

Finance et durabilité : Analyse spatiale et cartographie des critères ESG
Le cas des entreprises européennes et suisses

Mathias Lauber

Sous la direction du Prof. Christian Kaiser

7 septembre 2019 : Motion Leo Müller 19.4313
«Fixer des flux financiers durables»

21 juin 2019 : Motion Beat Flach 19.3819
«Investissements des caisses de pension. Garantir la transparence
sur les risques financiers liés au changement climatique»

19 décembre 2019 : Postulat Gerhard Andrey 19.4519
«Investissements. Utilisation
dès 2025 d'indices de référence favorables au climat»

20 décembre 2019 : Interpellation Céline Widmer 19.4633
«Placements de la BNS qui nuisent au climat. Situation et risques»

19 décembre 2019 : Postulat Valentine Python 19.4512
«Diriger les flux financiers vers la compatibilité avec un
réchauffement climatique à 1,5 degré»

Note

« Ce travail n'a pas été rédigé en vue d'une publication, d'une édition ou diffusion. Son format et tout ou partie de son contenu répondent donc à cet état de fait. Les contenus n'engagent pas l'Université de Lausanne. Ce travail n'en est pas moins soumis aux règles sur le droit d'auteur. À ce titre, les citations tirées du présent mémoire ne sont autorisées que dans la mesure où la source et le nom de l'auteur-e sont clairement cités. La loi fédérale sur le droit d'auteur est en outre applicable. »

Résumé

Dans le contexte des changements climatiques globaux, la nécessité d'assainir le tissu social économique de son empreinte carbone devient centrale. Cette recherche analyse les données ESG, qui sont des critères environnementaux, sociaux et de gouvernance, renseignant sur la durabilité des entreprises européennes. Le but étant de déceler des régions précurseuses ou retardataires dans l'action durable, à travers le territoire européen.

Historique

Version	Date	Auteur
finale	1 ^{er} juillet 2022	Mathias Lauber

Illustration de couverture

« Parlement suisse », p. d.

Remerciements

Je dédie ce travail au regretté Gabriel Da Silva Correia, ancien étudiant de la Faculté des Géosciences de Lausanne. Il m'a guidé vers le cursus à l'Université de Lausanne, et a pris le rôle de mentor durant mon parcours universitaire. Il m'avait dernièrement conseillé l'inscription au Master en analyse spatiale en Géographie. Il se distinguait par son éthique du travail, sa polyvalence, son excellence et sa gentillesse. Il nous a quittés, alors qu'il terminait ses études à l'Université de Genève.

À la mémoire de Gabriel.

TABLER DES MATIERES

1 Introduction	1
1.1 Problématique	3
1.2 Questions de recherche	3
2 Données	5
2.1 Données financières vertes	5
2.2 Données financières vertes en libre accès	5
2.3 Données ESG Refinitiv	6
2.4 Piliers ESG	8
2.5 Indicateurs ESG	10
2.6 Systèmes d'indicateurs	15
3 Revue de la littérature	23
3.1 Histoire de la thématique ESG	23
3.2 Recherche académique et données ESG	26
3.3 Pertinence de la recherche	26
3.4 Guide de l'investissement durable	26
3.5 Critiques et controverses autour des données ESG	27
3.6 Autocorrélation spatiale avec données ESG	29
4 Méthodes	35
4.1 Autocorrélation spatiale globale	35
4.2 Autocorrélation spatiale locale LISA	42
4.3 Inférence et significativité statistique	45
4.4 Autocorrélation spatiale sur ArcGis	47
5 Résultats	53
5.1 I de Moran Global	53
5.2 I de Moran incrémentiel	54
5.3 Graphiques LISA	59
5.4 Tables LISA	61
5.5 Distribution des secteurs économiques	63
5.6 Cartographie WEB-D3.js	63

6 Discussion	66
6.1 I de Moran Global Europe	66
6.2 Potentiels biais et limitations d'interprétation	66
6.3 I de Moran local LISA Europe	67
6.4 Comparaison des clusters LISA avec d'autres études . . .	71
6.5 Éléments de politiques publiques	71
6.6 Éléments culturels - politiques d'entreprise	73
6.7 Expliquer un pattern LISA : limitations	75
7 Conclusions et perspectives	78
Bibliographie	80
Annexes	89
Annexe A Interpellations	89
Annexe B ArcGis Snippet : autocorrélation	90
Annexe C Résumé des données	91
Annexe D Z score incrémentiel [CH]	92
Annexe E I de Moran incrémentiel [EU]	93
Annexe F Graphiques LISA : Cluster Type - avec standardisation - [EU]	96
Annexe G Graphiques LISA : Cluster Type - sans standardisation - [EU]	97
Annexe H Quatre piliers majeurs : avec standardisation - [EU]	98
Annexe I Proportion des clusters LISA par pays, secteurs économiques	100

Table des figures

Figure 1	Fournisseurs de données ESG - ENVIRONMENTAL FINANCE, 2021	7
Figure 2	Piliers ESG Refinitiv REFINITIV, p. d.	8
Figure 3	Description des piliers ESG Refinitiv (REFINITIV, p. d.)	9
Figure 4	Exemples d'indicateurs ESG : pilier environnemental (REFINITIV, p. d.)	11
Figure 5	Exemples d'indicateurs ESG : pilier social (REFINITIV, p. d.)	12
Figure 6	Exemples d'indicateurs ESG : pilier gouvernance (REFINITIV, p. d.)	13
Figure 7	Résumé des quatre piliers ESG pour l'Europe	15
Figure 8	SDG score ranking (UNITED NATIONS, p. d.-a)	16
Figure 9	Rang centile Refinitiv (REFINITIV, p. d.)	18
Figure 10	Standard deviation from the mean (EUROPEAN COMMISSION et al., 2008)	18
Figure 11	Distance from group leader (EUROPEAN COMMISSION et al., 2008)	18
Figure 12	Distance from the best and worst performers (EUROPEAN COMMISSION et al., 2008)	18
Figure 13	Méthode de la somme des poids (EUROPEAN COMMISSION et al., 2008)	18
Figure 14	Framework EPI (WOLF et al., 2022)	20
Figure 15	PRI : croissance 2006-2021 (ATKINS, 2022)	25
Figure 16	Spectre de l'investissement responsable (GRATCHEVA et al., 2021)	27
Figure 17	Économie d'échelle (BIRD, 2009)	32
Figure 18	Autocorrélation spatiale : visualisation des valeurs (ARCGIS, 2022b)	36
Figure 19	I de Moran Global (ARCGIS, 2022b)	37
Figure 20	I de Moran Global détaillé (ARCGIS, 2022b)	37
Figure 21	Cas d'étude simplifié d'autocorrélation	38
Figure 22	Distance incrémentielle et score Z (ARCGISPRO, 2022)	41
Figure 23	I de Moran Local (BOUAYAD-AGHA et DEBELLEFON, 2018)	42
Figure 24	Lien entre I de Moran local et global (OLIVEAU, 2005)	43
Figure 25	Output LISA ArcGIS (ARCGIS, 2022a)	43
Figure 26	Nuage de points de Moran (OLIVEAU, 2010a)	44

Figure 27	Analyse LISA : Paris (BOUAYAD-AGHA et DEBELLEFON, 2018)	45
Figure 28	Signification statistique du I de Moran sur ArcGIS (ARCGIS, 2022a)	46
Figure 29	Score Z et significativité du I de Moran (ARCGIS, 2022a)	46
Figure 30	Calcul de la p-value : autocorrélation spatiale (ARCGIS, 2022a)	47
Figure 31	Workflow pour l'autocorrélation sur ArcGis	47
Figure 32	Conceptualiser le voisinage pour la matrice des poids <small>(construit selon ANSELIN, 2018; ARCGIS, 2022c; OLIVEAU, 2010a)</small>	48
Figure 33	I de Moran Global [CH] : différents voisinages	54
Figure 34	I de Moran Global [EU] : différents voisinages	55
Figure 35	I de Moran incrémentiel [CH]	57
Figure 36	I de Moran incrémentiel - [EU]	58
Figure 37	Graphiques LISA : Cluster Type - avec standardisation - [EU]	60
Figure 38	[A] % proportion clusters : avec standardisation	61
Figure 39	[B] % proportion clusters : sans standardisation	62
Figure 40	[C] % proportion clusters : bande 80 km et FDR	62
Figure 41	Résumé cartographie WEB : commun aux différents modèles LISA	70
Figure 42	Interpellations, Assemble fédérale (« Parlement suisse », p. d.)	89
Figure 43	Résumé des données pour les piliers ESG Refinitiv - Europe	91

Liste des tableaux

Table 1	Exemple d'indicateurs agrégés et additionnés	17
Table 2	Les matrices de voisinages w_{ij}	39
Table 3	Calcul de la variance $\sum_i (X_i - \bar{X})^2$ (dénominateur du I de Moran)	39
Table 4	Produits croisés entre voisins $\sum_i \sum_j w_{ij} (X_i - \bar{X}) (X_j - \bar{X})$	40

1 | INTRODUCTION

1 | INTRODUCTION

Le contexte de cette recherche s'inscrit dans l'urgence climatique, largement investie de nos jours, mais qui fait déjà l'objet de recherches depuis plus de 50 ans. Bien que les connaissances scientifiques soient largement complètes sur le sujet et qu'un consensus soit établi (GIEC, 2019), les pistes d'actions ne sont pas systématiquement définies et communément acceptées. Pourtant l'objectif est clair, et on pourrait le résumer ainsi :

urgence
climatique

"Limiter les émissions de gaz à effet de serre, tout en conservant une qualité de vie, une économie viable, afin de ne pas induire des changements climatiques lourds et irréversibles".

Pour reprendre la thématique des pistes d'action, dans le discours public, le marketing, les médias, il est souvent question *"d'une prise de conscience environnementale"* et de *"l'effort écologique individuel"*, qui formeraient deux concepts suffisants pour résoudre la crise climatique. Or, comme l'économiste hétérodoxe ELOI (2022) l'annonce, il existe des mythes courants au sujet de la crise climatique, au sein de la population, mais également auprès des acteurs clés dans les sphères économiques, politiques, voire académiques. Un des mythes qu'il débat dans la gestion de la crise écologique est justement : *"Les gestes individuels quotidiens sont la clé"*.

mythes
climatiques

À ce sujet, DUGAST et SOYEUX (2019), dans le rapport «Faire sa part? Pouvoir et responsabilité des individus, des entreprises et de l'état face à l'urgence climatique.», analysent l'empreinte carbone des Français. Elle s'élève à *10.8 tonnes d'équivalent CO₂ par habitant*, et devrait parvenir à *2 tonnes par habitant en 2050*, afin de satisfaire les engagements de Paris (en bref, limiter le réchauffement climatique, au niveau mondial, à *2 °C, voire 1.5 °C* par rapport au niveau préindustriel, et ceci par la neutralité carbone).

Une liste de comportements a donc été élaborée (ne plus prendre l'avion, alimentation végétarienne, etc.). Si cette liste était hypothétiquement adoptée par la population française, alors *l'empreinte carbone* ne serait réduite que de 25 %, ce qui n'est pas négligeable, mais largement insuffisant face au *-80 % nécessaire* (DUGAST & SOYEUX, 2019).

Insuffisance
du geste
individuel

De pair avec les gestes individuels, il reste trois axes (non-exhaustif) sur lesquels travailler, celui des pratiques environnementales des entreprises privées, celui des pratiques d'investissement de la place financière (institutionnelle ou privée), celui des législations environnementales (encadrement étatique). L'aspect juridique et l'appel à légiférer, lancé par les acteurs politiques, forment aussi une dimension centrale dans la transition écologique. Au niveau Suisse, on recense un grand nombre d'interpellations, de motions, postulats qui ne sont pas encore traités et qui relèvent de la finance durable (cf. Annexe A (p. 89)).

Autrement, on peut aussi citer l'importance des organisations, associations, initiatives (publiques et privées) qui permettent de mettre en relation les acteurs précédents, d'échanger des bonnes pratiques (par ex. UN Principles of Responsible Investing (UNPRI), United Nations Global Compact (UNGC), International Organization for Standardization (ISO), Global Reporting Initiative (GRI), Sustainability Accounting Standards Board (SASB), et tant d'autres).

Concentrer l'action sur ces quatre axes semble prometteur et permettrait d'adapter le système technique, industriel et financier, pour le rendre compatible avec les volontés climatiques évoquées précédemment.

Tout comme dans la partie sur l'effort individuel, on peut citer des chiffres concernant l'impact climatique des trois axes structurels évoqués. Si l'on prend le thème de l'investissement responsable, voici des constats sur la dimension carbone (ALLIANCE CLIMATIQUE SUISSE, 2016) :

« Les activités gérées depuis la place financière suisse représentaient, en 2017, 1100 millions de tonnes d'équivalents CO₂ par an, soit 20 fois les émissions domestiques suisses. »

Concernant les investissements de la Banque nationale suisse :

« En 2017, 60% du portefeuille d'actions connu de la Banque nationale suisse était, de par ses investissements dans les énergies fossiles, à l'origine de 48,5 millions de tonnes d'équivalent CO₂, alors que la Suisse en émettait 48,3 millions en 2016. »

De même, concernant les activités des entreprises, et pour reprendre le cas de la France ("Renforcer l'atténuation, engager l'adaptation", FONTAN et al., 2021), on apprend

agir sur
l'infrastructure

axe de
l'investissement
durable

que les activités industrielles correspondant aux secteurs primaires, secondaires (Chimie, Matériaux de construction, Métallurgie, Agroalimentaire, Élevage, Culture, Transports poids lourds et utilitaires, etc) représentent à elles-seules 52% des émissions eq. CO₂ de la France. Il y a donc un certain potentiel à évaluer les pratiques environnementales des entreprises et de la place financière, pour atteindre les objectifs climatiques.

Ce travail s'attellera justement à décrire les pratiques de 2288 entreprises européennes, à travers leur performance dans un système de notation ESG. Il s'agit d'indicateurs permettant d'établir des scores sur des critères environnementaux, sociaux et de gouvernance. Ils sont établis par des compagnies spécialisées dans l'analyse financière, à partir de données rendues publiques par les entreprises elles-mêmes. L'enjeu sera d'évaluer s'il existe des patterns spatiaux dans le territoire européen.

1.1 | PROBLÉMATIQUE

Ce travail aborde la problématique des entreprises responsables et de l'investissement durable. Plus particulièrement, il s'agit de la répartition spatiale des engagements/désengagements effectués par les entreprises européennes et suisses. Ceci, grâce à l'analyse des données ESG de 2288 entreprises européennes.

1.2 | QUESTIONS DE RECHERCHE

- *Est-ce que les scores ESG respectent une distribution spatiale non aléatoire dans le territoire suisse, européen ?*
- *Quels sont les patterns, s'ils existent, dans la distribution spatiale des données ESG ?*
- *Comment expliquer les éventuels patterns de distribution spatiale des données ESG ?*
- *Est-ce qu'il y a des différences entre secteurs économiques quant aux patterns spatiaux des données ESG ?*
- *Quelles sont les limitations, problèmes éventuels, liés à l'analyse spatiale des données ESG ?*

2 | DONNÉES

2 | DONNÉES

2.1 | DONNÉES FINANCIÈRES VERTES

Au cours des dernières années, l'intérêt pour les données financières vertes a sans cesse crû, comme relevé dans la partie consacrée à la [Revue de la littérature](#) avec la [Figure 15 PRI : croissance 2006-2021 \(ATKINS, 2022\)](#). Concernant le cadre de cette recherche, de nombreuses sources de données ont été explorées, sans grand succès. L'acquisition des données est une phase délicate dans la conception d'un projet en analyse de données. Il s'est aussi vite avéré que l'accès aux données financières était compliqué et souvent onéreux. Cela est dû au fait qu'elles constituent des outils d'aide à l'investissement très recherchés et, que les données sont collectées dans les documents publics communiqués par les entreprises, ce qui représente un travail considérable.

Les recherches de données ont tout de même débuté auprès des sources libre d'accès et gratuites. Le type de données recherché était plutôt large : il pouvait s'agir de données sur les émissions de GES, de type plutôt physiques et environnementales (indicateurs sur les quantités d'émissions, consommation des ressources, etc.), de données financières dites vertes (Green Bonds soit obligations vertes, données ESG), ou encore des données de rating des caisses de pensions.

2.2 | DONNÉES FINANCIÈRES VERTES EN LIBRE ACCÈS

Tout d'abord, les plates-formes usuelles de statistiques européennes et mondiales ont été sondées. Notamment le site de la Banque mondiale ou de l'OCDE, dont certaines données ESG étaient disponibles (OECD, [p. d.](#) ; WORLD BANK, [p. d.-b](#)), ou par le biais du site [Kaagle.com](#), contenant des jeux de données en libre accès (WORLD BANK ESG DATA, [p. d.](#)). Le problème majeur avec ces données en libre accès est qu'elles sont agrégées par entités spatiales correspondant au pays, ce qui risque de rendre l'analyse généralisante et biaisée. De plus, les données sont largement incomplètes et l'étendue temporelle reste courte.

D'autres prospections ont été effectuées au niveau européen, le constat était

identique et les mêmes difficultés sont apparues, dans les bases de données de la commission européenne. (EUROSTAT, p. d.)

Concernant le niveau suisse, il était impossible de trouver des données intéressantes, en passant en revue les banques de données de l'Office Fédéral de la Statistique (OFFICE FÉDÉRAL DE LA STATISTIQUE, p. d.-b) ou encore les données en "open-access" de Open data swiss ou CHSTAT (ESEHA, p. d. ; OPEN DATA SWISS, p. d.). Cependant, ces sources proposent d'excellentes données au niveau des villes ou d'autres entités administratives. Il reste par contre difficile d'exploiter ces données et de les mettre en liens avec les critères ESG. En effet, ces dernières sont basées sur une autre entité statistique, celle de l'entreprise et non d'une délimitation administrative.

Une autre initiative suisse aurait pu constituer une piste intéressante : Le cercle **d'indicateurs Monet** (CERCLE MONET OFS, p. d.) , qui reprend le framework des **Sustainable Development Goals** (UNITED NATIONS, p. d.-a)

Il s'agit de monitorer des indicateurs clés dans tous les domaines du développement durables, et ce, pour les villes suisses, et même dans toute l'Europe et le reste du monde. Une partie de ces indicateurs se retrouvent dans un objectif des Nations Unies qui pourrait être commun avec le framework ESG, notamment **"Goal 8 : Decent Work and Economic Growth"**; **"Goal 9 : Industry, Innovation and Infrastructure"**. Cependant, le niveau d'agrégation spatiale de ces données est grossier (niveau des régions, pays, voire villes dans le meilleur des cas), et les indicateurs sélectionnés assez englobants. Il resterait cependant tout à fait possible de comparer la répartition des scores ESG (entreprises) et ceux des scores SDG (au niveau des villes, régions, voire pays), pour identifier des patterns communs, ou non, avec des métriques différentes.

2.3 | DONNÉES ESG REFINITIV

Après avoir passé en revue les différentes sources en libre accès, et, face à leur manque de consistance et de disponibilité, les données payantes ont été prises en compte. Comme il s'agit d'outils d'aide à la décision dans le milieu financier, leur

accès n'est pas aisé, et, bien souvent, payant. Il a été possible d'avoir une meilleure vue d'ensemble sur les services proposés grâce à la plate-forme **Environmental Finance** (ENVIRONMENTAL FINANCE, 2021).

ESG Data Guide 2021

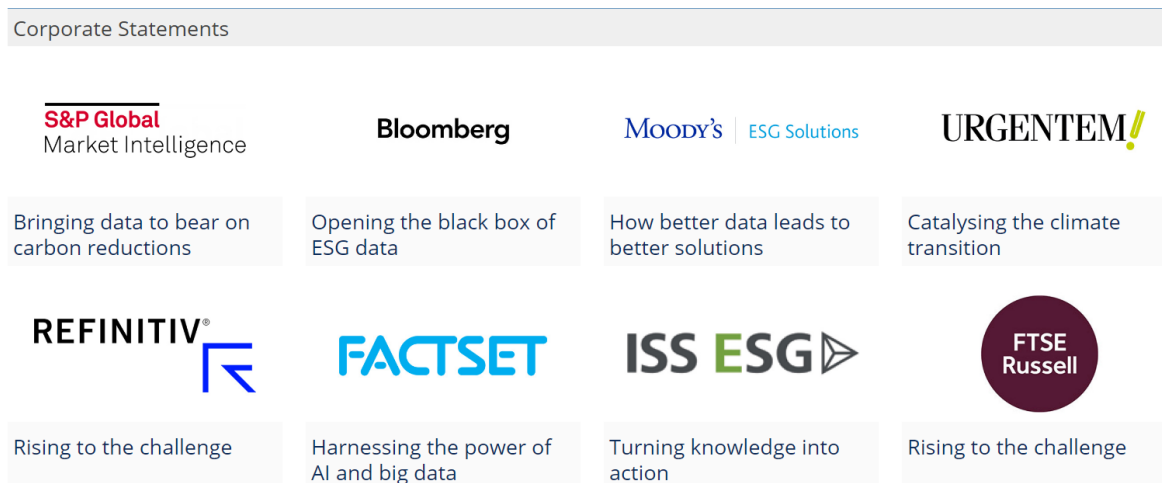


FIGURE 1 – Fournisseurs de données ESG - ENVIRONMENTAL FINANCE, 2021

La plupart des fournisseurs présentés Figure 1 sont des entreprises d'importance dans la distribution d'informations en analyse financière. Bien que certains fournisseurs offrent un accès gratuit à leurs données, il se trouve bien souvent restreint. En effet, on accède uniquement à des données par le biais d'un utilitaire de recherche manuel, qui n'autorise qu'une seule requête sur une seule entité. C'est le cas de S&P Global. Cette démarche a tout de fois l'intérêt de rendre leur démarche transparente.

Il est aussi important de noter que les données, notamment les notations, scores, benchmarks, ranking, que ces sociétés produisent ne sont pas identiques. Il peut exister de grandes différences sur la notation environnementale d'une même compagnie, entre deux fournisseurs de données différents. C'est d'ailleurs un des points faisant controverse dans le sujet des données financières environnementales.

Finalement, aucune des sources de données présentées n'a pu être approchée avec succès. Pour remédier à cela, il a été possible de collaborer avec le centre CEDIF (Centre de documentation et d'initiation financière) faisant partie de la faculté HEC

de Lausanne (CEDIF HEC, [p. d.](#)). Ils détiennent l'accès aux données du fournisseur Refinitiv (REFINITIV, [p. d.](#)), anciennement Thomson Reuters Financial.

Dans le cadre de ce travail, deux types de donnée ont pu être extraits :

1. Des obligations vertes
2. Des données ESG (Critères environnementaux, sociaux et de gouvernance).

2.4 | PILIERS ESG

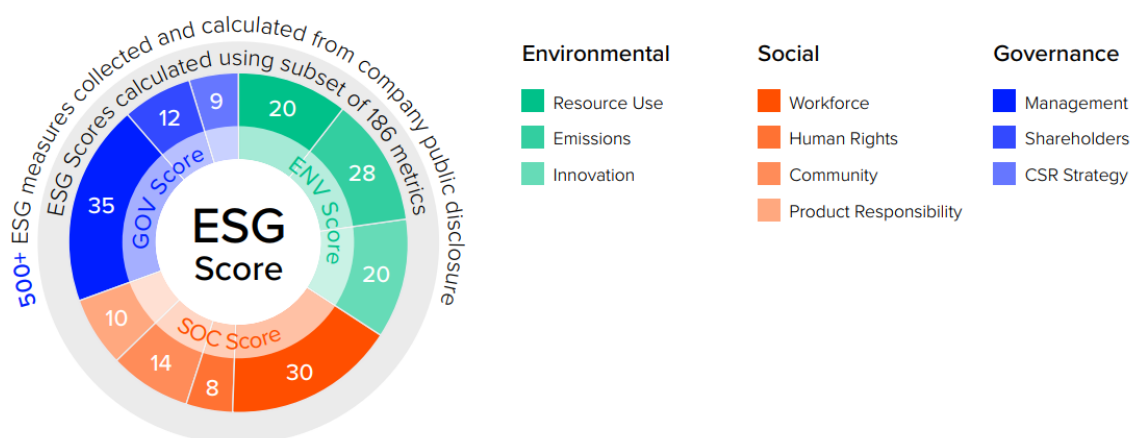


FIGURE 2 – Piliers ESG Refinitiv [REFINITIV, p. d.](#)

Les scores ESG représentent des indicateurs de suivi des entreprises, selon des critères : de gouvernance, d'environnement et sociaux. La [Figure 2](#) permet d'ordonner et de donner du sens aux données ESG du fournisseur Refinitiv. D'emblée, il apparaît que les données se trouvent stratifiées selon différents degrés d'agrégations et de détails. En effet, les 500 indicateurs sources se retrouvent associés à trois piliers majeurs (environnemental, social, de gouvernance). Ensuite, chacun de ces piliers comprend entre 3 et 4 piliers mineurs ayant une thématique phare.

Pour détailler le **pilier environnemental**, on y retrouve principalement des mesures relatives à la consommation énergétique, aux différentes pollutions, à la gestion des déchets, ou encore à la conformité à des règlements environnementaux des entreprises. De manière consécutive, les risques environnementaux découlant d'une entreprise ou menaçant une entreprise sont également évalués.

Le **pilier social** permet d'avoir un aperçu sur les pratiques salariales d'une entreprise, sur les conditions d'emploi et de formations des employés, etc. Il y a aussi

Refinitiv - Description des piliers ESG

Pilier	Sous-Pilier	Définition
Environnement		
	<i>Ressource Use</i>	Ce score reflète la capacité d'une entreprise à réduire l'utilisation de matériaux, d'énergie, de ressources quelconques, et de trouver des solutions plus "eco-efficaces" en améliorant la gestion des différents niveaux de la chaîne de production.
	<i>Emissions reduction</i>	Ce score mesure l'engagement et l'efficacité d'une entreprise dans la volonté à réduire les émissions polluantes dans ses processus de production et d'exploitation.
	<i>Innovation</i>	Ce score reflète la capacité d'une entreprise à réduire les coûts environnementaux, tout en créant de nouvelles opportunités de marché grâce à de nouvelles technologies et procédés environnementaux ou produits tenant de l'éco-conception.
Social		
	<i>Workforce</i>	Ce score mesure l'efficacité d'une entreprise en termes de satisfaction au travail, de mise à disposition d'un lieu de travail sain et sûr, tout en préservant la diversité et l'égalité des chances et le développement d'opportunités pour ses employés.
	<i>Human rights</i>	Ce score mesure la conformité d'une entreprise aux conventions fondamentales des droits de l'homme.
	<i>Community</i>	Ce score mesure l'engagement de l'entreprise à être exemplaire, à protéger la santé publique et le respect de l'éthique des affaires.
	<i>Product responsibility</i>	Ce score reflète la capacité d'une entreprise à produire des biens et services de qualité, en y intégrant la santé et la sécurité du client, l'intégrité et la confidentialité des données.
Gouvernance		
	<i>Management</i>	Ce score mesure l'engagement et l'efficacité d'une entreprise à appliquer des bonnes pratiques sociales et responsables en matière de gouvernance d'entreprise.
	<i>Shareholders</i>	Ce score mesure l'efficacité d'une entreprise à traiter les actionnaires de manière égale entre eux, ainsi que la capacité à mettre en place des moyens préventifs empêchant une prise de contrôle non désirée de certains actionnaires (dispositif anti-OPA).
	<i>CSR strategy</i>	Le score CSR (corporate social responsibility) reflète la capacité d'une entreprise à intégrer les dimensions économiques (financières), sociales et environnementales dans ses décisions quotidiennes.

Created with Datawrapper

FIGURE 3 – Description des piliers ESG Refinitiv (REFINITIV, p. d.)

des points de données sur l'existence d'éventuelles controverses, scandales associés à une entreprise ou à ses partenaires. De manière plus large, il y a des points associés au caractère éthique de certains secteurs économiques.

Quant au **pilier de gouvernance**, il s'agit d'évaluer la transparence des processus décisionnels, l'aspect éthique des pratiques d'actionnariat. Il est notamment question d'évaluer les relations de pouvoir, en évaluant, par exemple, l'indépendance du conseil d'administration, les pratiques d'audit et de vérifications entreprises à l'interne, de l'implication et du pouvoir conférés aux actionnaires, etc.

Pour obtenir plus de détails, la [Figure 3](#) fournit les spécifications de chaque sous-pilier (10 au total), d'après la documentation transmise par Refinitiv (REFINITIV, p. d.).

À noter qu'il existe encore d'autres niveaux d'agrégations que ceux offerts par les 10 piliers. Par exemple, on peut retrouver le **"ESG SCORE"** qui consiste en un score global et unique qui agrège tous les indicateurs, piliers, sous-piliers.

Il y a également un score **"ESG COMBINED"**, duquel les indicateurs portant sur des controverses, scandales publics ont été soustraits.

Le dernier score s'intitule **"ESG CONTROVERSIES"** et tient compte de toutes les affaires négatives pouvant affecter une entreprise (poursuites judiciaires, amendes).

Pour clore cette section, et pour donner une perspective sur les futures analyses, il semble pertinent d'analyser uniquement les piliers / sous-piliers. En effet, il est délicat de travailler avec les 500 indicateurs originels, car de nombreuses données sont manquantes pour de nombreuses entités (notamment à des échelles géographiques réduites, comme celle de la Suisse). De plus, le format de la majorité de ces indicateurs (par ex : booléen) les rend peu intéressants à analyser de manière isolée et non-agrégée.

2.5 | INDICATEURS ESG

Afin de fournir une vision plus claire des données ESG, des exemples concrets d'indicateurs sont exposés dans les tableaux [4](#), [5](#) et [6](#).

On peut y apercevoir la pertinence de la recherche par indicateurs ESG, car on y retrouve des quantités de données très variées dans les différentes thématiques. Par exemple, dans le pilier environnemental ([Figure 4](#)), et sous pilier "Ressource Use",

[Refinitiv - Exemples d'indicateurs ESG]

	Indicator	Data Type	Units
Environmental			
Ressource Use			
	Environmental Materials Sourcing	Does the company claim to use environmental criteria (e.g., life cycle assessment) to source or eliminate materials?	Boolean Y/N
	Energy Use Total	Total direct and indirect energy consumption in gigajoules. <ul style="list-style-type: none"> the total amount of energy that has been consumed within the boundaries of the company's operations total energy use = total direct energy consumption + indirect energy consumption purchased energy and produced energy are included in total energy use 	Float Gigajoules
	Renewable Energy Supply	Total energy distributed or produced from renewable energy sources divided by the total energy distributed or produced.	Float Ratio
Emissions Reduction			
	Targets Emissions	Has the company set targets or objectives to be achieved on emission reduction?	Boolean Y/N
	CO2 Equivalent Emissions Indirect, Scope 2	Indirect of CO2 and CO2 equivalents emission in tonnes. <ul style="list-style-type: none"> indirect emissions from consumption of purchased electricity, heat or steam which occur at the facility where electricity, steam or heat is generated (scope 2 emissions) we follow green house gas (GHG) protocol for all our emission classifications by type 	Float Tonnes
	CO2 estimation method	CO2 estimate method <ul style="list-style-type: none"> carbon estimate model is structured around four models each model returns one value (reported or estimated). in the list the following are various models as below: reported / CO2 model / energy model / median model 	String String
Innovation			
	Eco-Design Products	Does the company report on specific products which are designed for reuse, recycling or the reduction of environmental impacts? <ul style="list-style-type: none"> products that have been specifically designed with the goal of being recycled, reused or which are disposed of without negatively impacting the environment 	Boolean Y/N
	Environmental R&D Expenditures	Total amount of environmental R&D costs (without clean up and remediation costs) <ul style="list-style-type: none"> in focus are the data on research & development costs for development of products and services focusing on improving the environmental impact reduction and innovation 	Money Currency
	Environmental Assets Under Mgt	Does the company report on assets under management which employ environmental screening criteria or environmental factors in the investment selection process?	Boolean Y/N

Tableau: Mathias Lauber • Source: Refinitiv • Créé avec Datawrapper

FIGURE 4 – Exemples d'indicateurs ESG : **pilier environnemental** (REFINITIV, p. d.)

