



Mémoire de fin d'Etudes

Thème :

Analyse de la relation entre le Développement Durable et l'endettement extérieur : Cas de la Tunisie

Présenté(e) et soutenu(e) par :

ZOUAOUI Chadha Elward

Encadré(e) par :

Mme BENOUDA Olfa

Etudiant(e) parrainé(e) par :

Ministère des finances Tunisie

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Madame Olfa Benouda, mon encadrante académique, pour son soutien inestimable tout au long de cette recherche. Ses conseils éclairés, sa rigueur intellectuelle, et son dévouement ont été des sources d'inspiration constantes et ont grandement contribué à la réussite de ce travail.

Je remercie également Madame Kalthoum Somai, Directrice de la DGDCE et mon encadrante professionnelle, pour son encadrement précieux et son accompagnement tout au long de ce projet. Son expertise et sa vision stratégique ont permis de donner une dimension pratique et réaliste à cette étude.

Mes sincères remerciements vont également à Madame Ikram Hkaiem, Conseiller des services financiers au sein du ministère des Finances, pour ses précieux conseils et son aide tout au long de la réalisation de ce mémoire. Son expertise dans le domaine des finances publiques a été d'une grande valeur pour l'approfondissement de mes analyses.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance envers le cadre administratif de l'Institut de Financement du Développement du Maghreb Arabe (IFID) et du ministère des Finances pour leur soutien logistique et administratif, qui ont grandement facilité la conduite de cette recherche. Leur disponibilité et leur efficacité ont été essentielles au bon déroulement de ce projet.

Merci à toutes et à tous pour votre soutien, votre patience, et votre engagement, sans lesquels ce travail n'aurait pas pu être mené à bien.

DEDICACES

À mes chers parents,

Pour votre amour inconditionnel, votre soutien sans faille, et les valeurs que vous m'avez inculquées. Vous êtes ma source d'inspiration et ma force dans chaque étape de ma vie.

À mon mari,

Pour ton amour, ta patience, et ton soutien indéfectible tout au long de ce parcours. Ta présence à mes côtés m'a donné le courage et la motivation nécessaires pour atteindre mes objectifs.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE 1 : LE DEVELOPPEMENT DURABLE : VUE D'ENSEMBLE	3
INTRODUCTION DU CHAPITRE	4
SECTION 1 : INTRODUCTION AU DEVELOPPEMENT DURABLE	4
SECTION 2 : LE FINANCEMENT DU DEVELOPPEMENT DURABLE.....	11
SECTION 3 : FINANCE DURABLE ET INVESTISSEMENTS VERTS.....	16
CONCLUSION DU CHAPITRE	30
CHAPITRE 2 : ANALYSE EMPIRIQUE	31
INTRODUCTION DU CHAPITRE	32
SECTION 1 : ANALYSE DE L'ENDETTEMENT EXTERIEUR ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE EN TUNISIE	32
SECTION 2 : LA MODELISATION PAR EQUATION STRUCTURELLE	38
SECTION 3 : LA DYNAMIQUE DES SYSTEMES.....	58
CONCLUSION DU CHAPITRE	81
CONCLUSION GENERALE.....	83
BIBLIOGRAPHIE	84
ANNEXES	86

Liste des figures

Figure 1 : Les huit Objectifs du Millénaire pour le développement.....	6
Figure 2 : Les 17 Objectifs de développement durable	8
Figure 3 : Les piliers du développement durable	10
Figure 4 : Evolution des émissions des SLB : Milliards USD, nombre d'obligations, nombre d'émetteurs.....	23
Figure 5 : Proportion des actifs d'investissement durable par rapport au total des actifs gérés, de 2014 à 2022.....	25
Figure 6 : Proportion des actifs d'investissement durable mondiaux par région en 2022	26
Figure 7 : Activités de durabilité des Bourses de valeurs au cours des dernières années	28
Figure 8 : Performance sur 5 ans (Rendement total).....	29
Figure 9 : Evolution du stock de la dette extérieure	33
Figure 10 : Evolution des flux de dette extérieure	34
Figure 11 : Défis identifiés dans la SNDD 2015-2020.....	37
Figure 12 : diagramme explicatif des symboles utilisés dans la modélisation par équations structurelles	39
Figure 13 : Exemple de modèle structurel à variables latentes	40
Figure 14 : Variance expliquée cumulée par PCA	48
Figure 15 : Variance expliquée par les 8 composantes principales	49
Figure 16 : Configuration d'une boucle de rétroaction	59
Figure 17 : Illustration des flux et stocks dans une boucle de rétroaction.....	60
Figure 18 : Création d'un modèle de dynamique des systèmes	60
Figure 19 : Diagramme de flux et de stock	65
Figure 20 : Diagramme des boucles de rétroaction	66
Figure 21 : Le diagramme causal	67
Figure 22 : Distribution des résultats de la simulation de Monte Carlo	71
Figure 23 : Impact des scénarios sur le développement durable	74
Figure 24 : Résultats du scénario « Croissance Modérée ».....	75
Figure 25 : Résultats du scénario « Choc Economique »	75
Figure 26 : Résultats du scénario « Investissement Soutenu »	76
Figure 27 : Résultats du scénario « Réajustement Budgétaire »	76
Figure 28 : : Résultats du scénario « Innovations Technologiques »	77
Figure 29 : Sensibilité du stock de la dette.....	79
Figure 30 : Sensibilité de l'indice de développement durable	80

Liste des tableaux

Tableau 1 : Variables du modèle SEM classées par piliers de développement	42
Tableau 2 : Résultats du test de Shapiro-Wilk	45
Tableau 3 : Résultats du VIF	46
Tableau 4 : Comparaison des statistiques d'ajustement pour les modèles SEM avec 2 et 8 Composantes Principales	51
Tableau 5 : Variables les plus influentes des composantes principales issues de la PCA.....	52
Tableau 6 : Statistiques d'ajustement du modèle SEM avec les variables les plus influentes	54
Tableau 7 : Variables significatives du modèle SEM avec leurs p-values	55
Tableau 8 : Statistiques d'ajustement du modèle SEM avec les variables les plus significatives	56
Tableau 9 : Coefficients d'estimation des variables significatives dans le modèle SEM	57
Tableau 10 : Coefficients calibrés des variables de la dynamique des systèmes	70

Liste des abréviations

AID	Agence Internationale de Développement
APD	Aide Publique au Développement
BM	Banque Mondiale
BEI	Banque Européenne d'Investissement
CAD	Comité d'Aide au Développement
CMED	Commission Mondiale pour l'Environnement et le Développement
CDN	Contribution Déterminée au niveau National
CIEFDD	Comité Intergouvernemental d'Experts sur le Financement du Développement Durable
CNUCED	Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement
CSRD	Corporate Sustainability Reporting Directive
CBI	Climate Bonds Initiative
CFI	Comparative Fit Index
DWLS	Diagonally Weighted Least Squares
ESG	Environnementaux, Sociaux et de Gouvernance
FMI	Fonds Monétaire International
GRI	Global Reporting Initiative
GBP	Green Bond Principles
GSIA	Global Sustainable Investment Alliance
GFI	Goodness of Fit Index
ODD	Objectifs de Développement Durable
PAAA	Programme d'Action d'Addis-Abeba
PCA	Principal Component Analysis
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PNB	Produit National Brut
PED	Pays En Développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PNA	Plan National d'Adaptation
PRI	Principes pour l'Investissement Responsable
PIB	Produit Intérieur Brut
OMD	Objectifs du Millénaire pour le développement
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Économiques
RNB	Revenu National Brut
RMSEA	Root Mean Square Error of Approximation
SDI	Sustainable Development Index
SNDD	Stratégie Nationale de Développement Durable
SNC-RCC	Stratégie Nationale de Neutralité Carbone et de Résilience aux Changements Climatiques
SFDR	Sustainable Finance Disclosure Regulation

SLB	Sustainability Linked Bonds
SSE	Sustainable Stock Exchanges
SEM	Structural Equation Modeling
GES	Gaz à Effet de Serre
ICMA	
IED	Investissement Etranger Direct
IR	Investissement Responsable
ISR	Investissement Socialement Responsable
INS	Institut National de la Statistique
TCFD	Task-Force on Climate-Related Financial Disclosures
TLI	Tucker-Lewis Index
VIF	Variance Inflation Factor
UE	Union Européenne
UNEP-FI	United Nations Environment Programme Finance Initiative

INTRODUCTION GENERALE

Le développement durable s'est imposé comme une priorité incontournable pour les pays en voie de développement, et la Tunisie ne fait pas exception. Cette approche, qui se veut à la fois globale et intégrée, repose sur la nécessité de concilier trois dimensions fondamentales économique, sociale, et environnementale. En effet, il ne s'agit plus simplement de favoriser la croissance économique à court terme, mais de garantir un développement équilibré qui répond aux besoins actuels de la population tout en assurant la préservation des ressources naturelles, la justice sociale, et la viabilité économique pour les générations futures.

Cette vision holistique du développement durable pose des défis considérables, notamment pour les pays en voie de développement comme la Tunisie, qui doivent concilier des ambitions de croissance économique avec des contraintes financières, des pressions sociales et des vulnérabilités environnementales accrues. Pour surmonter ces défis, il est crucial de mettre en place des stratégies cohérentes et de mobiliser des ressources à la fois internes et externes, tout en veillant à ce que ces ressources soient utilisées de manière efficiente et équitable.

C'est dans ce contexte que la gestion de la dette extérieure prend une importance capitale. En effet, La dette extérieure occupe une place centrale et paradoxale dans le processus de développement des pays. Elle constitue un levier financier indispensable pour soutenir les projets d'infrastructure, d'investissement et de développement économique, qui sont essentiels pour stimuler la croissance, réduire la pauvreté, et améliorer les conditions de vie. Sans ce financement externe, de nombreux pays en voie de développement, dont la Tunisie, seraient confrontés à des limitations sévères dans leur capacité à financer les investissements nécessaires à leur développement.

Cependant, ce même levier peut se transformer en une source de vulnérabilité lorsqu'il est mal géré ou accumulé de manière excessive. Une dette extérieure trop élevée peut compromettre la stabilité macroéconomique, augmenter la dépendance vis-à-vis des créanciers étrangers, et réduire les marges de manœuvre budgétaires. Ces pressions financières risquent de détourner les ressources qui devraient être consacrées à des secteurs cruciaux pour le développement durable, tels que l'éducation, la santé, et la protection de l'environnement. En somme, une gestion inadéquate de la dette extérieure peut miner les efforts de développement à long terme, rendant la poursuite d'une croissance durable de plus en plus difficile.

La complexité et la multidimensionnalité de la relation entre la dette extérieure et le développement durable nécessitent une compréhension approfondie de leurs interactions. Pour la Tunisie, il est impératif de maximiser l'utilisation des ressources financières externes tout en minimisant les risques inhérents à l'endettement. Cela requiert une analyse rigoureuse pour élaborer des stratégies qui non seulement soutiennent une croissance économique durable, mais aussi favorisent un progrès social inclusif et garantissent une gestion prudente des ressources naturelles.

Ce mémoire s'attache à explorer cette relation complexe en Tunisie, en adoptant des méthodologies analytiques avancées telles que la modélisation par équations structurelles

(SEM) et la dynamique des systèmes. La SEM permet de dévoiler les relations directes et indirectes entre diverses variables, tant latentes qu'observées, en tenant compte des interactions systémiques au sein de l'économie tunisienne. En complément, la dynamique des systèmes offre une perspective temporelle, simulant l'évolution des variables économiques, sociales et environnementales sur le long terme, en fonction des politiques mises en œuvre.

La combinaison de ces deux approches méthodologiques permet de fournir une vision intégrée et exhaustive de l'impact de la dette extérieure sur les différentes dimensions du développement durable en Tunisie. Cette analyse se veut un outil précieux pour les décideurs, en les aidant à concevoir des stratégies de financement extérieur qui non seulement soutiennent les objectifs de développement durable, mais renforcent également la souveraineté économique et la résilience du pays face aux chocs extérieurs.

A notre connaissance, notre étude est l'une des premières à examiner le lien entre la dette extérieure et le développement durable.

La problématique de ce mémoire se formule comme suit : **Comment la dette extérieure influence-t-elle l'engagement de la Tunisie en matière de développement durable ?**

Notre problématique nous mène à poser les questions suivantes :

Quelle est la nature des relations entre la dette extérieure et le développement durable en Tunisie ?

Comment la modélisation par équations structurelles et la dynamique des systèmes permettent-elles de capturer les interactions entre la dette extérieure et le développement durable ?

Quels leviers politiques et économiques la Tunisie peut-elle mobiliser pour optimiser l'impact de la dette extérieure sur le développement durable ?

Afin de répondre à ces questions, notre travail s'articulera autour de deux chapitres. Nous commencerons par une présentation théorique des concepts de développement durable (Chapitre I). Ensuite, nous procéderons à une analyse empirique à travers l'utilisation de la modélisation par équations structurelles et de la dynamique des systèmes pour comprendre les interactions entre la dette extérieure et le développement durable en Tunisie (Chapitre II).

CHAPITRE 1 : LE DEVELOPPEMENT DURABLE : VUE D'ENSEMBLE

INTRODUCTION DU CHAPITRE

Le concept de développement durable s'est imposé comme une nécessité impérieuse face aux défis environnementaux, économiques et sociaux croissants de notre époque. Enraciné dans la prise de conscience que les ressources de notre planète sont limitées et que notre mode de vie actuel n'est pas viable à long terme, le développement durable vise à répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Cette introduction explore la définition, l'origine et l'importance du développement durable dans notre société contemporaine.

En effet, le développement durable est un principe de développement qui cherche à équilibrer la croissance économique, la protection de l'environnement et le bien-être social. Il s'agit d'une approche holistique qui reconnaît l'interdépendance de ces trois piliers et s'efforce de les harmoniser pour promouvoir une prospérité partagée et durable pour tous.

L'idée du développement durable a pris forme au cours des dernières décennies, en réponse directe aux preuves accablantes de l'impact négatif des activités humaines sur l'environnement et à la prise de conscience croissante des inégalités sociales. Le rapport Brundtland de 1987, intitulé « Notre avenir à tous », a joué un rôle clé dans la popularisation du terme, en le définissant comme « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ».

Aujourd'hui, le développement durable est plus pertinent que jamais. Avec la croissance démographique mondiale, l'augmentation de la consommation de ressources, le changement climatique et la perte de biodiversité, il est clair que des changements profonds sont nécessaires pour assurer un avenir viable. Le développement durable offre un cadre pour effectuer ces changements, en encourageant des pratiques qui protègent l'environnement, tout en favorisant la croissance économique et en améliorant la qualité de vie pour tous.

En se concentrant sur les principes du développement durable, nous pouvons orienter nos sociétés vers des modes de vie plus respectueux de l'environnement, plus équitables et plus prospères.

Ce chapitre explore les bases théoriques ainsi que les enjeux du développement durable. Il met l'accent sur l'évolution historique et les piliers essentiels de ce concept. Ce faisant, il vise à fournir une compréhension approfondie du développement durable dans une perspective à la fois globale et locale. En plus de ces discussions, le chapitre aborde également les mécanismes de financement du développement durable, en examinant les stratégies et les ressources nécessaires pour soutenir ces initiatives. Enfin, il se penche sur la finance durable et les investissements verts, mettant en lumière les opportunités et les défis associés à ces approches financières qui visent à promouvoir un avenir plus durable.

SECTION 1 : INTRODUCTION AU DEVELOPPEMENT DURABLE

Dans un monde confronté à des défis environnementaux, économiques et sociaux sans précédent, le concept de développement durable est devenu un impératif mondial. Cette notion, qui cherche à réconcilier le progrès économique avec la protection de l'environnement et l'équité sociale, n'est pas nouvelle. Elle s'est cependant étoffée et transformée au fil des décennies pour répondre aux besoins changeants de notre planète et des habitants.

Cette section vise à explorer l'évolution du concept de développement durable, depuis ses origines jusqu'à son incarnation actuelle à travers les Objectifs de Développement Durable des Nations Unies. Nous définirons le développement durable, en mettant en lumière ses trois piliers fondamentaux : environnemental, économique et

social. Cette approche holistique nous permettra de comprendre comment ces dimensions interdépendantes contribuent à un monde plus juste, plus prospère et plus durable pour tous.

1. Aperçu historique des politiques environnementales et de développement

1.1. Les premières actions entreprises par le système des Nations Unies

La genèse des politiques favorisant le développement remonte aux années 1960, une époque marquée par la nécessité de naviguer dans le contexte complexe de la décolonisation, tout en faisant face à une division géopolitique mondiale bipolaire.

Durant cette période, les nations considérées comme développées, tant dans le bloc occidental que dans le bloc oriental, se sont trouvées contraintes de porter une attention accrue aux pays en développement, qui venaient d'acquérir leur indépendance et étaient en position de basculer dans l'un ou l'autre des blocs idéologiques opposés (Charnoz et Severino, 2007).

Cette conjoncture a conduit à la création du Programme des Nations Unies pour le Développement en 1965, marquant ainsi le début d'une ère nouvelle dans les politiques de développement. Elle a également vu l'émergence de divers instruments financiers destinés à soutenir le développement, notamment ceux initiés par la Banque Mondiale à travers son Agence Internationale de Développement, mise en place en 1960, et par la Communauté Economique Européenne, qui a établi le Fonds Européen de Développement en 1957, jetant les bases d'une architecture financière internationale en faveur du développement.

En même temps, avec un léger décalage par rapport à l'initiative de soutien aux pays en développement, les nations développées ont commencé à se concentrer sur les questions environnementales (Petit, 2009).

