des décennies, nous exportons maintenant plus d'énergie que nous n'en importons ce qui a permis une augmentation considérable des emplois dans le secteur de l'énergie.
2	Companies offset costs by renting office space <b>from and to each other</b> . (Altimeter Group, 2013)	Les entreprises compensent les coûts en louant des bureaux <b>entre elles et entre elles</b> .	Louez vos bureaux à <b>d'autres entreprises</b> .
3	<b>For the luxury-inclined, onefinestay</b> connects renters with owners of upscale homes in London. (Altimeter Group, 2013)	<b>Pour le luxueux</b> , un <b>séjour de luxe</b> relie les locataires avec les propriétaires de résidences haut de gamme à Londres.	<b>Pour les adeptes du luxe, onefinestay</b> met en relation les locataires avec les propriétaires de résidences haut de gamme à Londres

## **Correction abusive**

Nous avons remarqué que ces traductions absurdes peuvent résulter d'une correction abusive faite par le moteur de TA.

Il arrive régulièrement que l'outil de TA détecte des coquilles<sup>6</sup> dans le texte source et les corrige à juste titre en langue cible. En revanche, il lui arrive de faire de même avec des termes correctement orthographiés en langue source (tableau 6). C'est sans doute une des raisons pour lesquelles les outils de TA n'analysent pas correctement certains noms propres constitués de plusieurs termes accolés, car le système considère à tort qu'il manque une espace entre les éléments (voir tableau 5, exemple 3).

Ces corrections abusives sont problématiques sur le plan sémantique, car elles introduisent la plupart du temps des traductions dépourvues de sens qui entravent à nouveau la compréhension du texte et qui révèlent au lecteur que le texte qu'il a sous les yeux n'a pas été traduit par un humain.

Ces traductions « machine » entrent ainsi en complète contradiction avec les exigences actuelles du marché de la traduction qui, sauf exception, prône l'invisibilité du traducteur en exigeant une fluidité et une idiomaticité maximales (Loock, 2018) de telle sorte que le lecteur ne puisse pas se rendre compte qu'il s'agit d'une traduction. Ces erreurs « machine » semblent donc mettre à mal cet objectif.

---

<sup>6</sup> Faute typographique (omission, inversion, substitution de lettres, etc.) (Antidote).

Tableau 6 : Correction abusive

	Texte source	TA brute (DeepL)	Post-édition commune
1	Fashionistas can wear the latest trends by renting clothing and accessories through sites like Bag, Borrow or Steal, and Rent the Runway — or swapping clothes <b>on 99dresses</b> for an “infinite closet of free fashion.” (Altimeter Group, 2013)	Les fashionistas peuvent porter les dernières tendances en louant des vêtements et des accessoires sur des sites comme Bag, Borrow ou Steal, et Rent the Runway - ou en échangeant des vêtements <b>sur 99 adresses</b> pour un « placard infini de mode libre ».	Les fashionistas peuvent porter les dernières tendances en louant des vêtements et des accessoires sur des sites comme Bag, Borrow or Steal et Rent the Runway - ou en échangeant des vêtements <b>sur le site 99dresses</b> pour un « dressing inépuisable de vêtements gratuits ».
2	For the luxury-inclined, <b>onfinestay</b> connects renters with owners of upscale homes in London. (Altimeter Group, 2013)	Pour le luxueux, <b>un séjour de luxe</b> relie les locataires avec les propriétaires de résidences haut de gamme à Londres.	Pour les adeptes du luxe, la plateforme <b>onfinestay</b> met en relation les locataires avec les propriétaires de résidences haut de gamme à Londres.

### 4.3. Foisonnement excessif

En traduction, le concept de « foisonnement » est défini par Durieux (1990) comme « l’augmentation de volume du texte d’arrivée par rapport au texte de départ ». Il ne s’agit pas du volume en nombre de caractères typographiques, mais bien en nombre de mots (Cochrane, 1995). Si ce foisonnement est excessif, cela peut nuire à la qualité et à la lisibilité des traductions (Delisle, 2013).