[Refinitiv - Exemples d'indicateurs ESG]

	Indicator	Data Type	Units
Social			
Workforce			
	Percentage of employee turnover.		
Turnover of Employees	<ul style="list-style-type: none"> employees turnover rate= (employees leaving/average number of employees)$\times 100$ 	Float	Percentage
Salary Gap	CEO's total salary (or the highest salary) divided by average salaries and benefits.	Float	Currency
	Number of injuries and fatalities including no-lost-time injuries reported for employees relative to one million hours worked.		
Total Injury Rate Employees	<ul style="list-style-type: none"> total injury rate employees= total employees accident (number of injuries)/total employees working hours$\times 1,000,000$ employees injuries include all work-related deaths, illnesses, minor & major injuries, lost time & non-lost time accidents, medical treatment injuries (MTI), recordable incidents and commuting accidents 	Float	Rate
Human Rights			
	Does the company have a policy to avoid the use of forced labor?		
Policy Forced Labor	<ul style="list-style-type: none"> actions, programs or initiatives to avoid forced or compulsory labor for the company or its suppliers 	Boolean	Y/N
	Number of controversies published in the media linked to human rights issues.		
Human Rights Controversies	<ul style="list-style-type: none"> controversies of suppliers and contractors relating to human rights breach human rights abuses/violations are considered 	Integer	Number
	Does the company report or show to use human rights criteria in the selection or monitoring process of its suppliers or sourcing partners?		
Human Rights Contractor		Boolean	Y/N
Community			
	Is the company under the spotlight of the media because of a controversy linked to anti-competitive behaviour (e.g., anti-trust and monopoly), price-fixing or kickbacks?		
Anti-competition Controversies		Boolean	Y/N
	Number of controversies published in the media linked to tax fraud, parallel imports or money laundering.		
Tax Fraud Controversies	<ul style="list-style-type: none"> any fraudulent activities where the company tries to escape from paying taxes companies sued for not following tax laws of that particular country 	Integer	Number
	Does the company claim to follow the OECD Guidelines for Multinational Enterprises?		
OECD Guidelines for Multinational Enterprises	<ul style="list-style-type: none"> general information on OECD is not considered such as OECD guidelines for chemical testing 	Boolean	Y/N
Product Responsibility			
	Does the company have a policy to protect customer and general public privacy and integrity?		
Policy Data Privacy	<ul style="list-style-type: none"> processes or initiatives in place by which it strives to respect the privacy of the general public and of its customers in particular 	Boolean	Y/N
	Does the company claim to apply quality management systems, such as ISO 9000, Six Sigma, Lean Manufacturing, Lean Sigma, TQM or any other similar quality principles?		
Quality Mgt Systems		Boolean	Y/N
	Does the company distribute any low-priced products or services specifically designed for lower income categories (e.g., bridging the digital divide, telecommunications, low cost cars and micro-financing services)?		
Product Access Low Price	<ul style="list-style-type: none"> information on products and services which are specifically designed for low-income categories/regions/markets 	Boolean	Y/N

Tableau: Mathias Lauber • Source: Refinitiv • Créé avec Datawrapper

FIGURE 5 – Exemples d'indicateurs ESG : pilier social (REFINITIV, p. d.)

[Refinitiv - Exemples d'indicateurs ESG]

	Indicator	Data Type	Units
Governance			
Management			
	Compensation Committee Independence	Percentage of independent board members on the compensation committee as stipulated by the company.	Float Percentage
	Audit Board Committee	Does the company have an audit board committee?	Boolean Y/N
	Strictly Independent Board Members	Percentage of strictly independent board members <ul style="list-style-type: none"> (not employed by the company; not served on the board for more than ten years; not a reference shareholder with more than 5% of holdings; no cross-board membership; no recent, immediate family ties to the corporation; not accepting any compensation other than compensation for board service). 	Float Percentage
Shareholders			
	Veto Power or Golden share	Does the biggest owner (by voting power) hold the veto power or own golden shares? <ul style="list-style-type: none"> if the biggest owner or shareholder holds more than 50% of voting shares, it's a golden share multiple voting rights per share are to be considered to arrive at the percentage of voting shares 	Boolean Y/N
	Shareholder Rights Policy	Does the company have a policy for ensuring equal treatment of minority shareholders, facilitating shareholder engagement or limiting the use of anti-takeover devices?	Boolean Y/N
	Golden Parachute	Does the company have a golden parachute or other restrictive clauses related to changes of control (compensation plan for accelerated pay-out)? <ul style="list-style-type: none"> consider if a large or special severance package given to top executives for their loss of office following a change in control of the company 	Boolean Y/N
CSR Strategy			
	UNPRI Signatory	Has the company signed the United Nation Principles for Responsible Investment (UNPRI)?	Boolean Y/N
	SDG 1-17	Does the company support the UN Sustainable Development Goal 1-17 (SDG) ? - considered each SDG Goal separately	Boolean Y/N
	ESG Reporting Scope	The percentage of the company's activities covered in its Environmental and Social reporting. <ul style="list-style-type: none"> take scope as reported by the company data on the percentage of the company's activities covered in its environmental and social reporting if extra financial reporting covers all of the company's global activities, then the scope is 100% <p>if the scope is not provided, we need to determine using the priority order as follows: - (1) percentage of employees covered; - (2) percentage of revenue covered; or - (3) percentage of operations covered</p> <ul style="list-style-type: none"> when we have 2 different scopes relating to social and environmental coverage, consider the lowest value 	Float Percentage

Tableau: Mathias Lauber • Source: Refinitiv • Créé avec Datawrapper

FIGURE 6 – Exemples d'indicateurs ESG : **pilier gouvernance** (REFINITIV, p. d.)

on retrouve un indicateur permettant de discriminer les entreprises parmi celles qui possèdent des protocoles responsables dans l'approvisionnement et l'élimination des matériaux. Il est aussi question de quantifier la consommation totale et indirecte d'énergie dans les opérations de l'entreprise, avec pour unité le Gigajoule. Finalement, un dernier exemple expose le ratio d'énergie renouvelable consommée par l'entreprise. Avec ces trois premiers exemples, on obtient déjà beaucoup d'informations appartenant à l'écologie et au métabolisme industriel des entreprises. Grâce à cette méthodologie, on peut donc véritablement comparer les meilleures pratiques adoptées, ou non, par certaines entreprises. Il faut cependant garder quelques réserves quant à ces données. En effet, il peut être difficile de comparer des entreprises de différents secteurs économiques entre elles, ou de différentes zones administratives, soumises à des cadres légaux différents. Un autre exemple de précaution à prendre, concerne les données d'émissions et d'énergie, il reste important de définir leur "Scope" et le protocole dans lequel ces montants sont comptabilisés (soit quels sont les opérations de l'entreprise comptabilisées ou non pour caractériser le montant d'émission). Justement, la méthode d'estimation des émissions CO₂ constitue un autre indicateur que l'on retrouve dans le sous-pilier "**Emissions Reduction**", dans la [Figure 4](#).

Aperçu et résumé des données

Cette [Figure 7](#) est un aperçu de la distribution des données des quatre piliers principaux ESG. On y voit que les scores environnementaux sont moins élevés que les autres. Un tableau complet avec tous les sous-piliers est disponible en annexe [Annexe C](#) (p. 91).

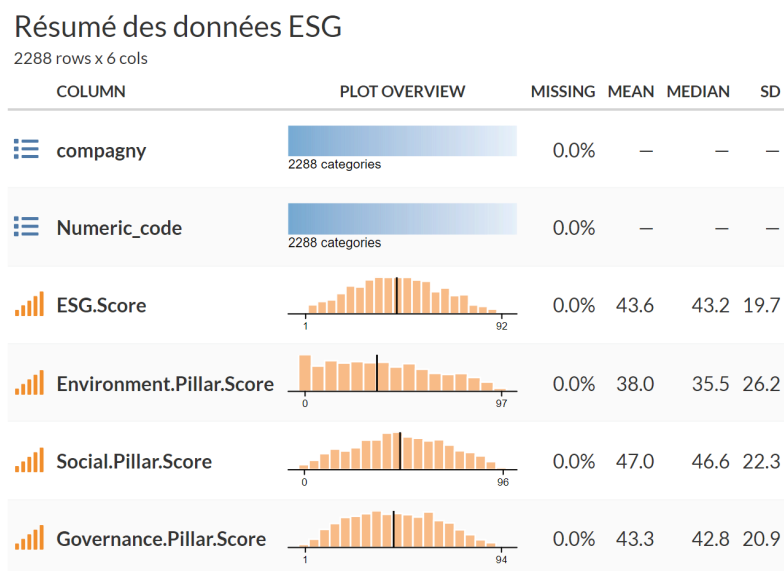


FIGURE 7 – Résumé des quatre piliers ESG pour l'Europe

2.6 | SYSTÈMES D'INDICATEURS

Comme nous l'avons vu avec les données ESG Refnitiv, il y a souvent des centaines d'indicateurs à disposition pour analyser une thématique. Pour organiser le contenu et le rendre intelligible, il est souvent question d'extraire des indicateurs spécifiques, ou de les agréger. Le but est simple, il s'agit généralement de compresser l'information pour en retirer quelques patterns explicatifs.

Dans le framework Refnitiv, les indicateurs bruts (plus de 500) sont également agrégés, sous forme de piliers, sous-piliers. Or, il existe de nombreux systèmes d'indicateurs différents, utilisant des méthodes d'extraction, d'agrégation différentes. Ici, on présentera quelques exemples et méthodes, parmi les plus répandues.

Sustainable Development Goals

Dans le domaine de la durabilité, il existe de très nombreux systèmes d'indicateurs, dont certains sont devenus incontournables. On peut citer les 17 **"sustainable development goals"** (UNITED NATIONS, p. d.-a) qui est un framework orienté par objectif (ex : énergie propre et bon marché, zéro pauvreté, etc.). Ce système d'indicateurs trie des entités administratives entre elles, que ce soit des villes ou des pays. Cela permet créer des classements des meilleures villes, pays. La classification se fait par une méthodologie de tri par "rang centile" et par poids. C'est-à-dire que tous les indicateurs n'ont pas le même poids pour constituer le score d'un objectif. Quant au rang centile, cela signifie aussi que les données sont distribuées de manière ascendante, et qu'on les divise en 100 parties égales. On dispose ensuite de leur position dans une borne comprise entre 0 et 100.

En ce qui concerne la mise en classe, dans le cas des SDG, une entité se positionnant dans le 25 % des meilleurs performeurs aura atteint le code couleur vert "SDG achievement". Les autres niveaux étant "Challenges remain"; "Significant challenges remain"; "Major challenges remain". On peut en avoir un exemple avec la Figure 8 :

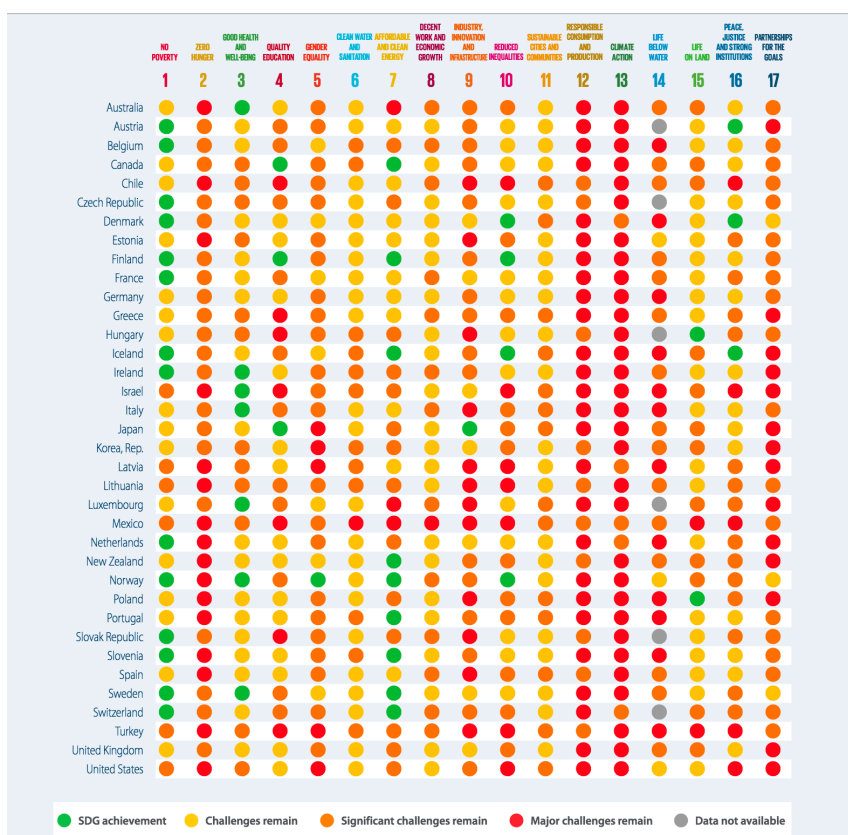


FIGURE 8 – SDG score ranking (UNITED NATIONS, p. d.-a)

Nous verrons par la suite que ce système est assez proche de celui des scores ESG de Refinitiv. On peut y déceler plusieurs **avantages** :

- Le cadre de notation est clair et concis
- La méthode de classement par rang centile est simple et compréhensible
- Les données sont classées entre 0 et 100 et suivent une distribution normale
- Cela permet de comparer différentes données, type d'unités entre elles

Par contre, un **désavantage** majeur est que l'on atténue les valeurs extrêmes, qu'elles soient faibles ou hautes, puisqu'il s'agit d'un classement par position. À noter qu'il existe un système suisse d'indicateurs, qui a été adapté aux objectifs des SDG, et qui se nomme "Cercle d'indicateurs Monet", dirigé par l'Office Fédéral de la Statistique (CERCLE MONET OFS, [p. d.](#), BOESCH, 2014).

Méthodes de classement

Prenons un exemple : une liste comprenant n entreprises, qui possèdent des valeurs de performance pour un set de cinq indicateurs (qui ont des unités, échelles différentes), comme visible en [Tableau 1](#). Le but est de les classer ces entités. Il existe une infinité de possibilités pour y parvenir. Allant de l'outil le plus simple au plus complexe. Ici, et, pour rester en lien avec la méthode utilisée par le fournisseur Refinitiv, des méthodes relativement simples seront présentées.

D'abord, admettons un tableau avec une liste d'indicateurs sur les lignes et des entités (entreprises) par colonne :

Pilier	Indicateur	Entreprise					Poids
		A	B	C	D	D	
environnement	A	....	....	....	....	....	0.3
	B	....	....	....	....	....	0.2
social	C	....	....	....	....	....	0.05
gouvernance	D	....	....	....	....	....	0.4
	E	....	....	....	....	....	0.05
Score final agrégé	Σ	x	x	x	x	x	1

TABLE 1 – Exemple d'indicateurs agrégés et additionnés

$$\text{score} = \frac{\text{no. of companies with a worse value} + \frac{\text{no. of companies with same value}}{2}}{\text{no. of companies with a value}} \quad (1)$$

FIGURE 9 – Rang centile Refinitiv (REFINITIV, p. d.)

$$\begin{aligned} \uparrow: & \text{actual value} - \text{mean value}/\text{standard deviation} \\ \downarrow: & -(\text{actual value} - \text{mean value}/\text{standard deviation}) \end{aligned} \quad (2)$$

FIGURE 10 – Standard deviation from the mean (EUROPEAN COMMISSION et al., 2008)

$$\begin{aligned} \uparrow: & 100(\text{actual value} / \text{best value}) \\ \downarrow: & 100(\text{best value} / \text{actual value}) \end{aligned} \quad (3)$$

FIGURE 11 – Distance from group leader (EUROPEAN COMMISSION et al., 2008)

$$100\left(\frac{\text{actual value} - \text{worst value}}{\text{best value} - \text{worst value}}\right) \quad (4)$$

FIGURE 12 – Distance from the best and worst performers (EUROPEAN COMMISSION et al., 2008)

$$I_j = \sum_{i=1}^n w_i \cdot p_{ij} \quad (5)$$

FIGURE 13 – Méthode de la somme des poids (EUROPEAN COMMISSION et al., 2008)

On peut détailler l'équation comme suivant :

I_j : Score final pour l'entreprise

$\sum_{i=1}^n$: Somme des valeurs pondérées normalisées pour tous les indicateurs

w_i : l'éventuel poids donné à l'indicateur

p_{ij} : le score pour l'acteur j et une variable i

Afin d'obtenir les scores X agrégés du tableau, on peut utiliser les équations équivalentes 2, 3 et 4 : On voit, grâce aux Équation 2, 3, 4, trois façons différentes de traiter les indicateurs visibles dans le Tableau 1. À noter que l'Équation 1 de Refinitiv ne peut être utilisée telle quelle et sera détaillée plus tard (il est nécessaire de pré-formater les données). Le but, avec ces formules, est d'agréger les données dans un score unique, afin de les comparer.

Il y a systématiquement **trois étapes** :

1. Standardiser les scores de performances (Équation 2 ou 3 ou 4)
2. Multiplier les scores par leurs poids respectifs (Équation 5)
3. Additionner les scores (Équation 5)

L'étape (1) est réalisé grâce avec une des formules décrite (Équation 2, 3, 4). L'étape (2) et (3) grâce à la Équation 5. Parfois, la formule est déclinée en deux variantes, avec deux flèches \uparrow ou \downarrow . Il faut simplement prendre une formule ou l'autre, en fonction de la polarité de l'indicateur. La polarité désigne la tendance désirée de l'évolution de l'indicateur. Typiquement, pour un indicateur d'émissions de CO_2 , on souhaiterait une évolution à la baisse \downarrow . Au contraire, concernant la proportion d'énergie renouvelable, on souhaiterait une évolution à la hausse \uparrow .

Concernant les trois formules de standardisation, elles proposent des solutions différentes. L'Équation 2, consiste en une déviation standardisée par rapport à la moyenne. Les scores finaux $\sum_1 = X$ des entreprises seront distribués autour de zéro. Des valeurs légèrement positives pour les meilleures entreprises et négatives pour les entreprises moins performantes. Dans le calcul impliquant l'Équation 3 ou 4, les scores $\sum_1 = X$ finaux d'entreprises seront forcément des nombres entiers positifs.

Quant à l'Équation 1 du rang centile de Refinitiv, elle diffère des trois autres puisqu'il s'agit simplement d'un classement par rapport au rang. Aucun calcul n'est fait sur les valeurs, contrairement aux autres équations proposées. Il y a cependant des exceptions, Refinitiv corrige les valeurs avant de les classer avec la formule du rang centile. Typiquement pour les données d'émissions CO_2 , elles sont relativisées par les "net sales" de l'entreprise et le nombre d'employés. Ensuite, elles sont classées selon l'Équation 1, au sein de chaque secteur économique (cela évite de comparer le secteur tertiaire avec des activités industrielles, par exemple).

Globalement, en fonction de la formule choisie, les classements des entreprises risquent de varier. Par exemple, l'équation 2 est une standardisation par rapport à la moyenne. Les valeurs extrêmes risquent d'avoir un impact considérable sur la moyenne. Au contraire, la méthode Refinitiv du "Rang centile" se base sur un classement par positionnement, et les valeurs extrêmes du jeu de données important peu et ne ressortiront pas dans l'analyse. De même, par construction, l'Équation 4 "Distance from best/worst performers" est sévère avec l'entreprise ayant quelques mauvais scores (l'entreprise ayant le pire score sur un indicateur obtient un score de 0).

Un dernier inconvénient majeur, autant avec Refinitiv que les autres formules, est l'équilibre des

indicateurs entre eux. En effet, si un score est mauvais, il sera compensé par d'autres. L'attribution de poids permet d'atténuer un peu le phénomène en donnant de l'importance à certaines métriques clés.

Pondération des indicateurs

Comme nous l'avons vu avec l'Équation 5, et le Tableau 1, il est possible d'attribuer des poids aux indicateurs, aux piliers ou sous-piliers. Les possibilités sont nombreuses. Dans le cas des données ESG, et pour constituer les piliers ESG majeurs (ESG score global, pilier environnement, social et de gouvernance), les poids varient d'un secteur économique à l'autre (REFINITIV, p. d.). Cela est essentiel. Par exemple, le pilier environnemental n'est sûrement pas prioritaire auprès d'une entreprise de télécommunication, contrairement à une entreprise industrielle. Comme les matrices de poids sont multiples et à géométrie variable chez Refinitiv (fonction du secteur économique, du pilier d'intérêt), cela ne servirait pas la démonstration de les exposer ici.

Néanmoins, un bon exemple de pondération se trouve dans un autre système : *EPI | Environmental Performance Index* élaboré par WOLF et al. (2022). Ce système classe des pays selon leurs données environnementales. Le framework comprend 40 indicateurs distribués dans 11 thèmes, eux-mêmes intégrés dans 3 objectifs centraux. Les poids à chaque niveau sont montrés comme pourcentage du score total. La Figure 14 permet de visualiser cela.

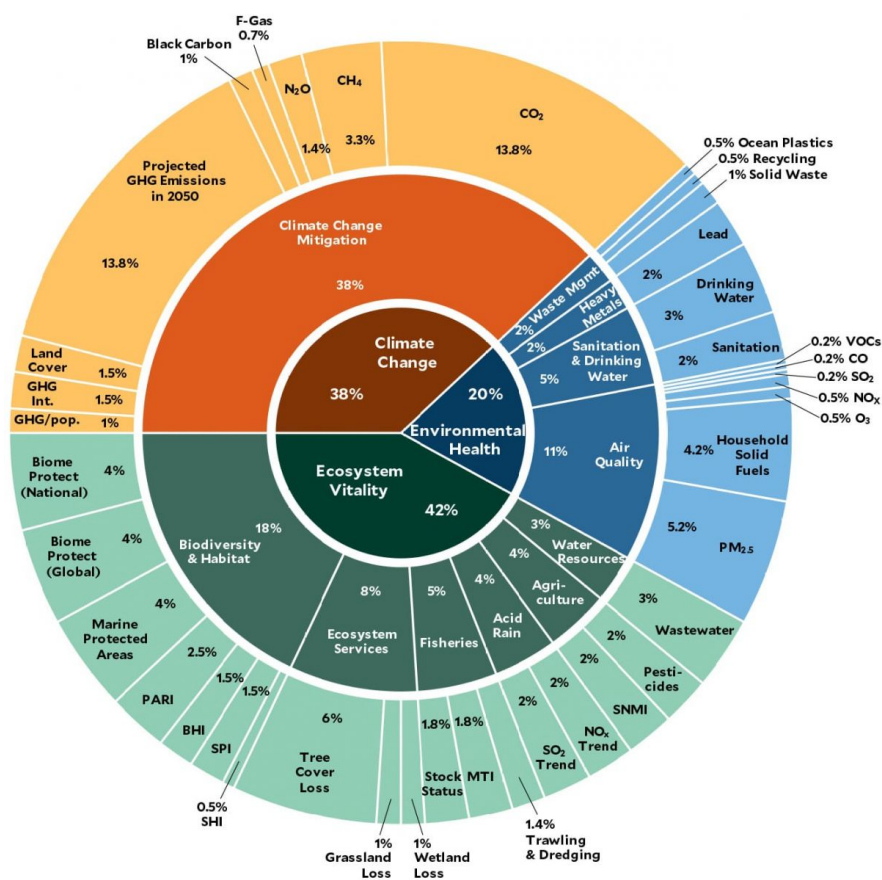


FIGURE 14 – Framework EPI (WOLF et al., 2022)

Le point central avec ces poids est **l'intention de l'auteur** qui les détermine. Dans le cas du framework EPI, on remarque que l'emphase est mis sur l'aspect physique de la durabilité environnementale. En effet, les écosystèmes en vert et les changements climatiques en orange récolte davantage de poids. Tandis que l'aspect santé et environnement (bleu) lié aux impacts sur l'homme est marginalisé.

Dans le cas des données ESG, certains frameworks attribuent davantage de pondération à un pilier plutôt qu'à un autre, lorsqu'ils constituent l'indicateur ESG Global. Et au sein d'un même fournisseur de données, comme c'est le cas de Refinitiv, les piliers environnementaux obtiennent de grosses pondérations dans les secteurs primaires, contrairement aux secteurs tertiaires. Cela peut être ambigu pour les entreprises du secteur financier, car, comme nous l'avons vu en introduction, leur impact indirect (de par leurs financements), peut largement contribuer à des émissions carbonées. Néanmoins, cette dimension est absente des scores ESG que nous analyserons.

3 | REVUE DE LA LITTÉRATURE

3 | REVUE DE LA LITTÉRATURE

3.1 | HISTOIRE DE LA THÉMATIQUE ESG

L'acronyme ESG définit des critères environnementaux, sociaux et de gouvernance permettant de caractériser les performances des entreprises dans ces trois thématiques. L'intérêt est de pouvoir générer des benchmarks et de classer les entreprises entre elles. En bref, de distinguer les meilleurs et pires acteurs entre eux. Ce système permet aussi de suivre l'évolution des scores de chaque acteur.

La volonté de créer un système, permettant de rendre transparents les agissements des entreprises, remonte aux années 1970, et est parallèle à l'essor des sciences environnementales de cette époque.

On retrouve, par exemple, le livre « **Silent Spring** » (CARSON, 1962), qui entreprend, notamment, de documenter et de dénoncer les pratiques non-responsables d'entreprises, par exemple, au niveau des rejets de polluants, de marketing trompeur de leurs impacts, etc. L'élan initial était lancé : il s'agit de lier les entreprises et leurs pratiques pouvant être dommageables pour l'environnement et la société.

Il faut remettre cela dans le contexte des années 1970, qui, en parallèle d'un développement économique exceptionnel, a aussi abrité de premières contestations structurelles, très bien documentées par les auteurs précurseurs des idées de **développement durable**, notamment. on peut notamment citer le groupe de réflexion "club de Rome", ou les recherches des auteurs suivants, que l'on classe de façon thématique :

- *Critique écologique* :
Meadows (Limites à la croissance, 1972); Carson (Pesticides, 1962);
- *Critique de la croissance* :
Georgescu-Roegen (entropie, 1971); Sachs (éco-développement, 1981); Galbraith (orthodoxie et libéralisme, 1985-1989); Ehrlich & Holdren (per capita Impact, 1971); Daly (durabilité forte, 1995)
- *Critique de la technique, industrie* :
Ellul (limite technique, 1954); Illich (modèle industriel, 1971-1985)

Une autre étape importante dans la reconnaissance du lien entre finance, économie et environnement, a été franchie en 1992, lorsque les Nations Unies (UN) ont émis la **Déclaration des institutions financières sur l'environnement et le développement durable** par leur UNEP FI, soit United Nations environment programme : finance initiative (FI, 2022). En signant la déclaration, les institutions financières reconnaissent **le rôle et leur volonté à intégrer des considérations sociales et environ-**

nementales dans leurs opérations. Parmi leurs membres, on compte des acteurs de l'industrie bancaire, des assurances et de l'investissement (CARBONVIEW, 2022).

Cependant, on trouve un framework avec une notation à trois piliers que bien plus tard. En effet, l'auteur John Elkington, formé en études de sociologie, psychologie sociale, puis, en aménagement urbain et régional, introduit le concept de « **Triple Bottom Line** » en 1994 (SITNIKOV, 2013). Il s'agit d'un framework affirmant qu'une entreprise devrait mesurer son impact social et environnemental, au lieu de se contenter de la mesure unique de **performance financière : la "bottom line"** qui est le revenu net d'une entreprise dans son rapport financier. Ce framework précurseur consiste en trois piliers (**Profit, People, Planet**) qui ressemble déjà étonnamment à la vision intégrative de l'investissement responsable.

Le terme ESG n'apparaît que dans l'année **2006** dans le rapport "**The Who cares win**", coordonné par les Nations Unies, rédigé à l'initiative d'institutions financières, nommé *United Nation's Principles for Responsible Investment "PRI"*, qui est une organisation sœur de UNEP FI (ATKINS, 2022). Le rapport est disponible ici¹. La publication de ce rapport a débouché sur une conférence avec certaines parties prenantes du milieu (dont on retrouve la liste ici². Les buts de la conférence étaient les suivants (FMI, 2005) :

1. *To review progress made in **implementing the recommendations of Who Cares Wins by financial market actors***
2. *To take stock and learn from the many initiatives (both individual and collaborative ones) launched since the release of Who Cares Wins*
3. *To foster a dialogue between important actors, such as institutional investors and fund managers, buy-side and sell-side research analysts, investment consultants and their clients, specialised investment managers and global houses*
4. **To identify key obstacles for a better integration of environmental, social and corporate governance factors in investment, and how they can be overcome**
5. *To improve the consistency of the message that involved institutions are sending to financial markets, and agree on a continued debate on these issues*
6. *To explore new emerging **issues in the ESG field***

Les principales préoccupations lors des discussions (FMI, 2005) tenaient au rôle annexe que portaient les données ESG dans le monde de l'investissement. Il a été question de discuter des problèmes liés à son intégration, d'évaluer sa pertinence et sa pérennité dans le temps (Une crainte citée dans le rapport consiste à se demander si l'intégration ESG va devenir un courant dominant, ou "être écartée par des investisseurs institutionnels d'importance non intéressés"?)

1. (FMI, 2005) [lien vers le rapport](#)

2. (FMI, 2005) [lien vers la liste des participants](#)

Il était aussi question de discuter l'intégrité et la consistance des données disponibles à cette époque pour les analystes et de gestionnaires de fonds. En bref, d'un commun accord entre les participants, il est apparu qu'il était nécessaire de suivre l'évolution d'une compagnie par des critères ESG, et ce, sur le long-terme (FMI, 2005). Selon les participants, il en va même de la **Responsabilité fiduciaire** d'intégrer ces critères ESG. Ce **fiduciary duty** est très important, car il oblige l'investisseur à agir d'une façon qui profite à ses bénéficiaires (financièrement parlant). En bref, le fiduciaire doit assurer qu'il agit pour un meilleur profit, et, face aux risques environnementaux et aux externalités, il a semblé que l'intégration des critères ESG était une façon de répondre à ce *fiduciary duty*, dans une vision sur le long terme.