Les premières grandes catastrophes écologiques et sanitaires, telles que la pollution du lac Erié en Amérique du Nord dans les années 1960, l'assèchement de la mer d'Aral en URSS, l'empoisonnement au mercure à Minamata au Japon en 1956, la marée noire du Torrey Canyon en Cornouailles en 1967, et la contamination du Rhin par des pesticides en 1969, ont contribué à l'éveil d'une prise de conscience écologique.

Cette prise de conscience a mené à la création du Programme des Nations Unies pour l'Environnement et à l'organisation du premier Sommet de la Terre à Stockholm en 1972. Cet événement a été stimulé par un élan de réflexions au début des années 1970, notamment les travaux du Club de Rome avec le rapport « The Limits of Growth » (1972) de Meadows, ainsi que par les contributions significatives du mouvement agroécologique français, représenté par des figures telles que René Dumont (1973, 1974), marquant ainsi le début d'une ère de sensibilisation environnementale internationale (Gianinazzi, 2018).

Au Sommet de Nairobi en 1982, dans un climat marqué par des tensions géopolitiques intenses au sein du bloc occidental, en pleine Guerre froide, et une focalisation sur le développement économique dans les nations moins développées, les efforts pour trouver un équilibre entre le progrès matériel de l'humanité et la préservation de l'environnement n'ont pas porté leurs fruits.

Ce n'est qu'après la dislocation du bloc soviétique, symbolisée par la chute du mur de Berlin en 1989, que le Sommet de la Terre de Rio en 1992, également connu sous le nom de Sommet de Rio, a marqué un tournant décisif. Dans le contexte d'un « nouvel ordre mondial », caractérisé par une atmosphère plus sereine que les décennies précédentes, un nouvel élan a été donné à la quête d'une harmonie entre les sociétés humaines et leur environnement. Ce

sommet s'est appuyé sur les conclusions du rapport de la Commission Mondiale pour l'Environnement et le Développement de 1987, plus connu sous le nom de rapport Brundtland, d'après l'ancienne Première ministre norvégienne Gro Harlem Brundtland qui dirigeait la CMED. C'est à partir de ce moment que le concept de développement durable a commencé à gagner en popularité sur la scène internationale.

1.2. Les Objectifs du Millénaire pour le Développement

Sous l'égide de Kofi Annan, Secrétaire général des Nations Unies, le démarrage de l'ère du Millénaire a marqué un prolongement significatif dans l'approche du développement international, en intégrant une dimension environnementale à la première stratégie mondiale de développement.

Cette nouvelle orientation a donné naissance aux huit Objectifs du Millénaire pour le Développement, qui ont défini et organisé les domaines d'intervention prioritaires pour soutenir les pays en développement.

Parmi ces objectifs, la réduction de la faim, l'amélioration de l'accès à l'éducation, la promotion de l'égalité des sexes et l'amélioration de la santé constituent les six premiers. La préservation d'un environnement durable est reconnue comme le septième objectif, tandis que le huitième vise à encourager la mise en place de partenariats globaux pour l'application de ces initiatives.

FIGURE 1 : LES HUIT OBJECTIFS DU MILLENAIRE POUR LE DEVELOPPEMENT



Source : UNICEF

Le démarrage des Objectifs du Millénaire a été accompagné par la conférence de Monterrey en 2001, qui visait à engager les nations les plus prospères à consacrer 0,7% de leur Produit National Brut au soutien du développement international. Cette cible, bien qu'ambitieuse, continue d'être un idéal poursuivi par les Nations Unies, malgré le fait que les contributions réelles en termes d'aide publique au développement restent considérablement inférieures. Les montants de l'APD sont évalués chaque année par le Comité d'Aide au Développement de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques, soulignant l'écart persistant entre les engagements pris et les aides effectivement allouées.

1.3. L'instauration d'Objectifs de Développement Durable

Succédant à la période de développement de 2000 à 2015 marquée par les Objectifs du Millénaire pour le Développement, la nouvelle tranche 2015-2030 s'appuie sur un cadre de 17

Objectifs de Développement Durable, subdivisés en 169 cibles spécifiques évaluable. C'est lors du Sommet de Rio+20 en 2012, à Rio de Janeiro, que les questions environnementales ont été remises au premier plan du dialogue mondial, jetant les bases pour cette transition vers une approche plus intégrée et mesurable du développement durable.

Face à un climat géopolitique de plus en plus tendu, marqué par l'instabilité dans le monde arabe et la montée de l'extrémisme religieux, le nouveau Sommet de la Terre a néanmoins réussi à établir des objectifs précis pour le développement durable.

Le concept de développement durable continue de naviguer dans une certaine ambiguïté, oscillant entre l'interprétation d'un développement qui intègre l'environnement parmi ses priorités et celle qui le considère comme équivalent à la conservation des ressources naturelles. Malgré ces défis conceptuels, l'assemblée générale des Nations Unies a franchi une étape décisive en 2015 en adoptant une feuille de route articulée autour de 17 ODD, marquant un engagement renouvelé envers une approche globale et mesurable du développement durable.

Au début du cycle 2015-2030, similairement à la période précédente de 2000-2015, une importante conférence consacrée au financement des ODD a eu lieu, cette fois à Addis-Abeba en 2016. Cette conférence a malheureusement révélé une divergence croissante entre les aspirations à un développement durable, en particulier en ce qui concerne les efforts de lutte contre le changement climatique et l'adaptation à celui-ci, et la réalité limitée des ressources disponibles via l'aide publique au développement.

Le Programme d'action d'Addis-Abeba, adopté pour promouvoir le développement durable, souligne l'importance cruciale de divers secteurs tels que les infrastructures, la protection sociale, et la technologie, en mettant en avant des engagements politiques significatifs et des objectifs stratégiques. Afin de financer des investissements substantiels nécessaires dans des domaines clés comme l'énergie, les transports, l'eau et l'assainissement, des accords de coopération internationale ont été établis, visant à atteindre les objectifs de développement durable. Le programme réaffirme la responsabilité première de chaque pays dans son développement économique et social, mettant l'accent sur l'importance des stratégies nationales de développement durable appuyées par des cadres de financement nationaux intégrés.

Parmi les initiatives nouvelles convenues, figure l'établissement d'un Mécanisme de facilitation de la technologie pour encourager la collaboration entre divers acteurs, y compris les gouvernements et le secteur privé, afin de soutenir les ODD. Un Forum mondial pour les infrastructures sera également mis en place pour combler les lacunes infrastructurelles et promouvoir des investissements durables. Le programme envisage un nouveau pacte social offrant des mesures de protection sociale pour les plus démunis et les groupes vulnérables, ainsi que l'imposition de taxes sur les substances nocives pour décourager leur consommation et générer des ressources nationales. Il encourage également un soutien accru aux micro, petites et moyennes entreprises, notamment par un accès facilité au crédit et la mise en œuvre d'une stratégie globale pour l'emploi des jeunes.

En matière d'aide étrangère, le programme réitère l'engagement des pays à consacrer 0,7% de leur revenu national brut à l'aide publique au développement, avec un objectif spécifique de 0,15 à 0,20 % pour les pays les moins avancés. Les pays développés s'engagent à augmenter leur aide aux pays les plus pauvres, et l'Union Européenne vise à porter son aide à 0,2 % du revenu national brut d'ici 2030. Le programme appelle également à un renforcement du soutien au Comité d'experts des Nations Unies en matière d'imposition et insiste sur la nécessité d'une coopération inclusive dans la lutte contre le changement

climatique, notamment par la mobilisation de 100 milliards de dollars par an d'ici 2020 pour répondre aux besoins des pays en développement, et à l'élimination progressive des subventions non efficaces aux combustibles fossiles.

FIGURE 2 : LES 17 OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT DURABLE



Source : <https://www.un.org/fr>

Contrairement aux Objectifs du Millénaire pour le Développement, qui ciblait principalement les pays en voie de développement, les Objectifs de Développement Durable englobent les préoccupations à la fois des nations occidentales et des pays du Sud, offrant ainsi un cadre universel pour les politiques publiques à travers le monde.

Malgré une prise de conscience accrue des défis environnementaux, une grande cohérence subsiste entre les OMD et les ODD en termes de classement des priorités.

Les dix premiers Objectifs de Développement Durable se concentrent principalement sur le développement. Ce n'est qu'à partir de l'ODD 11 que sont abordées les questions de villes durables, suivies par la consommation et la production responsables (ODD 12), la lutte contre le changement climatique (ODD 13), et la préservation de la biodiversité marine et terrestre (ODD 14 et 15). L'ODD 16 met en exergue l'importance cruciale de la paix mondiale, un sujet généralement adressé par des organes spécifiques des Nations Unies comme le Conseil de Sécurité ou la Cour Pénale Internationale. Il souligne également l'importance de l'État de droit et de la justice, avec une attention particulière portée à la lutte contre la corruption à travers la cible 16.5, reconnaissant son rôle dans l'exacerbation de la pauvreté dans de nombreux pays.

L'ODD 17 met en lumière le rôle crucial des collaborations internationales pour atteindre les objectifs ambitieux fixés par la communauté mondiale.

La cible 17.2 réaffirme l'engagement des pays développés à allouer 0,7% de leur RNB à l'aide publique au développement. La cible 17.3 encourage, quant à elle, l'acquisition de

ressources additionnelles provenant de diverses sources, notamment du secteur privé. Par ailleurs, la cible 17.4 aborde la réduction de la dette pour les pays en développement.

Globalement, la structure des Objectifs de Développement Durable de 2015 suit celle des Objectifs du Millénaire pour le Développement de 2000, mais avec une attention plus approfondie portée aux questions écologiques.

Il est important de marquer la différence entre la vision globale du développement durable et les problématiques purement environnementales. Les ODD pour la période 2015-2030 priorisent principalement le développement, tout en intégrant les considérations de durabilité écologique comme un objectif secondaire. Cette distinction, loin d'être une nuance de langage, nécessite une adaptation des priorités et des ressources allouées selon les contextes régionaux. Par exemple, un Européen pourrait accorder plus d'importance aux objectifs environnementaux situés vers la fin des ODD, tandis qu'un Africain ou un Indien pourrait se concentrer davantage sur les besoins fondamentaux tels que l'alimentation, la santé, l'emploi, et l'éducation, en vue d'améliorer les conditions de vie de sa famille.

2. Les principes et les piliers du développement durable

2.1. Les principes du développement durable

Le développement durable repose sur une approche holistique qui intègre des piliers interdépendants, visant à incorporer une série de principes fondamentaux dans les politiques et pratiques actuelles.

Parmi ces principes, la protection de l'environnement est considérée comme essentielle et doit être intégrée à toutes les étapes du développement. Il est également crucial d'adopter des modes de production et de consommation responsables pour minimiser les impacts négatifs sur la société et l'environnement.

La responsabilité, tant individuelle que collective, est soulignée, avec une attention particulière sur les obligations des pays développés qui sont encouragés à assumer leur part dans la lutte contre les défis globaux, comme le changement climatique, à travers des mécanismes tels que la taxation des industries polluantes.

La solidarité entre les générations actuelles et futures, ainsi qu'entre les différentes régions et pays, est un principe, incitant à des choix qui respectent le droit des générations futures à un environnement sain. La participation active et l'engagement de tous les secteurs de la société sont essentiels pour garantir une gouvernance transparente et inclusive.

Le principe de précaution rappelle l'importance d'agir face aux risques environnementaux même en l'absence de certitude scientifique complète, par exemple en limitant les émissions de CO₂.

Enfin, la subsidiarité met en avant la nécessité de déléguer la prise de décisions et les responsabilités au niveau le plus apte à agir efficacement, favorisant ainsi une intégration harmonieuse des actions de coopération internationale avec les politiques locales.

2.2. Les piliers du développement durable

Le développement durable s'appuie sur plusieurs piliers fondamentaux qui guident sa mise en œuvre. Ces piliers sont interdépendants et se renforcent mutuellement. Chacun d'entre eux joue un rôle crucial dans la poursuite d'un avenir où les ressources de la planète sont utilisées de manière équitable et responsable, garantissant ainsi le bien-être des générations actuelles et futures.

FIGURE 3 : LES PILIERS DU DEVELOPPEMENT DURABLE



Source : <https://www.cy-clope.com/piliers-developpement-durable/>

Au cœur du pilier économique, l'objectif est de générer une croissance économique solide et inclusive qui répond aux besoins actuels sans compromettre les ressources naturelles pour les générations futures. Cela implique la promotion de politiques économiques qui soutiennent une croissance durable à long terme, l'investissement dans l'innovation et les infrastructures durables, et l'encouragement à une consommation et production responsables pour minimiser les déchets et l'utilisation inefficace des ressources.

Le pilier social met l'accent sur la satisfaction des besoins humains fondamentaux, tels que la santé, l'éducation, et l'égalité des sexes, tout en cherchant à éradiquer la pauvreté et à promouvoir le bien-être pour tous. Il souligne l'importance d'une éducation de qualité accessible à tous, la promotion de la santé et du bien-être, et l'élimination des inégalités entre les sexes par l'autonomisation des femmes et des filles et leur accès égal aux opportunités.

En parallèle, le pilier environnemental se concentre sur la sauvegarde et la gestion durable des ressources naturelles de la planète pour assurer leur disponibilité pour les générations actuelles et futures. Il comprend des actions concrètes contre le changement climatique, la protection de la vie aquatique et terrestre, la gestion durable des ressources naturelles, et des efforts pour réduire la pollution et améliorer la gestion des déchets. Ces actions visent à maintenir l'équilibre des écosystèmes dont dépend notre survie.

Depuis le Sommet mondial sur le développement durable de 2002, une quatrième dimension, le pilier culturel, a été reconnue, mettant en avant la culture et la diversité culturelle comme composantes clés du développement durable. La culture est vue comme une richesse, affirmant qu'un développement véritablement durable doit respecter la diversité des cultures, des identités, des savoirs et des langues, et promouvoir des modes de développement diversifiés respectueux des droits et libertés culturels.

Ensemble, ces piliers forment un cadre interdépendant qui guide les efforts vers un avenir où la croissance économique, la cohésion sociale, la protection de l'environnement, et la richesse culturelle coexistent harmonieusement, assurant ainsi le bien-être des générations actuelles et futures dans un esprit de durabilité et d'équité globales.

SECTION 2 : LE FINANCEMENT DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Pour atteindre les objectifs du développement durable, il est essentiel de disposer de sources de financement robustes et diversifiées.

En effet, dans un monde confronté à des défis environnementaux et sociaux pressants, le financement du développement durable n'est pas seulement une nécessité, mais une impérative stratégique. Cette section explore les diverses sources et mécanismes de financement qui soutiennent spécifiquement les initiatives de développement durable.

1. Les accords relatifs au financement du développement durable

Le financement du développement s'articule autour du soutien et de la supervision des engagements pris lors des principales conférences internationales sur le sujet. Ces conférences incluent celle de Monterrey, au Mexique, en 2002 ; celle de Doha, au Qatar, en 2008 ; et celle d'Addis-Abeba, en Éthiopie, en 2015. Ce processus veille également au suivi du financement des initiatives de développement issues des grandes conférences et sommets des Nations Unies sur les questions économiques et sociales, en particulier le Programme 2030 et les Objectifs de Développement Durable.

En effet, la réalisation des ODD et la nécessité de faire face aux impacts du changement climatique exigent une mobilisation de ressources financières qui va au-delà de l'aide publique au développement qui, selon la définition établie par le Comité d'aide au développement de l'OCDE, désigne l'assistance fournie par les États dans le but explicite de favoriser le développement économique et d'améliorer les conditions de vie dans les pays en développement. Depuis son adoption par le CAD en 1969 en tant que référence principale en matière d'aide extérieure, l'APD reste la principale source de financement pour le soutien au développement.

Dans ce contexte, lors de la troisième Conférence internationale des Nations Unies sur le financement du développement qui s'est tenue à Addis-Abeba, les pays participants ont convenu d'une série de mesures innovantes visant à réformer les pratiques financières mondiales et à mobiliser des investissements pour répondre à une variété de défis économiques, sociaux et environnementaux.

Le Programme d'action d'Addis-Abeba (PAAA), adopté à l'issue de cette conférence, vise à offrir un cadre global pour le financement du développement. Ce programme s'appuie sur les conclusions des deux conférences antérieures sur le financement du développement qui se sont déroulées à Monterrey, au Mexique, et à Doha, au Qatar. Il met l'accent sur la mobilisation des ressources nationales par les pays eux-mêmes, ainsi que sur l'orientation de l'épargne publique et privée vers des initiatives de développement durable.

Cet agenda ambitieux vise à aligner toutes les politiques et tous les flux de financement avec les objectifs définis dans l'Agenda 2030 pour le développement durable. De nature universelle, le PAAA propose une feuille de route pour la mise en place des moyens nécessaires à l'implémentation et le renforcement du partenariat mondial afin de réaliser les 17 ODD.

Ainsi, le PAAA définit un ensemble complet de mesures pour financer durablement la mise en œuvre de l'Agenda 2030 et aligner les flux et les politiques de financement sur les priorités économiques, sociales et environnementales. Il sert également de cadre central pour les gouvernements nationaux afin de créer un environnement favorable aux mesures de développement local.

2. Les mécanismes de financement du développement durable

Le Comité Intergouvernemental d'Experts sur le Financement du Développement Durable (CIEFDD) a été établi suite à la Conférence des Nations Unies sur le développement durable, Rio+20, en juin 2012. Il avait pour mandat principal de rédiger un rapport proposant des options variées pour la mise en place de stratégies de financement du développement durable. Ce rapport a été essentiel pour déterminer les mécanismes de financement du développement durable et a permis au CIEFDD de jouer un rôle crucial en recommandant des approches pour mobiliser des ressources financières à l'échelle globale en faveur du développement durable. Les mécanismes de financement mentionnés ci-dessous sont directement tirés de ce rapport.