Comme le fait remarquer Cochrane (1995), le taux de foisonnement moyen pour une traduction de l’anglais en français est loin de faire l’unanimité dans la littérature. Ainsi, Durieux (1990) signale que la Société française des traducteurs (SFT) annonce un coefficient de foisonnement courant de 25 %, tandis que les résultats des études de corpus menées par Bélanger (1992) et Demers (1989) montrent un coefficient de foisonnement respectivement de 10,2 % et de 10,5 %.

Ceci étant, dans notre cas, les taux de foisonnement obtenus en TA brute (DeepL) par rapport au texte source se situent entre 10 % et 35 % et ceux obtenus après PE se situent entre 2 % et 24 % (tableau 7). Il ressort de l'analyse comparative que la PE a eu pour effet soit de faire baisser le coefficient de foisonnement par rapport au coefficient calculé en TA pour le même texte, soit de le conserver. Dans tous les cas, la PE n'aura jamais eu pour effet d'augmenter le foisonnement observé en TA. Il serait évidemment insensé de vouloir tirer des conclusions générales à partir de ces observations faites en ne s'appuyant que sur cinq textes sources, mais notons toutefois que ces résultats sont surprenants.

Ainsi, en post-éditant collectivement les TA brutes, nous avons été manifestement amenés à réduire le taux foisonnement de la TA dans le cas de trois textes sur cinq (voir colonne comparaison TA et PE, tableau 7). Mais d'où vient cet écart de foisonnement entre TA brute et PE ? Pourquoi la TA a-t-elle produit un texte qui foisonne davantage que la PE ?

Pour nous, l'hypothèse explicative la plus probable est que la TA aurait tendance à produire un texte cible relativement plus foisonnant que la PE, car il lui arrive de traduire les noms propres, de proposer des découpages syntaxiques et lexicaux bancals, de faire des corrections abusives, de conserver ou d'introduire des répétitions et de la redondance, autant de maladresses qui peuvent faire foisonner abusivement le texte cible et que le post-éditeur est amené à réparer. Cette liste n'est évidemment pas exhaustive et il est nécessaire d'étudier cette hypothèse de façon plus approfondie.

Tableau 7 : Comparaison des coefficients de foisonnement (TA et PE)

Texte	Texte source (en mots)	TA (en mots)	Foisonnement TA	PE commune (en mots)	Foisonnement PE	Comparaison TA et PE
1) Trade deficit (Sicat, 2018)	237	272	15 %	272	15 %	=
2) Collaborative economy (Altimeter Group, 2013)	362	456	26 %	426	18 %	↘

3) Remarks by Trump (Trump, 2019)	491	539	10 %	501	2 %	↘
4) Crowdfunding (OCHA, 2015)	293	404	40 %	373	27 %	↘
5) Finance industry (Wichmann, 2018)	546	617	13 %	616	13 %	=

## 5. LES DÉFIS EN (TA) NEURONALE

Grâce aux résultats tirés de l'analyse comparative de notre corpus, ainsi qu'aux réflexions des étudiants sur leurs préparations, nous avons tenté de dégager plusieurs défis majeurs que pose aujourd'hui la PE de TA aux (futurs) traducteurs. Il convient de préciser que les défis sont listés ci-dessous sans ordre hiérarchique.

### Développer sa « capacité de discernement »

Tout d'abord, la PE étant une tâche qui se situe à mi-chemin entre la traduction et la révision (Robert, 2013), elle requiert la maîtrise de compétences spécifiques. Parmi les nouvelles compétences que le traducteur se doit d'acquérir, nous tenons à souligner l'importance de ce que nous appelons la « capacité de discernement » et que nous considérons comme une des compétences clés du post-éditeur. En effet, tout post-éditeur devrait être capable de juger, en peu de temps, si un texte, un paragraphe, un segment vaut la peine d'être post-édité ou s'il est préférable de le retraduire à partir de zéro, principalement dans un souci de gain de temps et donc de rentabilité. Selon Robert (2013), cette capacité d'analyse des phrases et de repérage des points à modifier semble s'affiner avec l'expérience. Ainsi, nous sommes convaincus que plus le post-éditeur post-édite, plus il améliore cette capacité de discernement. Il est donc primordial, selon nous, que les (futurs) traducteurs apprennent à développer cette compétence dès le départ.