Malgré tout, et selon CRUGNOLA-HUMBERT, 2021, l'argument du **fiduciary duty** est également utilisé par les investisseurs moins portés sur les questions d'investissement écologique/responsable. L'investisseur préfère, à court terme, ne pas intégrer de dimensions environnementales dans ses prises de position, car cela ne rentre pas dans son cahier des charges, et n'assure pas directement de plus-value. Il accentue le fait qu'il risquerait même qu'on lui reproche sa prise en compte environnementale en cas de mauvais bilan financier.

Pour conclure, depuis l'année 2006, la thématique ESG a gagné en importance. En ce qui concerne l'organisation PRI (Principle for responsible Investment), le décompte de ses signataires autour de ses 6 principes d'investissement responsable (dont la prise en compte ESG) a grandement augmenté, de pair avec la somme des actifs sous gestion de ses signataires, visible dans la Figure 15.

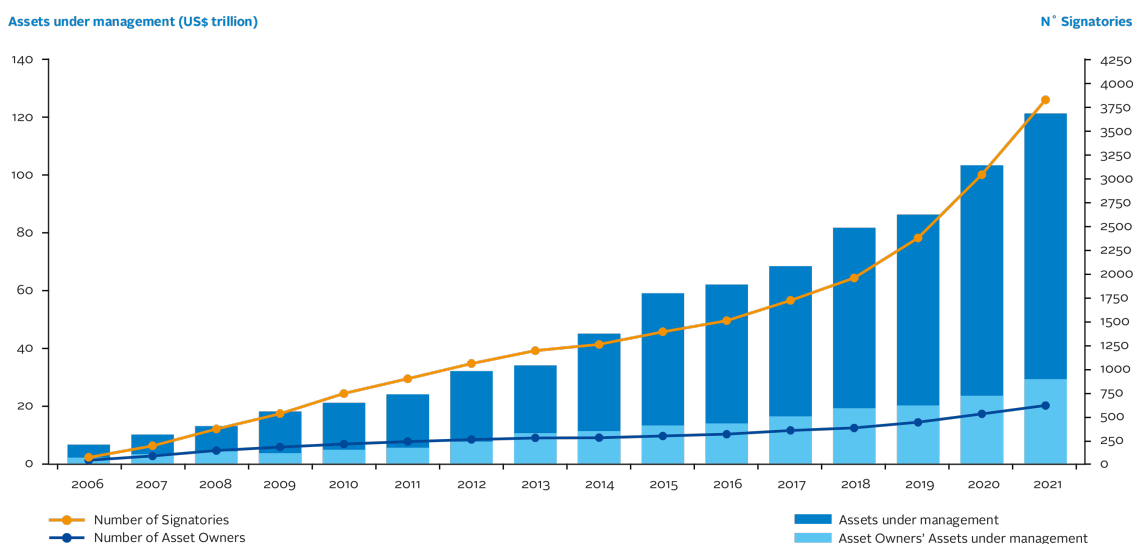


FIGURE 15 – PRI : croissance 2006-2021 (ATKINS, 2022)

3.2 | RECHERCHE ACADÉMIQUE ET DONNÉES ESG

Globalement, les études utilisant des données ESG se situent plutôt dans le secteur financier. La préoccupation majeure est de déterminer si de bonnes notations ESG, influent positivement sur la performance d'une entreprise.

Cela concerne autant les régions d'Europe, notamment la Suisse, la Suède, mais également des pays à travers le globe tels que le Pakistan, l'Inde, la Chine. On peut citer les travaux des auteurs suivants : DENG et CHENG, 2019 ; HONGMING et al., 2020 ; JHA et RANGARAJAN, 2020 ; PHAM et al., 2021 ; PHAN et al., 2020 ; SAHUT et PASQUINI-DESCOMBES, 2013.

Malheureusement, ces papiers ne sont pas utiles pour notre recherche, mais renseignent sur l'utilisation privilégiée de ces données.

3.3 | PERTINENCE DE LA RECHERCHE

Le fait que les données ESG soient rarement étudiées dans des dimensions spatiales et géographiques est surprenant. Il existe toutefois un domaine assez récent nommé "**Spatial Finance**", qui utilise les outils d'informations géographiques pour étudier de nombreuses thématiques en lien avec la finance. On peut citer le rapport conjoint WWF et de la banque mondiale à ce sujet (WWF, p. d.).

On peut donner l'exemple du suivi par image satellite de certaines entreprises industrielles à travers le globe, dans le but d'évaluer leur risque environnemental, et donc financier, auxquels elles sont exposées, en lien avec leur localisation spatiale.

La recherche qui sera menée dans ce papier, sur la distribution des pratiques ESG en Europe, pourrait s'inscrire dans ce courant et montre que les outils SIG deviennent pertinents.

3.4 | GUIDE DE L'INVESTISSEMENT DURABLE

Dès que les entreprises ont divulgué leurs informations, et qu'elles ont été converties en critères ESG par les compagnies d'analyse financière, les investisseurs les utilisent comme outil d'aide à la décision. Afin de comprendre où se placent les scores ESG dans le spectre des pratiques d'investissement durables, voici la [Figure 16](#) transmise par GRATCHEVA et al. (2021) :

Il y a un gradient partant de la gauche, qui évalue l'ambition et l'impact des pratiques d'investissements. Cela part du "*negative screening*", soit de critères d'exclusion (secteurs d'activités, entreprise spécifique), jusqu'au "*impact investing*", qui permet de financer des activités d'intérêt écologique direct. À noter, ce tableau n'est pas exhaustif, et qu'il existe d'autres portes d'investissement, respectant des principes associés à une durabilité plus ou moins faible ou forte.

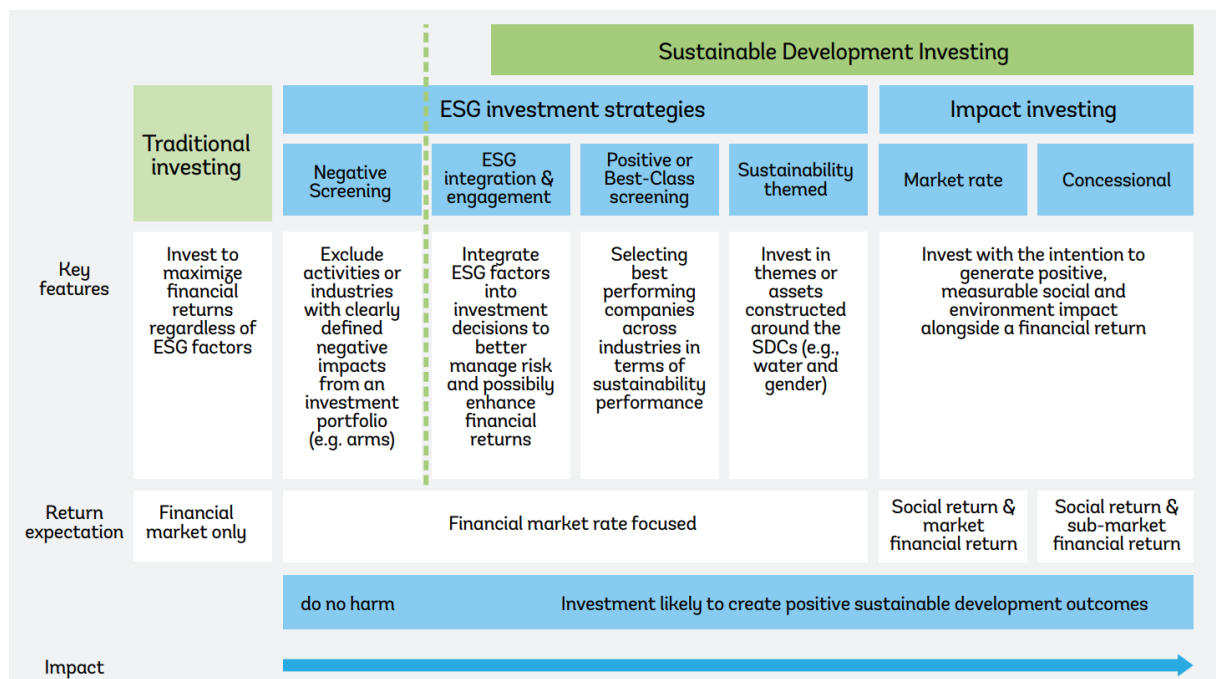


FIGURE 16 – Spectre de l'investissement responsable (GRATCHEVA et al., 2021)

3.5 | CRITIQUES ET CONTROVERSES AUTOUR DES DONNÉES ESG

Plusieurs critiques peuvent s'élever, tant dans la production des données ESG, ou simplement dans leur pertinence intrinsèque et le rôle qu'elles peuvent prendre dans des phénomènes de greenwashing. La discussion sera plutôt centrée autour du premier point.

Les notations ESG varient passablement d'un fournisseur d'accès à l'autre, comme l'indique MAYOR (2022). Cela est dû à plusieurs raisons, évoquées dans l'article « Aggregate Confusion » (BERG et al., 2019) :

- il y a des divergences dans le choix et la portée des indicateurs (typiquement la portée des émissions, la prise en compte ou non de controverses touchant une entreprise, etc.)
- il y a des divergences dans la pondération des indicateurs sources. Ils forment ensuite des piliers (environnement, social, gouvernance), qui, eux-mêmes, n'ont pas la même pondération dans l'élaboration d'un score ESG global.
- même quand la thématique d'un indicateur est identique, la prise de mesure diverge (typiquement il y a plusieurs façons de quantifier le bien-être des employés, que ce soit par le taux de remplacement annuel de la main d'œuvre, par la longévité moyenne d'un employé, etc.)

Cependant ce constat ne marque pas l'absence totale de cohérence dans les scores ESG de différents fournisseurs de données. BERG et al. (2019) ont étudié plusieurs indicateurs sources, provenant de plusieurs fournisseurs. Ils observent évidemment des divergences dans les notations pour les mêmes entreprises. Cependant, en appliquant une nouvelle catégorisation commune à partir des indicateurs sources, il est possible de réestimer des scores ESG qui concordent entre les

différents fournisseurs de données.

Ils apportent aussi un constat intéressant qui sera également présent dans les analyses de cette recherche : *Les scores ESG d'une entreprise tendent à se ressembler d'un pilier à l'autre*. Autrement dit, si l'on performe bien dans le secteur environnement, ce sera probablement le cas dans les secteurs sociaux, et de gouvernance. De même, si l'on performe bien dans un des sous-piliers environnementaux, ce sera le cas dans les autres sous-piliers environnementaux.

Il existe également des problématiques de **transparence et temporalité**. Comme OGLETREE (2021) l'avance, il y a un certain délai entre la comptabilité de l'entreprise et la transmission des données. Un autre point délicat, qui concerne directement le fournisseur de données "Refinitiv", utilisé dans ce travail, est développé par BERG et al. (2020). Il apparaît que l'historique des scores d'entreprises publiés par Refinitiv sont constamment mis à jour, et cela affecte grandement la variabilité des scores. Il y a donc des études réalisées avec des données qui ne sont plus actuelles, voire erronées, car rectifiées depuis.

En ce qui concerne **la récolte des données**, elle se fait grâce aux publications publiques des entreprises, auprès des ONG, ou simplement dans les questionnaires envoyés aux entreprises. Il y a un manque d'audit pour ces données, sur lesquelles différents protocoles de mesures peuvent être appliqués. DEL GIUDICE et RIGAMONTI (2020) dans leur recherche (« Does Audit Improve the Quality of ESG Scores? »), montrent que les données de compagnies ayant été auditées par une partie tierce augmentent la stabilité des scores ESG qui seront calculés. Pour les entreprises ne faisant pas d'audit, il arrive que leurs scores ESG soient revus à la baisse, typiquement s'il y a un scandale lié à l'entreprise, et que des précisions sur les données sont immanquables les années suivantes. Ce scénario n'existe pas pour les entreprises auditées, en cas de scandale, les scores ESG restent stables et transparents, car les données transmises en premier lieu l'étaient également.

Une autre critique qui pourrait être émise tient dans le fait que les données ESG et leur intégration dans l'investissement ne représente pas l'outil au **potentiel d'impact climatique le plus important**. Selon KAISER et OEHRI, 2020, dans le rapport *Vue d'ensemble de l'impact climatique des mesures mises en œuvre par les acteurs financiers*, commandé par l'OFEV, l'intégration des notes ESG d'entreprises constitue uniquement un potentiel d'impact climatique qualifié de **possible**. (parmi les réponses suivantes : potentiel improbable, possible, existant).

3.6 | AUTOCORRÉLATION SPATIALE AVEC DONNÉES ESG

"everything is related to everything else, but near things are more related than distant things"

TOBLER (1970)

L'analyse des données ESG avec l'outil d'autocorrélation spatiale s'inspire de la citation en prélude que l'on attribue à Waldo Tobler (TOBLER, 1970), ici discutée dans l'article de MILLER (2004) « Tobler's First Law and Spatial Analysis ».

L'idée de la recherche qui sera conduite est de vérifier si les notations ESG des entreprises sont similaires ou non lorsqu'elles sont proches spatialement. On peut se demander si la proximité est un facteur déterminant dans le cas des notations ESG : existe-t-il des clusters/patterns spatiaux ? Rappelons que la phrase de Tobler s'inscrit dans le contexte du XX^e siècle et il existe des configurations spatiales et sociétales, dans lesquelles, cette loi ne tient plus totalement, selon WESTLUND, 2013.

En effet, le concept que Waldo Tobler décrit trouve sa justesse dans la nature des liens sociaux et économiques observés jusqu'au XX^e siècle. Selon WESTLUND (2013), cette idée s'applique très bien lorsque l'on considère des acteurs économiques de l'ère industrielle, qui se retrouvent dispersés, ou, a contrario, agrégés. D'ailleurs, tout un pan de la géographie humaine se consacrait à étudier/prédire la répartition des agents économiques dans l'espace (cercles concentriques de Von Thünen, le modèle des lieux centraux de Christaller Lösch, par exemple), ayant la **notion de proximité/éloignement comme critère central**.

À juste titre, historiquement, la distribution spatiale des acteurs économiques suivait des considérations purement liées aux conditions de coûts de transport en termes de temps et de distance, mais également en termes de proximité du capital intellectuel humain, difficilement transportable dans cette époque antérieure à l'avènement du digital WESTLUND (2013). On pouvait donc évaluer, comme le fait Waldo Tobler, que ce qui se ressemblait, s'assemblait. Dans ce modèle historique, il ne serait pas aberrant d'extrapoler que les pratiques ESG seraient partitionnées dans l'espace, car les acteurs ayant de bonnes pratiques en influenceraient d'autres par proximité spatiale.

Or, la tendance des 70 dernières années repose sur une refonte de la mobilité, des flux d'informations et des capitaux et donc de l'organisation du territoire : il ne serait pas étonnant que les "bonnes pratiques économiques", telles que décrites par les données ESG, soient distribuées spatialement sans ordre apparent, et donc de manière **aléatoire**, sans qu'il y ait forcément un facteur de proximité et la présence de clusters spatiaux.

De manière générale, WESTLUND (2013) reconnaît **trois cas de figure** dans lesquels, la proximité n'in-

duit pas de ressemblance, et invalide la première loi de la géographie :

1. s'il y a une des **barrières, frontières**, qu'elles soient naturelles, administratives ou culturelles, etc. Par exemple, des cadres législatifs relatifs à deux pays voisins risquent de limiter, accentuer les pratiques environnementales vertueuses de deux entreprises proches spatialement.
2. **les espaces dits hiérarchiques et les réseaux**. La diffusion se fait de manière privilégiée par les acteurs d'un réseau ayant de forts liens contigus. Typiquement, des entreprises affiliées à un groupe peuvent partager des pratiques environnementales vertueuses, sans aucun lien de proximité physique.
3. **les réseaux sociaux et l'interconnectivité** Actuellement, le lien physique n'a plus obligation d'être un lien proche. Des acteurs éloignés restent en lien, malgré la distance, grâce au changement de paradigme technologique. Cela invalide en partie la première loi de Tolber, dont la distance est remplacée par l'importance des connexions dans un réseau. La phrase devient donc, selon WESTLUND, 2013 :

«Everything is connected to everything else, but things more closely connected [in network space] are more related – and geography may well be irrelevant.»

Consécutivement, on peut donc s'interroger sur le lien entre proximité spatiale et adoption de comportements environnementaux vertueux. Comme nous l'avons vu, il est possible que des acteurs proches spatialement n'aient absolument aucune ressemblance entre eux, selon **les trois limites** évoquées par WESTLUND, 2013. On peut donc imaginer que des partenaires économiques se situent à distance dans le réseau d'une économie mondialisée. Cela induirait que les entreprises ESG leaders en termes de prise en compte des enjeux environnementaux ne s'influenceraient pas forcément par simple proximité spatiale. On pourrait également imaginer des entreprises réparties à l'international, mais appartenant au même groupe commercial, ce qui leur conférerait des pratiques environnementales excellentes valant de hauts scores ESG, sans que la proximité géographique en soit la cause. Dans ce cas, il serait bien compliqué de définir quelles aires géographiques forment des clusters en termes de pratiques ESG. **La répartition de ces scores tiendrait de l'aléatoire et aucun pattern ne ressortirait.** En prenant ces considérations et réserves évoquées, l'approche par autocorrélation spatiale semble peu pertinente. En effet, l'économie globalisée n'exige plus une certaine proximité historique des acteurs économiques, et de certaines pratiques, etc. Cependant, des éléments pondèrent ce constat et démontrent qu'il subsiste des liens de proximité importants au XXI^e siècle.

En effet, dans l'organisation des activités humaines, la proximité reste souvent vérifiée et même recherchée. Premièrement, certaines localisations importantes dans le tissu économiques de l'ère industrielle restent toujours des lieux importants et prisés (WESTLUND, 2013). Il y a également de nouveaux pôles attractifs qui prennent place.

Selon WESTLUND, 2013, la Silicon Valley représente un bon exemple, puisqu'il s'agit d'un cluster d'entreprises ayant des traits communs sur le trait de l'innovation, du digital, etc. Il en va de même

Répartition
aléatoire
des scores
ESG ?

avec de nombreuses villes mondiales dont certains quartiers sont spécialisés dans des secteurs économiques précis (City de Londres, par ex.).

Ce type de regroupement spatial s'explique dans la littérature en géographie économique par le concept **d'économie d'échelle**. Bien que ce terme soit surtout connu dans sa dimension interne à l'entreprise, avec l'exemple historique de la vision du travail dans la manufacture d'épingle ("La richesse des Nations", Adam Smith (1776)), on peut aussi l'appliquer à l'échelle géographique d'une agglomération, d'un pays, etc. Dans ce cas, les entreprises recherchent des avantages par une localisation avantageuse, et ce, de manière historique, avec notamment le critère proximité/coût/-distance. Dans le "*Rapport sur le développement dans le monde*", on trouve des explications complètes sur les économies d'échelle et leur rôle structurant de nos jours, affirmant une certaine persistance de la proximité dans l'organisation du tissu économique.

Parmi les 12 différents types d'économie d'échelle (Figure 17), certains semblent être encore d'actualité, tandis que d'autres peuvent sembler plus obsolètes et relevant des siècles antérieurs au XXI siècle. Pour reprendre l'exemple de la Silicon Valley et de l'implantation d'entreprises au profil similaire, un élément explicatif peut se trouver dans le point 8. Les clusters d'entreprises ayant une réputation "**innovante**" sont une chose courante. Ce phénomène est parfois accru par la présence de zones franche (**free trade zone**), ou d'éléments historiques qui créent **une dépendance du chemin** dans la localisation d'un "profil type" d'entreprise. De plus, certaines zones concentrent souvent une main d'œuvre qualifiée facilement employable dans un tissu économique serré et similaire (point 9). Finalement, on pourrait aussi invoquer, entre autres, le point 11, qui statue sur la création de lieux centraux qui tendent à créer un cercle d'influence vertueux, en accaparant des moyens de production, attirant la main d'œuvre, créant des capitaux, attirant les investisseurs et partenaires économiques, et ainsi de suite.

À noter, que certains de ces points s'appliquent de manière moins évidente à certaines zones géographiques, secteurs économiques ou certaines entreprises. Typiquement, les questions de partage du coût de l'infrastructure (point 12.) touchent probablement moins des zones marquées par des entreprises du secteur tertiaire ayant des besoins énergétiques, logistiques moindres.

Un dernier point intéressant (BIRD, 2009) tient dans la synergie inter-acteurs dans le tissu économique. Dans la littérature, il a souvent été question de compétition infertile entre entreprises, or, selon Duranton et Puga (2004), les entreprises se regroupent et se ressemblent pour **trois raisons** :

1. Bénéficiaire d'un partage (de fournisseurs, baisse des coûts des intrants et augmentation de la variété des intrants)
2. Bénéficiaire de l'appariement (mise en place d'un marché de l'emploi varié qui permet de regrouper différentes compétences, ce qui profite à toutes les entreprises)
3. Bénéficiaire de l'apprentissage (retombée des connaissances soit diffusion de pratiques, savoir-

Les économies d'échelle en géographie économique

Type d'économie d'échelle		Exemple	
Interne	1. Pécuniaire		Pouvoir acheter des intrants intermédiaires avec des réductions en fonction des quantités.
	Technologique	2. De technologie statique	Baisse des coûts moyens grâce aux frais fixes d'exploitation d'une usine.
		3. De technologie dynamique	Apprendre à exploiter une usine plus efficacement au fil du temps.
Externe ou d'agglomération	De localisation	4. "Achats"	Les acheteurs sont attirés vers des lieux qui rassemblent plusieurs vendeurs.
		5. Spécialisation	La sous-traitance permet aux fournisseurs d'intrants en amont et aux entreprises en aval de bénéficier des gains de productivité grâce à la spécialisation.
		6. Mise en œuvre de la main d'œuvre	Les travailleurs aux compétences spécifiques d'une industrie sont attirés vers les lieux où la concentration est la plus importante
		7. Apprendre par la pratique.	La réduction des coûts résultants d'une activité de production répétée et continue dans le temps dont les bénéfices retombent dans le même endroit.
	D'urbanisation	8. Innovation "Jane Jacobs"	Si davantage de choses diversifiées sont faites localement, plus grande est l'opportunité d'observer et d'adapter des idées des autres.
		9. Mise en commun de la main d'œuvre Marshall	Les travailleurs d'une industrie apportent des innovations aux entreprises d'autres industries; semblables au no.6 mais le bénéfice résulte de la diversité des industries sur un même lieu.
		10. Division du travail Adam Smith	Semblable au no 5. ci-dessus, la principale différence étant que la division du travail est rendue possible par la présence de plusieurs industries acheteuses au même endroit.
	11. "Romer" croissance endogène	Plus le marché est grand, plus le profit est élevé, plus la localisation attire, plus les emplois sont nombreux, plus les pools de main-d'œuvre sont nombreux, plus le marché est grand - et ainsi de suite.	
	12. D'agglomération pure	Répartition des frais fixes d'infrastructures à un plus grand nombre de contribuables, les déséconomies résultent de la congestion et de la pollution.	

Créé avec Datawrapper

FIGURE 17 – Économie d'échelle (BIRD, 2009)

faire entre les travailleurs, les entreprises, processus industriels) et donc potentiellement une adoption commune de critères ESG par proximité.

Selon ce rapport, les industries du service sont encore plus agglomérées, concentrées au cours des quarante dernières années (USA, Royaume-Uni), alors que leurs conditions de production pourraient être totalement immatérielles, au vu de l'état technologique actuel.

Dernièrement, les économies d'échelle semblent profiter aux parties prenantes et ceci est vérifiable de manière quantitative, selon BIRD (2009) :

Compétition
Vs
Synergie

- Augmenter la distance au centre-ville de 1 % conduit à un déclin de productivité de 0,13 % (1980, 356 entreprises Brésiliennes dans la manufacture)
- Une densité économique multipliée par deux augmente la productivité de 6 % (rendement par travailleur aux USA 1998)
- Une densité d'emploi multipliée par deux augmente la productivité de 4,5 à 5,0 % (années 80, valeurs dans la manufacture, région NUTS EU)

Bénéfices
de la
proximité

Ces chiffres permettent de quantifier l'importance de la proximité et de la similarité sur le territoire, qui n'est pas qu'une volonté idéologique, mais une organisation spatiale rationnelle économiquement. Cependant, ces études remontent à une vingtaine d'année et mériteraient réévaluation, dans le secteur tertiaire du moins, après les réorganisations structurelles des deux dernières années liées aux différentes pandémies.

De manière globale, et pour conclure, tout nous indique que la localisation d'entreprises similaires est toujours d'actualité et que cela leur bénéficie. Typiquement, ce cadre théorique devrait se traduire dans la pratique par des **hotspots, des clusters** d'entreprises similaires dans le territoire. Selon notre hypothèse, cette similarité devrait se vérifier dans la distribution des scores ESG d'entreprises.

4 | MÉTHODES, DONNÉES

4 | MÉTHODES

4.1 | AUTOCORRÉLATION SPATIALE GLOBALE

Cette partie sera consacrée à la description des outils d'auto-corrélation spatiale utilisés. L'analyse a été faite grâce à deux logiciels, respectivement [ArcGisPro](#) et [Geoda](#). Tandis qu'ArcGis est une solution payante, Geoda est un logiciel de moindre envergure fournissant cependant des fonctionnalités d'analyses spatiales intéressantes. Les deux proposent passablement de littérature et de documentations autour de leurs fonctionnalités.

À noter que le package [spdep](#) dans le langage de programmation R aurait pu être utilisé. Il en va de même avec les outils de Geoda, également disponibles dans R grâce au package [RGeoda](#). Dans un premier temps, il était considéré plus intuitif d'utiliser ArcGis, mais, face aux nombreux processus itératifs d'essai-erreur, test répétés, il aurait été plus pertinent d'utiliser les dépendances accessibles à travers R.

L'autocorrélation spatiale et l'indice de Moran associé proviennent du statisticien au nom évoqué et datent des années 1950 (MORAN, 1948, 1950). Il existe d'autres indices permettant de caractériser l'autocorrélation, celui de Geary, notamment. Comme expliqué auparavant, dans la section [Revue de la littérature](#), l'autocorrélation spatiale sert à distinguer les relations spatiales entre plusieurs observations d'une variable, et ce, en tous points référencés spatialement. L'autocorrélation essaie donc de répondre à deux questions :

Est-ce qu'il y a des valeurs similaires dans les données ? Si oui, est-ce que la proximité y joue un rôle ?

Consécutivement, on peut dire (BOUAYAD-AGHA & DEBELLEFON, 2018) :

- Si des valeurs géographiquement proches ont tendance à se ressembler, l'indice de Moran devient **positif**.
- Si des voisins éloignés se ressemblent davantage que des voisins proches, l'indice de Moran devient **négatif**.
- Si la distribution des valeurs dans l'espace tend à être aléatoire, alors l'indice de Moran tend vers la **valeur 0**.

Autrement dit, on peut retenir la présence **d'autocorrélation positive** lorsque des valeurs proches se ressemblent et que l'on note un contraste avec des valeurs éloignées. À l'inverse, on peut retenir la présence **d'autocorrélation négative** lors que des valeurs éloignées spatialement se ressemblent, et qu'il y a un contraste dans les valeurs proches.

L'autocorrélation spatiale négative est aussi appelée "**modèle spatial concurrentiel**" en économétrie spatiale (FLOCH & LE SAOUT, 2018), car :

«une entité présentant une valeur élevée repousse d'autres entités associées à des valeurs élevées».

Enfin, il peut également y avoir une absence totale d'autocorrélation spatiale si aucun pattern n'émerge et que la distribution des données est totalement aléatoire dans l'espace.

La [Figure 18](#) permet de se faire une idée de la structure spatiale pour des données corrélées spatialement, ou non :

- Si l'on tend vers le schéma de droite, on remarque que les polygones aux valeurs semblables (couleurs semblables) se regroupent dans un voisinage commun : il s'agit d'un pattern **d'autocorrélation positive**.
- Le schéma central, bien qu'il ne soit pas labellisé, représente une distribution des valeurs totalement **aléatoire**. Il n'y a pas d'autocorrélation spatiale. L'indice tend vers 0.
- Au contraire, si les polygones sont dispersés, dans la gauche du graphique, il y a **autocorrélation spatiale négative** : des entités distantes se ressemblent de manière dispersée, mais organisée. De manière abstraite, on peut prendre la métaphore de la répartition de la couleur des cases du jeu d'échec. Dans ces deux cas de figure extrêmes, on ne peut pas dire que la distribution soit aléatoire.

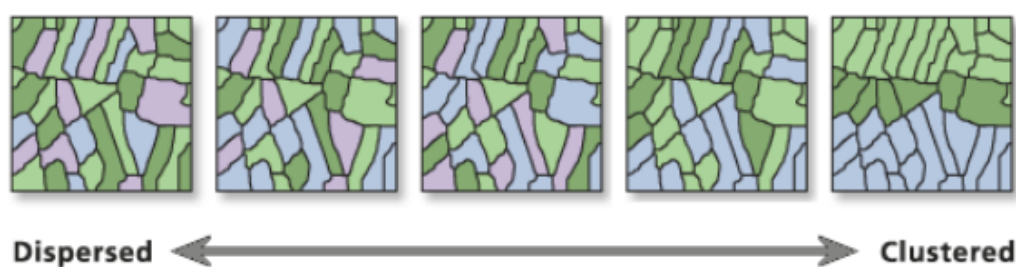


FIGURE 18 – Autocorrélation spatiale : visualisation des valeurs (ARCGIS, 2022b)

Pertinence de l'autocorrélation spatiale

Concernant l'outil d'autocorrélation spatiale, on peut se demander si la méthode est pertinente, sachant que l'on dispose déjà d'outils analytiques tels que : les régressions, analyses des corrélations, etc.

Or, le problème avec la plupart des outils statistiques inférentiels est qu'ils présupposent que les variables en entrée sont indépendantes. Cependant, cela est rarement vérifié dans les phénomènes spatiaux, comme discuté dans la section [Revue de la littérature](#) :

« everything is related to everything else, but near things are more related than distant things »

Conduire ces analyses pourrait donc être mis en cause. En effet, si une variable est autocorrélée positivement au niveau spatial, l'hypothèse d'indépendance est compromise. Justement, l'autocorrélation spatiale permet de mesurer le lien entre la variable et son étendue spatiale, et donc, de mesurer ce biais. C'est un raisonnement similaire concernant l'ACP qui sera utilisée plus loin.

On peut donc percevoir que l'outil d'autocorrélation spatiale permet de rendre compte de la structure spatiale d'un phénomène. Il sera appliqué aux données ESG (BOUAYAD-AGHA & DEBELLEFON, 2018).

Hypothèses : Moran global

Concernant le test global de Moran, voici les deux hypothèses associées au test de significativité (ARCGIS, 2022b).

Hypothèse nulle (H_0) : la variable analysée est distribuée de manière aléatoire entre les différents points, polygones recensés dans l'étude. On parle de "Complete spatial randomness" des valeurs.