1.1. Le financement public intérieur

Le financement public interne joue trois rôles essentiels. Premièrement, il favorise l'équité en réduisant la pauvreté et en assurant une distribution plus équitable des ressources. Deuxièmement, il est crucial pour la fourniture de biens et services que le marché ne peut pas offrir adéquatement, tout en encourageant les investissements privés. Troisièmement, il est indispensable pour préserver la stabilité macroéconomique. En outre, en mobilisant des ressources internes, il permet aux pays de piloter leur propre développement, renforçant ainsi leur autonomie financière. Ces aspects doivent guider les politiques de financement public national, car ils sont vitaux pour la mise en œuvre réussie des stratégies de développement durable.

La mobilisation de ces ressources est conditionnée par plusieurs facteurs clés, tels que l'étendue de l'assiette fiscale, la capacité du pays à collecter et gérer les impôts, la volatilité des secteurs économiques imposables, et les fluctuations des prix des matières premières. Une politique fiscale efficace doit être conçue sur mesure pour les conditions économiques et sociales spécifiques de chaque pays. Ainsi, il est crucial que les gouvernements respectent les principes universellement acceptés de bonne gestion des finances publiques, qui comprennent l'équité, l'efficacité et la transparence des prélèvements fiscaux.

En parallèle, combattre la corruption est essentiel pour améliorer la mobilisation des ressources nationales. La corruption a un impact négatif sur les entreprises, les citoyens et les finances publiques dans leur ensemble. Pour lutter efficacement contre ce fléau, il est vital que tous les pays ratifient et appliquent la Convention des Nations Unies contre la corruption. Cela renforce la transparence et l'efficacité fiscale, et améliore la gestion des finances publiques, essentielle au développement économique et à la stabilité sociale.

En outre, il est recommandé que les autorités utilisent efficacement les recettes et dépenses publiques pour adresser des problématiques sociales urgentes telles que les inégalités et la pauvreté, tout en améliorant l'accès à des services essentiels comme l'eau potable et l'assainissement. Ces efforts devraient cibler en priorité les populations les plus défavorisées et vulnérables.

Enfin, les vulnérabilités structurelles qui touchent les groupes sociaux exclus, y compris les femmes, les personnes handicapées, les peuples autochtones, les migrants, les minorités, les enfants, les personnes âgées, les jeunes et autres groupes marginalisés, peuvent être réduites par une fourniture universelle de services sociaux de base. Cette démarche combinée, qui intègre une gestion prudente des finances publiques et un ciblage social stratégique, est fondamentale pour construire une société plus inclusive et équitable.

1.2. Le financement privé intérieur

Pour comprendre le rôle du secteur privé dans le financement du développement durable, il est important de reconnaître la diversité des acteurs impliqués, allant des ménages aux multinationales, en passant par les investisseurs directs et les intermédiaires financiers comme les banques et les caisses de retraite. Historiquement, le secteur privé a toujours été un moteur clé de la croissance économique et de la création d'emplois.

Les gouvernements ont un rôle crucial à jouer en formulant des politiques qui favorisent les investissements à long terme dans le développement durable. Il est essentiel de créer un environnement propice qui minimise les risques et encourage les investissements privés. Les autorités publiques peuvent également contribuer au développement de marchés de capitaux locaux et de systèmes d'investissement à long terme, renforcés par un cadre réglementaire solide. Cette collaboration entre les secteurs public et privé est vitale pour atteindre les objectifs de développement durable.

Les recherches montrent que des marchés financiers stables, inclusifs et efficaces peuvent avoir un impact positif significatif sur la société, réduisant les coûts de transaction, stimulant l'économie et facilitant l'accès à divers avantages sociaux, notamment pour les femmes. Il est crucial d'élargir l'accès aux services financiers pour les groupes souvent exclus, tels que les personnes pauvres, âgées, handicapées et les peuples autochtones, pour soutenir la réalisation des objectifs de développement durable.

Le développement de marchés financiers pour les investissements à long terme, associé à une meilleure régulation, est indispensable pour garantir un équilibre optimal entre accessibilité et stabilité financière. La présence de banques bien capitalisées et de marchés obligataires à long terme permet aux entreprises locales d'accéder à des financements durables, tout en réduisant les risques liés aux emprunts en devises étrangères. Ces marchés obligataires locaux sont essentiels pour un financement durable à long terme.

Pour renforcer les marchés de capitaux locaux, les décideurs doivent mettre en place une infrastructure réglementaire et institutionnelle adéquate, y compris des systèmes de surveillance, de compensation et de règlement, des agences d'évaluation du crédit, et des mesures de protection des consommateurs.

Les investisseurs institutionnels tels que les caisses de retraite, les compagnies d'assurance vie, les fondations et les fonds souverains, avec leur focus sur des engagements à long terme, sont particulièrement bien placés pour fournir des financements durables.

En parallèle, la finance islamique a développé des mécanismes significatifs qui appuient le financement du développement durable. Avec une croissance notable des actifs financiers islamiques, particulièrement dans le financement des infrastructures et les investissements sociaux et écologiques, les instruments d'investissement basés sur le partage des risques offrent des alternatives précieuses pour les marchés financiers. Ces structures financières peuvent inspirer la création de nouvelles catégories d'investissements à long terme, augmentant ainsi la diversité et la profondeur des options de financement disponibles.

1.3. Le financement international public

Le financement international public est fondamental pour le développement durable, remplissant trois fonctions principales similaires à celles des finances publiques nationales : la réduction de la pauvreté et la promotion du développement, le soutien aux biens publics à l'échelle régionale et mondiale, et la préservation de la stabilité macroéconomique globale dans un contexte favorable. Ce type de financement vise à compléter et renforcer les initiatives nationales, et il est essentiel pour atteindre les Objectifs de Développement

Durable. L'Aide Publique au Développement joue un rôle crucial dans ce processus, et devrait être prioritairement affectée aux régions où les besoins sont les plus urgents et les capacités de mobilisation de ressources les plus faibles.

Bien que l'APD soit une composante vitale du financement international pour les pays en développement, en particulier pour les nations les moins avancées, elle reste encore inférieure à l'objectif international de 0,7 % du revenu national brut.

La coopération Sud-Sud, en complément de la coopération Nord-Sud, représente une forme d'aide intergouvernementale volontaire diversifiée et de plus en plus significative. Reconnue pour son rôle potentiel dans la promotion du développement durable, cette coopération a été soulignée dans le Document final de Nairobi de la Conférence des Nations Unies sur la coopération Sud-Sud de 2009.

La coopération triangulaire enrichit la coopération pour le développement en augmentant son efficacité grâce au partage de connaissances, d'expériences, de technologies et de ressources financières entre les pays émergents et les donateurs traditionnels.

Les fonds publics internationaux, souvent moins restrictifs que l'APD, incluent des prêts d'entités comme le Fonds Monétaire International, la Banque Mondiale, ainsi que d'autres institutions financières internationales et régionales. Ces fonds sont essentiels comme sources de financement à moyen et long terme pour les pays bénéficiaires.

En outre, le financement international public joue un rôle crucial dans le soutien des investissements dans le développement national, notamment dans les infrastructures. Ces investissements, souvent rentables, bénéficient du soutien du financement international public qui agit comme un catalyseur en attirant davantage d'investissements privés vers le développement durable dans ces domaines.

1.4. Le financement international privé

Le financement international privé, à l'instar du financement privé domestique, englobe une gamme de flux financiers qui incluent l'investissement étranger direct (IED), les investissements de portefeuille et les prêts bancaires transfrontaliers. L'investissement direct étranger se distingue par sa stabilité sur le long terme, jouant un rôle crucial dans le financement du développement durable des pays en développement.

Investir à long terme dans des pays aux politiques et réglementations instables est souvent perçu comme risqué par les investisseurs. Cela souligne l'importance de créer des environnements attractifs pour les investissements locaux. Un obstacle majeur à l'investissement, fréquemment cité par les investisseurs, est le manque de projets bien préparés et compétitifs. Ceci met en exergue la nécessité de renforcer les capacités de préparation de projets dans de nombreux pays.

Les envois de fonds par les migrants représentent également une source importante de flux financiers internationaux vers certains pays en développement. Contrairement à d'autres types de flux financiers, ces transferts d'argent sont des transactions privées basées souvent sur des liens familiaux et sociaux. Ils permettent aux familles bénéficiaires de mieux consommer et d'investir dans des secteurs vitaux tels que l'éducation, la santé et le logement.

Cependant, les coûts associés à ces transferts d'argent demeurent élevés. Il est donc essentiel de favoriser une coopération accrue entre les pays expéditeurs et récepteurs pour diminuer les frais de transaction et surmonter les barrières qui entravent ces transferts de fonds. En réduisant ces coûts, on peut maximiser l'impact positif de ces transferts sur le développement des pays bénéficiaires.

1.5. Le financement mixte

L'intérêt des décideurs pour une approche de financement du développement nommée « finance mixte » ne cesse de croître. Cette méthode combine les ressources et compétences du secteur public et privé. La finance mixte comprend une variété d'instruments, notamment ceux offerts par les institutions de financement du développement pour encourager le financement privé, tels que les prêts, les investissements en capital et les garanties. Elle englobe également les partenariats public-privé traditionnels.

Toutefois, la portée de la finance mixte dépasse ces arrangements pour inclure divers fonds structurés public-privé et des « partenariats d'exécution », associant des acteurs tels que les gouvernements, la société civile, les organismes philanthropiques, les banques de développement et les entreprises privées à but lucratif.

Quand elle est bien mise en œuvre, la finance mixte permet aux gouvernements d'utiliser les fonds publics pour lever des investissements privés, en partageant les risques et les bénéfices tout en poursuivant des objectifs sociaux, environnementaux et économiques nationaux. Elle s'avère un moyen de financement efficace, surtout lorsque le projet ou l'investissement présente un intérêt global suffisamment important pour justifier l'engagement du secteur public, même après la rémunération du partenaire privé.

La finance mixte peut être appliquée dans divers domaines, y compris les projets d'infrastructure et l'innovation. Des partenariats innovants ont été développés pour financer le développement durable, notamment pour atteindre des objectifs mondiaux comme la lutte contre le VIH/sida, la tuberculose et le paludisme. Ces partenariats combinent des ressources issues de la philanthropie, du secteur public et de mécanismes de financement novateurs, se distinguant par leur approche créative en matière de structuration de la gouvernance et de l'allocation des ressources pour fournir un soutien ciblé.

3. Le point sur le financement du développement durable

La pandémie de COVID-19 a exacerbé les déficits de financement pour atteindre les ODD dans les pays en développement, qui ont vu ces besoins augmenter de 56 % en 2020, atteignant ainsi 3 900 milliards de dollars. Les impacts combinés des crises sanitaires, économiques, sociales, politiques et environnementales ont désormais un effet cumulatif dans les pays en développement, risquant de les plonger dans une période de reprise prolongée et de les éloigner des ODD. En parallèle, la guerre en Ukraine aggrave les perspectives de financement du développement durable, accentuée par plusieurs facteurs. Les coûts liés à la paix et à la sécurité ont augmenté suite au conflit russo-ukrainien, obligeant les gouvernements à prioriser entre plusieurs urgences : gérer l'accueil des réfugiés avec des budgets de développement déjà limités, et favoriser une transition énergétique malgré la hausse des prix de l'énergie.

Au cours du premier semestre de 2020, les mesures de confinement imposées par les principales économies mondiales ont eu un effet paralysant sur l'économie internationale, impactant directement et brusquement les revenus ainsi que les ressources financières des pays en développement. Même avant la pandémie, les avancées vers les Objectifs de Développement Durable étaient inégales, variant significativement selon les objectifs et les pays. Avec l'arrivée du COVID-19, non seulement ces progrès ont été freinés, mais les coûts associés à la réalisation de ces objectifs d'ici 2030 ont également augmenté. La pandémie a plongé cent millions de personnes dans l'extrême pauvreté et entraîné des pertes d'emplois dans divers secteurs. Les pays en développement, déjà confrontés à des perspectives de croissance les plus faibles depuis la Seconde Guerre mondiale, font face à des défis accrus.

Tandis que les pays de l'OCDE mobilisent des trillions de dollars pour leur redressement, les pays en développement sont limités par des contraintes budgétaires sévères.

Les données récentes sur le financement pour le développement durable confirment la prévision d'une augmentation de 56% du déficit de financement des ODD en 2020. En raison de l'ampleur sans précédent de la pandémie de COVID-19, qui a augmenté les besoins de financement et réduit les flux de financement disponibles, il était difficile de prévoir avec précision l'impact de la crise. Avec le recul, les prévisions initiales ont tendance à surestimer l'impact sur les flux de capitaux (qui se sont rapidement rétablis dans la seconde moitié de 2020) et n'ont pas pris en compte l'ampleur de la baisse des revenus gouvernementaux disponibles (pour lesquels il n'existait alors aucune estimation). Cependant, l'écart annuel de financement des ODD dans les pays en développement s'est effectivement élargi de 56 %, atteignant 3,9 trillions de dollars en 2020. En tenant compte du resserrement attendu des conditions de financement mondiales, les projections de la Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (CNUCED) et du FMI suggèrent que le déficit de financement des ODD pourrait atteindre 4,3 trillions de dollars par an de 2020 à 2025, soit une augmentation de 400 milliards de dollars par rapport aux estimations de l'OCDE en 2019-2020.

Ainsi, l'essor de la finance durable, porté par une convergence des intérêts entre les sphères publique et privée en matière de gestion des risques à long terme, est particulièrement pertinent dans le contexte des déficits de financement du développement durable. Alors que les cadres quantifiables pour évaluer les dimensions environnementales, sociales et de gouvernance (ESG) sont encore en développement, l'attrait croissant pour les investissements durables ouvre des voies pour canaliser des capitaux vers des projets qui autrement pourraient ne pas trouver de financement suffisant. Cette nouvelle vague d'intérêt stimule la création de systèmes de notation, d'instruments financiers et de labels qui facilitent l'allocation de ressources vers le développement durable. Toutefois, pour que ce marché atteigne son plein potentiel, il est crucial de surmonter les obstacles tels que la segmentation du marché et les distorsions, tout en veillant à ne pas manquer d'opportunités de financer des projets durables, surtout dans les pays moins développés où la régulation des marchés financiers reste insuffisante.

SECTION 3 : FINANCE DURABLE ET INVESTISSEMENTS VERTS

A l'aube du 21ème siècle, face aux défis environnementaux et sociaux croissants, la nécessité de réorienter les flux financiers vers des investissements plus durables est devenue une priorité mondiale. Cette transformation n'est pas seulement une réponse à la demande croissante de la société pour une plus grande responsabilité environnementale et sociale, mais elle représente également une opportunité stratégique pour les acteurs du secteur financier de jouer un rôle central dans la transition vers une économie plus verte et inclusive.

La finance durable, qui intègre les critères environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG) dans les décisions d'investissement et de prêt, vise à générer des retours financiers à long terme tout en produisant un impact positif sur la société et l'environnement.

Cette section débutera par une introduction aux principes clés de la finance durable, nous examinerons ensuite les cadres et normes qui régissent la finance durable ainsi que les normes et certifications ESG.

La synthèse se poursuivra avec un aperçu des produits financiers verts et durables, tels que les obligations vertes et les fonds d'investissement socialement responsables. Nous analyserons leur rôle dans le financement de projets durables et leur impact sur le marché.

Enfin, nous nous concentrerons sur l'impact de l'engagement en finance durable sur le secteur financier.

1. Introduction à la finance durable

1.1. Définition

Selon l'observatoire de la finance durable, la finance durable met l'accent sur les transactions financières qui intègrent des critères au-delà des considérations financières traditionnelles. Ces critères, connus sous le nom de critères ESG (environnementaux, sociaux et de gouvernance), évaluent les impacts des activités des entreprises sur plusieurs fronts.

Ainsi, la finance durable est une approche qui vise à intégrer les considérations environnementales, sociales et de gouvernance au cœur des décisions d'investissement et de gestion des actifs. Cette approche ne se contente pas de viser la maximisation du rendement financier à court terme, mais cherche également à produire un impact positif sur la société et l'environnement, tout en minimisant les risques liés aux facteurs ESG.

Selon the Sustainable Stock Exchanges Initiative, la finance durable peut être définie comme étant le processus par lequel les fonds disponibles, qu'ils soient sous forme de dépôts, investissements ou assurances, sont alignés avec des objectifs environnementaux, sociaux et économiques. Ce faisant, elle vise principalement à atteindre les Objectifs de Développement Durable.

L'origine de la finance durable remonte aux années 1960 et 1970, avec les premiers fonds d'investissement axés sur l'exclusion de certaines entreprises en raison de leurs pratiques en matière d'armement, de tabac ou d'apartheid en Afrique du Sud. Depuis lors, le champ de la finance durable a considérablement évolué, passant d'une approche principalement basée sur l'exclusion à une approche intégrant pleinement les critères ESG dans l'analyse financière.

Selon l'observatoire de la finance durable, cette technique regroupe plusieurs approches d'investissement qui visent à intégrer des considérations ESG dans les processus d'investissement et de gestion. Parmi ces pratiques, l'Investissement Responsable (IR) se distingue par l'utilisation de critères extra-financiers pour encourager les entreprises à adopter des pratiques plus responsables. Le label ISR (Investissement Socialement Responsable), reconnu internationalement et soutenu par les pouvoirs publics, joue un rôle clé en augmentant la visibilité des fonds ISR auprès des épargnants.

Parallèlement, la Finance verte concentre ses efforts sur les opérations financières qui soutiennent la transition énergétique et écologique, notamment à travers les obligations vertes, ou "green bonds", destinées à financer des projets écologiques.