### *Learning to trust and mistrust data*

Nous avons remarqué que certains étudiants avaient fait preuve d'un excès de méfiance à l'égard de la TA brute en remettant toutes les propositions de la machine en question et se fourvoyant dans de longues recherches terminologiques qui entraînent une baisse d'efficacité et de productivité.



Nous avons constaté qu'il s'agissait généralement d'étudiants consciencieux qui ont tendance à porter beaucoup d'attention au style et à l'idiomaticité de leurs productions.

Toutefois, nous avons principalement constaté le phénomène inverse chez les étudiants, c'est-à-dire un excès de confiance à l'égard des suggestions de la TA. De manière générale, certains ont en effet été enclins à laisser des traductions peu satisfaisantes sur le plan de l'idiomaticité, voire, dans certains cas, fautives.

Cette confiance, parfois aveugle, en ce que la machine propose serait d'ailleurs particulièrement observée chez les étudiants en traduction (Daems, 2016 ; Depraetere, 2010).

Déjà en 2010, Depraetere faisait remarquer dans les conclusions de son étude de cas portant sur l'enseignement de la PE que le risque avec les étudiants n'est pas qu'ils ont tendance à effectuer trop de changements ou de reformulations en post-éditant, mais plutôt qu'ils ont souvent trop confiance en ce que la machine leur propose.

Il conviendrait ainsi de suivre les conseils de Pym (2013) qui recommande d'apprendre à faire confiance aux données, mais aussi à s'en méfier (*learn to trust and mistrust data*) pour être un post-éditeur compétent.

### **Apprendre à lever le nez**

Notons ensuite la difficulté pour le (futur) traducteur de parvenir à « lever le nez » de la TA et à s'en détacher radicalement lorsque nécessaire. Effectivement, il n'est pas toujours évident de parvenir à s'éloigner de la traduction brute affichée sur un écran une fois lue (Loock, 2019). À cet égard, nous pensons que le fait d'avoir une proposition de traduction sous les yeux tend à restreindre, dans une certaine mesure, les intuitions de traduction du (futur) traducteur et à limiter sa créativité traductionnelle, ce qui se répercute sur la qualité de la production finale.

### **Déjouer l'illusion de fluidité**

Enfin, il est indubitable que la nouvelle génération de TA a fait d'énormes progrès par rapport à la TA statistique, particulièrement en termes de fluidité de la langue cible (Loock, 2018 ; Macken et al., 2019). En effet, la TA neuronale, et en particulier l'outil DeepL, est connue pour mettre l'accent sur la fluidité, sur une certaine élégance linguistique en langue d'arrivée. Toutefois, cette expérience nous aura permis de nous rendre compte que cette élégance n'était en fait, par moments, que superficielle. Bon nombre d'études ont d'ailleurs démontré que l'un des grands torts actuels de cette technologie est de produire ponctuellement une « illusion de fluidité » (Deneufbourg,

2019; Guerberof & Moorkens, 2019 ; Martikainen, 2019 ; Way, 2018), parfois même au détriment de la fidélité au sens du texte source (Loock, 2019). Ainsi, il arrive que les propositions de la machine soient grammaticalement et syntaxiquement correctes et « sonnent bien », mais qu’elles masquent en réalité des erreurs plus ou moins graves (collocation malheureuse, glissement de sens, contresens, non-sens, ajout/omission fautive, etc.) qui sont souvent difficiles à repérer par l’étudiant. Même s’il s’agit d’une impression générale, nous avons tenté d’illustrer ce phénomène par deux exemples extraits de notre corpus.