Hypothèse alternative (H_1). La variable analysée suit une autocorrélation positive ou négative. Il existe une agrégation spatiale qui diffère d'une distribution aléatoire des valeurs mesurées.

Indice I de Moran Global : Approche simplifiée

Pour se donner un aperçu pratique et concret de la méthode d'autocorrélation spatiale, il a été question de l'appliquer à petite échelle et manuellement, pour s'appropriier son fonctionnement. En voici d'ailleurs les formules caractéristiques :

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (6)$$

FIGURE 19 – I de Moran Global (ARCGIS, 2022b)

$$I = \frac{N}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (X_i - \bar{X}) (X_j - \bar{X})}{\sum_i (X_i - \bar{X})^2} \quad (7)$$

FIGURE 20 – I de Moran Global détaillé (ARCGIS, 2022b)

On peut détailler l'équation comme suivant :

$w_{ij} (X_i - \bar{X}) (X_j - \bar{X})$: produits croisés entre voisins (covariance)

N : Nombre d'entités

$\sum_i \sum_j w_{ij}$: Somme des poids de la matrice (standardisée ou non)

I : Indice de Moran

$\sum_i (X_i - \bar{X})^2$: variance des données

Les [Équation 6](#) et [Équation 7](#) donnent un aperçu du calcul de l'indice *I de Moran*. À noter que la deuxième formule est identique, contenant seulement moins de détails : typiquement, le sigle z

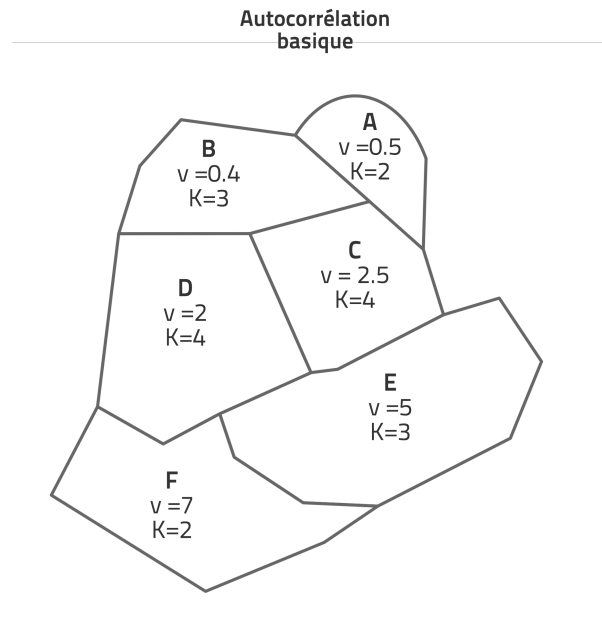


FIGURE 21 – Cas d'étude simplifié d'autocorrélation

regroupe certaines opérations de l'Équation 6.

En observant cette formule, on se rend compte qu'elle ressemble à d'autres en statistiques descriptives basiques. Au numérateur, on retrouve la *covariance*, et, au dénominateur, la *variance*. Comme le concept de variance et d'écart-type sont liés, on peut même voir un bout de la formule de corrélation dans la formule de Moran.

Pour schématiser la formule, et, si l'on met de côté les concepts de voisinage, cela se rapporte à calculer la covariance divisée par la variance. La covariance est un coefficient qui permet d'indiquer si deux variables varient de manière conjointe ou divergente. Cela revient donc à mesurer la covariance d'un point par rapport au voisin, en relativisant sur la variance de l'ensemble des points. OLIVEAU (2011) propose même de voir l'indice de corrélation comme "*part de variance explicable par le voisinage*". C'est-à-dire qu'un indice de 0.25 (si le calcul est borné entre -1 et +1), revient à imputer, 25 % de variation commune dans le voisinage.

Finalement, la formule permet de comparer les valeurs d'un tableau de points, ou polygones, avec celles du voisinage, et cela, dépendant de leur adjacence spatiale w_{ij} et de leur similarité statistique

$$\frac{cov}{var}$$

Pour illustrer avec un exemple basique le phénomène d'autocorrélation, la Figure 21 constitue un territoire imaginaire, divisé en six provinces, comportant chacune une valeur v et un nombre de voisins k (contiguïté de polygones). On y applique les différentes parties de la formule 6 : *Indice I de Moran Global : Approche simplifiée* et on obtient les tableaux suivants (Tableau 2, Tableau 3 et Tableau 4) qui détaillent les étapes de l'autocorrélation de Moran.

Étapes du I de Moran global

1. La première étape consiste à créer la matrice de voisinage entre les provinces, dans le [Tableau 2](#). À noter que le nombre de voisins, additionné par ligne, se retrouve déjà dans le [Figure 21](#). Le constat est le suivant : si l'on standardise, le premier terme de l'[Équation 6](#) s'annule ($\frac{N \text{ entités}}{\sum_i \sum_j w_{ij}} = \frac{6}{6} = 1$, cf. [Tableau 2](#)). Au contraire, si l'on garde le voisinage brut, la valeur sera non-nulle (18).

	A	B	C	D	E	F	Σ
A	0	1	1	0	0	0	2
B	1	0	1	1	0	0	3
C	1	1	0	1	1	0	4
D	0	1	1	0	1	1	4
E	0	0	1	1	0	1	3
F	0	0	0	1	1	0	2
							18

	A	B	C	D	E	F	Σ
A	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	1
B	0,33	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	1
C	0,25	0,25	0,00	0,25	0,25	0,00	1
D	0,00	0,25	0,25	0,00	0,25	0,25	1
E	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,33	1
F	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	1
							6

(a) non-standardisée

(b) standardisée par lignes

TABLE 2 – Les matrices de voisinages w_{ij}

2. La deuxième étape considère les valeurs des provinces, pour en tirer la variance. Cela forme le dénominateur de la formule du I de Moran ([Équation 6](#)). Le constat est le suivant : plus les valeurs sont dissemblables, plus la somme de la variance sera élevée, et vice-versa.

	v	$d=(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	
d1	A	0,5	-2,4	5,76
d2	B	0,4	-2,5	6,25
d3	C	2,5	-0,4	0,16
d4	D	2	-0,9	0,81
d5	E	5	2,1	4,41
d6	F	7	4,1	16,81
	$\bar{X}=2,9$	$\sum_i (X_i - \bar{X})^2=34,2$		

TABLE 3 – Calcul de la variance $\sum_i (X_i - \bar{X})^2$ (dénominateur du I de Moran)

3. La troisième étape est représentée par le [Tableau 4](#) et ses produits croisés du voisinage. Cela correspond à la formule du numérateur : $(w_{ij} (X_i - \bar{X}) (X_j - \bar{X}))$.

Le tableau (3c) permet de visualiser les produits des voisins avec les clés $d1, d2, d3, \dots$ du tableau précédent. Ensuite, il faut multiplier la variance de i par j et par le poids de la matrice de voisinage (cf. étape 1, [Tableau 2](#)).

Constat : on retrouve les sommes les plus élevées entre les voisins le plus dissimilaires, dans notre cas ceux du Nord et du Sud. Autrement, le résultat est impacté par la standardisation ou non des voisins. Quand elle n'est pas appliquée, les valeurs sont plus élevées, car les ratios de poids le sont également. Finalement, la somme des produits croisés est plus élevée sans standardisation.

	A	B	C	D	E	F	Σ
A	0,0	6,0	1,0	0,0	0,0	0,0	7,0
B	6,0	0,0	1,0	2,3	0,0	0,0	9,3
C	1,0	1,0	0,0	0,4	-0,8	0,0	1,5
D	0,0	2,3	0,4	0,0	-1,9	-3,7	-3,0
E	0,0	0,0	-0,8	-1,9	0,0	8,6	5,9
F	0,0	0,0	0,0	-3,7	8,6	0,0	4,9
	7,0	9,3	1,5	-3,0	5,9	4,9	25,52

(a) produits croisés non standardisés

	A	B	C	D	E	F	Σ
A	0,0	3,0	0,5	0,0	0,0	0,0	3,5
B	2,0	0,0	0,3	0,8	0,0	0,0	3,1
C	0,2	0,3	0,0	0,1	-0,2	0,0	0,4
D	0,0	0,6	0,1	0,0	-0,5	-0,9	-0,7
E	0,0	0,0	-0,3	-0,6	0,0	2,9	2,0
F	0,0	0,0	0,0	-1,8	4,3	0,0	2,5
	2,2	3,8	0,6	-1,6	3,6	1,9	10,6

(b) produits croisés standardisés

	A	B	C	D	E	F
A	0	d1d2	d1d3	0	0	0
B	d2d1	0	d2d3	d2d4	0	0
C	d3d1	d3d2	0	d3d4	d3d5	0
D	0	d4d2	d4d3	0	d4d5	d4d6
E	0	0	d5d3	d5d4	0	d5d6
F	0	0	0	d6d4	d6d5	0

(c) produits croisés

TABLE 4 – Produits croisés entre voisins $\sum_i \sum_j w_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})$

4. Au final, chaque terme de l'équation étant estimé, on parvient aux deux résultats suivants :

$$I = \frac{6}{6} * \frac{10.6}{34.2} = 1 * \frac{10.6}{34.2} = 0,31 \quad (8)$$

$$I = \frac{6}{18} * \frac{25.52}{34.2} = \frac{1}{3} * \frac{25.52}{34.2} = 0,25 \quad (9)$$

Malgré l'absence/présence de standardisation du voisinage, les résultats sont relativement similaires et dénotent d'une autocorrélation positive. Ce qui était prévisible, étant donné que les valeurs hautes étaient volontairement situées au Sud et les valeurs basses au Nord.

Concernant la standardisation, elle rend les poids spatiaux multiplicateurs plus faibles (bornés entre 0 et 1), ce qui réduit l'importance de la covariance au numérateur. Quant à la méthode non standardisée, les coefficients multiplicateurs spatiaux sont bien plus élevés, mais le résultat global est corrigé par la partie gauche de l'équation (le rapport entre le nombre d'entités et la somme de la matrice de voisinage). Finalement, les indices sont assez similaires, avec ou sans standardisation, tout comme ce sera le cas avec les données ESG.

Indice I de Moran Global : distance incrémentielle

Le fait de trouver la méthode et/ou la distance de voisinage idéale pour conceptualiser le voisinage est un processus délicat. Dans l'exemple simplifié précédent, cela était facile, car les polygones pouvaient être simplement analysés par leur contiguïté. Autrement, à moins d'avoir des impératifs et d'étudier des phénomènes spatiaux précis (par ex : étudier la mobilité d'acteurs ayant un rayon d'action de $\approx 5km$ autour de leur domicile ; étudier l'obésité infantile à l'échelle des

quartiers d'une grande ville $\simeq 2km$), cette étape peut paraître abstraite et compliquée à appréhender.

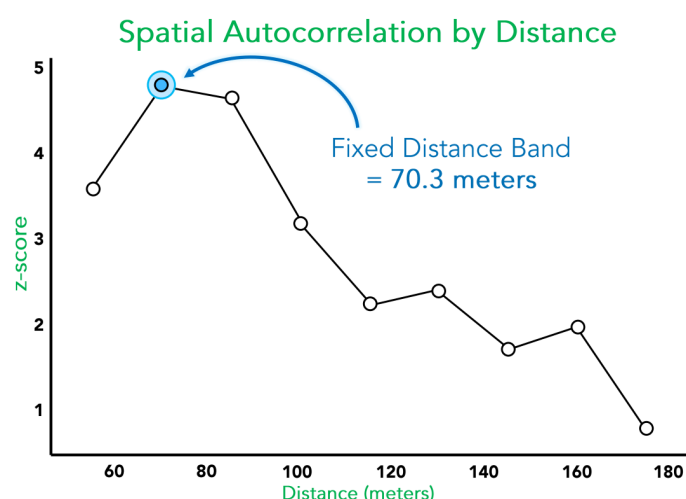


FIGURE 22 – Distance incrémentielle et score Z (ARCGISPRO, 2022)

Dans le cas d'un voisinage par distance fixe, il est possible d'implémenter l'outil "de distance par bande incrémentielle" (cf. Figure 22, ARCGISPRO, 2022).

Cet outil répond à la préoccupation suivante : **quelle distance choisir pour concevoir le voisinage de mes acteurs?** par une démarche d'itération. Il sera donc question de choisir une distance minimale, à laquelle toutes les entités ont au moins un voisin, et d'augmenter cette distance par incrément. Pour chaque incrément, l'autocorrélation globale est calculée avec son score Z associé. Cela permet de sortir un output graphique qui ressemble à la Figure 22.

Dans ce cas, on peut y voir que le phénomène d'autocorrélation spatiale prend place au-delà d'un score Z équivalent à 2, grossièrement, pour un voisinage ayant un rayon compris entre 60 et 110 mètres. Au-delà, si la taille du voisinage s'agrandit encore, le phénomène d'autocorrélation spatiale s'atténue. Cela s'explique simplement : plus on augmente la taille du voisinage, plus on obtient de grands groupes dont la moyenne tend vers la moyenne globale, et donc vers une autocorrélation moindre.

Les avantages de cette méthode sont les suivants :

- Cela permet d'analyser des jeux de données différents et de leur attribuer une distance respective révélant la présence d'autocorrélation. Typiquement dans notre jeu de données ESG, tous les piliers ne seront pas autocorrélés spatialement. Quand ce sera le cas, le rayon de distance du voisinage peut être différent d'une variable analysée à l'autre.
- Consécutivement, cela permet de déceler à quelle échelle spatiale le phénomène analysé se trouve être autocorrélé.
- En lien avec le précédent point, cette méthode réduit donc le côté arbitraire du choix du voisinage, s'il ne s'impose pas de lui-même dans l'étude. Dans le cas des entreprises et de leurs

scores ESG, il serait dur de choisir arbitrairement que les entreprises seront regroupées par 8 voisins les plus proches, par exemple.

- Le graphique associé à l'autocorrélation incrémentielle permet d'être sûr de ne pas passer à côté du phénomène. Il serait également envisageable d'adopter la même approche avec les k voisins : c'est-à-dire répéter l'analyse avec plusieurs nombres de voisins k différents.

Cependant, une réserve pourrait être émise à l'encontre de cet outil : il pousse à sélectionner un voisinage pour son score obtenu à l'autocorrélation, au-delà de toute considération réelle. Cela peut induire des voisinages élargis statistiquement significants, mais pas forcément pertinents.

4.2 | AUTOCORRÉLATION SPATIALE LOCALE LISA

Dans la section précédente, il était question d'identifier l'indice I de Moran au niveau global. Le problème est que cela peut cacher des biais statistiques. En effet, il fournit, comme son nom l'indique, un indice unique, agrégeant des informations sur un processus dans sa globalité. Or, cela ne prend pas en compte l'existence d'autocorrélation spatiale à une plus petite échelle locale. Selon OLIVEAU (2005), il est possible que des clusters locaux soient significatifs, tandis que l'indicateur I de Moran global ne le soit pas. À l'inverse, il se peut que le I de Moran global soit significatif, mais totalement surévalué par quelques clusters aux valeurs extrêmes, avec très peu de contraste au niveau local.

De plus, l'intérêt de cette démarche "locale" est de pouvoir visualiser chaque entité, et d'évaluer si son voisinage est similaire ou non, et donc, de détecter la présence de clusters locaux, que l'on peut cartographier, contrairement à l'indice global.

On doit la déclinaison de l'autocorrélation spatiale locale dite "LISA" à ANSELIN (1995) dans son article présentant l'outil et son application dans un cas d'étude sur les pays africains. On retrouve d'ailleurs l'Équation 10 suivante qui permet le calcul du I de Moran Local.

Pour rendre la formule plus lisible, on retrouve ici sa version simplifiée puisque qu'on présuppose qu'une standardisation par ligne de la matrice des poids a été effectuée. C'est-à-dire que le m/n de l'équation s'annule et disparaît (nombre d'entités sur la somme des poids, Équation 6), ce qui allège l'équation du I de Moran local, par ailleurs disponible ici (cf. ARCGIS, 2022a).

$$I_i = (y_i - \bar{y}) \sum_j w_{ij} (y_j - \bar{y}) \quad (10)$$

FIGURE 23 – I de Moran Local (BOUAYAD-AGHA et DEBELLEFON, 2018)

L'Équation 10 représente le calcul du I de Moran similaire à l'Équation 6 globale. La différence étant

$$I_G = N * \sum_i I_i \quad (11)$$

FIGURE 24 – Lien entre I de Moran local et global (OLIVEAU, 2005)

que le numérateur est calculé pour chaque entité, c'est à dire pour la somme de chaque colonne, comme visible sur le [Tableau 4](#), pour son voisinage local, avec les entités voisines *A, B, C.etc* (dans l'exemple).

L'Équation 11 explique le lien entre l'indice I de Moran global et local. On peut considérer que le I local est une décomposition du I global. On peut donc retomber sur le I de Moran global, en effectuant la somme des indices locaux, multipliée par le nombre d'entités.

Finalement, les I_i de Moran locaux se voient attribuer deux valeurs (BOUAYAD-AGHA & DEBELLEFON, 2018) :

- $I_i > 0$ correspond à un voisinage aux valeurs similaires (qu'elles soient petites ou grandes)
- $I_i < 0$ correspond à un voisinage de valeurs dissimilaires (coexistence de valeurs élevées et faibles)

Le calcul du LISA, ici dans ArcGIS avec la [Figure 25](#), permet d'obtenir les outputs suivants : Les indices I locaux pour chaque entité, le calcul du z score et de la p value pour la pertinence statistique (avec permutations), et finalement l'attribution à un cluster.

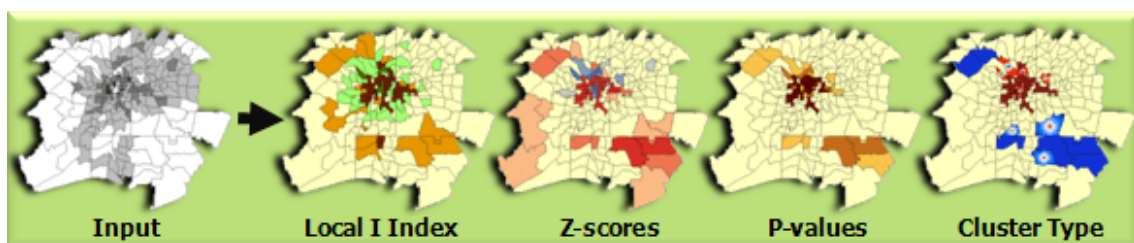


FIGURE 25 – Output LISA ArcGIS (ARCGIS, 2022a)

Pour visualiser et extraire de l'information, après une analyse LISA, deux outils sont favorisés :

1. Le nuage de point
2. La cartographie des clusters

De manière générale, la partie qui suscite le plus d'intérêt, qui est visualisée, dans les deux cas, à l'aide d'une carte et/ou d'un graphique, est celle correspondant au **Cluster Type**. Il en existe quatre différents groupes, décrits par quatre sigles (HH; LL; HL; LH) :

- **HH soit High-High**, qui correspond à une autocorrélation positive. Plus précisément, il s'agit du scénario où les entités ont des valeurs élevées, et se retrouvent elles-mêmes entourées de valeurs élevées.

- **LL soit Low-Low**, qui correspond également à une autocorrélation positive. Il s'agit du scénario inverse au précédent : les entités ont des valeurs faibles et sont entourées de faibles.
- **HL soit High-Low**, qui correspond à une autocorrélation spatiale négative. Plus précisément, des valeurs élevées de l'indice sont entourées de valeurs basses. Ce sont des *outliers*.
- **LW soit Low-High**, qui correspond également à une autocorrélation négative. C'est le scénario inverse du précédent : les entités ayant des valeurs faibles sont entourées de valeurs élevées. Ce sont des *outliers*.
- Il se peut qu'une entité ne fasse partie **d'aucun des quatre clusters** par manque de significativité statistique. Typiquement si des voisins possèdent des valeurs proches de la moyenne de l'échantillon globale.

Ce type de classification est très intéressant, car elle permet de détecter rapidement la structure spatiale sous-jacente. En présence de HH, on peut conclure à la présence de "**hotspots**", autrement dit "points chauds", ou de "**cold spots**", en présence de LL. Tandis que HL et LH représentent des "**spatial outliers**" soit des "**aberrations spatiales**", puisqu'ils sont dissemblables de leurs voisins.

Nuage de points

On peut aussi représenter les valeurs des entités en axe des abscisses et celui du voisinage en ordonnée. Également le score z des entités et celui de leur voisinage en axe des ordonnées. On obtient un nuage de points comportant les quatre quadrants discutés auparavant, visible dans l'image suivante.

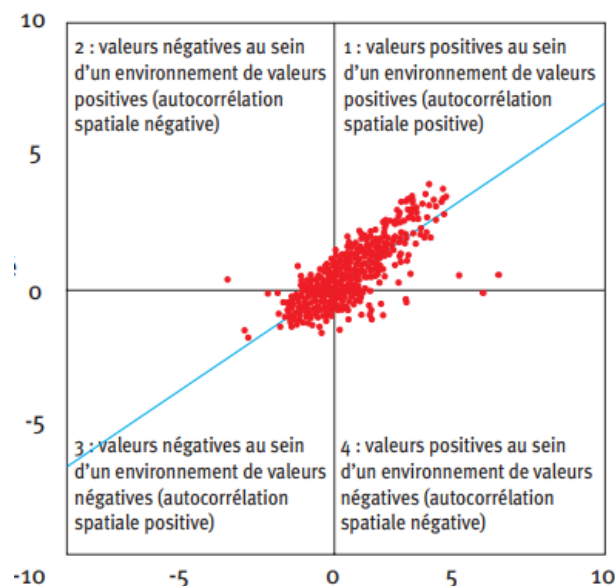


FIGURE 26 – Nuage de points de Moran (OLIVEAU, 2010a)

Cartographie des clusters

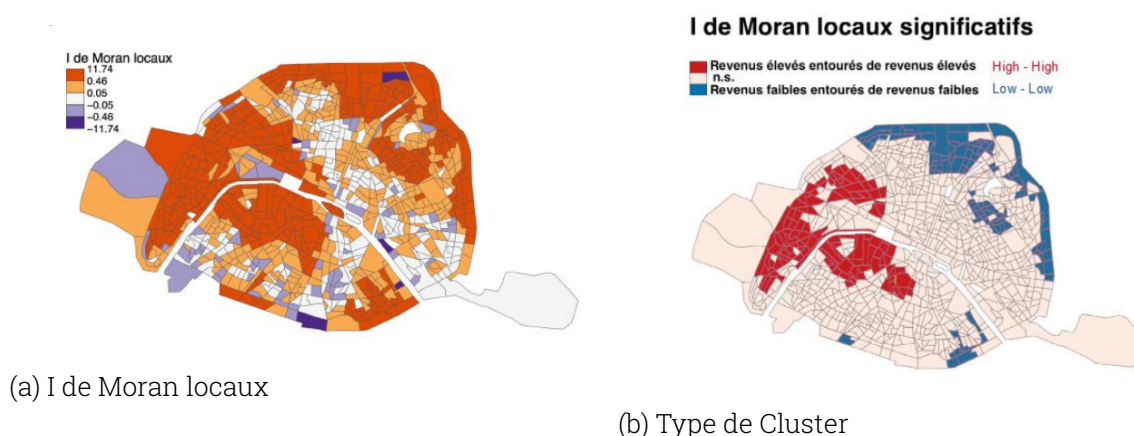


FIGURE 27 – Analyse LISA : Paris (BOUAYAD-AGHA et DEBELLEFON, 2018)

Ici, on dispose de deux exemples représentant les revenus médians dans les Iris parisiens (une subdivision des arrondissements de la ville (BOUAYAD-AGHA & DEBELLEFON, 2018)). La première Figure représente les I de Moran Locaux et leur écart à la valeur zéro (cf. explications Équation 10). La deuxième Figure caractérise l'appartenance à un cluster (HH; LL; HL; LH).

Ces deux types de visualisations seront privilégiés dans la présentation des résultats pour les scores ESG.

4.3 | INFÉRENCE ET SIGNIFICATIVITÉ STATISTIQUE

Dans les étapes précédentes, les indices locaux et globaux de Moran ont été décrits. Cependant, il n'a pas été question de tester leur signification statistique. Afin de déterminer une mesure de certitude des prédictions, il faut introduire **l'hypothèse de randomisation**.

En bref, il s'agit de procéder par itération, en prenant les valeurs des entités géographiques, pour les réattribuer à d'autres entités géographiques. Cette opération prend le nom de **permutation**.

L'idée est la suivante : Créer n permutations/tirages qui réarrangent les valeurs parmi les entités étudiées. Finalement, on peut déterminer si la distribution de nos données est similaire avec la "pseudo-distribution" issue des nombreuses permutations. En d'autres termes :

est-ce que notre distribution est différente du hasard ?

BOUAYAD-AGHA et DEBELLEFON (2018) reformulent ainsi :

"L'idée est simplement que si l'hypothèse nulle est vraie, alors toutes les combinaisons possibles des données sont équiprobables"

Idéalement, il faudrait donc que la configuration de nos valeurs sur les entités spatiales ressorte comme étant "peu probable" au jeu des permutations, pour qu'elle soit statistiquement significative.

Voici, sur la [Figure 28](#), la distribution des permutations telle que transmise par ArcGIS : Si on lance

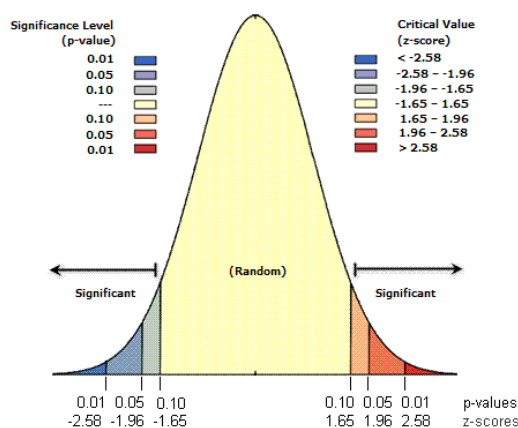


FIGURE 28 – Signification statistique du I de Moran sur ArcGIS (ARCGIS, 2022a)

un test d'autocorrélation sur un jeu de données spatiales, un indice Global de Moran sera calculé. À l'issue des permutations, un score Z lui sera attribué. Ce score Z correspond à un écart-type, qui permet d'estimer sa distance à la moyenne. S'il est positif et supérieur à $Z > 2$ on parle d'autocorrélation positive significative, s'il est inférieur à $Z < -2$, d'autocorrélation négative. Ce score Z est visible sur la [Figure 28](#), et dans l'[Équation 12](#) : Cette formule de l'écart-type Z , dit "Z-score" ne ressemble pas exactement à celle de l'*ecart type* en statistique descriptive. La partie $E[I]$, qui est la valeur attendue en fonction du nombre d'entités, est obtenue comme ceci : $\frac{-1}{n-1}$, avec n entités dans le jeu de données. Cette valeur est soustraite au I de Moran, puis divisée par la variance du I de Moran (BOUAYAD-AGHA & DEBELLEFON, 2018). Cette variance $V[I]$ est obtenue avec plusieurs équations peu décrites dans la littérature, et donc mises de côté, mais disponibles à « Analyse de grappes et de valeurs aberrantes (Anselin Local Morans I) (Statistiques spatiales)–ArcGIS Pro | Documentation »).

Quant à la **P-value**, elle est déterminée par l'[Équation 13](#), issue de GEODA (2022) :

Elle résulte du rapport entre R et M . Le premier terme R consiste en un comptage des permutations ayant abouti à un Indice I de Moran étant égal ou plus extrême que celui observé (calculé avec les données initiales). Le second terme M est défini par le nombre de permutations choisi pour valider le modèle (par ex : 99, 199, 499, 999, etc). On comprend bien que si les permutations aboutissent à des nombres indices plus élevés que celui observé, la *p value* chute considérablement. Au contraire, si le comptage R est élevé, la *p value* augmente.

$$z_I = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}} \quad (12)$$

FIGURE 29 – Score Z et significativité du I de Moran (ARCGIS, 2022a)

$$p = \frac{R + 1}{M + 1} \quad (13)$$

FIGURE 30 – Calcul de la p-value : autocorrélation spatiale (ARCGIS, 2022a)

4.4 | AUTOCORRÉLATION SPATIALE SUR ARCGIS

Ici, les étapes de travail sur les données ESG sont décrites.

Dans une optique de rendre le processus d'analyse claire et reproductible, voici la Figure 31 permettant de suivre les étapes de travail.

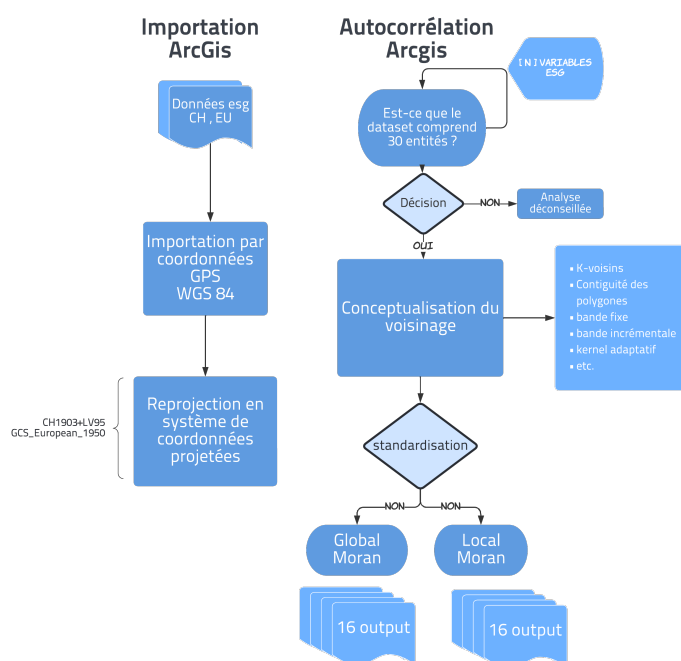


FIGURE 31 – Workflow pour l'autocorrélation sur ArcGis

Acquisition et nettoyage des données

La première partie concerne l'importation des données ESG. Elles ont été passablement remodélées, nettoyées, dès leur export de la base de données Thomson Reuters, mise à disposition par la faculté HEC. Comme WICKHAM, 2014 le dit, dans son article *Tidy data*, il est préférable de s'appuyer sur un format de données compréhensibles et partagé de tous. On peut en extraire trois principes fondamentaux :

- Chaque colonne doit correspondre à une variable
- Chaque ligne doit correspondre à une observation
- Chaque cellule correspond à une mesure unique

Il y a eu beaucoup de nettoyage de données, pour arriver à la première étape de la Figure 31.