Le G20 définit la finance verte comme le financement d'investissements apportant des bénéfices environnementaux dans le cadre plus large du développement écologiquement durable. Ces bénéfices incluent notamment la diminution de la pollution de l'air, de l'eau et du sol, la réduction des émissions de gaz à effet de serre et l'amélioration de l'efficacité énergétique, ainsi que les efforts d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques. Bien qu'il n'y ait pas de définition universellement reconnue pour la finance verte ou durable, des concepts opérationnels et des critères ont été développés au sein du système financier mondial, des systèmes intergouvernementaux, des systèmes financiers nationaux et des marchés et institutions privés.

La Finance solidaire, quant à elle, regroupe les placements axés sur des critères sociaux, soutenant par exemple l'insertion professionnelle ou la solidarité internationale.

Le Social business cible les entreprises dont la mission principale est sociale, réinvestissant les bénéfices pour combattre l'exclusion et protéger l'environnement.

Enfin, la Finance à impact cherche à produire des effets positifs sur la société et l'environnement, tout en générant un rendement financier, supportant des projets qui adressent des enjeux sociaux et environnementaux significatifs.

Ces différentes facettes de la finance durable témoignent de l'évolution des marchés financiers vers des pratiques plus éthiques et responsables.

1.2. Importance croissante de la finance durable dans le contexte actuel

Dès les années 1980, les premiers fonds éthiques voient le jour, à l'instar du fonds créé par l'Église de Suède en 1982, suivi par d'autres, souvent issus de milieux religieux, comme le fonds Nicole Reille.

Au début des années 1990, la mise en place des standards de développement durable gagne du terrain. Le Sommet de la Terre à Rio en 1992 consolide le concept de développement durable et, en 1998, l'ISO lance la norme ISO 14001 pour le management environnemental, parmi d'autres normes visant à responsabiliser les entreprises.

Les années 2000 marquent un tournant avec l'émergence d'initiatives alignant la finance aux objectifs de transition écologique et sociale. En 2006, les PRI, promus par l'ONU, encouragent l'intégration des enjeux environnementaux, sociaux et de gouvernance dans les décisions d'investissement. En France, le premier label ISR est créé par Novethic en 2009. Cette période voit aussi l'apparition des Green Bonds, Social Bonds et Sustainability Bonds.

En 2015, l'adoption des Objectifs de développement durable par les Nations Unies et l'Accord de Paris lors de la COP21 marquent un engagement renforcé du secteur financier pour le climat. L'Union Européenne, quant à elle, lance en 2018 un plan d'action pour la finance durable.

En 2020, la Taxonomie européenne est publiée par la Commission européenne pour classer les activités économiques durables, et la SFDR est mise en œuvre, exigeant des gestionnaires d'actifs de déclarer comment ils intègrent les critères ESG. En 2021, la directive CSRD est proposée pour améliorer le reporting sur la durabilité des entreprises et servir de référence pour évaluer les investissements durables.

Aujourd'hui, la finance durable est devenue un élément central du secteur financier, influencée par plusieurs facteurs. En effet, la prise de conscience croissante des risques environnementaux, tels que le changement climatique, a souligné l'importance d'investissements plus verts et plus durables. De plus, les investisseurs et les consommateurs, en particulier les générations plus jeunes, exigent une plus grande transparence et responsabilité de la part des entreprises en matière de pratiques ESG. Par ailleurs, il est de plus en plus reconnu que les investissements durables peuvent offrir des rendements compétitifs, voire supérieurs, en réduisant les risques à long terme et en saisissant de nouvelles opportunités de marché.

La finance durable représente désormais une composante essentielle de la stratégie financière, non seulement pour répondre aux exigences réglementaires croissantes et aux attentes des parties prenantes, mais aussi pour contribuer activement à la construction d'un avenir économiquement viable, socialement inclusif et écologiquement durable.

La montée en puissance des obligations vertes, des normes de reporting ESG, et des indices durables témoigne de l'importance croissante de cette approche, qui s'étend à tous les

secteurs et régions du monde, marquant une évolution significative dans la manière dont les capitaux sont alloués et gérés à l'échelle globale.

2. Cadres et normes en finance durable

La finance durable est encadrée par une série de normes et réglementations qui visent à assurer la transparence, l'efficacité et la crédibilité des investissements durables. Ces cadres jouent un rôle crucial dans l'orientation des flux financiers vers des projets et entreprises soutenant les objectifs environnementaux, sociaux et de gouvernance.

2.1. Aperçu des cadres réglementaires

Réellement, L'Union Européenne a pris une position de leader dans le domaine de la finance durable en mettant en place un cadre réglementaire solide destiné à aligner le secteur financier sur les objectifs de développement durable et de lutte contre le changement climatique. Ce cadre inclut plusieurs initiatives clés.

Ainsi, le plan d'action de l'UE pour la finance durable vise à orienter le capital vers des investissements durables, à mieux gérer les risques financiers associés au changement climatique et à renforcer la transparence des activités économiques. Il cherche à soutenir l'Agenda 2030 de l'UE ainsi que les objectifs de l'Accord de Paris, en s'assurant que le système financier européen contribue pleinement à une économie résiliente et à faibles émissions de carbone.

Par ailleurs, le règlement sur la publication d'informations durables (SFDR) fixe des normes pour une divulgation uniforme des données de durabilité dans le secteur financier, avec pour but de fournir aux investisseurs des informations claires sur les impacts environnementaux et sociaux de leurs investissements et d'éviter le greenwashing.

Parallèlement, la Directive sur les rapports de développement durable des entreprises, également connue sous son nom anglais Corporate Sustainability Reporting Directive, est un élément fondamental du Pacte vert pour l'Europe. Elle représente un progrès notable en matière de réglementation des rapports de développement durable, allant bien au-delà des normes actuellement en vigueur.

Cette directive européenne instaure des règles détaillées pour la création de rapports de durabilité et, bien qu'elle soit spécifique à l'Union Européenne, son influence est prévue pour s'étendre globalement, affectant de nombreuses organisations à travers le monde, tant directement qu'indirectement. En remplaçant la directive précédente sur la divulgation d'informations non financières (NFRD), la CSRD impose des critères plus rigoureux pour les rapports des entreprises sur leurs impacts environnementaux, sociaux et de gouvernance.

L'objectif de cette nouvelle réglementation est de renforcer la transparence et de faciliter la comparaison des performances ESG des entreprises, ce qui devrait aider les investisseurs et autres parties prenantes à prendre des décisions éclairées et responsables. En fin de compte, la CSRD vise à garantir que les entreprises rendent compte de manière exhaustive de leur impact sur la société et l'environnement, favorisant ainsi une économie plus durable et plus responsable.

Enfin, la Taxonomie de finance durable de l'UE définit clairement quelles activités économiques peuvent être considérées comme durables, aidant à canaliser les investissements vers des initiatives qui supportent vraiment les objectifs de développement durable de l'UE.

Ensemble, ces éléments forment un cadre robuste pour une finance réellement responsable et transparente au sein de l'Union Européenne

A l'échelle internationale, plusieurs cadres réglementaires guident la finance durable. Parmi eux, les Principes pour l'Investissement Responsable des Nations Unies, lancés en 2006, encouragent les investisseurs à incorporer les questions ESG dans leur prise de décision. L'Accord de Paris sur le climat, conclu en 2015, a également mis en évidence la nécessité pour le secteur financier de soutenir la transition vers une économie à faible émission de carbone.

En effet, Le cadre réglementaire entourant la finance durable s'est développé rapidement, donnant naissance à une variété de normes et de structures réglementaires destinées à orienter les entreprises vers des pratiques plus durables.

Ces diverses normes et structures varient en termes de méthodologie et d'applicabilité, mais partagent un objectif commun, celui de fournir des directives claires et uniformes pour la publication d'informations et la gestion des risques et opportunités associés aux critères ESG.

Parmi les principales normes en vigueur, les Standards de l'Initiative mondiale de rapportage (GRI) se distinguent comme les plus utilisés et les plus reconnus pour les rapports de durabilité. Ces standards sont organisés en trois catégories—universelles, sectorielles, et thématiques—et mettent l'accent sur l'engagement des parties prenantes et l'évaluation de la matérialité en tant qu'éléments essentiels de la procédure de rapport.

Les normes du Sustainability Accounting Standards Board (SASB) se concentrent sur les données ESG qui sont pertinentes pour la création de valeur à long terme. Elles proposent des thèmes et des métriques spécifiques pour chacune des 77 industries qu'elles couvrent, facilitant ainsi une approche ciblée en matière de durabilité.

La Task Force for Climate-related Financial Disclosures (TCFD), mise en place par le Financial Stability Board (FSB), a pour but d'améliorer la transparence des informations financières relatives aux risques climatiques pour les investisseurs, les prêteurs et les assureurs, contribuant ainsi à une meilleure prise de décision en matière de climat.

Enfin, les Normes de Performance de la Corporation Financière Internationale (IFC) offrent un cadre de référence international pour l'identification et l'évaluation des risques environnementaux et sociaux liés aux activités d'une entreprise ou à ses investissements.

Chacun de ces cadres et normes présente des avantages spécifiques, mais ensemble, ils forment un pilier central des efforts mondiaux visant à aligner le secteur financier avec les objectifs de durabilité à long terme.

2.2. Normes et certifications ESG

Les normes et certifications ESG fournissent un cadre pour évaluer et rapporter les performances durables des entreprises.

Parmi les plus reconnues, on trouve les Global Reporting Initiative (GRI) standards, qui facilitent la divulgation des impacts environnementaux et sociaux des entreprises. De plus, la certification B Corp distingue les entreprises qui respectent des normes élevées de performance sociale et environnementale.

Les organismes de surveillance et d'accréditation jouent un rôle essentiel dans le maintien de la confiance dans le marché de la finance durable. Ils évaluent et certifient la conformité des entreprises et des produits financiers aux normes ESG, garantissant que les allégations de durabilité sont à la fois précises et fiables. Des exemples incluent le CDP (anciennement Carbon Disclosure Project), qui gère un système mondial de divulgation pour les entreprises, les villes, les états et les régions de divulguer leur impact environnemental, et

la Climate Bonds Initiative, qui certifie les obligations vertes qui financent des projets contribuant à la lutte contre le changement climatique.

En résumé, les cadres et normes en finance durable sont fondamentaux pour guider les investisseurs, les entreprises et les régulateurs dans la transition vers des pratiques plus durables. Ils fournissent les outils nécessaires pour évaluer, comparer et améliorer les impacts environnementaux et sociaux des activités économiques, renforçant ainsi l'intégration des considérations ESG dans les décisions d'investissement et contribuant au développement d'une économie mondiale plus durable.

3. Produits financiers verts et durables

La finance durable propose une gamme de produits financiers conçus pour encourager et faciliter l'investissement dans des initiatives et entreprises durables. Ces produits visent à combiner retour financier et impact positif sur l'environnement ou la société.

3.1. Obligations vertes et leur impact sur le financement de projets durables

Depuis leur première émission par la Banque européenne d'investissement en 2007, les obligations vertes ont évolué pour devenir un instrument financier clé dans le financement de projets écologiques.

Selon l'ICMA, les green bonds sont des émissions de dette où les fonds levés sont strictement destinés à financer ou refinancer, en totalité ou en partie, des projets écologiques.

La Banque de France explique que pour financer des investissements ou des dépenses bénéfiques à l'environnement, des entités telles que des entreprises, des collectivités ou des États peuvent opter pour l'émission d'obligations vertes sur les marchés financiers. Ces obligations vertes, également appelées « green bonds » en anglais, sont des emprunts spécifiques émis par ces entités. Elles se différencient des obligations classiques par leur but exclusif, celui de financer uniquement des projets qui favorisent la protection ou la restauration des milieux naturels et des écosystèmes.

La première obligation verte a été émise par la Banque européenne d'investissement (BEI) en 2007, suivie de près par la Banque mondiale en 2008. De 2007 à 2013, les émissions étaient principalement le fait de banques et d'agences de développement, qui se sont engagées à soutenir la transition écologique.

En effet, ces obligations, dont l'usage des fonds est exclusivement destiné à des projets verts, ont vu leur cadre formalisé en 2014 avec l'adoption des Green Bond Principles (GBP) par l'International Capital Markets Association (ICMA). Les principes identifient divers projets éligibles tels que le développement des énergies renouvelables, l'amélioration de l'efficacité énergétique et la réduction des émissions de gaz à effet de serre, tout en imposant un processus rigoureux de sélection et de suivi des projets.

L'adoption des Accords de Paris en 2015 a coïncidé avec une hausse des émissions annuelles de green bonds, fluctuant entre 100 et 150 milliards de dollars selon la Climate Bonds Initiative (CBI), bien que ces volumes restent modestes comparés aux émissions obligataires classiques. En effet, en 2018, le marché américain des obligations a atteint environ 7 424 milliards de dollars. Selon la Banque des règlements internationaux et le CBI, le total des obligations vertes représente aujourd'hui moins de 1 % de l'ensemble du marché obligataire mondial.

Des études académiques récentes, notamment celles de Flammer (2018) et Glavas (2018), ont montré que les obligations vertes contribuent à améliorer à la fois le bilan carbone des entreprises et leur performance économique. Dans le contexte des engagements pris par

les États dans les Accords de Paris sur le Climat pour limiter la hausse de la température moyenne globale à 2°C au-dessus des niveaux préindustriels, les obligations vertes sont reconnues comme un instrument clé pour atteindre ces objectifs, selon l'OCDE en 2017.

Au niveau des bourses, Oslo Børs et la Bourse de Luxembourg (LuxSE) ont été parmi les premières à coter des obligations vertes. LuxSE a particulièrement élargi son activité dans ce domaine en lançant la Bourse verte de Luxembourg en 2016, ayant déjà coté plus de 100 obligations vertes. De son côté, le Nasdaq Stockholm s'est distingué en étant la première bourse à établir un marché obligataire durable, comptant 60 obligations vertes et durables en mai 2017. Sur les 84 bourses suivies par la Sustainable Stock Exchanges (SSE), 19 cotent des obligations vertes. Cependant, seulement cinq d'entre elles, à savoir Borsa Italiana, la Bolsa Mexicana de Valores, le London Stock Exchange (LSE), LuxSE et Oslo Børs, ont mis en place une cotation distincte ou un outil de recherche spécifique facilitant l'accès aux obligations vertes pour les investisseurs¹.

En termes de volume d'émissions, l'Italie, la France et l'Allemagne dominent en Europe, tandis que la Chine se distingue en Asie tant en nombre d'obligations que d'émetteurs. En Amérique du Sud, le Chili et l'Uruguay ont récemment accédé au marché avec des émissions d'obligations souveraines significatives.

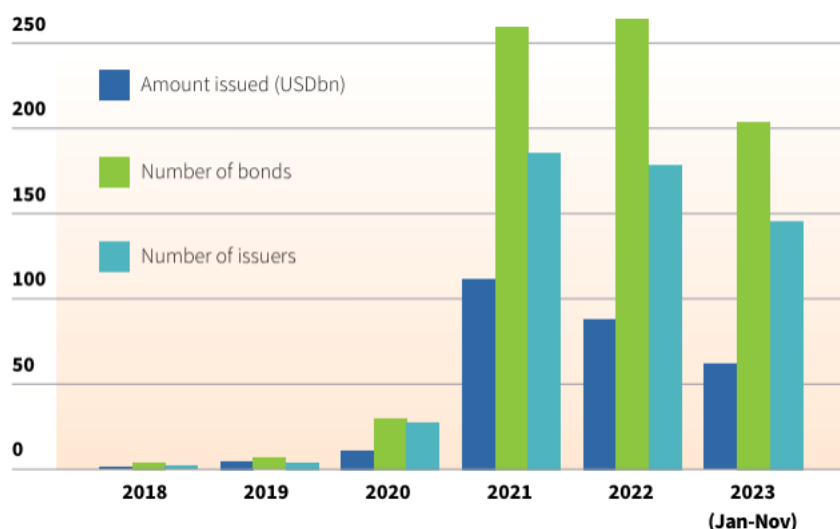
Dans ce contexte, le marché des SLB (Sustainability Linked Bonds), introduit en 2018 par Beijing Infrastructure Investment Co., reste jeune mais se développe rapidement. L'intérêt accru pour ces obligations, qui exigent des émetteurs de remplir des objectifs de durabilité spécifiques, a vu une croissance significative en 2021. Cependant, des conditions de marché défavorables en 2022 et des préoccupations quant à la crédibilité ont depuis freiné cette croissance.

Selon le rapport Sustainability-Linked Bonds : Building a High-Quality Market, peu plus de cinq ans après l'émission de la première obligation liée à la durabilité (SLB) en décembre 2018, le marché des SLB reste relativement jeune et se caractérise par un pool d'émetteurs en croissance et de plus en plus diversifié, avec davantage de devises, de pays et de secteurs ajoutés chaque année.

Les volumes ont connu une forte augmentation en 2021 à mesure que les marchés se remettaient du COVID et que l'intérêt pour les SLB augmentait, mais les émissions ont légèrement diminué depuis. Les conditions défavorables du marché mondial en 2022 ont impacté les marchés de capitaux en général, et les préoccupations croissantes quant à la crédibilité du marché des SLB ont freiné les volumes depuis.

¹ Sustainable Stock Exchanges Initiative.