	Texte source	TA brute (DeepL)	Post-édition commune
1	The Philippines <b>has been chronically experiencing</b> a balance of trade deficit. <b>A developing country often displays this phenomenon in the course of its economic development.</b> (Sicat, 2018))	Les Philippines <b>ont connu</b> un déficit chronique de leur balance commerciale. <b>Un pays en développement présente souvent ce phénomène au cours de son développement.</b>	Les Philippines <b>connaissent</b> un déficit chronique de leur balance commerciale, <b>ce qui arrive souvent à un pays en développement au cours de sa croissance économique.</b>
2	<b>Rather than considering itself separate from nature, the finance industry needs to see itself as a large component of our natural ecosystem.</b> Doing this <b>will shift financial incentives toward</b> more sustainable investments. (Wichmann, 2018)	<b>Plutôt que de se considérer séparée de la nature, l’industrie financière doit se considérer comme une composante importante de notre écosystème naturel.</b> Ce faisant, <b>les incitations financières seront réorientées vers</b> des investissements plus durables.	<b>Le secteur financier doit se considérer comme une composante essentielle de notre écosystème plutôt que de se considérer indépendant de celui-ci.</b> Ainsi, <b>les incitants financiers se verront allouer à</b> des investissements plus durables.

Cette illusion de fluidité en TA est particulièrement pernicieuse, car elle a pour conséquence de renforcer l’excès de confiance dont les étudiants font preuve symptomatiquement à l’égard des propositions de la machine.

Nous sommes persuadés que l’un des défis majeurs pour le (futur) post-éditeur consiste donc à ne pas se laisser leurrer par cette apparente fluidité, par ce « bel emballage stylistique et syntaxique » (Koehn, 2018, cité par De

Faria Pires, 2018) et ainsi à parvenir à déjouer l'un des grands pièges actuels en TA neuronale.

## **6. CONCLUSION**

Dans cet article, nous avons fait le compte-rendu d'une expérience pédagogique menée avec des étudiants de master en traduction à finalité spécialisée de l'Université de Liège. Nous avons proposé l'analyse qualitative d'un corpus composé de cinq textes sources traduits automatiquement avec l'outil de TA neuronale DeepL et post-édités par ces étudiants.

Il ressort de notre expérience que les étudiants ont relevé deux avantages majeurs en TA par rapport à la traduction humaine pour la traduction de l'anglais vers le français : un gain de temps et une très bonne maîtrise des règles d'usage du français. Cependant, cette expérience leur a également permis de mettre au jour certaines limites de la TA neuronale. Ainsi, ils ont mis en évidence la propension de la TA neuronale à traduire de manière littérale ou par calques fautifs, à commettre des irrégularités de divers ordres, à produire des erreurs typiquement « machine » et encore à corriger de manière abusive certains termes.

Notre analyse comparative du foisonnement montre que la PE a eu pour effet soit de réduire le taux de foisonnement obtenu en TA brute, soit de le conserver. Notre hypothèse explicative est la suivante : la TA montre ici une tendance à générer un texte relativement plus foisonnant que la PE car elle a, par moments, tendance à traduire les noms propres, à proposer des décompositions syntaxiques et lexicales bancales, à faire des corrections abusives, à conserver ou à introduire des répétitions et de la redondance. Ces résultats nécessitent bien sûr d'être confirmés dans des études plus larges.

Enfin, nous avons tiré les enseignements de cette expérience et avons tenté de contribuer à une réflexion plus large en dégagant quatre grands défis que pose, à nos yeux, la TA neuronale aux (futurs) traducteurs, en l'état actuel de cette technologie : développer une capacité de discernement le plus tôt possible, apprendre à faire confiance aux données, mais aussi s'en méfier, parvenir à se distancier des propositions de la machine et enfin déjouer l'illusion de fluidité que peut produire la TA neuronale.

## RÉFÉRENCES

Altimeter Group. (2013). *A market definition report. The Collaborative Economy*. Repéré à <http://www.slideshare.net/Altimeter/thecollaborative-economy>

Antidote, version 10 [Logiciel], Montréal (Canada), Druide informatique, 2019.

Bélanger, G. (1992). *Études des relations cohésives grammaticales ; perspective traductologique et typologique* (Thèse de doctorat). Université de Sherbrooke, Québec.