[Conceptualiser le voisinage]

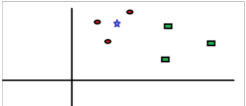
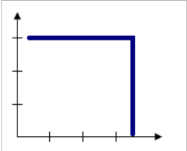
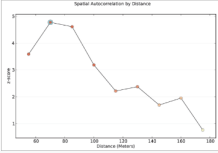
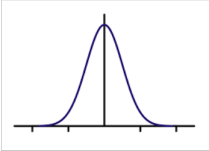
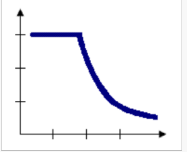
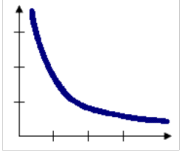
Méthode	Facteurs déterminants	Avantages	Utilisation	Limite cas d'étude	Illustration
K-voisins	Nombre de voisins k	Tous les points sont égaux, tout le monde a le même nombre de voisins	Parfois, il peut être plus important de définir un nombre de voisins qu'une distance fixe. Par exemple, si on n'a pas idée de l'étendue d'un phénomène. Adapté pour des points aux densités différentes et/ou éloignés.	Difficile de définir le nombre de voisins pertinent. De plus, grande variabilité dans la densité des points. Il peut y avoir jusqu'à 10 points superposés dans 0,1 km ² , et ailleurs, 10 voisins sur une surface de plusieurs dizaines de km ² .	
Contiguïté	adjacence d'entités	Approche intuitive, les voisins sont ceux qui partagent une frontière	Utile lorsqu'il s'agit d'entités surfaciques telles que des polygones.	Les données ponctuelles ne peuvent pas utiliser cette méthode destinée aux données surfaciques.	
Bande fixe	Distance	Distance fixe et équitable entre les points	Recommandé pour les données ponctuelles. Garde l'échelle de l'analyse constante et permet son contrôle.	La difficulté est de déterminer cette distance fixe. La bande est fixe et ne s'adapte pas à la répartition des points, notamment le long d'un obstacle (lac Léman, par ex.)	
Bande incrémentielle	Distance	Permet de comparer différentes distances et leur signification statistique	Recommandé s'il n'y a pas une distance fixe, un ordre de grandeur imposé par l'étude ou un nombre de voisins déterminé.	Idem + très grande variabilité du nombre de points voisins	
Kernel et bande passante (adaptative)	Distance	Prend en compte une fonction de distribution (gaussienne, etc) et une bande passante (distance) adaptative. Ce qui attribue des poids continus entre 0 et 1.	Permet d'adapter la portée du voisinage si le nombre minimal de voisins n'est pas atteint. Intègre les avantages de distance inverse/zone d'indifférence quant à la dépréciation progressive de l'influence sur la distance.	Méthode intéressante, mais il reste à définir une bande passante si elle est fixe. Cette méthode offre moins de contrôle et de lisibilité si bande passante adaptative.	
Zone d'indifférence	Distance	Il s'agit d'une limite poreuse, au-delà d'un seuil, une zone tampon réduit le poids de l'entité, ce qui permet de le prendre en compte dans l'analyse.	Utile lorsque l'application d'une frontière fixe (bande fixe) due à une distance fonctionne mal sur les données. Influence continue entre les voisins même éloignés.	Difficile de déterminer la limite de cette zone d'indifférence. Également risqué de partir du principe que des entités ne s'influencent plus à partir d'une certaine distance.	
Distance inverse	Distance	Toutes les entités ont en principe une influence sur les autres, mais elle décroît rapidement avec la distance. Toutefois, une valeur seuil peut être renseignée pour limiter le coût computationnel.	Recommandé quand le jeu de données est sensible au fait que les entités proches s'influencent. Il faut aussi compter sur le fait qu'il y a possiblement une interaction entre voisins éloignés.	Idem	

Tableau: Mathias Lauber • Créé avec Datawrapper

FIGURE 32 – Conceptualiser le voisinage pour la matrice des poids (construit selon ANSELIN, 2018; ARCGIS, 2022c; OLIVEAU, 2010a)

Workflow Autocorrélation spatiale

1. Importation

En poursuivant le schéma 31, il a ensuite été question d'importer les données grâce à leurs points géoréférencés précédemment. L'interface de geocoding **Nominatim** a été utilisée pour extraire les coordonnées GPS des noms de villes. Comme il s'agissait d'un système de coordonnées géographiques global (WGS 84), les points ont été introduits dans un système de coordonnées projetées. Ce qui permet notamment d'avoir des unités en mètres, plus évidentes pour calibrer les différentes analyses. Ces opérations correspondent aux lignes 1-8 du fragment de code Listing 1, visible en Annexe 1 (p. 90).

2. N entités

Ensuite, il est possible d'effectuer le calcul de l'autocorrélation. Tous les jeux de données comportent au moins trente entités.

3. Voisinage

En arrivant à la conceptualisation du voisinage, plusieurs choix s'offrent à l'utilisateur et il s'agit d'une étape importante qui conditionne les résultats. Les différentes possibilités ont été regroupées dans la Figure 32 créé à partir des auteurs suivants (ANSELIN, 2018; ARCGIS, 2022c; OLIVEAU, 2010a). Il n'est pas évident de choisir une méthode et il n'y a certainement pas de manière unique de procéder.

Dans notre cas d'étude, il n'y avait pas d'impératifs en termes de distance de voisinage ou de nombre de voisins. C'est pour cette raison que la méthode d'autocorrélation incrémentielle a été privilégiée et est visible aux lignes 10-12 dans le fragment de code Listing 1. Cette méthode permet de voir l'évolution du score d'autocorrélation avec différents voisinages de plus en plus amples. D'autres limites et difficultés sont évoquées dans la Figure 32 et ont permis d'écarter certaines méthodes de conceptualisation du voisinage.

4. Standardisation

L'étape suivante consiste à standardiser la matrice de voisinage, mais cette opération n'est pas obligatoire. Elle peut cependant être source de biais statistique, comme dans l'étape de la conceptualisation du voisinage. Dans la documentation ArcGIS on peut lire :

"La standardisation par lignes est recommandée chaque fois que la répartition de vos entités est potentiellement influencée par la conception de l'échantillonnage ou un plan d'agrégation imposé." (ARCGIS, 2022c)

Cette citation reste, dans un premier temps, assez générale et laisse une certaine marge d'appréciation personnelle. La standardisation la plus courante est celle par ligne, bien qu'il en existe d'autres : normalisation globale, uniforme, par stabilisation de la variance (BOUAYAD-AGHA & DEBELLEFON, 2018). La normalisation par ligne est visible dans le Tableau 2.

Concernant les bénéfices de cette normalisation, elle redonne la même importance à tous les

individus (OLIVEAU, 2011), notamment à ceux qui se trouvent en marge de la zone d'analyse (effet de bord). Un autre avantage est que cela permet de comparer des matrices qui proviennent de différentes conceptualisations de voisinages, ce qui n'est pas le cas dans ce travail.

Concernant l'effet de bord, il se retrouve davantage avec des polygones et une conceptualisation de voisinage par contiguïté (rook, queen), et reste donc moins important dans notre cas d'étude avec des données ponctuelles et un voisinage par bande fixe (OLIVEAU, 2011).

D'un autre côté, la normalisation peut amener des effets indésirables. Comme cela attribue un poids égal à chaque entité, il y a donc le biais suivant : moins une zone a de voisins, plus ceux-ci ont un poids surévalué. Ce phénomène ainsi induit est appelé "Compétition entre voisins par la standardisation" par BOUAYAD-AGHA et DEBELLEFON (2018) et cela rendrait l'interprétation des résultats plus compliquée.

Pour conclure ce point sur la standardisation, la documentation ArcGIS communique des exemples d'études concrètes, ce qui aide à la prise de décision. Ils opposent deux cas d'étude : celui de l'analyse des points correspondant à des **crimes dans une ville américaine**, et, des points correspondant à des **mesures environnementales d'échantillons dans un milieu de montagne**. Dans les deux cas, la répartition des points n'est pas uniforme : il y a des endroits avec différentes densités de points.

Il serait nécessaire d'effectuer la standardisation par lignes en ce qui concerne la prise d'échantillons environnementaux. En effet, il est vraisemblable que la prise d'échantillon a été un processus biaisé sur le terrain - que ce soit par des obstacles naturels tel que des marécages, végétation dense, etc. Les mesures effectuées ne correspondent pas forcément à la distribution spatiale réelle. Grâce à la standardisation, le fait qu'une mesure ait 18 voisins ou 3 aura donc moins d'effet sur le résultat, car cette densité n'est pas représentative ou voulue. En ce qui concerne les points de **criminalité**, cela n'est pas un problème, car la densité accrue des points indique des **hotspots du crime** et une structure spatiale existante. Il n'y pas nécessairement de biais de mesure, et il n'est pas nécessaire de standardiser par lignes et de donner un poids équivalent à toutes les lignes.

Dans notre cas d'étude ESG, nous comparerons les deux méthodes.

5. Calcul du I de Moran Global et Local (LISA)

Il s'agit maintenant de calculer les deux indices désirés, ce qui forme l'avant-dernière étape du workflow 31. La première opération consiste à calculer l'autocorrélation avec distance incrémentielle, telle que décrite auparavant, et ce, grâce aux lignes de codes 10-11, visibles sur le fragment de code [Listing 1](#).

Une fois le graphique incrémentiel disponible, il est possible d'en extraire la distance idéale à laquelle un phénomène d'autocorrélation spatiale prend place (ou non).

Une fois cette distance extraite, et ce, pour chaque jeu de données testé (n piliers ESG), elle est utilisée comme paramètre de conceptualisation du voisinage dans le calcul du Moran global I, exécuté aux lignes de code 15-17 [Listing 1](#), mais également dans le calcul du Moran Local

LISA, aux lignes de code 19-21 [Listing 1](#).

Il aurait été possible d'utiliser la boucle des lignes 39-43 ([Listing 1](#)), cependant les paramètres de voisinage par bande fixe ne sont pas identiques pour chaque couche, ce qui limite l'utilisation de cet outil.

6. **Exportation**

Une fois les calculs exécutés dans ArcGIS, il est nécessaire d'exporter les résultats pour les analyser, visualiser plus en détails. Il est question de convertir les résultats entiers, sous forme de table attributaire, en fichier .xlsx, grâce au snippet de code 24-25 ([Listing 1](#)).

5 | RÉSULTATS

5 | RÉSULTATS

Cette section est dédiée à la présentation factuelle des résultats. En ce qui concerne leur analyse, elle est réservée pour la partie discussion, qui abordera les implications de ces résultats. À noter, les visualisations se retrouvent toutes en annexe, en grand format, et souvent avec des résultats complémentaires qui ne sont pas affichés dans le texte qui va suivre.

5.1 | I DE MORAN GLOBAL

Les [Figure 33](#) et [34](#) indiquent les résultats pour le calcul de l'autocorrélation Global de Moran sur les entreprises suisses et européennes. La valeur du I de Moran est représentée en graphique à barres, dans la colonne pilier. Dans les deux figures, trois conceptualisations de voisinage différentes sont affichées.

Suisse

Dans le cas de la Suisse, uniquement la bande fixe à 24 km permet d'afficher des Indices de Moran intéressants **et** significatifs. On remarque que certains résultats sont significatifs à 10 %, mais uniquement les piliers **ESGscore, Gov-pillar** sont significatifs, avec des indices de Moran **négatifs**, ce qui dénote d'un motif spatial dispersé (les entités distantes se ressemblent davantage que les entités lointaines).

Europe

Concernant l'Europe, les p values ne sont pas affichées, car tous les piliers sont significatifs, exception faite de Management, Shareholder, et Gov-Pillar, qui obtiennent également des Indices de Moran faibles. Tous les piliers ont des indices de Moran positifs et intéressants, peu importe le type de voisinage. Parmi les piliers présentant l'autocorrélation spatiale positive (clustering) la plus forte, on retrouve : **ESGscore, Env-Pillar, Soc-Pillar**.

Points à retenir

- Les indices sont négatifs-dispersés pour la Suisse, majoritairement non significatifs
- Les indices sont positifs-agrégés pour l'Europe, majoritairement significatifs
- Les piliers ESGscore, Env-Pillar, Soc-Pillar, Gov-Pillar sont pertinents et, comme attendu, forment une bonne agrégation des sous-piliers. Consécutivement, il y a relativement peu de variance entre les sous-piliers et le pilier les regroupant. (par exemple, sous-piliers Emissions, Ressource-use, Innovation ne diffèrent pas beaucoup de leur pilier agrégé Env-Pillar). On peut donc généraliser les analyses à partir de ces quatre piliers.

Autocorrélation spatiale : I de Moran global [Suisse]

n : 143 entreprises - 3 types de voisinage

PILIER ¹	24KM BAND DISTANCE			INVERSE DISTANCE			K = 7 VOISINS		
	I.MORAN	Z.SCORE	P.VALUE	I.MORAN	Z.SCORE	P.VALUE	I.MORAN	Z.SCORE	P.VALUE
● ESGSCORE	-0.09	-2.19	0.03	-0.12	-1.83	0.07	-0.04	-0.93	0.35
● ENV_PILLAR	-0.07	-1.56	0.12	-0.08	-1.23	0.22	-0.05	-1.31	0.19
● GOV_PILLAR	-0.10	-2.35	0.02	-0.09	-1.38	0.17	-0.02	-0.22	0.83
● SOC_PILLAR	-0.07	-1.52	0.13	-0.10	-1.62	0.10	-0.01	-0.20	0.84
● EMISSIONS	-0.02	-0.36	0.72	-0.06	-0.81	0.42	-0.04	-0.84	0.40
● RESSOURCE_USE	-0.08	-1.75	0.08	-0.10	-1.51	0.13	-0.05	-1.31	0.19
● INNOVATION	-0.03	-0.67	0.50	0.00	0.19	0.85	-0.01	-0.12	0.91
● PRODUCT_RESP	-0.07	-1.66	0.10	-0.07	-0.97	0.33	0.00	0.25	0.80
● HUMANRIGHTS	-0.06	-1.31	0.19	-0.14	-2.13	0.03	-0.04	-0.91	0.36
● COMMUNITY	-0.07	-1.53	0.13	-0.06	-0.95	0.34	-0.02	-0.32	0.75
● WORKFORCE	-0.02	-0.43	0.67	-0.04	-0.53	0.60	0.03	0.92	0.36
● MANAGEMENT	-0.10	-2.46	0.01	-0.08	-1.24	0.22	-0.01	0.01	0.99
● SHAREHOLDER	0.06	1.68	0.09	0.06	1.05	0.29	-0.01	-0.22	0.83
● CSR_STRATEGY	-0.05	-1.05	0.29	-0.06	-0.83	0.41	-0.04	-0.99	0.32
● ESGCOMBINED	-0.08	-1.81	0.07	-0.11	-1.63	0.10	-0.03	-0.75	0.45
● ESGCONTROVERSIES	-0.03	-0.77	0.44	-0.01	-0.09	0.93	0.01	0.49	0.62

¹ les lignes de la colonne [Pilier] correspondent à la moyenne des trois I de Moran

FIGURE 33 – I de Moran Global [CH] : différents voisinages

5.2 | I DE MORAN INCRÉMENTIEL

Les graphiques incrémentiels (cf. [Distance incrémentielle et score Z \(ARCGISPRO, 2022\)](#)) permettent de suivre l'évolution de l'indice de Moran en fonction de la distance.

Suisse

Dans la [Figure 35](#), on observe l'évolution de l'Indice de Moran en fonction de la distance. Plus la ligne tend vers l'axe des abscisses, moins le phénomène d'autocorrélation est important. On voit que les scores sont similaires à l'étape précédente (cf. [Figure 33](#)).

Europe

En ce qui concerne les patterns européens, encore une fois, les valeurs sont similaires à l'étape des tables de Moran (cf. [Figure 34](#)). On voit que les piliers en **bleu**, relatifs à la **gouvernance** ne semblent pas suivre de motif spatial autocorrélé. Au contraire, les lignes **vertes** relatives au pilier **Environnemental** montrent les indices de Moran les plus élevés (avec des voisinages au maximum de 300 km de rayon).

Autocorrélation spatiale : I de Moran global [Europe]

n : 2288 entreprises - 3 types de voisinage

PILIER ^{1,2}	INCREM. DISTANCE		80 KM BAND		INVERSE DISTANCE	
	I.MORAN	Z.SCORE	I.MORAN	Z.SCORE	I.MORAN	Z.SCORE
● ESGSCORE	0.10	21.29	0.14	10.76	0.13	10.50
● ENV_PILLAR	0.11	28.29	0.18	13.36	0.16	13.19
● GOV_PILLAR	0.02	4.29	0.04	2.74	0.03	2.38
● SOC_PILLAR	0.11	26.69	0.16	12.34	0.15	12.27
● EMISSIONS	0.13	24.50	0.17	12.94	0.16	13.03
● RESSOURCE_USE	0.09	26.47	0.17	12.73	0.15	12.77
● INNOVATION	0.06	16.54	0.10	7.44	0.08	6.78
● PRODUCT_RESP	0.06	17.83	0.10	7.87	0.10	8.46
● HUMANRIGHTS	0.08	23.21	0.13	10.15	0.12	10.22
● COMMUNITY	0.08	17.47	0.12	8.83	0.10	8.40
● WORKFORCE	0.14	25.63	0.17	12.93	0.15	12.47
● MANAGEMENT	0.01	3.04	0.03	1.96	0.02	1.76
● SHAREHOLDER	0.00	0.00	0.03	1.93	0.02	1.62
● CSR_STRATEGY	0.02	7.63	0.07	5.40	0.07	5.59
● ESGCOMBINED	0.09	23.15	0.14	10.66	0.13	10.45
● ESGCONTROVERSIES	0.02	9.61	0.05	4.10	0.05	3.79

¹ les lignes de la colonne [Pilier] correspondent à la moyenne des trois I de Moran
² Exceptés Management, Shareholder, et Gov_Pillar, tous les autres sont systématiquement significatifs statistiquement

FIGURE 34 – I de Moran Global [EU] : différents voisinages

Points à retenir

- En théorie, plus on augmente le rayon en [km] du voisinage, plus l'indice de Moran se rapproche d'une valeur nulle. Le pattern spatial devient aléatoire. Cela est dû au fait que tous les points deviennent des voisins communs, à très grande échelle. Ce trait se vérifie dans le cas de l'Europe, les lignes tendent vers zéro. (idem dans le cas de la Suisse, les indices convergent vers zéro au-delà de 25 km).
- L'évolution des indices de Moran permet de se faire une impression de la distance du voisinage à utiliser plus tard pour l'analyse LISA, **soit 150-300 km maximum**. Cela correspond à l'échelle NUTS 2 (Eurostat), qui est une nomenclature de zones économiques et démographiques, ayant la taille de la Suisse.
- **Cette taille de voisinage est un bon compromis**. En effet, le niveau national ne prend pas en compte des disparités régionales. Quant au niveau de la ville, il serait biaisé statistiquement dans cette étude : les points ont été géoréférencés manuellement à partir de la mention de l'agglomération dans les métadonnées. Impossible donc de définir la localisation dans cette agglomération.
- À noter que l'on trouve des variantes avec ou sans standardisation en annexe (Cf. Annexe E (p. 93), Également une variante avec l'évolution du Zscore en fonction de la distance (Cf. pages

Annexe D (p. 92)), ce qui donne une information similaire, mais introduit la dimension de la pertinence statistique, liée au Zscore (Cf. Méthodes : [Signification statistique du I de Moran sur ArcGIS \(ARCGIS, 2022a\)](#)).

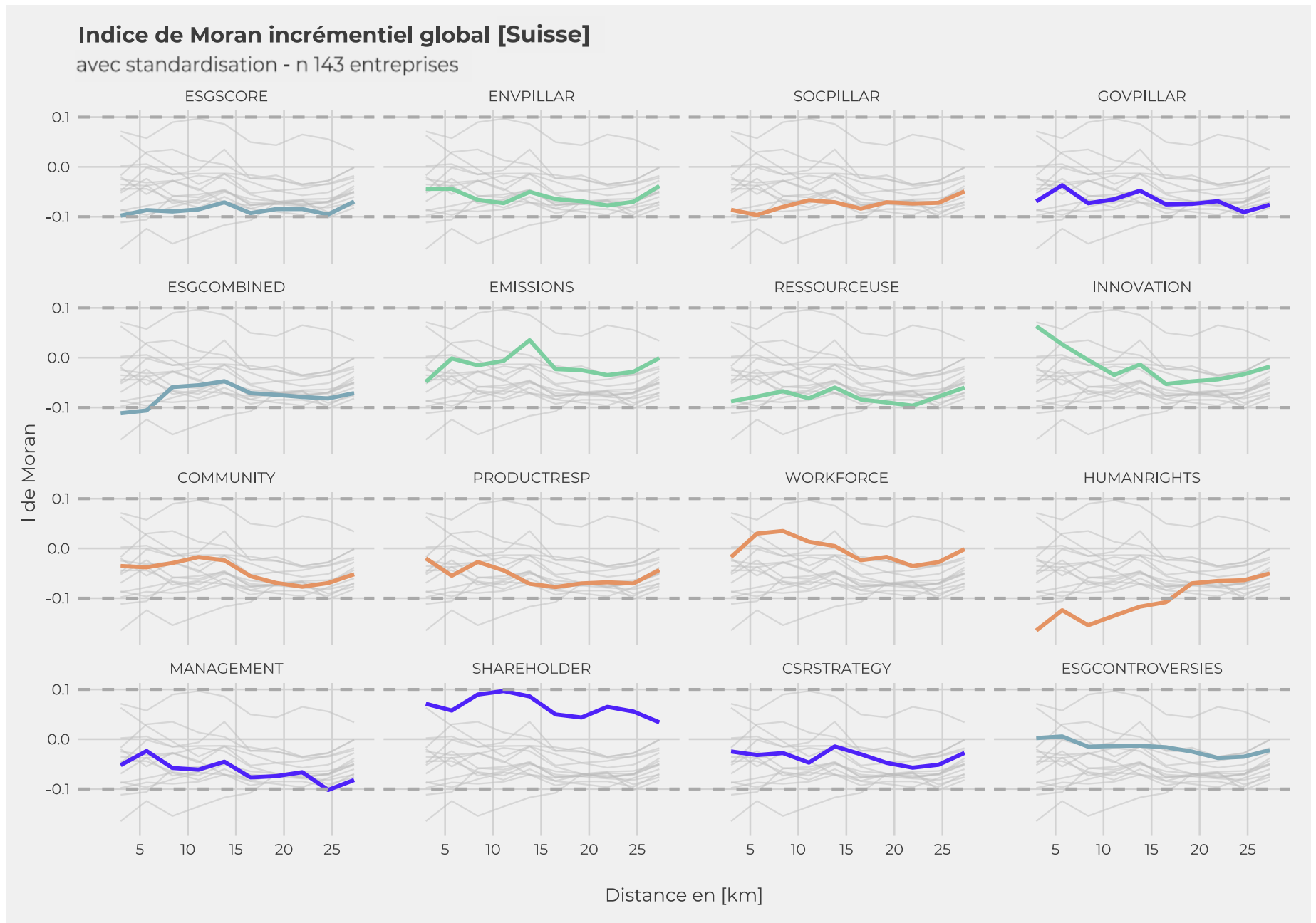


FIGURE 35 – I de Moran incrémentiel [CH]

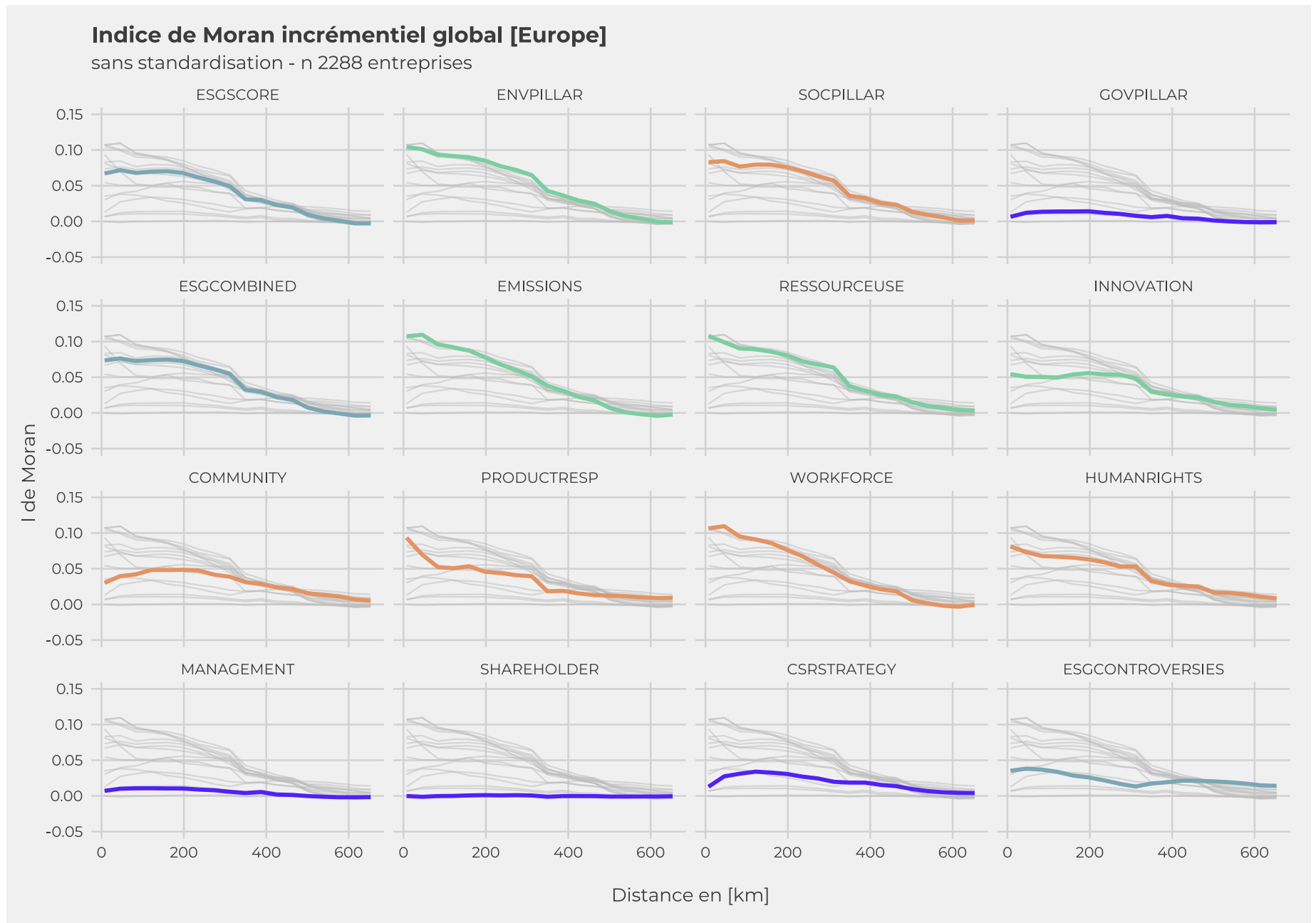


FIGURE 36 – I de Moran incrémentiel - [EU]

5.3 | GRAPHIQUES LISA

La [Figure 37](#) représente le nuage de points des indices de Moran Locaux. L'axe X correspond au Z-score et l'axe Y à celui du voisinage (spatial lag). On peut y distinguer, pour les 16 piliers, l'appartenance aux clusters HH, LL, HL, LH, ou non significatif. On trouve en annexe des variantes de ce graphique, notamment un avec ou sans standardisation (Cf. [Annexe F](#) (p. 96); [Annexe G](#) (p. 97)) et un autre qui représente uniquement quatre piliers majeurs (Cf. [Annexe H](#) (p. 98)). Ce sont ces données qui seront utilisées pour la cartographie.

Pour revenir à la [Figure 37](#), on aperçoit que la distribution des données n'est pas identique pour chaque pilier. Un autre trait caractéristique, qui se renforce si l'on considère les graphiques sans standardisation (Cf. [Annexe G](#) (p. 97)) est le suivant : les valeurs s'étalent davantage sur un axe horizontal. Ce qui signifie que pour de nombreuses entreprises ayant des Zscores différents, elles possèdent toutes une valeur de voisinage (spatial lag) identique (cela décrit cet étalement horizontal). Cela peut s'expliquer de deux façons :

- soit les valeurs de voisinages varient peu et sont souvent similaires à travers l'espace.
- soit le voisinage pris en compte dans les analyses (rayon en [km]) est trop grand et l'on retrouve des agrégats d'entreprises dans le même voisinage. Cela se vérifie dans l'analyse d'un histogramme de collectivité des voisins, et dans la cartographie WEB qui suivra : on retrouve beaucoup de points en Angleterre et en France avec une grande densité de points.

En recherchant d'autres études LISA, on remarque que ce phénomène est peu présent, lorsque les données spatiales sont sous forme de polygones surfaciques, limites administratives.

Cependant, ce phénomène est plus présent lorsque les données sont sous forme de points GPS, avec des densités importantes en certaines zones de l'espace. Typiquement, une analyse sur les prix des logements Airbnb en agglomération (SAGE, 2022), la structure du Moran plot (à l'horizontale) ressemble à celle obtenue avec les scores ESG.

À noter que ce phénomène s'atténue légèrement lorsque la standardisation par lignes est appliquée.

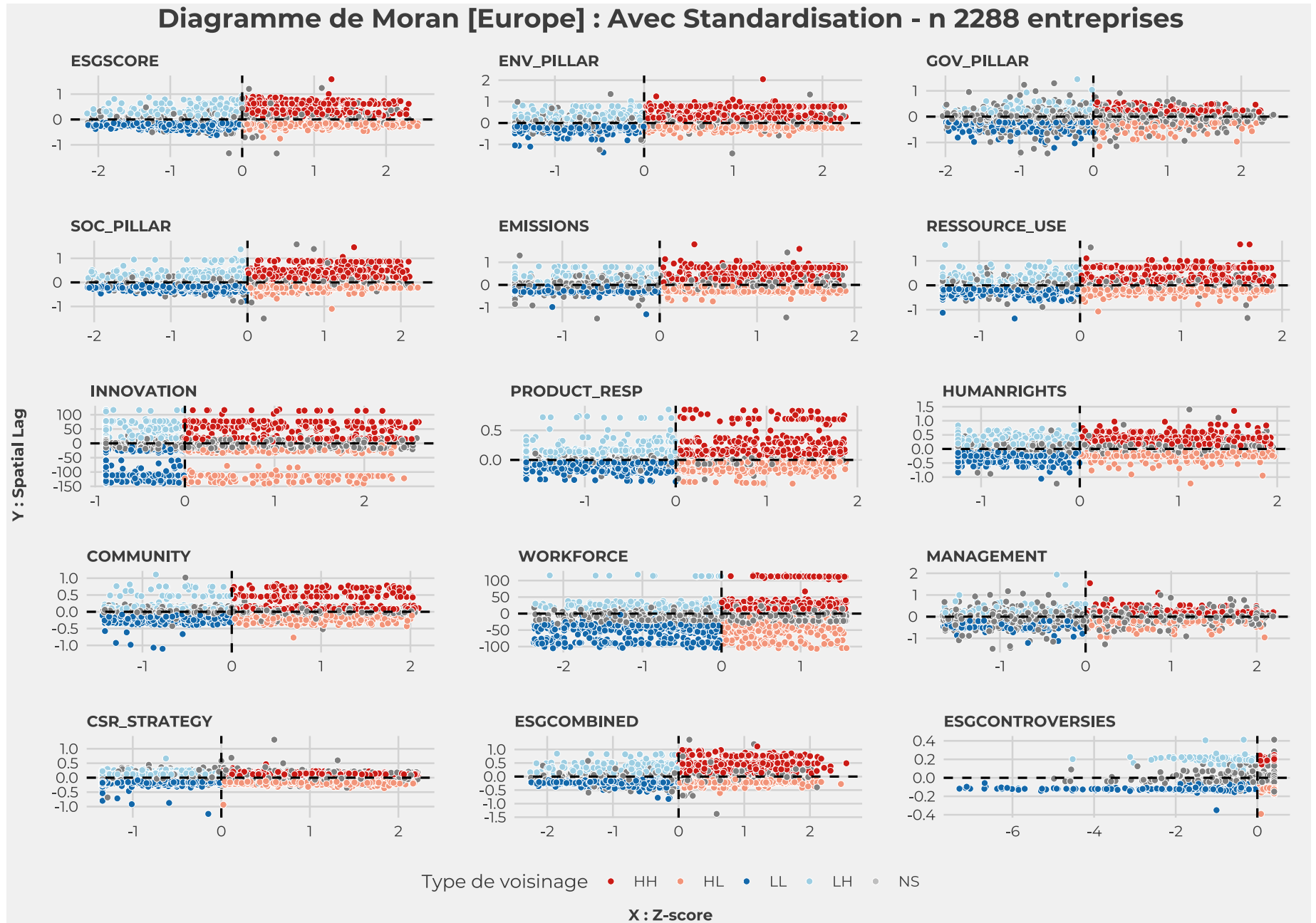


FIGURE 37 – Graphiques LISA : Cluster Type - avec standardisation - [EU]
5. Résultats

5.4 | TABLES LISA

Les tables LISA viennent en complément des graphiques de Moran de la section précédente. Elles reprennent les mêmes données et représentent la proportion de chaque cluster dans le total des entreprises européennes. On remarque un point qui est déroutant pour l'analyse, et qui était déjà visible dans les graphiques de Moran (Figure 37), qui est **la proportion assez élevée** des données de type **HL, LH**, visible dans les Figure 38 et 39. Ce sont des points de type **Outliers**, qui risquent de rendre l'interprétation des cartes plus difficiles.