FIGURE 4 : EVOLUTION DES EMISSIONS DES SLB : MILLIARDS USD, NOMBRE D'OBLIGATIONS, NOMBRE D'EMETTEURS



Source: Sustainability-Linked Bonds: Building a High-Quality Market, Climate Bonds Initiative

Le nombre d'obligations émises a considérablement augmenté en 2021, avec des émissions répétées devenant beaucoup plus fréquentes. Le montant moyen et le nombre d'obligations par émetteur sont restés stables en 2022 et ont légèrement diminué en 2023. Les trois principaux domiciles d'émetteurs en termes de montants émis sont l'Italie (49,5 milliards USD, dont 63 % par Enel), la France (28,7 milliards USD) et l'Allemagne (23,0 milliards USD). La Chine est quatrième (21,7 milliards USD) mais première en nombre d'obligations (127) et de nombre d'émetteurs (86), et c'est là que la première SLB a été émise (2018, Beijing Infrastructure Investment Co.).

Bien que dominé naturellement par les entreprises non financières (84 % du montant cumulé), différents types d'émetteurs du secteur public, y compris les entités soutenues par l'État, ont commencé à accéder au marché. 2022 a marqué un jalon important alors que le Chili (six opérations totalisant 9,2 milliards USD, une en 2022 et cinq en 2023) et l'Uruguay (une opération de 1,5 milliard USD, 2022) ont émis des obligations souveraines.

Effectivement, Les obligations vertes jouent un rôle crucial en augmentant la conscience publique des enjeux liés au changement climatique et prouvent que les investisseurs institutionnels peuvent financer des projets favorables au climat à travers des instruments financiers liquides, tout en maintenant des rendements attractifs. Elles illustrent également l'importance sociale des investissements en titres à revenu fixe et soulignent le besoin accru de transparence.

3.2. Fonds d'Investissement Socialement Responsable

Selon Novethic², L'Investissement Socialement Responsable implique l'incorporation méthodique et transparente de critères environnementaux, sociaux et de gouvernance dans les pratiques de gestion financière.

² Novethic est une entreprise affiliée à la Caisse des dépôts et consignations. Elle se présente comme un média numérique dédié aux thématiques de la finance durable et de l'économie responsable.

L'Investissement Socialement Responsable a vu le jour aux États-Unis dans les années 1920, initié par des congrégations religieuses. Ainsi, les premiers fonds ISR ont été créés par ces dernières. Le Pioneer Fund de Boston, l'un des plus célèbres, adopte une approche d'exclusion en ne plaçant pas dans ce qu'on appelle les « sin stocks », à savoir les entreprises liées à l'alcool, au tabac, à l'armement, à la pornographie et aux jeux d'argent. Cette méthode est qualifiée de « négative », car elle repose sur l'éviction de secteurs jugés moralement répréhensibles ou de moindre valeur éthique (Brito et al. en 2005).

Avec le temps, cette approche s'est sécularisée et politisée, se focalisant dans les années 1970 sur des enjeux tels que la lutte contre l'Apartheid, la guerre du Viêt-Nam, la défense des droits humains et les questions liées à l'énergie nucléaire³.

En 1972, deux méthodistes ont fondé le Pax World Funds, un fonds conçu pour investir selon des principes éthiques et encourager les entreprises à respecter des normes de responsabilité sociale et environnementale. Cinq ans plus tard, en 1977, Léon Sullivan, prêtre et administrateur chez General Motors, a introduit les « Principes Sullivan ». Il a conçu ces principes dans le but de les voir adoptés par les entreprises opérant en Afrique du Sud afin de combattre l'apartheid. Ces initiatives représentent la « seconde génération » de fonds éthiques, qui, à l'instar de leurs prédécesseurs, se basent sur des critères d'exclusion liés non seulement aux types d'activités industrielles mais aussi à la localisation géographique des entreprises.

A partir des années 1980, une nouvelle forme d'Investissement Socialement Responsable a émergé, reconnaissant que les bonnes pratiques en matière sociale, environnementale et de gouvernance pourraient positivement influencer les performances financières et la valeur boursière des entreprises. Cela a conduit à la création d'agences de notation extra-financière, fournissant aux investisseurs des données pour les aider à choisir les entreprises les plus performantes dans chaque secteur ou spécialisées dans des domaines spécifiques tels que l'environnement, les énergies renouvelables ou la gestion de l'eau.

Les objectifs de l'Investissement Socialement Responsable ne sont pas principalement axés sur la génération de profits dans un système économique capitaliste, mais s'inscrivent plutôt dans un nouveau paradigme. Ce paradigme remet en question la primauté de l'approche économique, en faveur d'un système diversifié de valeurs sociales porté par de nombreux acteurs, auxquels les entreprises doivent rendre des comptes, constituant un référentiel sociétal. Si les fonds socialement responsables partagent certains processus d'investissement avec les fonds éthiques de première et seconde génération, leurs objectifs diffèrent sensiblement. Ceux-ci se concentrent sur la responsabilité et le rôle de l'entreprise dans la société plutôt que sur les valeurs individuelles de l'investisseur ou la moralité des sociétés dans une perspective téléologique. Ces fonds constituent la troisième génération de l'ISR, apparue dans les pays anglo-saxons dès les années 1980 et en Europe continentale dans les années 1990⁴.

En 2006, l'initiative des six Principes pour l'Investissement Responsable a été lancée par des investisseurs de premier plan à l'échelle mondiale, avec le soutien de l'UNEP-FI. Ces principes visent à encourager l'intégration des critères ESG dans les processus d'investissement, afin de rendre les pratiques des marchés financiers cohérentes avec les objectifs de développement durable. Les PRI ont été déterminants pour promouvoir

³ <https://www.afg.asso.fr/>

⁴ Diane-Laure Arjaliès, Qu'est-ce que l'Investissement Socialement Responsable

l'investissement socialement responsable au sein de la gestion d'actifs traditionnelle, tant en Europe qu'à l'international⁵.

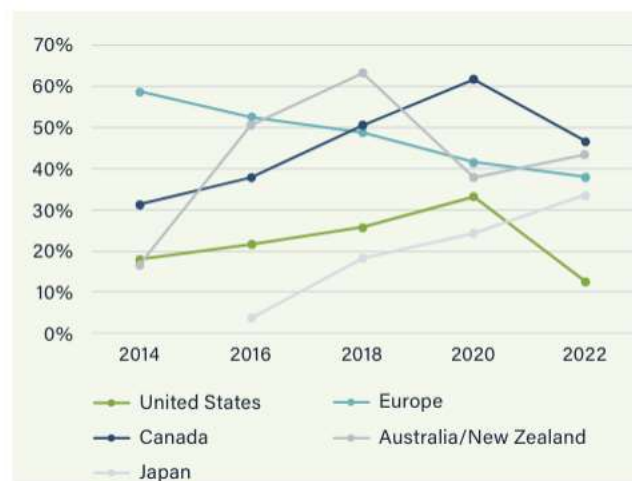
En effet, les fonds socialement responsables se divisent en trois principales catégories : négative, positive, et best-in-class. L'approche négative consiste à exclure de l'investissement les entreprises qui ne respectent pas certains critères extra-financiers, comme celles opérant dans les secteurs du tabac, des jeux d'argent, de l'alcool, ou du contrôle des naissances. L'approche positive, quant à elle, encourage l'investissement dans les entreprises jugées les plus responsables socialement, telles que celles qui développent des technologies écologiques réduisant la consommation de ressources naturelles. Enfin, l'approche best-in-class sélectionne les entreprises les plus performantes de chaque secteur sur la base d'une évaluation relative, en comparaison avec leurs concurrents, et non selon des critères absolus.

Selon le rapport de 2022 de la Global Sustainable Investment Alliance (GSIA), L'investissement durable en Europe, au Canada, au Japon, en Australie et en NouvelleZélande a atteint 21,9 trillions de dollars en actifs sous gestion (AUM), connaissant une croissance de 20% au cours des deux dernières années.

En Europe, l'investissement durable est passé de 12 trillions de dollars en 2020 à 14 trillions en 2022. Cependant, la croissance de l'investissement durable n'a pas suivi le rythme de l'expansion générale du marché. Cette tendance de long terme en Europe montre un déclin annuel d'environ 5% de la part des actifs qualifiés de durables.

Cependant, Le marché américain des investissements durables a subi une baisse significative, passant de 17,1 trillions de dollars à 8,4 trillions.

FIGURE 5 : PROPORTION DES ACTIFS D'INVESTISSEMENT DURABLE PAR RAPPORT AU TOTAL DES ACTIFS GERES, DE 2014 A 2022



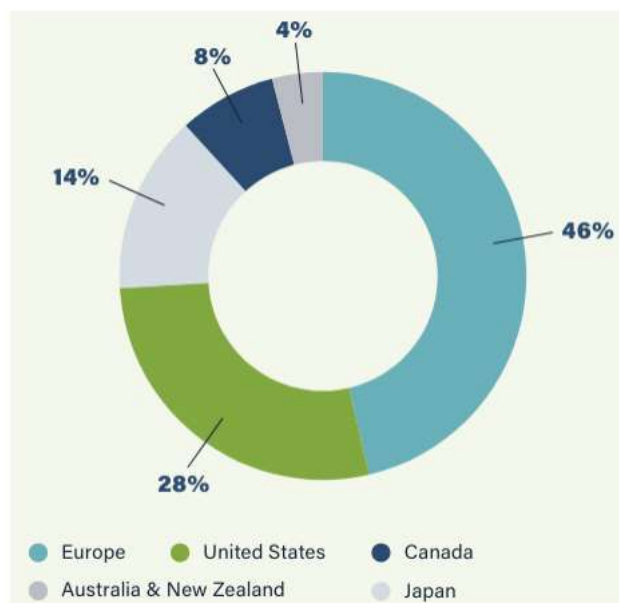
Source : rapport de 2022 de la Global Sustainable Investment Alliance

Comme l'indique la Figure ci-dessus, la part des investissements durables par rapport au total des actifs gérés a continué de croître fortement au Japon, passant de 24% à 34%. En revanche, les États-Unis et le Canada ont enregistré une proportion plus faible d'actifs d'investissement durable par rapport au total des actifs gérés pour la période 2020 à 2022. Cela reflète des changements significatifs dans la méthodologie de recherche dans ces

⁵ Diane-Laure Arjaliès, Le mouvement de l'Investissement Socialement Responsable : une mise en perspective historique, 2014.

régions, rendant les comparaisons avec les rapports précédents particulièrement difficiles. La baisse en Europe, de 42% à 38%, pourrait refléter l'augmentation des exigences réglementaires et un passage à un étiquetage et un reporting des fonds plus conservateurs, suite à l'introduction d'une série de législations et régulations sous le Plan d'Action pour la Finance Durable. Les marchés de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande ont connu une hausse modérée de la part des investissements durables par rapport au total des actifs gérés, passant de 38% à 43%. Cette hausse fait suite à une chute significative en 2020 due à une révision de la méthodologie.

FIGURE 6 : PROPORTION DES ACTIFS D'INVESTISSEMENT DURABLE MONDIAUX PAR REGION EN 2022



Source : rapport de 2022 de la Global Sustainable Investment Alliance

Les États-Unis et l'Europe continuent de détenir la majorité des actifs d'investissement durable entre 2020 et 2022, reflétant ainsi la taille de leurs marchés. Durant cette période, la part de l'Europe dans les actifs d'investissement durable mondiaux est passée de 34 % à 46 %. Cela résulte de la croissance du marché européen et de la modification des méthodologies utilisées aux États-Unis. On observe également un début de redistribution des actifs d'investissement durable mondiaux, avec le Japon qui passe de 8 % à 14 % et l'Australie avec la Nouvelle-Zélande qui augmentent de 3 % à 8 %. En revanche, la part du marché canadien a baissé de 7 % à 4 %, et celle des États-Unis a chuté de 48 % à 28 % sur la période de 2020 à 2022.

Par ailleurs, les fonds pour les infrastructures renouvelables constituent une classe émergente d'actifs qui contribue à la transition vers une économie à faible émission de carbone. À la Bourse de Londres, ces fonds peuvent lever des capitaux soit sur le segment Premium, accessible aux fonds ouverts et fermés désireux de toucher une large audience d'investisseurs allant des institutionnels aux particuliers, soit sur le segment spécialisé pour les fonds fermés ciblant exclusivement les investisseurs institutionnels et professionnels. Depuis 2013, les fonds pour les infrastructures renouvelables cotés à la LSE affichent une capitalisation boursière combinée de 4,1 milliards GBP (5,3 milliards USD) et ont levé un total de 3,7 milliards GBP (5,4 milliards USD)⁶.

⁶ Source: London Stock Exchange Group.

A titre d'exemple, Greencoat UK Wind est le premier fonds britannique pour les infrastructures vertes spécialisé dans les actifs de production d'énergie éolienne et les infrastructures énergétiques associées au Royaume-Uni. Lors de son introduction en 2013, il a levé 260 millions GBP (342 millions USD), sa levée maximale initiale, et a par la suite mobilisé 555 millions GBP (815 millions USD) supplémentaires au travers de six opérations de financement ultérieures. Greencoat Capital, son gestionnaire, a également lancé Greencoat Renewables, investissant dans des projets similaires en Europe et coté à la fois sur la bourse irlandaise et à l'AIM, levant 270 millions EUR (311 millions USD, 238 millions GBP).

En plus, The Renewable Infrastructure Group (TRIG) a investi dans 56 projets, dont 27 dans l'éolien terrestre, 28 dans le photovoltaïque solaire, et 1 dans le stockage sur batterie. TRIG a initialement levé 300 millions GBP (394 millions USD) lors de son introduction en bourse, et a ensuite collecté 616 millions GBP (906 millions USD) supplémentaires lors de huit augmentations de capital suivantes.

C'est dans cette optique que l'ISR est un levier puissant pour atteindre les Objectifs de Développement Durable fixés par les Nations Unies et ce, en orientant le capital vers des entreprises qui non seulement cherchent à être rentables mais aussi à exercer un impact positif sur la société et l'environnement.

3.3. Indices boursiers durables et leur performance

Les marchés boursiers jouent un rôle unificateur essentiel. En simplifiant la procédure d'émission, la détection et l'investissement dans des instruments financiers durables, ils peuvent stimuler la transition écologique de leurs places financières.

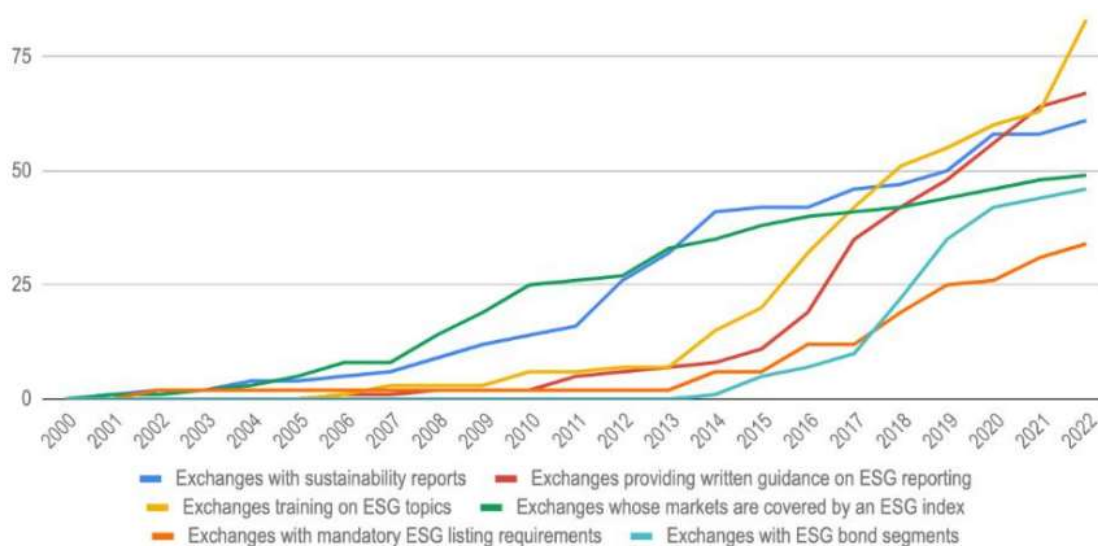
Lancée en 2009, l'initiative Sustainable Stock Exchanges (SSE) collabore avec les bourses du monde entier pour promouvoir les partenariats et encourager l'adoption de pratiques exemplaires en matière d'investissement responsable, soutenant ainsi le développement durable.

En effet, l'initiative Sustainable Stock Exchanges est un projet collaboratif mis en place par l'ONU, géré conjointement par la CNUCED, le Pacte Mondial des Nations Unies, l'Initiative financière du Programme des Nations Unies pour l'environnement (UNEP FI) et les PRI. La mission de SSE est de créer une plateforme internationale visant à discuter de la manière dont les bourses de valeurs peuvent travailler conjointement avec les investisseurs, les sociétés émettrices, les régulateurs, les législateurs et les organisations internationales pertinentes pour améliorer les pratiques environnementales, sociales et de gouvernance et promouvoir l'investissement durable. Cela inclut également le financement pour atteindre les Objectifs de Développement Durable des Nations Unies.

C'est dans cette optique qu'Euronext consacre ses efforts à améliorer la transparence. En adhérant récemment aux recommandations de la TCFD (Task-Force on Climate-Related Financial Disclosures), le groupe a réussi à intégrer plus de 50 milliards d'euros d'obligations vertes dans ses marchés. Actuellement, Euronext est le leader en Europe dans le secteur Cleantech, avec un réseau de 56 émetteurs qui ont collectivement levé plus de 2,6 milliards d'euros depuis 2013 pour financer leur expansion et leur recherche et développement⁷.

⁷ Sustainable Stock Exchanges Initiative : comment développer la finance verte par les bourses de valeurs.