Chuquet, H., & Paillard, M. (1989). *Approche linguistique des problèmes de traduction anglais-français, édition révisée*. Paris : éditions Ophrys.

Cochrane, G. (1995). Le foisonnement, phénomène complexe. *TTR*, 8(2), 175-193. doi: 10.7202/037222ar

Čulo, O., Gutermuth, S., Hansen-Schirra, S., & Nitzke J. (2014). The Influence of Post-Editing on Translation Strategies. Dans S. O'Brien, L. Winther-Balling, M. Carl, M. Simard et L. Specia (dir.), *Post-editing of Machine Translation: Processes and Applications* (p. 200-218). Newcastle upon Tyne (Angleterre) : Cambridge Scholars Publishing.

Daems, J. (2016). *A translation robot for each translator? A comparative study of manual translation and post-editing of machine translations: process, quality and translator attitude* (Thèse de doctorat). Université de Gand (Belgique).

Daems, J., Vandepitte, S., Hartsuiker, R., & Macken, L. (2017). Translation Methods and Experience: A Comparative Analysis of Human Translation and Post-editing with Students and Professional Translators. *Meta*, 62(2), 245-270. doi :10.7202/1041023ar

De Faria Pires, L. (2018). Intégration de la traduction automatique neuronale à la formation universitaire des futurs traducteurs : pistes d'exploration. *Myriades*, 4, 50-61.

Delisle, J. (2013). *La Traduction raisonnée. Manuel d'initiation à la traduction professionnelle de l'anglais vers le français*. (3e éd.). Ottawa : Presses de l'Université d'Ottawa.

Demers, G. (1989). *Constantes et variations en traduction* (Thèse de doctorat). Université Laval, Québec.

Deneufbourg, G. (2018, mai). *Post-édition de traduction automatique : se méfier des apparences*. Communication présentée à la journée d'étude ULB TRADITAL : La post édition, avenir radieux ou fin d'un monde ?, Université libre de Bruxelles, Belgique.

Deneufbourg, G. (2019). *Post-édition de traduction automatique : se méfier des apparences*. Article inspiré d'une communication présentée au Congrès

annuel de l'American Translators Association, le 25 octobre 2018, La Nouvelle-Orléans, Louisiane, USA. Repéré à <https://www.ata-divisions.org/FLD/index.php/tag/guillaume-deneufbourg/>

Depraetere, I. (2010, mai). *What counts as useful advice in a university post-editing training context? Report on a case study*. Communication présentée à la 14<sup>e</sup> conférence annuelle de l'Association européenne de traduction automatique (EAMT), Saint-Raphaël, France. Repéré à <http://www.mt-archive.info/EAMT-2010Depraetere-2.pdf>

Depraetere, I., De Sutter, N., & Tezcan, A. (2014). Post-edited quality, post-editing behaviour and human evaluation: a case study. Dans S. O'Brien, L. Winther-Balling, M. Carl, M. Simard et L. Specia (dir.), *Post-editing of Machine Translation: Processes and Applications* (p. 78-108). Newcastle upon Tyne (Angleterre) : Cambridge Scholars Publishing.

Durieux, C. (1990). Le foisonnement en traduction technique d'anglais en français. *Meta*, 35(1), 55-60. doi : 10.7202/002689ar

Fontenelle, T. (2019, mai). *Le traducteur ne sera pas remplacé par la technologie – Il sera remplacé par un traducteur qui utilise la technologie*. Communication présentée à la journée d'étude CIRTI : Le traducteur à l'ère des nouvelles technologies, Université de Liège, Belgique. Repéré à <http://www.traduction2019.uliege.be/>

Guerberof Arenas A., & Moorkens J. (2019). Machine translation and post-editing training as part of a master's programme. *The Journal of Specialised Translation*, 31, 217-238.