Pour pallier ce problème de proportion d'outliers élevée, l'analyse LISA a été exécutée avec un voisinage plus court de 80 km et le paramètre **FDR** (false discovery rate, expliqué dans la section suivante). On peut voir sur la Figure 40 que la proportion d'outliers est plus faible, mais celle HH et LL également. Il semblerait que beaucoup de points aient été transférés dans la catégorie "statistiquement non significatif" soit "NA".

Un point important dans ces tableaux est le fait que le pourcentage de valeurs NA est élevé. On voit justement que les données de type Gouvernance sont moins significatives que les autres, avec beaucoup de valeurs non significatives.

Proportion [%] Cluster type LISA [Europe]
n : 2288 entreprises - avec standardisation

PILLAR ¹	LH	HL	HH	LL	NA.
Esgscore	8.2	23.7	18.8	34.4	14.9
Envpillar	9.0	20.4	19.4	36.1	15.0
Socpillar	8.4	22.6	20.2	35.7	13.0
Govpillar	9.6	4.9	11.9	9.2	64.3
Emissions	5.0	20.3	13.9	29.6	31.1
RessourceUse	8.9	20.7	18.8	34.2	17.4
Innovation	11.8	10.9	14.7	25.3	37.4
Community	10.1	11.5	16.6	20.6	41.3
ProductResp	11.7	26.6	15.3	33.8	12.7
HumanRight	13.4	14.2	18.8	30.2	23.3
Workforce	6.3	16.7	16.5	21.8	38.8
Management	8.7	5.2	10.5	7.8	67.9
CsrStrategy	20.7	14.0	18.7	22.0	24.6
EsgCombined	8.0	22.0	19.0	30.7	20.3
EsgControvers	4.4	38.9	21.7	12.9	22.1

¹ HH : HighHigh, LL : LowLow, HL : HighLow, LH : LowHigh, NA : non significatif statistiquement

FIGURE 38 – [A] % proportion clusters : avec standardisation

Proportion [%] Cluster type LISA [Europe]

n : 2288 entreprises - sans standardisation

PILLAR ¹	LH	HL	HH	LL	NA.
Esgscore	8.2	17.4	18.4	25.8	30.2
Envpillar	9.1	20.3	19.3	36.2	15.0
Socpillar	8.5	22.6	20.2	35.4	13.3
Govpillar	10.8	6.4	12.8	11.0	59.0
Emissions	4.7	11.5	13.0	21.1	49.7
RessourceUse	9.0	20.3	18.7	33.5	18.5
Innovation	11.8	11.0	14.8	25.3	37.2
Community	8.3	17.4	15.9	29.2	29.2
ProductResp	8.3	18.2	13.6	26.2	33.6
HumanRight	13.2	14.3	18.7	30.2	23.5
Workforce	5.3	11.7	15.7	17.6	49.7
Management	11.5	6.2	13.1	9.9	59.3
CsrStrategy	20.7	13.9	18.7	22.0	24.7
EsgCombined	8.4	20.5	19.4	29.4	22.2
EsgControvers	4.2	37.9	20.9	12.8	24.3

¹ HH : HighHigh, LL : LowLow, HL : HighLow, LH : LowHigh, NA : non significatif statistiquement

FIGURE 39 – [B] % proportion clusters : sans standardisation

Proportion [%] Cluster type LISA [Europe]

n : 2288 entreprises - voisinage 80km et FDR

PILLAR ¹	LH	HL	HH	LL	NA.
Esgscore	4.9	5.4	12.7	12.5	64.6
Envpillar	5.0	9.1	12.6	18.5	54.8
Socpillar	5.5	11.3	14.9	20.1	48.2
Govpillar	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
Emissions	2.0	9.3	9.4	15.6	63.8
RessourceUse	4.6	14.6	12.2	25.6	43.0
Innovation	7.6	8.4	11.6	18.1	54.2
Community	4.9	8.0	10.6	14.7	61.8
ProductResp	5.7	9.7	11.1	12.6	60.9
HumanRight	6.6	10.2	11.3	23.4	48.5
Workforce	2.8	4.3	9.8	8.0	75.1
Management	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
CsrStrategy	10.3	3.5	11.2	7.1	67.9
EsgCombined	4.9	12.3	12.5	21.3	49.1
EsgControvers	2.9	17.1	12.6	7.8	59.6

¹ HH : HighHigh, LL : LowLow, HL : HighLow, LH : LowHigh, NA : non significatif statistiquement

FIGURE 40 – [C] % proportion clusters : bande 80 km et FDR

5.5 | DISTRIBUTION DES SECTEURS ÉCONOMIQUES

Grâce au tableau visible en Annexe I (p. 100) ([Proportion des clusters LISA par pays, secteurs économiques](#)), on peut voir la répartition des types de cluster LISA par pays, mais également par secteur économique. On voit que les proportions de clusters sont assez similaires par secteur économique. Il n'y a donc pas un secteur qui récolte davantage de valeurs hautes, basses ou d'outliers. Il resterait cependant intéressant de conduire une analyse en se focalisant sur un secteur économique spécifique ou de faire un test statistique pour vérifier que les proportions sont équivalentes.

5.6 | CARTOGRAPHIE WEB-D3.JS

Les résultats issus de l'analyse LISA ont été cartographiés de manière dynamique sur une page WEB. Il est possible d'y choisir le pilier, parmi 15 disponibles, et de visualiser le type de Cluster (hh, ll, hl, lw) en passant en surbrillance sur la légende.

Quatre visualisations distinctes ont été créées, mais seulement les données en entrée changent :

1. Le premier cas représente les scores **ESG bruts**. Il est difficile d'en tirer des patterns ou des constats.

[Lien vers la visualisation \[Carte1-ScoresESG\]](#)

2. Dans le deuxième cas, il s'agit de données des entreprises européennes, analysées grâce à l'autocorrélation LISA avec une conceptualisation du voisinage en bande fixe entre 100-270 [km] (issue de la bande incrémentielle, cf. [sous-section 5.2](#)), avec des données **standardisées** par ligne.

[Lien vers la visualisation \[Carte2-LISA-NOSTD\]](#)

3. Dans le troisième cas, tout est identique, excepté que les données en entrée n'ont **pas été standardisées** par ligne, lors de l'analyse LISA.

[Lien vers la visualisation \[Carte3 LISA STD\]](#)

4. La quatrième carte tentait de résoudre le problème émis en [5.4](#), selon lequel le pourcentage des données catégorisées en tant qu'**outliers** était trop élevé, ce qui rendait l'interprétation de la carte difficile. Lors de l'analyse LISA, le paramètre "**False discovery detection**" a été appliqué.

[Lien vers la visualisation \[Carte4 LISA FDR\]](#)

Le but de la correction FDR, dans notre cas précis, est d'essayer de réduire le nombre de points significatifs, dans le but de rendre l'interprétation des résultats plus évidente.

Selon ARCGIS (2022a), la méthode FDR estime les occurrences de faux positifs, selon un niveau de confiance usuel (5 %). Avec 2500 points de données, cela pourrait faire environ 125 faux-positifs. Il classe ensuite les p-value significatives des plus basses aux plus élevées, puis il coupe les p-value les plus hautes par rapport au nombre de faux-positifs estimé.

Le but de cette démarche avec trois visualisations est de s'assurer que les patterns spatiaux se res-

semblent et restent stables, peu importe les paramètres.

À noter qu'il n'est pas nécessaire de parcourir toutes les cartes et tous les piliers, des patterns généraux seront avancés dans la section suivante. Les performances des pages WEB sont passablement ralenties et le chargement peut être lent. C'est pour cette raison qu'elles n'ont pas été rassemblées sur une page unique.

6 | DISCUSSION

6 | DISCUSSION

6.1 | I DE MORAN GLOBAL EUROPE

Par rapport aux I de Moran globaux abordés précédemment, ils indiquent un certain degré d'auto-corrélation spatial positif, soit, des voisins proches qui se ressemblent, et ce, pour un bon nombre de piliers. Globalement, on dénote que les pratiques environnementales et sociales ont des indices plus forts que ceux de gouvernance, dont les valeurs semblent tendre vers une distribution spatiale aléatoire (Figure 34). Il n'y a pas d'intérêt à élaborer davantage sur le Moran global. On garde cependant les enseignements et ordres de grandeur concernant le rayon en [km] pour créer des voisinages dans l'analyse locale. C'est bien l'autocorrélation locale qui permet de visualiser des clusters locaux.

6.2 | POTENTIELS BIAIS ET LIMITATIONS D'INTERPRÉTATION

Les prochains paragraphes tiennent à alerter sur le fait que les résultats obtenus à l'échelle de l'Europe peuvent être délicats à interpréter, car il y a des processus secondaires qui interviennent, autant au niveau de l'analyse LISA, que des données ESG. Ne pas les énumérer pourrait aboutir à des conclusions erronées.

Données ESG

En plus des réserves données au début de ce papier, on peut citer le rapport : « Demystifying Sovereign ESG » (GRATCHEVA et al., 2021). On y apprend que les plus grandes firmes ont plus de possibilités de contrôler leur processus, et de monitorer leurs performances, et d'adapter ces mesures. Les plus grandes compagnies, ont donc une meilleure capacité à fournir des données ESG et à les améliorer au fil du temps. Ce constat est repris par DREMPETIC et al. (2020a), qui témoignent également d'un effet de taille des entreprises sur leur performance ESG. Il pose la problématique suivante : les critères de durabilité des entreprises avantagent les compagnies ayant plus de ressources. Rappelons aussi que les entreprises de taille moyenne sont totalement soustraites de l'analyse et absentes des données Refinitiv.

Modèles LISA

Un autre problème est la répartition des points de données : certains pays possèdent très peu de points de données. De manière générale, ils sont dispersés avec une densité hétérogène en Europe, ce qui peut invalider certains patterns. On peut prendre l'exemple de la Turquie, qui possède peu de point de données, et qui a un voisinage peu dense et avec des valeurs dans la norme (la Grèce). Cela

fait apparaître la Turquie comme un hotspot High-High, qui n'a pas été confirmé avec la littérature. À l'inverse, le **Royaume-Uni**, qui joue pourtant plutôt le rôle précurseur, sur le plan de la régulation et des pratiques des entreprises (*ESG integration in Europe, the Middle East, and Africa*), apparaît comme un coldspot Low-Low. La densité de points y est extrême et la proportion d'outliers High-Low est très élevée, comme on peut le voir dans cette Annexe I (p. 100) (tableau récapitulatif des proportions de cluster Lisa par pays). Le verdict n'est donc pas tranché.

6.3 | I DE MORAN LOCAL LISA EUROPE

La [Figure 41](#) permet d'agrèger les résultats obtenus avec la visualisation WEB des scores Lisa, introduite auparavant. Il s'agit simplement des patterns pour les quatre piliers principaux, qui ont été transférés de manière statique. Cela permet d'avoir un aperçu rapide pour la discussion à venir. À noter, la légende des couleurs est identique à celles des Moran plot en [Figure 37](#) (soit rouge = High-High, bleu = Low Low).

Il est bien sûr assez délicat d'analyser cette cartographie WEB, à cause de l'important nombre de points de données et de l'hétérogénéité des valeurs. Mais les clusters LISA rendent quand même une certaine quantité de constats visibles, qu'il n'aurait pas été possible de distinguer sur la carte des scores bruts originaux.

Points à retenir

- Il y a des différences entre les trois types de visualisations :
 - **[2]** Lisa **sans** standardisation voisinage par distance fixe (incrémentielle entre 150-250 km) [Lien vers la visualisation \[Carte2-LISA-NOSTD\]](#),
 - **[3]** Lisa **avec** standardisation voisinage par bande fixe (incrémentielle entre 150-250 km) [Lien vers la visualisation \[Carte3 LISA STD\]](#),
 - **[4]** Lisa avec bande fixe courte (80 km) avec standardisation et FDR (False discovery rate) [Lien vers la visualisation \[Carte4 LISA FDR\]](#).
- Certains clusters disparaissent si l'on passe de **[2]** à **[3]**, typiquement la Norvège avec un cluster Low-Low, ou qui reste en NS (non significatif). À noter qu'il n'y a presque jamais de changement d'affection d'une région à un cluster opposé. C'est-à-dire qu'un cluster High High ne deviendra pas Low Low avec d'autres paramètres. Il y a plutôt des mutations de cluster en NS (HH, LL, HL, LH → non significatif).
Autrement, la visualisation **[4]** rend la carte légèrement plus facile à lire, car il y a moins d'outliers par rapport aux clusters High High, Low-Low. En contre-partie il y a également beaucoup plus de NS (non significatif).
- Consécutivement, certaines régions sont assez délicates à catégoriser, car elles oscillent entre cluster Low-Low et NS (non significatif), typiquement le Sud de **l'Angleterre (région**

Londres), Norvège et Suède (région Stockholm uniquement). Contrairement à d'autres régions dont l'appartenance à un cluster est fixe, malgré différents paramètres techniques de l'analyse LISA, ces régions sont plus ambivalentes et leur appartenance moins tranchée.

- À travers les différentes visualisations et différents piliers, certaines régions restent constantes. On peut estimer que ce sont les régions **les plus avancées** selon les critères ESG. Typiquement, **la France, Belgique, Finlande, Espagne, Portugal, Turquie** contiennent systématiquement des hotspots High-High dans les quatre piliers principaux (cf. [Figure 41](#)), mais également dans les autres. Dans la [Revue de la littérature](#), BERG et al. (2019) faisaient déjà état de cet effet de convergence. Si une entreprise a de bons scores dans un pilier, elle en aura probablement dans d'autres. Ce constat se vérifie à l'échelle des clusters LISA.
- Au contraire, la **Suisse, Angleterre (centrale particulièrement), le Sud de la Suède** contiennent systématiquement des coldspots Low-Low dans les quatre piliers principaux (cf. [Figure 41](#)). On peut estimer que ce sont les régions **les moins avancées** selon les critères ESG.
- L'échelle du **pays est souvent insatisfaisante** pour qualifier les patterns ESG en Europe. En effet, on remarque souvent des disparités régionales, parmi lesquelles on peut citer :
 - La région madrilène, souvent en contraste avec la région catalane (Barcelone).
 - La région londonienne, en contraste avec les villes du centre du Royaume-Uni.
 - La région de Stockholm, en contraste avec celle de Göteborg au sud-ouest.
 - La région nord-italienne (Milan), en contraste avec toutes les villes situées plus au sud (de Bologne jusqu'à Rome).
 - l'ouest de l'Allemagne, souvent en contraste avec l'est de l'Allemagne.
 - Les pays scandinaves (Norvège, Suède, Finlande) sont souvent mis sur le même plan, dans la littérature. Or, il semblerait ici que la Finlande soit systématiquement plus avancée sur les notations ESG, tous piliers confondus.
- Globalement, à l'échelle de toute l'Europe, il y a davantage d'entreprises dans les clusters Low-Low que dans les clusters High-High.
- Dans les deux premières visualisations, il y a une proportion d'outliers (High-Low, Low-High) assez importante, déjà visible en [Figure 38](#) et [39](#). C'est-à-dire qu'il y a toujours des valeurs faibles dans les hotspots High-High, et, des valeurs fortes dans les coldspots Low-Low (outliers). Cela vient pondérer le déterminisme de la localisation spatiale. En effet, **il y a toujours un grand nombre d'entreprises aux scores opposés au consensus, pour un lieu donné**. Cela rend les cartes plus délicates à interpréter.
- Consécutivement à ce point, au niveau européen, **la proportion High-Low est systématiquement plus élevée que celle Low-High**. C'est-à-dire que les clusters Low-Low comptent davantage d'outliers High-Low. Les clusters High-High comptent généralement légèrement moins d'outliers Low-High. **Les clusters High-High sont donc légèrement plus déterminants et robustes**, par

rapport aux Low-Low. Cela abonde dans le sens de la théorie des économies d'échelle, développée dans la 3. On pourrait émettre l'hypothèse que les hotspots High High, comprenant de bonnes pratiques ESG, se diffusent à l'échelle régionale et possèdent moins d'outliers Low-High qu'attendu.

Pattern Lisa : Type de cluster [Europe]

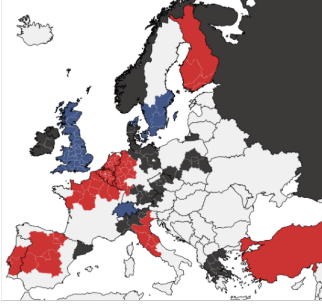
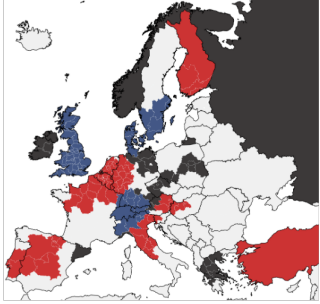
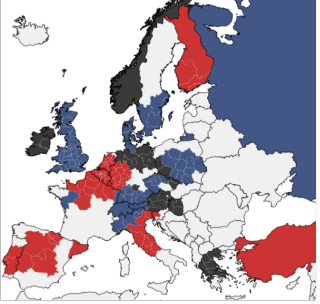
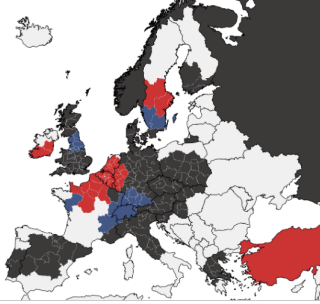
Critère	ESG-score	ENV-pillar	SOC-pillar	GOV-Pillar
Illustration				
Ressemblance		ressemble à Esg-score	ressemble à Esg-score	Atypique
pattern global	Axe diagonal de l'Europe continental en valeur HH (Espagne France Belgique Pays-Bas Finlande), excepté le voisinage Suisse, qui ressemble à la Scandinavie et l'Angleterre	Axe diagonal de l'Europe continental en valeur HH (Espagne France Turquie Italie Belgique Pays-Bas Finlande), excepté le voisinage Suisse, qui ressemble à la Suède, Danemark et l'Angleterre	pas d'axe UK, Suisse, Danemark et Suède en LL face aux autres France, Belgique, Espagne en HH	pas d'axe Beaucoup de NA (notamment UK) léger axe vertical Suède Suisse Autrement toujours France Belgique Pays-Bas Finlande Vs Suisse, Suède Göteborg, Ecosse
localisation HH	France, Belgique, Pays-Bas, Turquie, Italie (sauf Nord), Espagne, Portugal, Finlande	France, Belgique, Pays-Bas, Espagne, Grèce Italie Finlande, Allemagne de l'Ouest	France Belgique Pays-Bas Espagne Portugal Turquie Finlande	France Belgique Pays-Bas, Région Suède Stockholm Finlande Turquie
localisation LL	Angleterre, voisinage suisse, Scandinavie excepté Finlande.	Scandinavie excepté la Finlande, Voisinage suisse, Angleterre	Russie (Moscou), Pologne, UK, Suisse, Danemark, Suède	Suisse, Ecosse, Région Suède Göteborg
Localisation HL	Outliers HL adjacents aux valeurs LL			
Localisation LH	Outliers LH adjacents aux valeurs HH			
Remarque	Le nombre de points HL plus élevé que LH			

Tableau: Mathias Lauber • Créé avec Datawrapper

FIGURE 41 – Résumé cartographie WEB : commun aux différents modèles LISA

6.4 | COMPARAISON DES CLUSTERS LISA AVEC D'AUTRES ÉTUDES

Après avoir obtenu les résultats, il a été question de les comparer avec la littérature, pour voir s'il y a confirmation des pays leaders dans les critères ESG. Aucune étude similaire sur les critères ESG intégrant un ranking de pays n'a été trouvée. On trouve beaucoup d'études sur les données ESG, mais quasi jamais avec des comparaisons territoriales. Quand c'est le cas, la performance des investissements souverains est comparée. Alors que nos données concernent le tissu d'entreprises. Des rapports de sociétés d'analyse financière pour l'aide à l'investissement ont été trouvés. Notamment un classement des pays européens par les sociétés Morningstars et Robeco. Malheureusement, dans le cas de Morningstar, il s'agissait plutôt d'une analyse combinée des risques pour les entreprises/pays à ne pas être alignés sur des scores ESG élevés. Leur méthodologie leur est spécifique, résumée brièvement et donc difficile à exploiter. Dans un rapport Robeco, et comme souvent auprès d'autres fournisseurs de données (SDG des Nations Unies, OCDE, Commission Européenne), il s'agissait uniquement d'indicateurs au niveau national.

6.5 | ÉLÉMENTS DE POLITIQUES PUBLIQUES

Les éléments structurels tels que les régulations étatiques, les politiques publiques, ainsi que le cadre légal a une incidence directe sur les performances des entreprises d'un pays en termes de notations ESG selon CRUGNOLA-HUMBERT (2021).

Union Européenne

Parmi les résultats des clusters de l'analyse LISA, il est apparu que certains pays de l'Union Européenne performaient bien dans les critères ESG. Or, il est important d'avancer que cela n'est qu'une prémisse et qu'il existe une volonté de renforcer ce constat.

L'Union Européenne considère que le marché financier et le reporting environnemental sont un pilier central pour la réalisation des objectifs de développement durable de ce siècle. Il existe d'ailleurs depuis 2018 un plan d'action "**pour financer la croissance durable**". Ce plan est intéressant et va s'en aucun doute modifier les patterns de pratiques des entreprises sur le territoire européen. Il se peut donc que l'avance des pays européens, telle que visible sur les cartes Lisa (cf. [sous-section 5.6](#)) se renforce dans les années à venir.

Parmi **les mesures du plan d'action européen** (COMMISSION EUROPÉENNE, [p. d.](#)), on note :

- 1. Établir un système européen de classification unifié des activités durables
- 2. Créer des normes et des labels pour les produits financiers verts
- 5. Élaborer des indicateurs de référence en matière de durabilité
- 9. Améliorer la publication d'informations en matière de durabilité et la réglementation comptable

Ces objectifs permettent un reporting efficace et de mesurer les progrès d'un acteur au cours du temps. De même, cela permet de rediriger les capitaux financiers vers les entreprises atteignant les meilleurs scores.

Pour répondre à ces mesures, la commission Européenne a récemment mis en place un projet phare (EUROPEAN COMISSION, 2020). Il s'agit d'un système de reporting uniformisé pour les entreprises, considéré comme une avancée majeure dans le domaine de la durabilité : La **"EU Taxonomy"**.

Cet outil permet aux compagnies de suivre leurs impacts, évolution, stratégies. Il sert également aux investisseurs qui voudraient évaluer la durabilité des investissements envisagés. Il y a donc d'un côté les entreprises qui remplissent des rapports. De l'autre, ces données permettent ensuite de labelliser les activités des entreprises et de les classer selon leurs pratiques.

Le cœur de ce framework repose sur 6 objectifs environnementaux :

1. climate change mitigation,
2. climate change adaptation,
3. sustainable use and protection of water and marine resources,
4. transition to a circular economy,
5. pollution prevention and control, and
6. protection and restoration of biodiversity and ecosystems

Pour obtenir le statut **"taxonomy-aligned"**, une entreprise devra donc :

1. Réaliser une contribution majeure à au moins un des six objectifs (évoqués ci-haut)
2. Ne pas causer de préjudice sérieux aux autres objectifs
3. être aligné sur des standards sociaux de base
4. être conforme aux critères du screening technique de la taxonomie (des audit sont réalisés)

À l'analyse de ces critères, le point clé est de pouvoir opérer un classement entre activités dites **vertes, écologiquement pertinentes** et **brunes, non pertinentes**. Cela permet donc d'écartier le **green-washing** mis en place dans la communication de certaines entreprises. De plus, ce projet permet de répondre à certaines problématiques actuelles dans la notation des entreprises. Notamment, le fait que les plus petites entreprises ne sont pas prises en compte. Avec la "EU taxonomy" cela se fera à partir d'un seuil de 500 employés. Un audit sera mis en place pour s'assurer la justesse des données. Autrement, les données connaîtront moins de latence temporelle dans la communication des entreprises, et elles seront facilement accessibles, gratuitement.

Finalement, ce système, par sa conception, vise à améliorer la transparence des activités des entreprises, et donc permettre aux investisseurs de prendre les meilleures décisions. Le but étant d'amorcer un déplacement des financements vers des activités durables alignées sur la taxonomy, pour développer une économie décarbonée.

Hors Union-Européenne

Concernant les politiques publiques menées à l'échelle mondiale, et selon le papier « Europe Leads on ESG Policy, But Trend Promising for All », on se rend compte que l'Europe mène la tendance (BLOOMBERG, 2021). Cette étude comptabilise le nombre de réglementations obligatoires concernant la finance durable et les politiques de divulgation ESG (disclosure policy), dans les pays du G20.

Les pays qui comptent le plus de réglementations sont la France, les Pays-Bas et l'Allemagne. De manière générale, tous les pays situés en Europe performant bien, tandis que les réglementations sont beaucoup moins nombreuses dans les pays suivants (par ordre descendant) : les USA, la Chine, puis en fond de classement Brésil, Inde, Russie et Arabie Saoudite.

Il semblerait que la vague liée aux objectifs de type "net zéro émission" n'aient pas eu autant d'impacts au niveau législatifs dans ces pays. De plus, ces retardataires peinent à rejoindre des programmes de coalition sur les questions de durabilité. (notamment des programmes qui augmentent la comptabilité standardisée des impacts environnementaux). Malheureusement, les détails concernant ces programmes et les pays qui ne les suivent pas ne sont pas précisés.

6.6 | ÉLÉMENTS CULTURELS - POLITIQUES D'ENTREPRISE

Parmi les éléments qui peuvent expliquer la distribution des données ESG, on peut citer des éléments relatifs aux pratiques d'investissements par les professionnels de la finance, mais également à la visibilité que la thématique ESG a dans différents pays.

Dans le rapport *"ESG integration in Europe, the Middle East, and Africa"*, rédigé par ORSAGH et al. (2019), 1'100 professionnels ont été interrogés à travers le globe, divisé en régions ou pays. Il apparaît déjà que le pilier Gouvernance est plus souvent intégré que ceux environnemental et social. Cela est probablement dû au fait que les conditions de gouvernance semblent impacter directement les performances d'une entreprise, et que la littérature économique-managériale foisonne sur le lien entre gouvernance et performance d'une entreprise.

Le pilier environnement est certainement moins tangible, car les impacts se déroulent sur une échelle temporelle plus longue, bien que les risques environnementaux soient une véritable préoccupation.

Il est intéressant de voir que certains patterns de ce rapport s'accordent avec les résultats obtenus grâce à l'analyse LISA, visible grâce à la cartographie WEB D3.js.

Des pays comme le Royaume-Uni, les Pays-Bas sont décrits comme des pays ayant les processus les plus avancés en ce qui concerne l'intégration des scores ESG dans leur investissement. Quand la question suivante est posée :

"How frequently are portfolio managers and financial analysts including material ESG issues in their equity or credit analysis?"

Ils obtiennent les meilleures proportions de réponse de type "souvent, toujours".

Les scores de la France et Allemagne sont bons, malgré le fait que l'intégration ESG soit plus

récente en Allemagne, et que la thématique ESG et ses bénéfices soient moins bien compris en France (ORSAGH et al., 2019).

Quant à la Russie, le bilan est moins bon. Elle répond moins favorablement à la question précédente, et connaît les plus grandes proportions de réponses de type "jamais, ou rarement". En comparaison, la Suisse a de meilleurs scores et une meilleure intégration ESG, cependant reste en dessous de ses voisins Européens.

Un autre point intéressant dans cette étude concerne les raisons qui forment des freins à l'intégration ESG. Ces freins sont plus ou moins importants auprès des professionnels d'un pays à l'autre (ORSAGH et al., 2019). Parmi eux, on peut citer :

– **Manque de connaissance - d'initiation**

- Le manque de données historiques comparables
- Connaissances limitées autour de la thématique ESG et de son application
- Manque de culture d'entreprise compatible avec la thématique ESG

– **Manque de confiance - scepticisme**

- Trop peu de recherches et évidences sur la thématique

– **Manque de rentabilité - pertinence**

- Trop d'information non-matérielles, soit des informations qui ne sont pas pertinentes, jugées comme ayant peu d'effet sur la valeur d'un produit financier.
- Aucune preuve du bénéfice lié à ce genre d'investissement

Comme on peut le voir ces cinq freins à l'investissement ont été groupés en 3 sous catégories (en gras, dans la liste à puces ci-haut), qui forment des profils "type" pour la majorité des entreprises d'un pays. À noter que la plupart des freins sont représentés chez la majorité des répondants aux sondages, dans tous les pays interrogés.

Cependant, on remarque à nouveau que **le manque de données historiques comparables** est un frein qui est le plus présent en **Suisse, UK, Russie et France**. Concernant l'inadéquation entre **la culture d'entreprise et l'intégration ESG**, cela se retrouve beaucoup en **Suisse**, qui estime également qu'il y a un surplus **d'informations non-matérielles**.