FIGURE 7 : ACTIVITES DE DURABILITE DES BOURSES DE VALEURS AU COURS DES DERNIERES ANNEES



Source : UN SSE

Le graphique illustre l'évolution significative des activités liées à la durabilité sur les bourses de valeurs entre 2000 et 2022. On constate une augmentation soutenue des bourses publiant des rapports de durabilité, avec une accélération notable à partir de 2013, ce qui témoigne d'un engagement croissant envers la transparence et la responsabilité environnementale. En parallèle, un nombre grandissant de bourses propose des directives écrites pour aider les entreprises dans leur communication sur les enjeux environnementaux, sociaux et de gouvernance, montrant ainsi une tendance à l'augmentation continue et solide de ces initiatives. L'éducation sur les thématiques ESG, reflétée par les formations offertes, a également suivi une progression régulière, soulignant l'importance accordée à la compétence en matière d'ESG au sein des marchés financiers.

Plus impressionnante encore est la croissance des marchés des bourses couverts par un indice ESG depuis 2013, indiquant un intérêt accru pour l'évaluation de la performance financière à travers le prisme du développement durable. Alors que l'introduction des exigences de cotation ESG obligatoires progresse à un rythme plus modéré, cette tendance est tout de même ascendante, ce qui reflète une adoption progressive mais déterminée de critères ESG stricts.

En effet, depuis plusieurs années, on observe une expansion notable des fonds socialement responsables, stimulée par l'apparition et la popularisation des concepts de développement durable et de responsabilité sociétale des entreprises. Cela a conduit, dès le début des années 2000, à la création de nombreux indices socialement responsables.

Le tout premier de ces indices a été lancé en 1990 par le cabinet KLD, sous la direction d'Amy Domini. Aujourd'hui, il existe près d'une quinzaine de ces indices, parmi lesquels figurent le Dow Jones Sustainability Group Indexes (DJSI) et les FTSE4GOOD indexes.

Les indices boursiers durables, tels que le Dow Jones Sustainability Index ou le MSCI World ESG Leaders Index, suivent la performance des entreprises qui se distinguent par leurs pratiques exceptionnelles en matière d'ESG. Ces indices fournissent une mesure de référence pour les investisseurs intéressés par la finance durable, permettant une comparaison directe avec les performances des indices traditionnels. De nombreuses études ont démontré que les

entreprises avec de fortes performances ESG tendent à surperformer leurs pairs sur le long terme, suggérant que l'intégration des critères ESG peut contribuer à réduire les risques et à identifier des opportunités d'investissement solides.

Enfin, la trajectoire presque exponentielle des segments d'obligations ESG depuis 2013 est particulièrement frappante, montrant une réceptivité rapide et une intégration profonde de ces instruments financiers au sein des bourses. Ce mouvement suggère que les bourses jouent un rôle de plus en plus actif dans le soutien et la facilitation du financement des objectifs de développement durable. Globalement, le graphique met en évidence une tendance claire vers une intégration accrue des questions de durabilité dans les opérations et services des bourses mondiales sur plus de deux décennies.

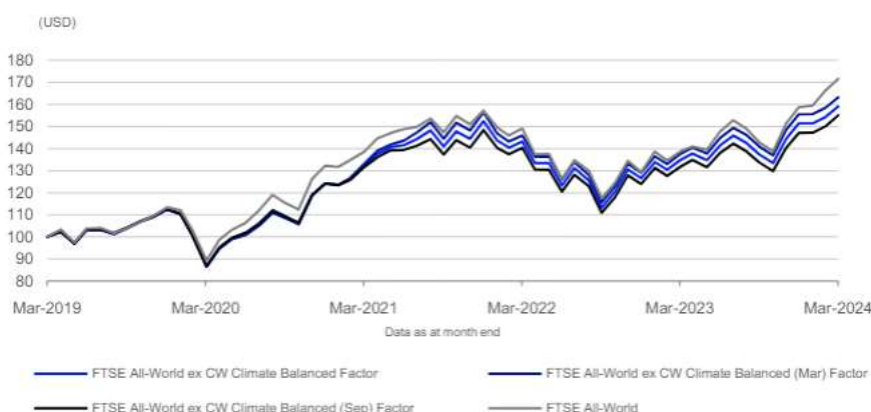
C'est ainsi que les indices boursiers axés sur l'environnement ont enregistré une croissance notable, portés par une sensibilisation accrue aux enjeux écologiques et un intérêt grandissant des investisseurs pour ces thématiques.

Par exemple, L'Indice S&P Global Clean Energy est un outil d'évaluation mondial qui mesure la performance des 30 principales entreprises cotées dans le secteur des énergies propres. En 2020, cet indice a enregistré une croissance remarquable de près de 140%, résultant de plusieurs facteurs, notamment la diminution des coûts des technologies renouvelables, les politiques gouvernementales favorables et la demande croissante d'énergie propre.

L'Indice MSCI ACWI Low Carbon Target vise à suivre la performance des entreprises mondiales ayant une empreinte carbone inférieure à celle de l'indice MSCI ACWI standard. En 2020, il a enregistré une augmentation significative de près de 35%.

Quant à l'Indice FTSE Environmental Opportunities All-Share, il regroupe des entreprises mondiales engagées dans des activités liées aux opportunités environnementales, telles que les énergies renouvelables, les technologies propres et la gestion durable des ressources. En 2020, cet indice a enregistré une hausse de plus de 50%, dépassant ainsi de nombreux indices traditionnels.

FIGURE 8 : PERFORMANCE SUR 5 ANS (RENDEMENT TOTAL)



Source : FTSE Russell

Le graphique présente la performance sur cinq ans en termes de rendement total pour divers indices, mesurée en dollars américains (USD), allant de mars 2019 à mars 2024.

Le FTSE All-World ex CW Climate Balanced Factor, qui inclut des considérations liées au climat dans le calcul de son rendement, montre des trajectoires similaires à celle du

FTSE AllWorld. Toutefois, ce premier semble afficher par moments une performance légèrement supérieure à celle du FTSE All-World standard.

L'indice FTSE All-World suit la performance d'un large éventail d'actions mondiales sans ajustements spécifiques pour les risques et opportunités liés au climat. Sur le graphique, cette courbe représente une sorte de référence pour la performance globale du marché.

Au fil du temps, alors que les deux indices ont montré une tendance à la hausse globale, on note des périodes où l'indice axé sur le climat surpasse le FTSE All-World traditionnel. Cela pourrait indiquer que les entreprises et les secteurs axés sur les faibles émissions de carbone ou impliqués dans la lutte contre le changement climatique pourraient offrir un potentiel de croissance qui se traduit par un meilleur rendement dans certaines conditions de marché.

En somme, les produits financiers verts et durables offrent des mécanismes innovants pour canaliser l'investissement vers des initiatives bénéfiques pour l'environnement et la société. Leur développement et leur diversification continus reflètent une prise de conscience accrue des enjeux ESG parmi les investisseurs et témoignent de l'évolution du marché financier vers une plus grande durabilité. Ces produits jouent un rôle essentiel dans la mobilisation des ressources nécessaires pour atteindre les Objectifs de Développement Durable des Nations Unies et pour construire un avenir plus durable pour tous.

CONCLUSION DU CHAPITRE

En conclusion, ce chapitre a éclairé les dimensions théoriques et pratiques du développement durable, soulignant son évolution historique et les piliers fondamentaux qui le sous-tendent.

L'étude de son déploiement et de son influence à l'échelle mondiale, avec un focus particulier sur la Tunisie, offre un aperçu détaillé des avancées réalisées ainsi que des défis à relever.

L'analyse du financement du développement durable, ainsi que des pratiques en matière de finance durable et d'investissements verts, montre des avancées prometteuses mais également des obstacles importants qui persistent.

Ce chapitre met en avant la nécessité d'une démarche globale et coordonnée pour atteindre les objectifs de développement durable, nécessitant une coopération accrue entre les secteurs public et privé et un engagement fort tant des communautés locales qu'internationales.

Ainsi, il devient clair que le développement durable n'est pas uniquement une question de sauvegarde environnementale, mais aussi une opportunité de stimuler le développement économique et de renforcer la cohésion sociale. Les actions prises aujourd'hui en faveur du développement durable sont des investissements dans la stabilité et la prospérité futures, appelant à une participation et à un engagement globaux pour un avenir plus résilient et inclusif.

CHAPITRE 2 : ANALYSE EMPIRIQUE

INTRODUCTION DU CHAPITRE

Ce chapitre est consacré à l'analyse empirique des interactions entre le développement durable et la dette extérieure. Nous utilisons deux méthodologies complémentaires : la modélisation par équation structurelle et la dynamique des systèmes, pour étudier comment la gestion de la dette extérieure influence et est influencée par les objectifs de développement durable.

La première section présente une analyse approfondie de l'évolution de l'endettement extérieur en Tunisie et de son lien potentiel avec les indicateurs de développement durable. En examinant les données historiques, les sources de financement, et la structure de la dette, cette section vise à contextualiser l'étude en montrant comment la dette extérieure a évolué au fil du temps et comment cette évolution pourrait influencer les efforts de la Tunisie en matière de développement durable.

La seconde section détaille notre approche via la modélisation par équation structurelle. Cette technique nous permet d'explorer les relations directes et indirectes entre les indicateurs économiques, sociaux et environnementaux et de tester des hypothèses précises sur les effets de la dette extérieure sur le développement durable.

La troisième section s'attache à la dynamique des systèmes, une méthode permettant de simuler les interactions dans le temps et de prévoir les conséquences à long terme des politiques de gestion de la dette sur le développement durable. Grâce à des modèles de simulation, nous envisagerons divers scénarios politiques pour observer comment les changements dans la gestion de la dette peuvent altérer les parcours vers un développement plus durable.

L'objectif de ce chapitre est de fournir des analyses empiriques solides qui éclairent le sujet et offrent des recommandations pratiques aux décideurs. Cela inclut une collecte rigoureuse de données, des méthodes de modélisation appropriées, et une interprétation soignée des résultats, qui seront exposées dans les sections suivantes.

SECTION 1 : ANALYSE DE L'ENDETTEMENT EXTERIEUR ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE EN TUNISIE

Cette section offre une vue d'ensemble des dynamiques de l'endettement extérieur et du développement durable en Tunisie. En analysant l'évolution historique de la dette extérieure et ses différentes composantes, ainsi que l'état des lieux du développement durable dans le pays, elle vise à poser les bases pour comprendre comment ces deux dimensions interagissent. Ce cadre d'analyse est essentiel pour appréhender les défis économiques actuels et futurs auxquels la Tunisie est confrontée, ainsi que les implications pour sa stratégie de développement à long terme.

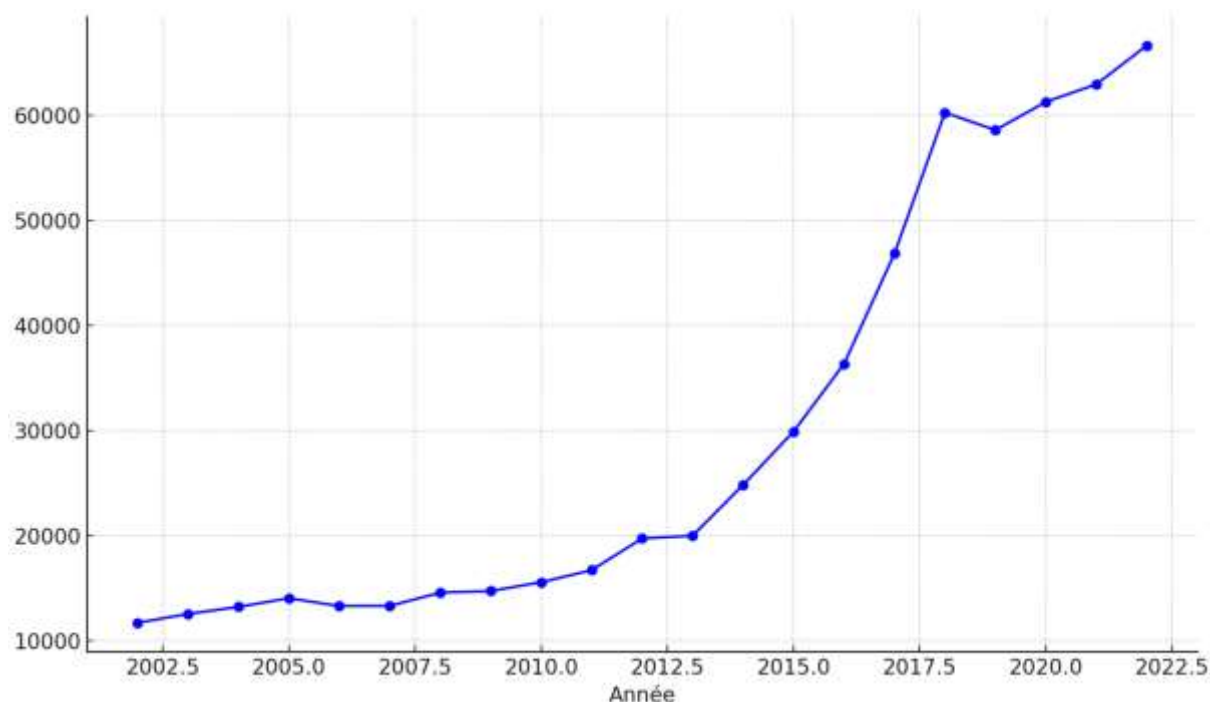
1. Analyse de l'endettement extérieur en Tunisie

L'endettement extérieur est un indicateur crucial de la santé économique d'un pays, reflétant sa capacité à mobiliser des ressources financières externes pour soutenir sa croissance et ses projets de développement. En Tunisie, l'évolution de la dette extérieure au cours des deux dernières décennies a été marquée par des fluctuations importantes, liées à des événements économiques, politiques et sociaux majeurs. Ce titre se propose d'analyser les principaux aspects de l'endettement extérieur en Tunisie, en se concentrant sur son historique, ses sources de financement, et la structure de la dette, afin de mieux comprendre les dynamiques économiques qui ont façonné la trajectoire du pays.

1.1. Evolution de l'endettement extérieur

L'évolution de l'endettement extérieur de la Tunisie au cours des deux dernières décennies reflète les défis économiques majeurs auxquels le pays a été confronté, ainsi que les réponses politiques adoptées pour y faire face. Depuis le début des années 2000, la Tunisie a connu une augmentation substantielle de son stock de dette extérieure, marquée par des périodes de croissance rapide, souvent liées à des crises économiques ou à des réformes importantes. Ce titre explore les principales étapes de cette évolution, en analysant les tendances générales et les événements clés qui ont influencé l'accumulation de la dette extérieure au fil du temps.

FIGURE 9 : EVOLUTION DU STOCK DE LA DETTE EXTERIEURE



Source : Travail personnel

L'évolution du stock de la dette extérieure de la Tunisie sur la période 2002-2022 révèle une tendance marquée par une augmentation significative, reflétant les défis économiques et financiers auxquels le pays a dû faire face au cours de ces deux décennies. En 2002, le stock de la dette extérieure s'élevait à 11 690 MD. Au fil des années, ce montant n'a cessé de croître pour atteindre 66 645,3 MD en 2022, soit une multiplication par plus de cinq en vingt ans.

Cette augmentation peut être divisée en plusieurs phases distinctes. La première phase, de 2002 à 2008, est caractérisée par une croissance modérée du stock de la dette, avec une augmentation d'environ 25 % au cours de cette période. Cependant, à partir de 2008, une phase de croissance rapide commence, marquée par des hausses substantielles du stock de la dette. Entre 2008 et 2011, la dette est passée de 14 559,9 MD à 19 978,2 MD, soit une augmentation de près de 37 % en seulement trois ans. Cette hausse peut être attribuée aux répercussions de la crise financière mondiale qui a entraîné une augmentation des besoins de financement externe pour stabiliser l'économie tunisienne.

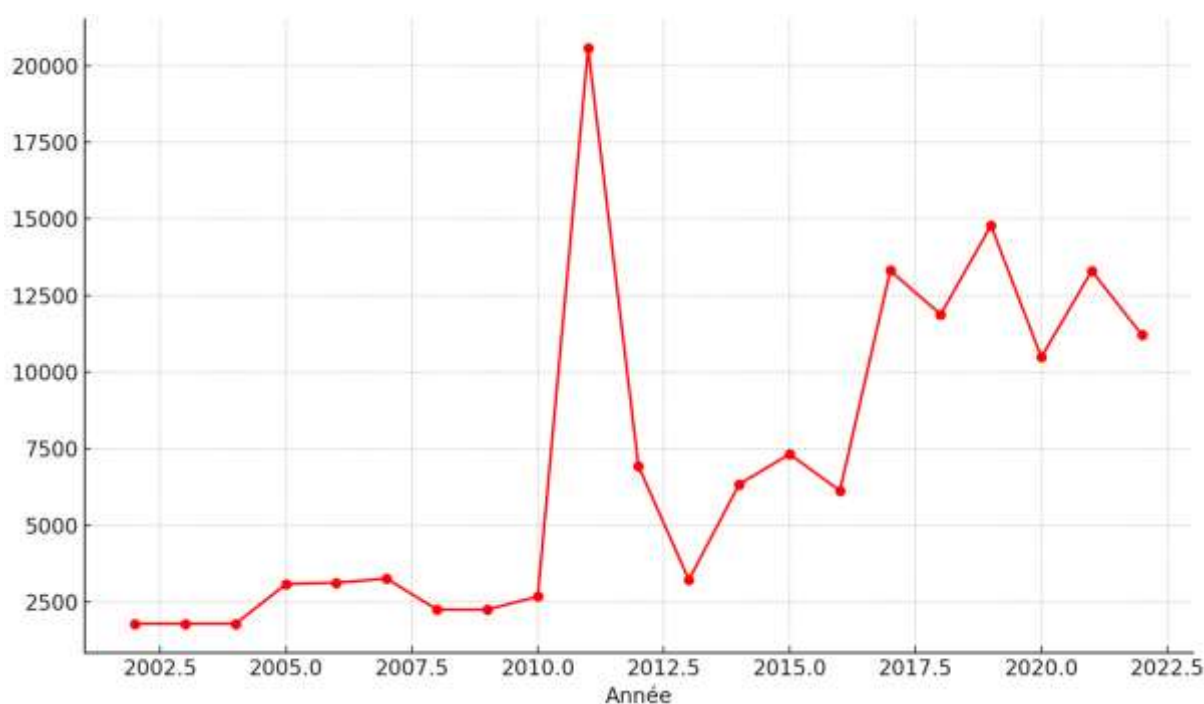
La période post-révolutionnaire, notamment entre 2014 et 2017, a également été marquée par une accélération significative de l'endettement extérieur. Durant cette période, le stock de la dette a bondi de 24 808,5 MD en 2014 à 46 832,7 MD en 2017, marquant une

augmentation de 88,7 %. Cette explosion de la dette reflète les efforts du gouvernement tunisien pour répondre aux défis économiques et sociaux découlant des turbulences politiques internes, nécessitant des emprunts importants pour financer les déficits budgétaires croissants.