Jia, Y., Carl, M., & Wang, X. (2019). How does the post-editing of Neural Machine Translation compare with from-scratch translation? A product and process study. *The Journal of Specialised Translation*, 31, 60-86. Repéré à [https://www.jostrans.org/issue31/art\\_jia.php](https://www.jostrans.org/issue31/art_jia.php)

Loock, R. (2018). Traduction automatique et usage linguistique : une analyse de traductions anglais-français réunies en corpus. *Meta*, 63(3), 786-806. Repéré à <https://doi.org/10.7202/1060173ar>

Loock, R. (2019). La plus-value de la biotraduction face à la machine. *Traduire*, 241 | 2019, 54-65. Repéré à <http://journals.openedition.org/traduire/1848>

Macken, L., Van Brussel, L., & Daems, J. (2019). NMT's wonderland where people turn into rabbits : a study on the comprehensibility of newly invented words in NMT output. *Computational Linguistics in the Netherlands Journal*, 9, 67-80. Repéré à [https://www.researchgate.net/publication/338052318\\_NMT%27s\\_wonderland\\_where\\_people\\_turn\\_into\\_rabbits\\_A\\_study\\_on\\_the\\_comprehensibility\\_of\\_newly\\_invented\\_words\\_in\\_NMT\\_output](https://www.researchgate.net/publication/338052318_NMT%27s_wonderland_where_people_turn_into_rabbits_A_study_on_the_comprehensibility_of_newly_invented_words_in_NMT_output)

Martikainen, H. (2019). Post-Editing Neural MT in Medical LSP: Lexico-Grammatical Patterns and Distortion in the Communication of Specialized Knowledge. *Informatics*, 6(3), 26, *Special Issue Advances in Computer-Aided Translation Technology*. doi : 10.3390/informatics6030026

Martikainen, H., & Kübler, N. (2016). Ergonomie cognitive de la post-édition de traduction automatique : enjeux pour la qualité des traductions, *ILCEA* [En ligne], 27. Repéré à <http://ilcea.revues.org/3863>

Massardo, I., & van der Meer, J. (2017). *The translation industry in 2022. A report from the TAUS Industry Summit*. Amsterdam. Repéré à <https://www.taus.net/thinktank/reports/event-reports/the-translation-industry-in-2022>.

Pym, A. (2013). Translation Skill-Sets in a Machine-Translation Age, *Meta*, 58(3), 487-503. doi : 10.7202/1025047ar

Robert, A.-M. (2013). Vous avez dit post-éditrice ? Quelques éléments d'un parcours personnel. *The Journal of Specialised Translation*, 19, 29-40.

Shoshan, O. (2018). *Make Neural Machine Translation Better, Faster – A New Way to Measure NMT Quality*, Slator. Repéré à <https://slator.com/sponsoredcontent/make-neural-machine-translation-better-faster-a-new-way-to-measure-nmtquality/>

Sicat, G. P. (2018, 19 septembre). The trade deficit and the balance of payments: what need be done. *The Philippine Star*. Repéré à <https://www.philstar.com/business/2018/09/19/1852615/trade-deficit-and-balance-payments-what-need-be-done>

Smolentceva, N. (2018, 5 décembre). DeepL: Cologne-based startup outperforms Google Translate. *Deutsche Welle*. Repéré à <https://www.dw.com/en/deepl-cologne-based-startup-outperforms-google-translate/a-46581948>

TLFi (Trésor de la langue française informatisée). Nancy : Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales. Repéré à <https://www.cnrtl.fr/definition/>

Trump, D. (2019, 11 juin). *Remarks by President Trump on Renewable Energy*. Repéré à <https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/remarks-president-trump-renewable-energy/>

OCHA - Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. (2015, août). *Crowdfunding for emergencies*. Repéré à <https://www.unocha.org/fr/publication/policy-briefs-studies/crowdfunding-emergencies>

Way, A. (2018). Quality expectations of machine translation. Dans J. Moorkens, S. Castilho, F. Gaspari, & S. Doherty (dir.), *Translation Quality Assessment: From Principles to Practice* (p. 159-178). Berlin: Springer.

Wichmann, J. (2018, 11 décembre). How the finance industry can save the world. *World Economic Forum*. Repéré à <https://www.weforum.org/agenda/2018/12/how-the-finance-industry-can-save-the-world-regenerative-capitalism/>