Un dernier point concerne cette fois-ci **les raisons qui amènent à l'intégration ESG**. Parmi les choix disponibles, on note, par ordre d'importance :

La demande des clients, la gestion de risques, la régulation (externe ou interne), responsabilité fiduciaire, etc. Les répondants devaient choisir parmi ces différentes motivations. La Russie est le seul pays, dont 15 % des répondants ont choisi l'option NA, c'est-à-dire qu'ils n'intègrent pas de problématiques ESG. Attention, cependant, même si ce pays apparaît comme moins engagé et ayant un retard, cela n'enlève rien à l'intérêt de certains acteurs russes d'intégrer des dimensions de la finance durable.

Les participants à l'étude notent également que la Banque centrale de Russie (régulateur financier) commence à faire des incitations qui supportent l'investissement durable par les critères ESG (ORSAGH et al., 2019).

Il faut aussi relativiser cette étude et ses résultats, puisqu'il s'agit de réponses auto déclarées. On pose forcément le présupposé que les personnes questionnées répondent de manière honnête et uniforme. Or, elles possèdent certainement des biais inconscients ou notent leurs pratiques plus durement que le voisin, par exemple, etc.

6.7 | EXPLIQUER UN PATTERN LISA : LIMITATIONS

Cette section tente de rendre compte des difficultés à expliquer les patterns et clusters issus de l'analyse LISA. Parmi les 15 piliers disponibles, plusieurs ont fait l'objet d'une tentative d'explication. Les cartes des clusters WEB, visibles en [sous-section 5.6](#), ont servi de base. Les piliers sociaux et gouvernance ont été écartés, car l'intérêt se portait davantage sur la durabilité environnementale, qui est aussi plus proche du cursus de la faculté des géosciences. Le choix se porte donc sur les trois piliers "Resource Use", "Emissions", "Innovation".

La littérature étant très fournie sur le domaine de l'innovation, plus particulièrement sur **l'éco-innovation**. On trouve facilement de la littérature et des classements de pays européens correspondant à plusieurs critères de l'éco-innovation, notamment dans l'étude « Eco-Innovation and Innovation Level of the Economy as a Basis for the Typology of the EU Countries » (SOBCZAK et al., 2022) ou dans les bases de données de la commission européenne (EUROPEAN COMMISSION, p. d.).

D'emblée, parmi les sources, on remarque que les classements des pays diffèrent d'une source à l'autre et que les critères pris en compte peuvent varier. De plus, leur ranking n'obtient pas systématiquement les mêmes leaders que dans les clusters LISA de ce travail.

Une autre complication tient du fait que la documentation autour de l'éco-innovation est souvent comprise à l'échelle du pays, avec des indicateurs nationaux (par ex. nombre de nouveaux diplômés dans la population), tandis que les données ESG ont bien souvent des indicateurs à l'échelle de l'entreprise (typiquement : sommes des dépenses investies en R&D pour réduire l'impact environnemental).

Il y a aussi de la documentation sur les stratégies d'innovation des pays, qui ne sont pas identiques, voire respectées par les entreprises.

Une dernière limitation majeure tient dans le fait que tous les indicateurs composants le pilier innovation (ou tous les autres) de Refinitiv ne sont pas disponibles. En effet, à l'échelle de l'Europe, cela représentait un volume de données trop important pour l'extraire.

Et cela a le désavantage de perdre les scores standardisés comparables d'une entité à l'autre. Il y a donc le phénomène de "boîte noire", on ne sait pas quel indicateur contribue dans quelle importance pour telle entreprise de tel pays. Il est donc très dur d'amener des explications qualitatives sur ces

pilliers environnementaux.

Un constat similaire se dresse quand on tente d'expliquer les clusters LISA du pilier **Ressource Use**. Il est difficile de trouver une correspondance entre le mix et les infrastructures énergétiques renouvelables d'un pays et les scores ESG Ressource Use.

Encore une fois, il y a ce phénomène de "boîte noire" dans la constitution du pilier et il est dur de trouver des explications prêtes à l'emploi. Le ranking européen des leaders en consommation d'énergies renouvelables, ne correspond pas à celui des clusters LISA pour le pilier Ressource Use.

7 | CONCLUSION

7 | CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

À l'issue de cette recherche, un état des lieux s'impose. La motivation initiale était de dépasser le concept de "geste écologique individuel", en analysant les impacts des entreprises européennes et le lien au cadre législatif. Après avoir eu des difficultés à trouver un jeu de données, il a finalement été possible d'obtenir des données ESG. Ces dernières permettent de décrire la performance des entreprises sur des thématiques environnementales, sociales et de gouvernance. Elles sont souvent utilisées comme aide à la décision en finance et dans l'analyse de risques.

Il est vite apparu que les données ESG n'étaient pas prévues pour être analysées spatialement. Il a donc fallu trouver des solutions pour les intégrer à une analyse spatiale, de type autocorrélation globale et locale.

Plusieurs questionnements émergent quant à la méthodologie : En premier, on peut se questionner si le fait d'avoir combiné deux méthodes peu communes ensemble - l'autocorrélation sur des points GPS et l'analyse spatiale de données ESG - aboutit à une étude pertinente ?

Il était difficile de traiter ces points ESG qui étaient, en résumé, incomplets (prennent uniquement en compte les plus grandes entreprises cotées en bourse), hétérogènes spatialement (différence de densité et de couverture spatiale), homogènes statistiquement (les scores des différents piliers contiennent de la multicollinéarité), et agrégés (des centaines d'indicateurs fusionnés en piliers, et des secteurs économiques mis en commun).

Ces données n'étaient pas destinées à être analysées géographiquement (il a fallu les géocoder, à partir de la mention d'une agglomération, ce qui génère une perte d'information locale). De plus, la localisation obtenue renseigne sur le siège de l'entreprise. Cela ne correspond pas forcément à la localisation des activités principales de l'entreprise, ou de ses filiales.

Quant à l'autocorrélation, il n'est pas évident de l'appliquer sur les points ESG obtenus (et leurs défauts). La littérature fait davantage état d'analyses sur des entités administratives de type polygone. Il n'y a donc pas le souci de la superposition des points, rencontré dans ce travail.

Malgré ces difficultés, certains patterns de distribution spatiale dans le territoire européen ont pu être exposés. En modifiant les paramètres de l'analyse LISA, certaines régions ont été écartées de l'analyse, leur appartenance à un cluster n'étant pas stable.

Il est aussi apparu qu'il restait difficile d'expliquer ces patterns, autrement que par les pratiques culturelles de l'investissement durable de certains pays, et par l'existence ou non de

régulations contraignantes au niveau étatique.

En guise de perspective, il serait intéressant de s'atteler à affiner l'analyse LISA, en filtrant par secteur économique, en regroupant les entreprises par taille similaire, ou encore en faisant varier l'échelle (emphasis sur l'Europe occidentale, par exemple).

Il serait aussi intéressant de rechercher des données de localisation plus détaillées et d'analyser plus finement les régions européennes à petite échelle.

Dernièrement, il serait aussi important d'analyser les données de la Taxonomie Européenne, disponibles dans les années à venir. Elles auront le mérite de combler toutes les lacunes mentionnées des données ESG. En effet, toutes les entreprises européennes de plus de 500 employés sont intégrées dans le framework. Le maillage spatial sera meilleur. De plus, les dimensions environnementales du framework sont plus nombreuses et diversifiées, etc.

Finalement, il reste intéressant de sortir les données ESG de leur cadre habituel d'analyse financière dans la littérature. Cela concorde avec la tendance montante d'analyser spatialement des données financières de tout horizon, nommé "Finance spatiale".

7 | BIBLIOGRAPHIE

- ALLIANCE CLIMATIQUE SUISSE. (2016). *Masterplan Climat Suisse* (rapp. tech.). Alliance climatique suisse. Récupérée 9 juin 2022, à partir de <https://klimabuendnis.ch/1/fr/masterplan-climat-suisse>
- ANSELIN, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93-115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- ANSELIN, L. (2018). Spatial Weights as Distance Functions. Récupérée 15 avril 2022, à partir de https://geodacenter.github.io/workbook/4c_distance_functions/lab4c.html#concepts-1
- ARCGIS. (2022a). Analyse de grappes et de valeurs aberrantes (Anselin Local Morans I) (Statistiques spatiales)—ArcGIS Pro | Documentation. Récupérée 26 avril 2022, à partir de <https://pro.arcgis.com/fr/pro-app/2.8/tool-reference/spatial-statistics/cluster-and-outlier-analysis-anselin-local-moran-s.htm>
- ARCGIS. (2022b). Fonctionnement de l'outil Spatial Autocorrelation (Global Moran's I)—ArcGIS Pro | Documentation. Récupérée 12 avril 2022, à partir de <https://pro.arcgis.com/fr/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/h-how-spatial-autocorrelation-moran-s-i-spatial-st.htm>
- ARCGIS. (2022c). Modélisation de relations spatiales—ArcGIS Pro | Documentation. Récupérée 15 avril 2022, à partir de <https://pro.arcgis.com/fr/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/modeling-spatial-relationships.htm>
- ARCGISPRO. (2022). Fonctionnement de l'auto-corrélation spatiale incrémentielle—ArcGIS Pro | Documentation. Récupérée 21 avril 2022, à partir de <https://pro.arcgis.com/fr/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/how-incremental-spatial-autocorrelation-works.htm>
- ATKINS, B. (2022). Demystifying ESG : Its History & Current Status [Section : Markets]. Récupérée 3 mai 2022, à partir de <https://www.forbes.com/sites/betsyatkins/2020/06/08/demystifying-esgits-history--current-status/>
- BERG, F., FABISIK, K. & SAUTNER, Z. (2020). Rewriting History II : The (Un)Predictable Past of ESG Ratings. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3722087>
- BERG, F., KLÖBEL, J. & RIGOBON, R. (2019). Aggregate Confusion : The Divergence of ESG Ratings. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3438533>

- BIRD (Éd.). (2009). *Rapport sur le développement dans le monde : repenser la géographie économique*. De Boeck.
- BLOOMBERG. (2021). Europe Leads on ESG Policy, But Trend Promising for All [Section : Report]. Récupérée 8 juin 2022, à partir de <https://about.bnef.com/blog/europe-leads-on-esg-policy-but-trend-promising-for-all/>
- BOESCH, A. (2014). *Getting messages across using indicators* (rapp. tech.). European Union. Luxembourg. Récupérée 29 juin 2022, à partir de <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/ks-gq-12-001>
- BOUAYAD-AGHA, S. & DEBELLEFON, M.-P. (2018). Indices d'autocorrélation spatiale. *Méthodes d'analyse spatiale* (Institut national de la statistique et des études économiques, p. 20). Insee.
- CARBONVIEW. (2022). ESG – a brief history of its development. Récupérée 3 mai 2022, à partir de <https://carbon-view.com/esg-a-brief-history-of-its-development-part-1/>
- CARSON, R. (1962). Silent Spring. In K. F. STEIN (Éd.), *Silent Spring* (p. 61-106). SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-068-2_5
- CEDIF HEC. (p. d.). Centre de documentation et d'initiation financière [Last Modified : 2018-12-17T09:05:42+01:00]. Récupérée 14 février 2022, à partir de <https://www.unil.ch/cedif/fr/home.html>
- CERCLE MONET OFS. (p. d.). Le système d'indicateurs MONET 2030. Récupérée 11 février 2022, à partir de <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiken/nachhaltige-entwicklung/monet-2030.html>
- COMMISSION EUROPÉENNE. (p. d.). Stratégies et objectifs climatiques. Récupérée 28 juin 2022, à partir de https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets_fr
- CRUGNOLA-HUMBERT, J. (2021). Discussion autour de la Finance Durable, critères ESG, investissement responsable.
- DEL GIUDICE, A. & RIGAMONTI, S. (2020). Does Audit Improve the Quality of ESG Scores? Evidence from Corporate Misconduct. *Sustainability*, 12(14), 5670. <https://doi.org/10.3390/su12145670>
- DENG, X. & CHENG, X. (2019). Can ESG Indices Improve the Enterprises' Stock Market Performance?—An Empirical Study from China. *Sustainability*, 11(17), 4765. <https://doi.org/10.3390/su11174765>
- DREMPETIC, S., KLEIN, C. & ZWERGEL, B. (2020a). The Influence of Firm Size on the ESG Score : Corporate Sustainability Ratings Under Review. *Journal of Business Ethics*, 167(2), 333-360. <https://doi.org/10.1007/s10551-019-04164-1>

- DREMPETIC, S., KLEIN, C. & ZWERGEL, B. (2020b). The Influence of Firm Size on the ESG Score : Corporate Sustainability Ratings Under Review. *Journal of Business Ethics*, 167(2), 333-360. <https://doi.org/10.1007/s10551-019-04164-1>
- DUBÉ, J. & LEGROS, D. (2014). Spatial Autocorrelation. *Spatial Econometrics Using Microdata* (p. 59-91). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119008651.ch3>
- DUGAST, C. & SOYEUX, A. (2019). *Faire sa part ? Pouvoir et responsabilité des individus, des entreprises et de l'état face à l'urgence climatique.* (rapp. tech.). Carbone4. Paris. Récupérée 8 juin 2022, à partir de <https://www.carbone4.com/wp-content/uploads/2019/06/Publication-Carbone-4-Faire-sa-part-pouvoir-responsabilite-climat.pdf>
- ELOI, L. (2022). Déconstruire nos idées reçues sur l'écologie. Récupérée 8 juin 2022, à partir de <https://www.radiofrance.fr/franceinter/podcasts/la-terre-au-carre/la-terre-au-carre-du-mercredi-09-mars-2022-3497329>
- ENVIRONMENTAL FINANCE. (2021). ESG Guide Index - Environmental Finance. Récupérée 11 février 2022, à partir de <https://www.environmental-finance.com/content/guides/guide-index/>
- ESEHA. (p. d.). CHStat - Portail des cantons et des villes suisses. Récupérée 11 février 2022, à partir de <http://www.chstat.ch/fr/index.php>
- ESRI. (2022). What Is Spatial Finance, and How to Prepare for It. Récupérée 20 mai 2022, à partir de <https://www.esri.com/about/newsroom/publications/wherenext/spatial-finance/>
- EUROPEAN COMMISSION. (2020). *Sustainable finance : TEG final report on the EU taxonomy | Knowledge for policy* (rapp. tech.). European Commission. Récupérée 8 juin 2022, à partir de https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/sustainable-finance-teg-final-report-eu-taxonomy_en
- EUROPEAN COMMISSION. (p. d.). Eco-innovation Action Plan. Récupérée 8 juin 2022, à partir de https://ec.europa.eu/environment/ecoap/frontpage_en
- EUROPEAN COMMISSION, ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT & SOURCEOECD (ONLINE SERVICE) (Éd.). (2008). *Handbook on constructing composite indicators : methodology and user guide* [OCLC : ocn244969711]. OECD.
- EUROSTAT. (p. d.). Database - Eurostat. Récupérée 11 février 2022, à partir de <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
- FÉDÉRAL, C. (2020). *Le développement durable dans le secteur financier en Suisse* (rapp. tech.). Confédération Suisse. Berne. Récupérée 8 juin 2020, à partir de <https://www.news.admin.ch/newsd/message/attachments/61903.pdf>

- FI, U. (2022). United Nations Environment – Finance Initiative. Récupérée 5 mai 2022, à partir de <https://www.unepfi.org/about/unep-fi-statement/>
- FLOCH, J.-M. & LE SAOUT, R. (2018). Économétrie spatiale : modèles courants. *Méthodes d'analyse spatiale* (Institut national de la statistique et des études économiques, p. 30). Insee.
- FMI. (2005). Who Cares Wins 2005 Conference Report : Investing for Long-Term Value. Récupérée 5 mai 2022, à partir de https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Topics_Ext_Content/IFC_External_Corporate_Site/Sustainability-At-IFC/Publications/Publications_Report_WhoCaresWins2005__WCI__1319576590784
- FONTAN, O., BERRY, A., BUEB, J., MARTIN, S., TAMOKOUÉ KAMGA, P.-H. & SGAMBATI, É. (2021). *Renforcer l'atténuation, engager l'adaptation* (rapp. tech.). Haut conseil pour le climat. Paris. Récupérée 9 juin 2022, à partir de <https://www.hautconseilclimat.fr/publications/rapport-annuel-2021-renforcer-lattenuation-engager-ladaptation/>
- GEODA. (2022). Global Spatial Autocorrelation. Récupérée 27 avril 2022, à partir de https://geodacenter.github.io/workbook/5a_global_auto/lab5a.html#concept
- GIEC. (2019). *Réchauffement planétaire de 1,5 °C* (rapp. tech.). GIEC. Récupérée 8 juin 2022, à partir de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_french.pdf
- GRATCHEVA, E. M., EMERY, T. L. & WANG, D. (2021). Demystifying Sovereign ESG. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3854177>
- HARTIGAN, J. A. & WONG, M. A. (1979). Algorithm AS 136 : A K-Means Clustering Algorithm [Publisher : [Wiley, Royal Statistical Society]]. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 28(1), 100-108. <https://doi.org/10.2307/2346830>
- HONGMING, X., AHMED, B., HUSSAIN, A., REHMAN, A., ULLAH, I. & KHAN, F. U. (2020). Sustainability Reporting and Firm Performance : The Demonstration of Pakistani Firms. *SAGE Open*, 10(3), 215824402095318. <https://doi.org/10.1177/2158244020953180>
- INSEE. (2018). *Manuel d'analyse spatiale* (Institut national de la statistique et des études économiques). Institut national de la statistique et des études économiques.
- JHA, M. K. & RANGARAJAN, K. (2020). Analysis of corporate sustainability performance and corporate financial performance causal linkage in the Indian context. *Asian Journal of Sustainability and Social Responsibility*, 5(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s41180-020-00038-z>

- JOOST, S. (p. d.). Autocorrélation spatiale – Le I de Moran - Phénomènes spatiaux discontinus. Récupérée 23 février 2022, à partir de <https://fr.coursera.org/lecture/sig-2/autocorrelation-spatiale-le-i-de-moran-U4dYK>
- KAISER, L. & OEHRI, O. (2020). *Vue d'ensemble de l'impact climatique des mesures mises en œuvre par les acteurs financiers* (rapp. tech.). Center for Social et Sustainable Products AG (CSSP); pour le compte de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).
- KASSAMBARA, A. (2017). *Practical guide to cluster analysis in R : unsupervised machine learning* (Edition 1). STHDA.
- LUNA, M. (2014). Identifying Clusters - Introduction to Cluster Analysis in ArcGIS 10.2.
- MAYOR, T. (2022). Why ESG ratings vary so widely (and what you can do about it). Récupérée 9 juin 2022, à partir de <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/why-esg-ratings-vary-so-widely-and-what-you-can-do-about-it>
- MILLER, H. J. (2004). Tobler's First Law and Spatial Analysis. *Annals of the Association of American Geographers*, 94(2), 284-289. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2004.09402005.x>
- MORAN, P. A. P. (1948). The Interpretation of Statistical Maps. *Journal of the Royal Statistical Society : Series B (Methodological)*, 10(2), 243-251. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1948.tb00012.x>
- MORAN, P. A. P. (1950). Notes on Continuous Stochastic Phenomena. *Biometrika*, 37(1/2), 17. <https://doi.org/10.2307/2332142>
- MORNINGSTAR. (2022). *Morningstar Sustainability Atlas* (rapp. tech.). Chicago. Récupérée 8 juin 2022, à partir de <https://www.morningstar.com/lp/sustainability-atlas>
- NEGHAJWI, B. H. (2021). Swiss can easily afford net zero transition with 2% GDP outlay - study. *Reuters*. Récupérée 10 janvier 2022, à partir de <https://www.reuters.com/world/europe/swiss-can-easily-afford-net-zero-transition-with-2-gdp-outlay-study-2021-08-19/>
- OECD. (p. d.). Environmental social and governance (ESG) investing - OECD. Récupérée 11 février 2022, à partir de <https://www.oecd.org/finance/esg-investing.htm>
- OFFICE FÉDÉRAL DE LA STATISTIQUE. (p. d.-a). Le système d'indicateurs MONET 2030. Récupérée 29 juin 2022, à partir de <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiken/nachhaltige-entwicklung/monet-2030.html>
- OFFICE FÉDÉRAL DE LA STATISTIQUE. (p. d.-b). Office fédéral de la statistique. Récupérée 11 février 2022, à partir de <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiken/kataloge-datenbanken/tabellen.html>

- OGLETREE, C. (2021). What makes quality ESG data ? Récupérée 9 juin 2022, à partir de <https://www.gobyinc.com/what-makes-quality-esg-data/>
- OLIVEAU, S. (2005). Les indicateurs locaux d'association spatiale (LISA) comme méthode de régionalisation : Une application en Inde., 1. Récupérée 26 avril 2022, à partir de <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00519265>
- OLIVEAU, S. (2010a). Autocorrélation spatiale : leçons du changement d'échelle. *Espace géographique*, 39(1), 51. <https://doi.org/10.3917/eg.391.0051>
- OLIVEAU, S. (2010b). Autocorrélation spatiale : leçons du changement d'échelle [Bibliographie_available : 1 Cairndomain : www.cairn.info Cite Par_available : 1 Publisher : Berlin]. *LEspace géographique*, Vol. 39(1), 51-64. Récupérée 19 octobre 2021, à partir de <https://www.cairn.info/journal-espace-geographique-2010-1-page-51.htm>
- OLIVEAU, S. (2011). *L'espace compte! Mesurer les structures spatiales du changement social*. (thesis). Université d'Aix-Marseille 1. Marseille. Récupérée 15 avril 2022, à partir de <https://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-01139493>
- OPEN DATA SWISS. (p. d.). Statistiques des villes suisses 2021 - opendata.swiss. Récupérée 11 février 2022, à partir de <https://opendata.swiss/fr/dataset/statistik-der-schweizer-staedte-2021>
- ORSAGH, M., ALLEN, J., SLOGGETT, J., BARTHOLDY, S., GEORGIEVA, A., ABO DEHMAN, N. & SOFRONOVA, Y. (2019). *ESG integration in Europe, the Middle East, and Africa : Markets, practices and data* (rapp. tech.). CFA Institute. Récupérée 3 juin 2022, à partir de <https://www.unpri.org/environmental-social-and-governance-issues/esg-integration-in-europe-the-middle-east-and-africa-markets-practices-and-data-/4190.article>
- Parlement suisse. (p. d.). Récupérée 30 juin 2022, à partir de <https://www.parlament.ch/fr>
- PHAM, D. C., DO, T. N. A., DOAN, T. N., NGUYEN, T. X. H. & PHAM, T. K. Y. (2021). The impact of sustainability practices on financial performance : empirical evidence from Sweden (A. W. K. TAN, Éd.). *Cogent Business & Management*, 8(1), 1912526. <https://doi.org/10.1080/23311975.2021.1912526>
- PHAN, T. T. H., TRAN, H. X., LE, T. T., NGUYEN, N., PERVAN, S. & TRAN, M. D. (2020). The Relationship between Sustainable Development Practices and Financial Performance : A Case Study of Textile Firms in Vietnam. *Sustainability*, 12(15), 5930. <https://doi.org/10.3390/su12155930>
- REFINITIV. (p. d.). ESG Data. Récupérée 14 février 2022, à partir de <https://www.refinitiv.com/en/financial-data/company-data/esg-data>

- SAGE. (2022). Spatial Autocorrelation with Python. Récupérée 1 juin 2022, à partir de <https://methods.sagepub.com/dataset/howtoguide/morans-i-berlin-districts-2018-python>
- SAHUT, J.-M. & PASQUINI-DESCOMBES, H. (2013). ESG Impact on a Firm's Performance in Switzerland, 26.
- SARKODIE, S. A. & STREZOV, V. (2018). Empirical study of the Environmental Kuznets curve and Environmental Sustainability curve hypothesis for Australia, China, Ghana and USA. *Journal of Cleaner Production*, 201, 98-110. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.039>
- SITNIKOV, C. S. (2013). Triple Bottom Line. In S. O. IDOWU, N. CAPALDI, L. ZU & A. D. GUPTA (Éd.), *Encyclopedia of Corporate Social Responsibility* (p. 2558-2564). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28036-8_465
- SOBCZAK, E., GŁUSZCZUK, D. & RASZKOWSKI, A. (2022). Eco-Innovation and Innovation Level of the Economy as a Basis for the Typology of the EU Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(4), 2005. <https://doi.org/10.3390/ijerph19042005>
- TIVADAR, M., SCHAEFFER, Y., TORRE, A. & BRAY, F. (2014). OASIS – un Outil d'Analyse de la Ségrégation et des Inégalités Spatiales [Publisher : CNRS-UMR Géographie-cités 8504]. *Cybergeo : European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.26579>
- TOBLER, W. R. (1970). A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, 46, 234. <https://doi.org/10.2307/143141>
- UNITED NATIONS. (p. d.-a). Sustainable Development goals. Récupérée 29 juin 2022, à partir de <https://sdgs.un.org/goals>
- UNITED NATIONS. (p. d.-b). Sustainable Development Goals. Récupérée 11 février 2022, à partir de <https://sdgs.un.org/fr/goals>
- WATERS, N. (2017). Tobler's First Law of Geography. In D. RICHARDSON, N. CASTREE, M. F. GOODCHILD, A. KOBAYASHI, W. LIU & R. A. MARSTON (Éd.), *International Encyclopedia of Geography : People, the Earth, Environment and Technology* (p. 1-13). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg1011>
- WESTLUND, H. (2013). A brief history of time, space, and growth : Waldo Tobler's first law of geography revisited. *The Annals of Regional Science*, 51(3), 917-924. <https://doi.org/10.1007/s00168-013-0571-3>
- WICKHAM, H. (2014). Tidy Data. *Journal of Statistical Software*, 59(10). <https://doi.org/10.18637/jss.v059.i10>

- WOLF, M., EMERSON, J., ESTY, D., de SHERBININ, A. & WENDLING, Z. (2022). *EPI | Environmental Performance Index* (rapp. tech.). CT : Yale Center for Environmental Law & Policy. New Haven. Récupérée 30 juin 2022, à partir de <https://epi.yale.edu/>
- WORLD BANK. (p. d.-a). Sovereign Environmental, Social, and Governance Data | World Bank. Récupérée 11 février 2022, à partir de <https://datatopics.worldbank.org/esg/>
- WORLD BANK. (p. d.-b). Sovereign ESG investing : We can do better. Récupérée 20 mai 2022, à partir de <https://blogs.worldbank.org/psd/sovereign-esg-investing-we-can-do-better>
- WORLD BANK ESG DATA. (p. d.). Environment, Social And Governance Data. Récupérée 10 février 2022, à partir de <https://kaggle.com/tunguz/environment-social-and-governance-data>
- WWF. (2020). *Spatial Finance : Challenges and Opportunities in a Changing World* (rapp. tech.). WWF & World Bank.
- WWF. (p. d.). Geospatial ESG : WWF Sight. Récupérée 20 mai 2022, à partir de <https://wwf-sight.org/geospatial-esg/>

8 | ANNEXES

Annexes

A | INTERPELLATIONS

7 septembre 2019 : Motion Leo Müller 19.4313

«Fixer des flux financiers durables»

21 juin 2019 : Motion Beat Flach 19.3819

«Investissements des caisses de pension. Garantir la transparence sur les risques financiers liés au changement climatique»

18 décembre 2019 : Postulat Sophie Michaud Gigon 19.44909

«Informer les clients sur la durabilité des investissements financiers proposés»

19 décembre 2019 : Postulat Gerhard Andrey 19.4519

«Investissements. Utilisation dès 2025 d'indices de référence favorables au climat»

20 décembre 2019 : Interpellation Céline Widmer 19.4633

«Placements de la BNS qui nuisent au climat. Situation et risques»

19 décembre 2019 : Postulat Valentine Python 19.4512

«Diriger les flux financiers vers la compatibilité avec un réchauffement climatique à 1,5 degré»

FIGURE 42 – Interpellations, Assemble fédérale (« Parlement suisse », [p. d.](#))

B | ARCGIS SNIPPET : AUTOCORRÉLATION

```
1 # 1. Chargement des données points GPS Latitude, Longitude
2 arcpy.management.XYTableToPoint(r"directory/input.csv", r"gdb/Output", "longitude",
3     "latitude", None,
4     "GEOGCS['GCS_WGS_1984',DATUM['D_WGS_1984',SPHEROID['
5     WGS_1984',6378137.0,298.257223563]],PRIMEM['Greenwich',0.0],UNIT['Degree
6     ',0.0174532925199433]];-400 -400 10000000000;-100000 10000;-100000
7     10000;8.98315284119521E-09;0.001;0.001;IsHighPrecision")
8
9 # 2. Reprojections de WGS 84 vers LV95 ou GCS_European_1950
10 arcpy.management.Project("ESGSCORE_XY", r"gdb/Output", "PROJCS['CH1903+_LV95',GEOGCS
11     ['GCS_CH1903+',DATUM['D_CH1903+',SPHEROID['Bessel_1841
12     ',6377397.155,299.1528128]],PRIMEM['Greenwich',0.0],UNIT['Degree
13     ',0.0174532925199433]],PROJECTION['Hotine_Oblique_Mercator_Azimuth_Center'],
14     PARAMETER['False_Easting',2600000.0],PARAMETER['False_Northing',1200000.0],
15     PARAMETER['Scale_Factor',1.0],PARAMETER['Azimuth',90.0],PARAMETER['
16     Longitude_Of_Center',7.439583333333333],PARAMETER['Latitude_Of_Center
17     ',46.95240555555556],UNIT['Meter',1.0]]",
18     "CH1903+_To_WGS_1984_1", "GEOGCS['GCS_WGS_1984',DATUM['
19     D_WGS_1984',SPHEROID['WGS_1984',6378137.0,298.257223563]],PRIMEM['Greenwich
20     ',0.0],UNIT['Degree',0.0174532925199433]]", "NO_PRESERVE_SHAPE", None, "
21     NO_VERTICAL")
22
23 # 3. I de Moran global avec distance incrémentielle
24 arcpy.stats.IncrementalSpatialAutocorrelation(
25     "Input", "mean", 10, 3000, 2700, "EUCLIDEAN", "NO_STANDARDIZATION", None, r"
26     directory/Output.pdf")
27
28 # 4. I de Moran global avec les paramètres de l'autocorrélation incrémentielle
29 arcpy.stats.SpatialAutocorrelation("Input_layer", "mean", "GENERATE_REPORT",
30     "FIXED_DISTANCE_BAND", "EUCLIDEAN_DISTANCE", "ROW
31     ", 24000, None, None)
32
33 # 5. LISA Moran local avec paramètres de l'autocorrélation incrémentielle
34 arcpy.stats.ClustersOutliers("ESGSCORE_XY_PROJ", "mean", r"gdb/
35     output_ClustersOutliers",
36     "FIXED_DISTANCE_BAND", "EUCLIDEAN_DISTANCE", "ROW",
37     24500, None, "NO_FDR", 499, None)
38
39 # 6. Export : table LISA en fichier .xls
40 arcpy.conversion.TableToExcel(
41     "Input_ClustersOutliers", r"directory/output.xls", "ALIAS", "CODE")
42
43 # .bis Boucle pour le I de Moran global sur toutes les couches du répertoire
44 arpx = arcpy.mp.ArcGisProject("Current")
45 maps = arpx.listMaps()
46 for map in maps:
47     layers = map.listLayers()
48     for fc in arcpy.ListFeatureClasses("*PROJ*"):
49         arcpy.stats.SpatialAutocorrelation(
50             "ESGSCORE_XY_PROJ", "mean", "GENERATE_REPORT", "INVERSE_DISTANCE", "
51             EUCLIDEAN_DISTANCE", "ROW", None, None, None)
```