Enfin, la période récente, de 2017 à 2022, montre une relative stabilisation du rythme de croissance de la dette, bien que des fluctuations aient été observées. Par exemple, une légère baisse a été notée en 2019, avec le stock de la dette s'établissant à 58 606,3 MD, avant de remonter à 66 645,3 MD en 2022. Cette stabilisation relative pourrait indiquer une tentative de contrôle de l'endettement, malgré les pressions continues sur l'économie tunisienne.

En résumé, l'endettement extérieur de la Tunisie entre 2002 et 2022 montre une tendance globale à l'augmentation, influencée par des événements économiques et politiques majeurs. Les phases de croissance rapide de la dette correspondent à des périodes de crises économiques et de réformes post-révolutionnaires, tandis que les récentes tentatives de stabilisation soulignent les efforts du pays pour gérer son fardeau de la dette dans un contexte économique difficile.

FIGURE 10 : EVOLUTION DES FLUX DE DETTE EXTERIEURE



Source : Travail personnel

Les flux de dette extérieure représentent les nouveaux emprunts contractés par la Tunisie chaque année pour financer ses besoins économiques et budgétaires. L'analyse des flux sur la période 2002-2022 révèle plusieurs phases distinctes, correspondant à des événements économiques majeurs qui ont influencé la politique d'endettement du pays.

Dans les premières années de la période étudiée (2002-2007), les flux de dette étaient relativement stables, avec des montants annuels d'emprunts autour de 1 792,1 MD. Cette stabilité reflète une gestion prudente de la dette dans un contexte économique relativement stable. Cependant, à partir de 2008, une augmentation progressive des flux de dette est observée, atteignant 3 087,5 MD en 2005 puis 3 266,1 MD en 2007. Cette hausse modérée

coïncide avec les premières tensions économiques mondiales, notamment la crise financière de 2007-2008, qui a commencé à affecter les économies émergentes comme la Tunisie.

L'année 2011 marque un tournant décisif avec une explosion des flux de dette, atteignant 20 575,6 MD. Cette augmentation spectaculaire des emprunts est directement liée aux répercussions de la révolution tunisienne de 2011, qui a plongé le pays dans une période d'incertitude politique et économique. Le gouvernement de transition a dû recourir massivement à l'emprunt pour stabiliser l'économie, soutenir la balance des paiements, et financer les besoins urgents de la population. Cette tendance s'est poursuivie dans les années suivantes, bien que de manière plus modérée, avec des flux de dette oscillant entre 6 935,2 MD en 2012 et 13 311,4 MD en 2017.

Un autre pic important est observé en 2017, où les flux de dette atteignent 13 311,4 MD. Ce pic coïncide avec une période d'intensification des réformes économiques, visant à relancer une économie en difficulté tout en répondant aux exigences des bailleurs de fonds internationaux, notamment le FMI. Ces réformes, souvent impopulaires, ont conduit à une augmentation des emprunts pour compenser les effets économiques et sociaux des mesures d'austérité.

Dans les années suivantes, une tendance à la réduction progressive des flux de dette est observée, avec des montants d'emprunts passant de 14 782,5 MD en 2019 à 10 489,7 MD en 2020, puis à 13 304,4 MD en 2021. Cette diminution peut être interprétée comme un effort du gouvernement pour limiter le recours à la dette extérieure face à une situation économique encore fragile, aggravée par la pandémie de COVID-19. La réduction des flux de dette en 2020, au plus fort de la pandémie, reflète les défis économiques accrus, y compris la contraction de l'activité économique mondiale, qui a limité les capacités d'emprunt.

En 2022, les flux de dette se sont stabilisés à 11 211,5 MD, suggérant un retour à une gestion plus prudente de l'endettement, bien que le niveau de la dette totale reste élevé. Cette stabilisation peut également indiquer une adaptation aux nouvelles réalités économiques, avec une reconnaissance des risques croissants liés à un endettement excessif.

En résumé, l'analyse des flux de dette extérieure de la Tunisie sur la période 2002-2022 montre une forte corrélation avec les événements économiques et politiques majeurs. Les pics de flux correspondent souvent à des périodes de crises ou de réformes, où le recours à l'emprunt extérieur est devenu un outil essentiel pour gérer les défis économiques. Cependant, la récente tendance à la stabilisation des flux de dette suggère une prise de conscience des risques associés à un endettement croissant et une tentative de retour à une gestion plus soutenable de la dette extérieure.

1.2. Analyse des sources de financement

L'endettement extérieur de la Tunisie est soutenu par diverses sources de financement, avec une prédominance des créanciers multilatéraux. En 2022, les créanciers multilatéraux représentaient environ 60,15 % du total de la dette extérieure, soit environ 40 087,8 millions de dinars. Parmi eux, les principaux créanciers sont la Banque mondiale (BIRD), le Fonds Monétaire International (FMI), et la Banque Africaine de Développement (BAD), qui à eux seuls, couvrent près de 70,7 % de la dette multilatérale totale. La BIRD est le plus grand créancier multilatéral avec 12 356 millions de dinars, représentant 30,8 % de la dette multilatérale et environ 18,5 % de la dette extérieure totale de la Tunisie.

Les créanciers bilatéraux constituent la deuxième source de financement en importance, représentant 18,46 % du total de la dette extérieure. En 2022, la dette bilatérale était principalement due à des pays tels que la France, l'Allemagne, et l'Algérie. La France, en

particulier, détient une part significative avec environ 19,2 % de la dette bilatérale totale. L'Allemagne et l'Algérie sont également des créanciers bilatéraux majeurs.

Enfin, les marchés financiers internationaux ont contribué à hauteur de 20,59 % à la dette extérieure en 2022, une légère baisse par rapport aux années précédentes où leur part était plus élevée. Cette catégorie de financement est essentielle pour la Tunisie car elle permet de lever rapidement des fonds sur les marchés mondiaux, bien que cela s'accompagne souvent de coûts plus élevés en raison des taux d'intérêt et des conditions de marché volatiles.

Ces différentes sources de financement jouent un rôle crucial dans la stratégie de gestion de la dette extérieure de la Tunisie, chacune apportant des avantages et des défis uniques. Les prêts multilatéraux offrent des conditions souvent plus favorables, mais ils sont accompagnés d'exigences strictes en termes de réformes économiques. Les financements bilatéraux dépendent largement des relations diplomatiques, tandis que les emprunts sur les marchés financiers peuvent fournir des fonds rapidement, mais à des conditions plus coûteuses.

1.3. Structure et composition de la dette extérieure

La dette extérieure de la Tunisie est principalement constituée de prêts à long terme, ce qui représente une grande partie du portefeuille de la dette. Cette prédominance des prêts à long terme aide à réduire les risques de refinancement à court terme, mais elle augmente également les coûts d'intérêt à long terme en raison de la prolongation de la durée de remboursement. En 2022, plus de la moitié de la dette extérieure était composée de dettes à long terme, ce qui est typique pour les pays qui cherchent à minimiser les pressions de remboursement à court terme.

En termes de composition, la dette extérieure se répartit en plusieurs catégories : les prêts directs, les obligations, et d'autres instruments financiers. Les prêts directs, qui sont souvent obtenus auprès des créanciers multilatéraux et bilatéraux, forment la majeure partie de la dette. Les obligations, qui sont émises sur les marchés financiers internationaux, constituent une autre partie importante, permettant au pays de lever des fonds rapidement pour répondre à ses besoins budgétaires. Cette structure diversifiée permet à la Tunisie de maintenir une certaine flexibilité dans la gestion de sa dette, bien que cela l'expose également à des risques associés aux conditions de marché, en particulier pour les obligations émises à des taux variables.

La structure actuelle de la dette extérieure expose la Tunisie à plusieurs risques. Tout d'abord, la soutenabilité de la dette est un enjeu majeur, étant donné que la capacité du pays à honorer ses obligations dépend fortement de la croissance économique future et de la stabilité fiscale. Un ralentissement économique ou des pressions fiscales accrues pourraient rendre le service de la dette de plus en plus difficile.

De plus, la variation des taux de change constitue un risque significatif. Une grande partie de la dette extérieure est libellée en devises étrangères, notamment en euros et en dollars américains. En 2022, environ 60,2 % de la dette publique totale était en devises étrangères. Cela signifie que toute dépréciation du dinar tunisien par rapport à ces devises pourrait augmenter le coût du service de la dette en termes réels, aggravant ainsi le fardeau de la dette.

2. le développement durable en Tunisie : Etats des lieux

Dans un climat politique caractérisé par une transition démocratique, la Tunisie a lancé l'élaboration de sa Stratégie Nationale de Développement Durable (SNDD) en 2014. Ce moment historique a été marqué par l'intégration de la décentralisation et de la

démocratisation de la gestion locale et des affaires publiques dans la constitution, facilitant ainsi l'avènement d'une gestion locale collective du développement et des ressources naturelles. La reconnaissance constitutionnelle du droit à l'eau et à un environnement propre a également établi une responsabilité partagée entre l'État et la société pour la conservation de l'eau et la sécurité climatique.

Avec la Constitution du 25 juillet 2022, ces engagements envers l'eau et l'environnement sain ont été renforcés, soulignant l'importance d'un développement durable sans pollution.

La SNDD, tout en se projetant sur le long terme en termes de principes et de directions générales, a défini un cadre temporel plus immédiat pour ses objectifs spécifiques et ses actions, principalement en raison du paysage politique et social actuel, des urgences identifiées, et du besoin de réformes institutionnelles profondes. L'horizon de la SNDD a donc été établi jusqu'en 2020.

Cette stratégie s'aligne sur la vision nationale « la Tunisie que nous voulons », conçue lors des dialogues menés à l'international pour définir les Objectifs de Développement Durable post-2015, adoptés par la communauté internationale en juin 2015, et met en avant neuf défis prioritaires à relever.

FIGURE 11 : DEFIS IDENTIFIES DANS LA SNDD 2015-2020



Source : <https://www.environnement.gov.tn/>

En septembre 2015, la Tunisie a présenté sa première Contribution Déterminée au

niveau National (CDN). Avec sa mise à jour en 2021, le pays s'est fixé pour objectif de réduire son intensité carbone de 45% d'ici 2030, et de parvenir à une neutralité carbone entre 2050 et 2060. Cette ambition implique une transformation profonde à tous les niveaux de la société. L'actualisation de la CDN vise à intégrer davantage la dimension environnementale dans le modèle économique et social du pays. Face à une exigence croissante de qualité environnementale et aux liens indéniables entre santé et environnement, les citoyens, notamment dans des villes telles que Gabès, Sfax, et Gafsa, appellent désormais à une évolution du modèle économique et social.

Récemment, la Tunisie a réalisé des avancées notables vers l'atteinte des ODD, se positionnant en tête des 52 pays africains avec un score de 66,1 sur 100 selon l'évaluation du Center for Sustainable Development Goals for Africa et du Sustainable Development Solutions Network, comme rapporté dans leur deuxième édition de l'Indice des ODD 2019. Cependant, ce succès global masque des inégalités significatives tant au niveau de la progression vers différents ODD qu'entre les différentes régions de la Tunisie¹.

La Stratégie Nationale de Neutralité Carbone et de Résilience aux Changements Climatiques (SNC-RCC) à l'horizon 2050, achevée en octobre 2022, définit les grandes lignes d'une évolution vers une économie tunisienne plus verte, circulaire et durable. Cette stratégie esquisse un plan de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2050 et établit les priorités pour favoriser un développement durable adapté aux impacts climatiques.

L'importance de cette transition vers la neutralité carbone est mise en évidence par la comparaison entre les scénarios « Business as Usual » (BaU) et « Bas-Carbone » (BaC), ce dernier envisageant une réduction de 38% de l'intensité carbone par rapport au BaU d'ici 2030.

La SNC-RCC 2050 représente un engagement stratégique audacieux, reflétant une vision claire et un plan d'action pour une transformation structurelle. Cette initiative s'inscrit dans une évolution notable de l'élaboration des politiques publiques, comme en témoignent d'autres stratégies telles que la Stratégie pour une économie bleue (2020), la Stratégie urbaine nationale (2022), la Stratégie pour l'eau 2050, le Plan national d'adaptation (PNA), la Stratégie nationale d'éducation pour le développement durable, la Stratégie nationale pour la protection de l'environnement post-2020, la Politique nationale de mobilité urbaine et le Programme national des villes durables en Tunisie.

Ces initiatives marquent un tournant dans la politique économique et sociale du pays. Néanmoins, leur mise en œuvre reste limitée pour trois raisons principales : leur récence et le manque de temps pour leur déploiement, l'absence de financements adéquats pour certaines d'entre elles, et une gouvernance souvent faible qui n'a pas toujours été suivie d'actions concrètes sur le terrain.

SECTION 2 : LA MODELISATION PAR EQUATION STRUCTURELLE

Cette section se concentre sur l'utilisation de la modélisation par équation structurelle pour explorer les liens entre la dette extérieure et le développement durable. Cette approche méthodologique nous permet de traiter les relations complexes et souvent cachées entre les variables, offrant une analyse rigoureuse des influences directes et indirectes que la dette extérieure peut exercer sur différents indicateurs de développement durable.

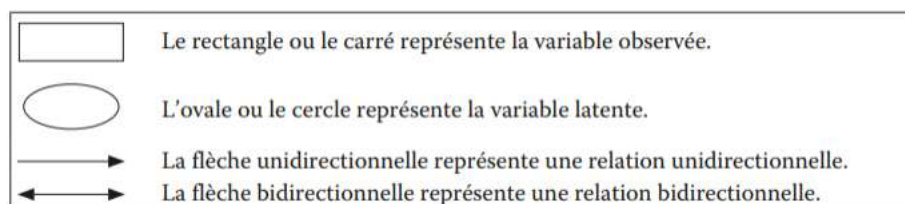
L'objectif de cette section est de fournir une compréhension claire et fondée des dynamiques entre la dette extérieure et le développement durable, en utilisant des outils statistiques avancés pour déchiffrer les interactions et les effets au sein des systèmes économiques et environnementaux.

1. Description et justification du choix de la méthode de modélisation

Les modèles d'équations structurelles à variables latentes (SEM) représentent une approche statistique multivariée robuste, conçue pour analyser les structures causales complexes entre des variables mesurables directement (variables manifestes) et des concepts abstraits non observables (variables latentes). Les SEM se distinguent par leur capacité unique à tester simultanément des relations causales entre plusieurs variables latentes. Chaque variable latente est estimée à partir de ses variables manifestes associées, en isolant la variance commune qui les sous-tend, offrant ainsi une représentation précise des influences cachées.

Dans le cadre de ces modèles, un système d'équations est représenté sous forme de graphe orienté, où les variables manifestes sont symbolisées par des carrés et les variables latentes par des cercles. Les liens de causalité entre ces variables sont illustrés par des arcs. Chaque variable manifeste contribue à une unique variable latente, permettant de tracer des liens clairs et mesurables. Les variables latentes peuvent être classées en deux catégories : réflexives, où chaque variable manifeste reflète sa variable latente et est reliée par une régression plus un terme d'erreur et formatives, où la variable latente est formée par une combinaison linéaire de ses variables manifestes plus un terme résiduel.

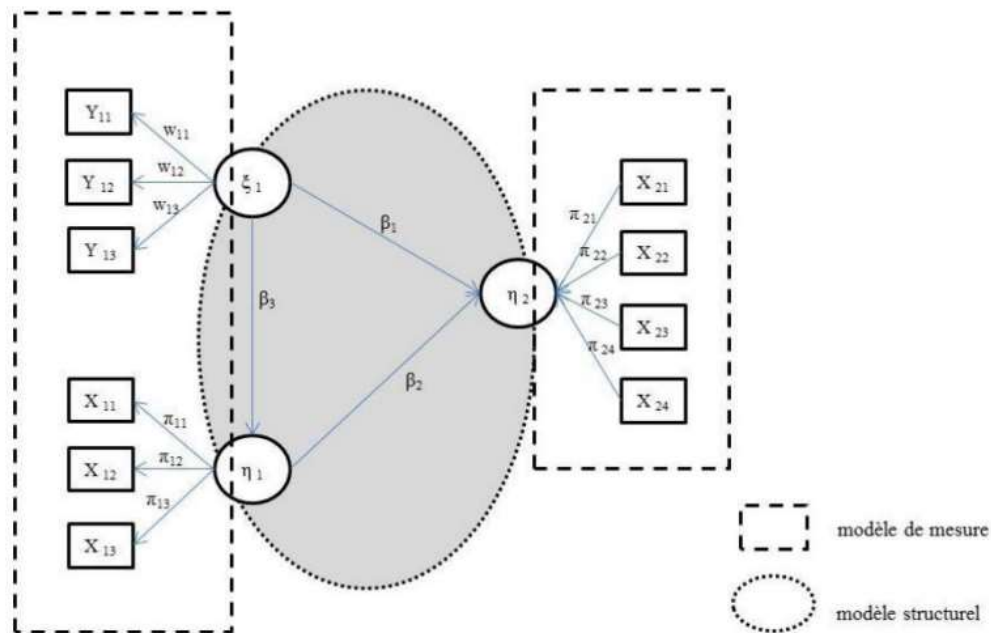
FIGURE 12 : DIAGRAMME EXPLICATIF DES SYMBOLES UTILISES DANS LA MODELISATION PAR EQUATIONS STRUCTURELLES



Source : <https://www.dunod.com/>

Dans le modèle, on distingue deux sous-modèles : le modèle de mesure, également appelé modèle externe (outer model), et le modèle structurel, ou modèle interne (inner model). Le modèle de mesure lie les variables manifestes aux variables latentes, tandis que le modèle structurel relie les variables latentes entre elles.