Listing 1 – ArcGisPRO python snippet

C | RÉSUMÉ DES DONNÉES

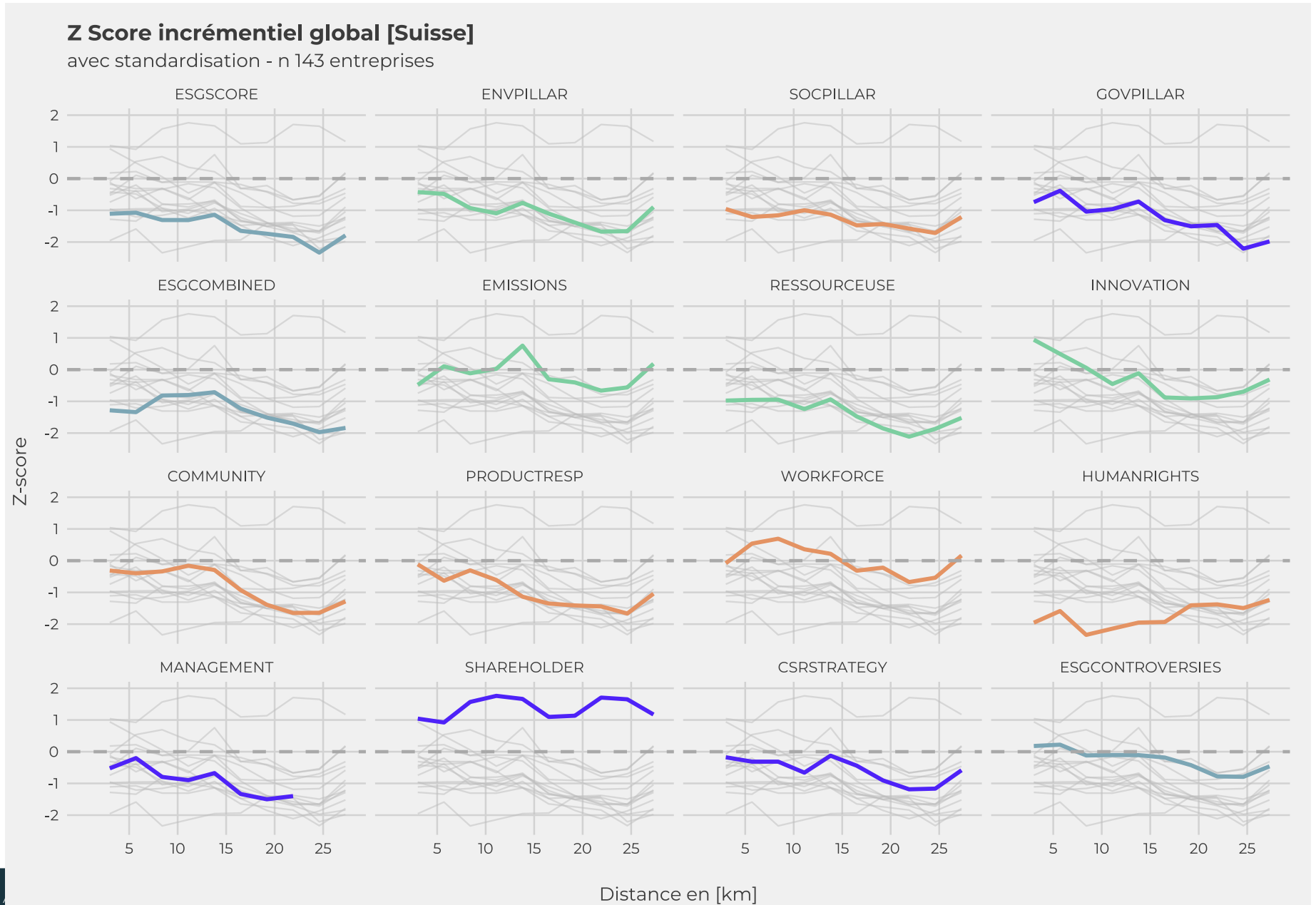
Résumé des données ESG

2288 rows x 18 cols

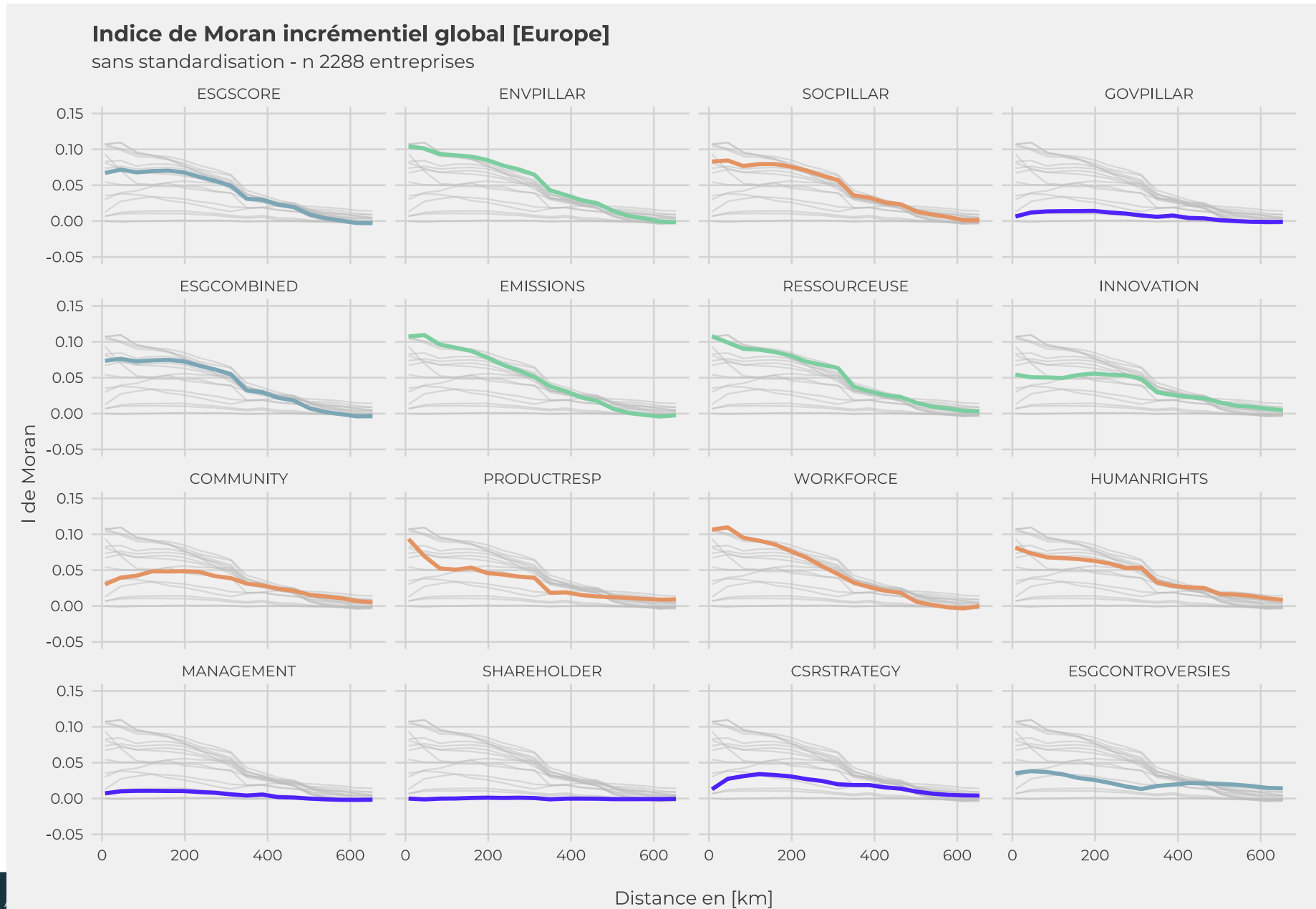
COLUMN	PLOT OVERVIEW	MISSING	MEAN	MEDIAN	SD
compagny	2288 categories	0.0%	—	—	—
Numeric_code	2288 categories	0.0%	—	—	—
ESG.Score		0.0%	43.6	43.2	19.7
Environment.Pillar.Score		0.0%	38.0	35.5	26.2
Social.Pillar.Score		0.0%	47.0	46.6	22.3
Governance.Pillar.Score		0.0%	43.3	42.8	20.9
Emissions.Score		0.0%	43.6	42.5	29.3
Resource.Use.Score		0.0%	41.3	39.7	30.4
Environmental.Innovation.Score		0.0%	25.0	15.5	28.4
Community.Score		0.0%	40.9	36.8	28.1
Product.Responsibility.Score		0.0%	46.2	45.3	28.1
Human.Rights.Score		0.0%	37.8	34.1	30.6
Workforce.Score		0.0%	59.8	63.5	25.1
Management.Score		0.0%	43.0	41.9	25.7
Shareholders.Score		0.0%	49.1	49.9	25.2
CSR.Strategy.Score		0.0%	36.5	32.9	27.2
ESG.Combined.Score		0.0%	42.5	43.0	18.3
ESG.Controversies.Score		0.0%	94.9	100.0	12.4

FIGURE 43 – Résumé des données pour les piliers ESG Refinitiv - Europe

D | Z SCORE INCRÉMENTIEL [CH]

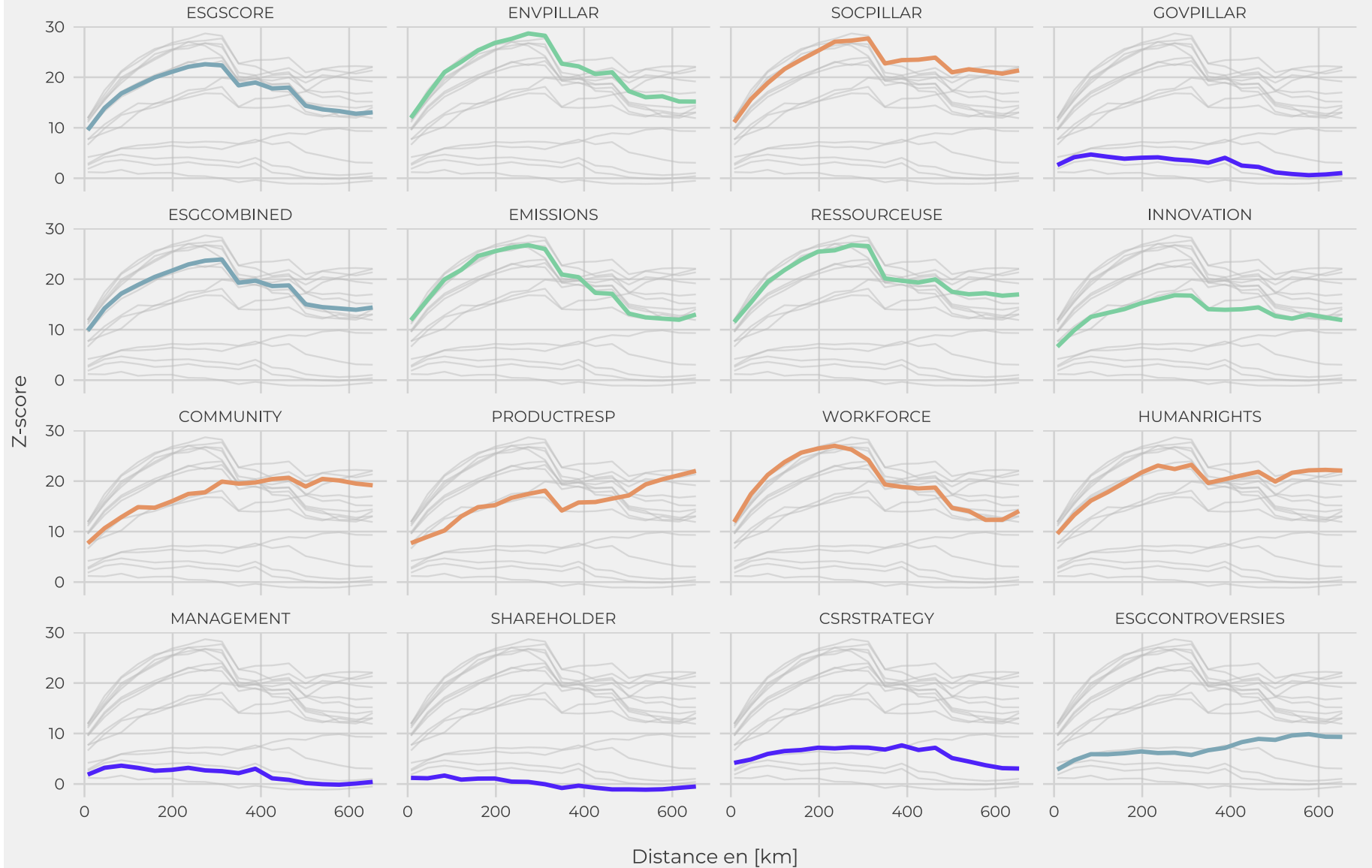


E | I DE MORAN INCRÉMENTIEL [EU]



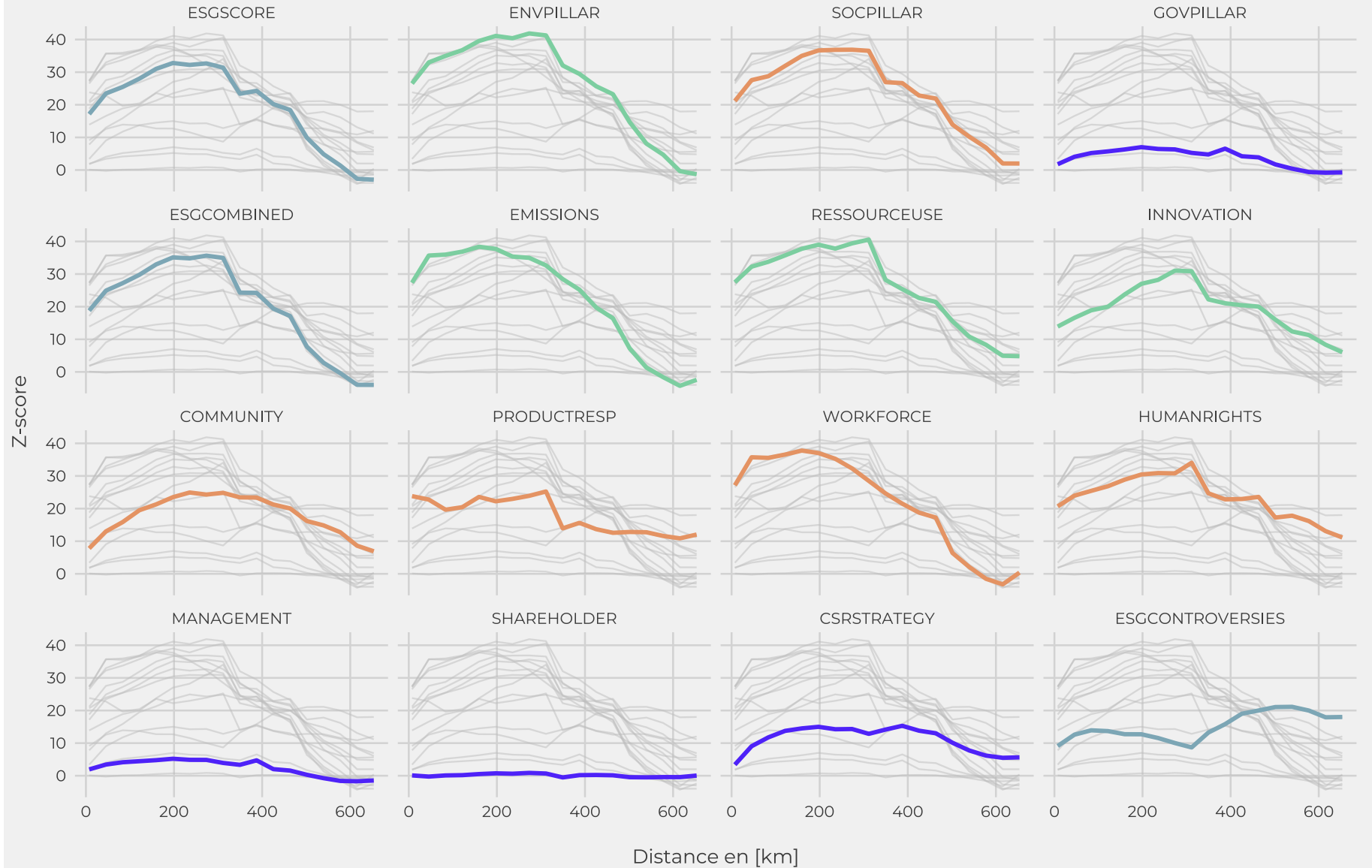
Z Score incrémentiel global [Europe]

avec standardisation - n 2288 entreprises



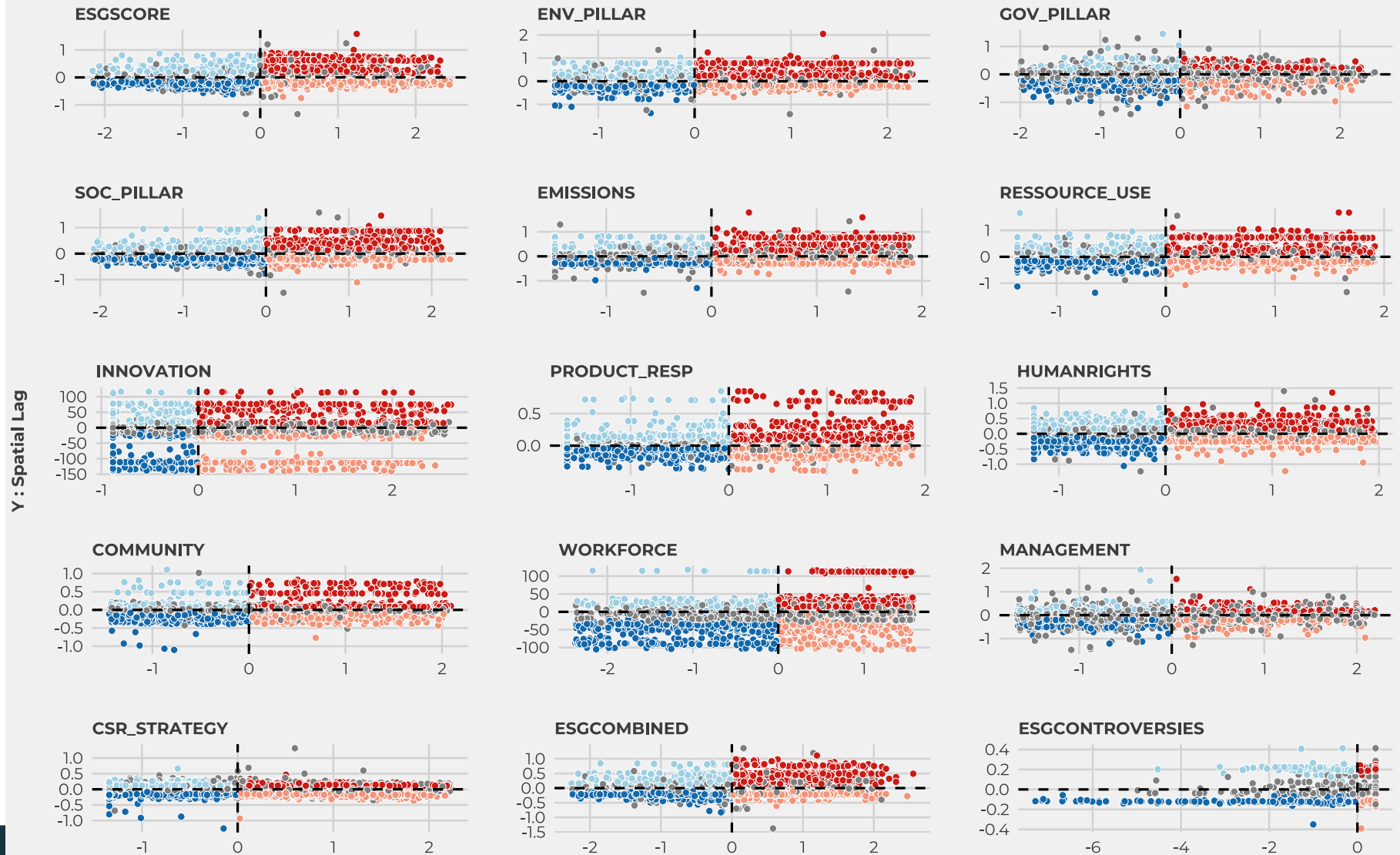
Z Score incrémentiel global [Europe]

sans standardisation - n 2288 entreprises



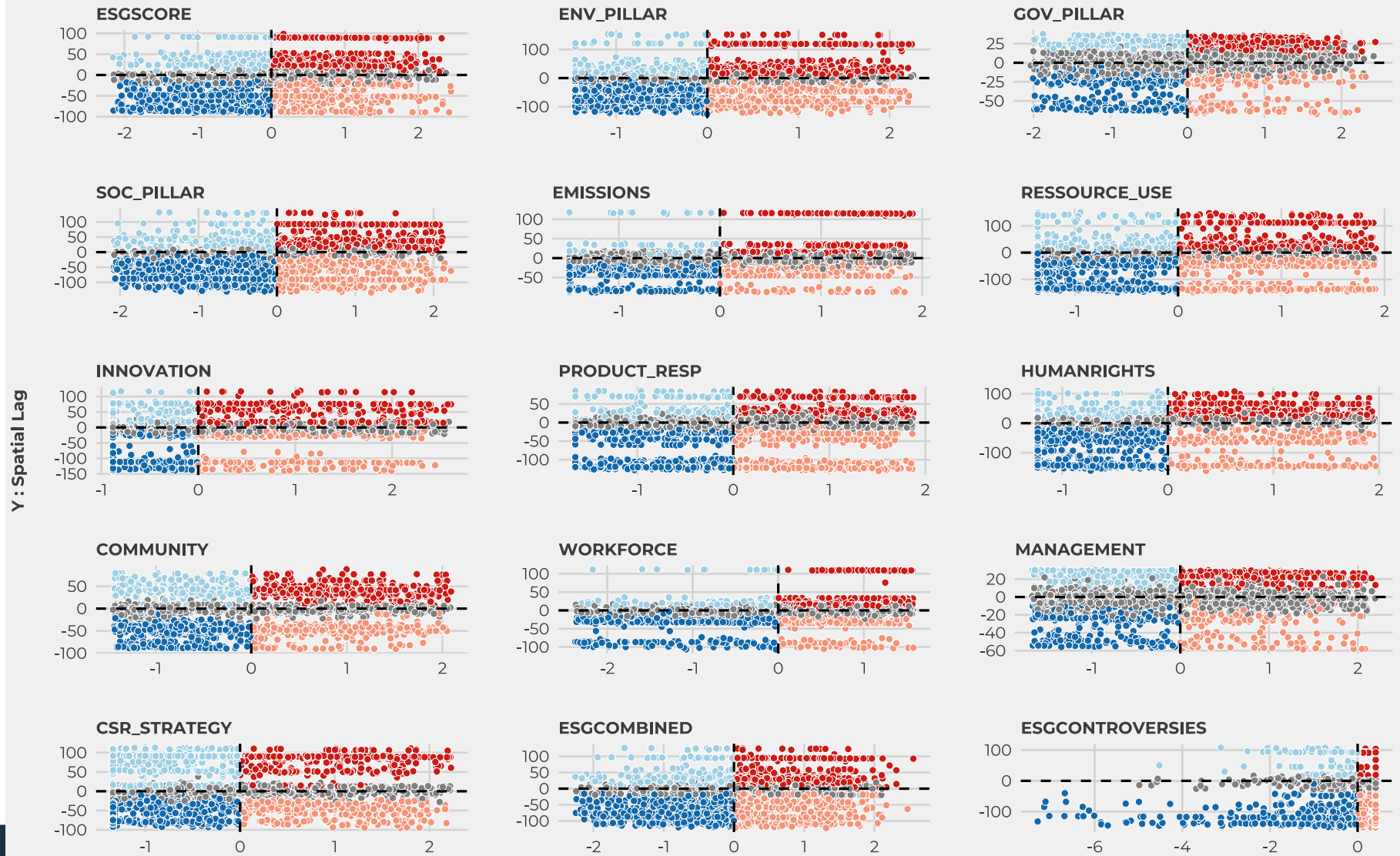
F | GRAPHIQUES LISA : CLUSTER TYPE - AVEC STANDARDISATION - [EU]

Diagramme de Moran [Europe] : Avec Standardisation - n 2288 entreprises



G | GRAPHIQUES LISA : CLUSTER TYPE - SANS STANDARDISATION - [EU]

Diagramme de Moran [Europe] : Sans Standardisation - n 2288 entreprises



H | QUATRE PILIERS MAJEURS : AVEC STANDARDISATION - [EU]

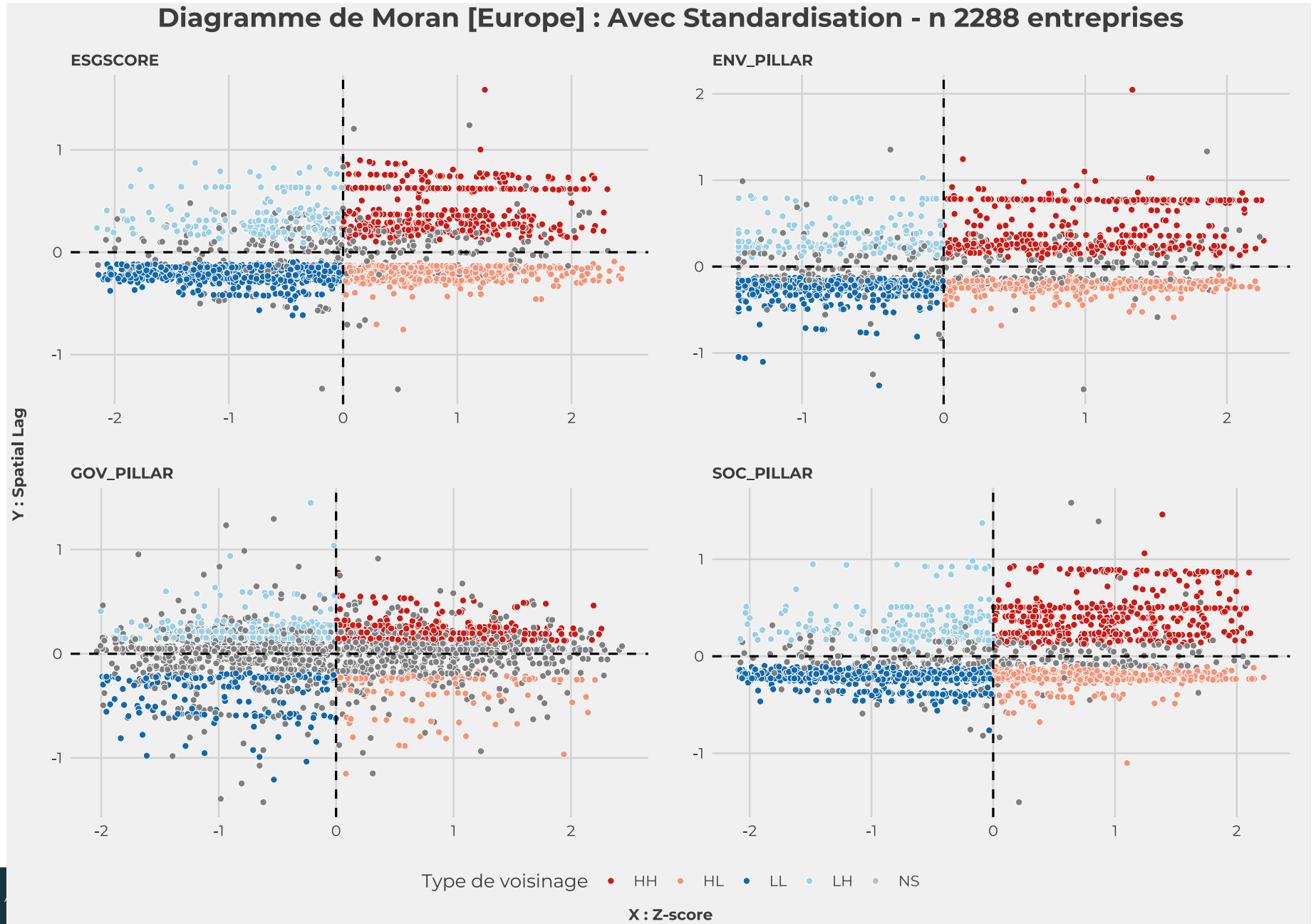


Diagramme de Moran [Europe] : Sans Standardisation - n 2288 entreprises



I | PROPORTION DES CLUSTERS LISA PAR PAYS, SECTEURS ÉCONOMIQUES

Proportion : cluster LISA par pays [Europe]

n : 2288 entreprises, pour le pilier ESG score standardisé

PAYS	HH ¹	HL	LH	LL	NS
SLOVENIA	100	0	0	0	0
PORTUGAL	86	0	7	0	7
NETHERLANDS	68	0	28	2	2
FRANCE	64	5	16	6	9
TURKEY	62	0	23	0	14
FINLAND	58	3	26	4	8
SPAIN	57	1	15	0	27
BELGIUM	54	0	42	0	4
CHANNEL ISLANDS	50	0	50	0	0
CZECH REPUBLIC	50	0	25	0	25
LUXEMBOURG	40	0	60	0	0
ITALY	38	31	12	12	6
UNITED STATES	25	0	0	25	50
GERMANY	21	14	14	19	31
HUNGARY	20	0	20	0	60
AUSTRIA	6	6	0	3	85
RUSSIAN FEDERATION	5	0	3	3	89
POLAND	2	2	0	9	86
SWITZERLAND	2	30	4	62	1
UNITED KINGDOM	1	36	1	61	1
CYPRUS	0	0	0	0	100
GREECE	0	0	0	0	100
JERSEY	0	100	0	0	0
ROMANIA	0	0	0	0	100
UKRAINE	0	0	0	0	100
NORWAY	0	37	2	34	27
DENMARK	0	55	0	40	5
IRELAND	0	42	0	42	16
SWEDEN	0	38	1	52	9
BERMUDA	0	0	0	100	0
CAYMAN ISLANDS	0	0	0	100	0
SOUTH AFRICA	0	0	0	100	0

¹ Table de proportion par ligne

Proportion : cluster LISA par secteur économique [Europe]

n : 2288 entreprises, pour le pilier ESG score standardisé

PAYS	HH ¹	HL	LH	LL	NS
Industrials&Energy	20	25	9	30	17
Consumer goods	22	25	7	32	14
Health Care	15	27	9	38	11
Financials	16	22	8	40	14
Technology	15	19	10	41	15

¹ Table de proportion par ligne