FIGURE 13 : EXEMPLE DE MODELE STRUCTUREL A VARIABLES LATENTES



Source : Marie-Laure Mourre, La modélisation par équations structurelles basée sur la méthode PLS : une approche intéressante pour la recherche en marketing

La mise en place d'un modèle SEM se déroule en quatre étapes essentielles : la spécification du modèle pour définir clairement les relations théoriques entre les variables, l'estimation des paramètres, l'évaluation du modèle à travers divers indicateurs pour mesurer sa validité, et la modification du modèle basée sur ces évaluations pour affiner et optimiser les structures causales représentées. Ces processus assurent que le modèle SEM offre une analyse précise et valide des relations complexes, facilitant une compréhension approfondie des dynamiques sous-jacentes à l'étude.

L'estimation des paramètres du modèle est actuellement réalisée à l'aide de divers algorithmes, chacun ayant ses propres caractéristiques et exigences. La méthode Lisrel (Linear Structural Relationships), par exemple, repose sur l'analyse de la structure de covariance et utilise l'approche du maximum de vraisemblance. Cette méthode nécessite que les données soient multinormales, ce qui peut limiter son utilisation dans certains cas.

La méthode GLS (Generalized Least Squares) est une alternative qui est moins sensible à la non-normalité des données. Cependant, elle reste très sensible à la complexité du modèle, ce qui peut poser des défis pour les modèles plus sophistiqués.

Les méthodes ADF (Asymptotic Distribution Free) et WLS (Weighted Least Squares) offrent des solutions pour les situations où la multinormalité n'est pas présente. Ces méthodes ne requièrent pas la multinormalité des données, mais elles exigent des échantillons très importants, généralement plus de 2 500 observations, pour être efficaces.

Enfin, la méthode PLS (Partial Least Squares) se distingue par son approche axée sur l'analyse de la variance et l'utilisation des moindres carrés partiels. Cette méthode est particulièrement utile lorsque l'on travaille avec des données complexes et des modèles exploratoires, car elle ne nécessite pas les mêmes prérequis stricts en termes de distribution des données.

Ainsi, le choix de la méthode d'estimation des paramètres dépend largement des caractéristiques des données disponibles et de la complexité du modèle à estimer.

Pour ce qui est de l'évaluation de la qualité d'ajustement du modèle aux données est réalisée à l'aide de divers indicateurs, parmi lesquels les plus couramment utilisés sont :

- **Le test du χ^2** : Si le modèle étudié est exact, alors $(n-1)F=\chi^2$, avec DF représentant le degré de liberté, égal au nombre de covariances moins le nombre de paramètres. Le modèle est considéré comme bon si $\chi^2/DF \leq 3$ et la p-valeur est inférieure ou égale à 0,05
- **GFI** (Goodness of Fit Index) : Cet indice mesure la proportion d'information expliquée par la matrice S. Une valeur de GFI supérieure ou égale à 0,9 indique une bonne qualité d'ajustement du modèle ;
- **RMSEA** (Root Mean Square Error of Approximation) : Cet indice calcule la différence entre la matrice de covariances obtenue et celle de la population globale. Un modèle est accepté si le RMSEA est inférieur ou égal à 0,08 ;
- **NNFI** (Non-Normed Fit Index) ou indice de Tucker-Lewis : Cet indice mesure l'amélioration de la qualité d'ajustement lorsque l'on passe du modèle de référence (null model) au modèle étudié. Une valeur de NNFI supérieure ou égale à 0,95 est requise pour accepter le modèle ;
- **CFI** (Comparative Fit Index) : Cet indice compare le modèle étudié à un modèle d'indépendance complète. Une valeur de CFI supérieure ou égale à 0,9 est indicative d'un bon ajustement du modèle.

Ces indicateurs permettent de vérifier si le modèle s'ajuste bien aux données et de comparer la qualité de différents modèles.

Après avoir détaillé les capacités de la méthode des modèles d'équations structurelles à analyser les relations entre variables observées et latentes, il est essentiel de souligner pourquoi cette approche est particulièrement pertinente pour le cadre de cette recherche. En effet, l'utilisation de la SEM est justifiée par sa capacité à modéliser des relations causales complexes et à évaluer simultanément plusieurs relations de dépendance et d'indépendance, ce qui est crucial pour les objectifs de notre étude.

Dans le contexte spécifique de ce mémoire, l'adoption de la méthode SEM se justifie d'autant plus, compte tenu de la nature de la variable centrale à l'étude : le développement durable. Le développement durable, en raison de ses dimensions écologiques, économiques, et sociales intrinsèquement complexes et interdépendantes, ne peut pas être directement mesuré. Cette qualité fait du développement durable une variable latente par excellence. La SEM est spécialement adaptée pour traiter des variables latentes, car elle permet de les représenter par des indicateurs observables, offrant ainsi une manière rigoureuse de quantifier et d'analyser des concepts qui autrement resteraient abstraits. Cette capacité à modéliser les variables latentes avec précision est essentielle pour comprendre et évaluer l'impact réel des différentes initiatives de développement durable. Ainsi, l'utilisation de la SEM dans ce mémoire permet de construire un cadre d'analyse robuste et adapté pour explorer les dynamiques complexes du développement durable.

En complément, les indices de qualité d'ajustement que propose la SEM offrent une évaluation robuste de l'adéquation du modèle aux données recueillies, assurant ainsi que les conclusions tirées sont fondées sur un modèle statistiquement validé. Ces indices facilitent une interprétation précise de la capacité du modèle à refléter la réalité, ce qui renforce la

crédibilité des analyses réalisées et permet de confirmer la pertinence des théories et hypothèses émises dans cette étude.

En somme, la SEM n'est pas seulement un choix méthodologique pour sa capacité technique, mais elle est également indispensable pour atteindre la profondeur et la rigueur analytique requises pour traiter les nuances du développement durable.

2. Définition des variables et sources de données

2.1. Le choix des variables

Pour évaluer l'impact de la dette extérieure sur le développement durable entre 2002 et 2022, notre étude sélectionne un ensemble de variables qui reflètent les dimensions économique, sociale et environnementale du développement durable, ainsi que les aspects financiers qui influencent ces dimensions.

Ainsi, nous avons intégré des indicateurs spécifiques de la dette, tels que le stock de dette extérieure et les flux de dette qui sont essentiels pour comprendre les contraintes financières externes. Outre ces indicateurs de la dette, nous avons soigneusement sélectionné des variables représentant les trois piliers essentiels du développement durable.

TABEAU 1 : VARIABLES DU MODELE SEM CLASSEES PAR PILIERS DE DEVELOPPEMENT

Pilier	Variable	Description
Economique	PIB	Mesure de la performance économique globale
	PIB par habitant	Niveau de vie individuel
	Taux de croissance du PIB	Evolution annuelle de l'économie
	Investissements étrangers directs	Flux d'investissement international
	Taux de chômage	Niveau d'emploi
	APD nette reçue	Assistance publique au développement
	Indice de performance logistique	Qualité de l'infrastructure commerciale et des transports
Social	Dépenses courantes consacrées à l'éducation primaire	Investissement dans l'éducation primaire
	Dépenses publiques de santé	Mesure de l'accès et de la qualité des soins de santé
	Serveurs internet sécurisés	Indicatif de la maturité technologique et de la sécurité numérique d'un pays
	Personnes disposant d'installations de base pour le lavage des mains	Accès aux installations sanitaires de base
	Personnes utilisant des services d'eau potable gérés en toute sécurité	Accès à l'eau potable sûre
	Indice du capital humain	Evaluation des compétences et capacités de la population
	Taux de mortalité infantile	Indicateur de la santé

	(moins de 5 ans pour 1000)	infantile
Environnemental	Production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables (hors hydroélectrique, kWh)	Production d'énergie verte
	Production d'électricité à partir de sources hydroélectriques (% du total)	Part de l'hydroélectricité dans la production totale
	Production d'électricité à partir de sources de charbon	Souvent considérée comme un indicateur des impacts environnementaux négatifs en raison des émissions de CO2 élevées
	Emissions de CO2 par habitant	Impact sur le changement climatique
	Emissions de CO2 attribuables aux industries	Part des émissions de dioxyde de carbone provenant des activités industrielles, ce qui reflète l'impact environnemental du secteur industriel
	Autres émissions de GES	Suivi des émissions de gaz à effet de serre autres que le CO2
	Ressources renouvelables d'eau douce intérieures par habitant	Disponibilité des ressources en eau
	Niveau de stress hydrique	Stress hydrique
	Energie alternative et nucléaire	Diversification énergétique
	Consommation d'énergies renouvelables	Part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique

Source : Travail personnel

2.2. Sources de données

Les données pour cette étude proviennent de la Banque Mondiale (BM), du Fonds Monétaire International, de l'Institut National de la Statistique (INS) en Tunisie, et du ministère des Finances. Ces sources offrent une couverture complète des indicateurs financiers, économiques et de développement, garantissant la fiabilité et la validité des données utilisées.

L'accessibilité et la fiabilité des données de ces sources renommées garantissent que les analyses conduites dans cette étude sont basées sur des informations vérifiées et respectées internationalement. Cela renforce la crédibilité de l'étude et assure que les conclusions tirées sont bien fondées et représentatives des tendances réelles.

3. Présentation du modèle

3.1. Objectif du modèle

Le modèle développé pour cette étude vise à analyser les interactions complexes entre la dette extérieure et les indicateurs de développement durable sur la période de 2002 à 2022. L'objectif est de déterminer comment les variations de la dette influencent les piliers économique, social et environnemental du développement durable dans le contexte tunisien.

3.2. La structure du modèle

Le modèle est structuré pour incorporer plusieurs couches d'analyse :

- Variables indépendantes : Les principales variables indépendantes incluent les indicateurs de dette extérieure tels que le stock de dette et les flux de dette. Ces variables sont utilisées pour évaluer l'impact direct de la dette sur les autres variables du modèle
- Variables dépendantes : Les variables dépendantes sont celles des trois piliers du développement durable : Economique : PIB total, PIB par habitant, taux de croissance du PIB ; Social : Taux de chômage, dépenses en éducation, accès à l'eau potable ; Environnemental : Part de l'énergie renouvelable dans la production totale d'énergie, émissions de CO₂, gestion des ressources en eau ;
- Variables de médiation : Certaines variables, telles que les investissements étrangers directs et les dépenses publiques en santé et éducation, sont considérées comme médiatrices, car elles peuvent influencer et être influencées par la dette extérieure, tout en affectant les indicateurs de développement durable ;
- Interactions et Non-linéarités : Le modèle prend également en compte les interactions potentielles entre les variables, ainsi que les non-linéarités, pour mieux comprendre les dynamiques sous-jacentes.

3.3. Implémentation du modèle

Le développement du modèle est réalisé en utilisant Python, choisi pour sa flexibilité et la richesse de ses bibliothèques dédiées à l'analyse statistique et à la modélisation de données. Cette sélection est stratégique : Python facilite l'intégration de divers outils d'analyse de données, ce qui le rend idéal pour traiter et analyser de vastes ensembles de données complexes tout en offrant des capacités avancées de visualisation. L'environnement Python permet non seulement une manipulation aisée des données mais assure également une base solide pour l'application de techniques statistiques sophistiquées.

3.4. La méthodologie de modélisation

3.4.1. Préparation des données

Avant de commencer l'analyse SEM, les données ont été rigoureusement préparées pour garantir leur qualité et leur pertinence pour le modèle. Cette étape inclut la collecte des données de diverses sources mentionnées précédemment, leur nettoyage pour retirer les erreurs et les valeurs aberrantes, ainsi que le traitement des valeurs manquantes par imputation ou exclusion, selon le cas.

3.4.2. Tests sur les données

Avant de procéder à l'estimation du modèle de modélisation par équations structurelles (SEM), une série de tests statistiques préliminaires a été réalisée pour assurer l'adéquation et la qualité des données utilisées. Ces tests incluent :

▪ Test de Shapiro-Wilk

Le test de Shapiro-Wilk a été appliqué à chaque variable quantitative de l'ensemble de données pour évaluer la normalité de leur distribution. Ce test est particulièrement adapté aux échantillons de taille modeste et est utilisé pour déterminer si une variable suit ou non une distribution normale, ce qui est une exigence pour de nombreuses techniques statistiques paramétriques.

TABLEAU 2 : RESULTATS DU TEST DE SHAPIRO-WILK

Variable	Statistique de Shapiro	P-value	Conclusion
PIB aux prix du marché	0.9354	0.1766	Normale
PIB par habitant	0.9629	0.5769	Normale
Taux de croissance du PIB	0.7990	0.0006	Non normale
Investissements étrangers directs	0.9674	0.6755	Normale
Taux de chômage	0.8909	0.0234	Non normale
APD nette reçue	0.9288	0.1304	Normale
Indice de performance logistique	0.8849	0.0181	Non normale
Dépenses courantes consacrées à l'éducation primaire	0.8759	0.0123	Non normale
Dépenses publiques de santé	0.8497	0.0042	Non normale
Serveurs internet sécurisés	0.9365	0.1858	Normale
Personnes disposant d'installations de base pour le lavage des mains	0.8767	0.0127	Non normale
Personnes utilisant des services d'eau potable gérés en toute sécurité	0.9198	0.0860	Normale
Indice du capital humain	0.6773	0.0000	Non normale
Taux de mortalité infantile	0.9334	0.1615	Normale
Production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables	0.8678	0.0087	Non normale
Production d'électricité à partir de sources hydroélectriques	0.9243	0.1060	Normale

Production d'électricité à partir de sources de charbon	0.7377	0.0000	Non normale
Emissions de CO2 par habitant	0.9402	0.2205	Normale
Emissions de CO2 attribuables aux industries	0.9356	0.1784	Normale
Autres émissions de GES	0.8821	0.01600	Non normale
Ressources renouvelables d'eau douce	0.7485	0.0001	Non normale
Niveau de stress hydrique	0.8513	0.0044	Non normale
Energie alternative et nucléaire	0.9080	0.0503	Normale

Les résultats montrent que certaines variables, comme le PIB aux prix du marché, le PIB par habitant et les investissements étrangers directs, suivent une distribution normale (p -value $> 0,05$). Cela indique que ces variables peuvent être utilisées dans la modélisation sans ajustements spécifiques, en recourant aux méthodes d'estimation classiques telles que le maximum de vraisemblance (ML), qui reposent sur l'hypothèse de normalité.

Cependant, d'autres variables telles que le taux de croissance du PIB et le taux de chômage présentent des distributions non normales (p -value $< 0,05$). Cette absence de normalité pourrait influencer les résultats si des méthodes d'estimation basées sur la normalité étaient utilisées. Afin de garantir la robustesse des résultats, il est donc recommandé d'utiliser des méthodes d'estimation adaptées à ce type de données, telles que la méthode DWLS, particulièrement efficace lorsque les variables ne suivent pas une distribution normale. Une autre option serait de procéder à des transformations des données pour les rapprocher d'une distribution normale, bien que cela ne soit pas toujours nécessaire ou approprié.

▪ Calcul du Facteur d'Inflation de la Variance (VIF)

Pour détecter la présence de multicollinéarité entre les variables indépendantes, le calcul du Facteur d'Inflation de la Variance a été réalisé. Un VIF supérieur à 10 indique généralement une multicollinéarité problématique, ce qui peut biaiser les estimations des coefficients du modèle.

TABLEAU 3 : RESULTATS DU VIF

Variable	VIF
PIB aux prix du marché	225179981368524.8
PIB par habitant	9007199254740992.0
Taux de croissance du PIB	9007199254740992.0
Investissements étrangers directs	Infini
Taux de chômage	9007199254740992.0
APD nette reçue	Infini
Indice de performance logistique	Infini

Dépenses courantes consacrées à l'éducation primaire	9007199254740992.0
Dépenses publiques de santé	Infini
Serveurs internet sécurisés	Infini
Personnes disposant d'installations de base pour le lavage des mains	9007199254740992.0
Personnes utilisant des services d'eau potable gérés en toute sécurité	Infini
Indice du capital humain	4503599627370496.0
Taux de mortalité infantile	Infini
Production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables	Infini
Production d'électricité à partir de sources hydroélectriques	Infini
Production d'électricité à partir de sources de charbon	9007199254740992.0
Emissions de CO2 par habitant	Infini
Emissions de CO2 attribuables aux industries	Infini
Autres émissions de GES	Infini
Ressources renouvelables d'eau douce	600479950316066.1
Niveau de stress hydrique	Infini
Energie alternative et nucléaire	Infini
Consommation d'énergies renouvelables	infini

Source : Travail personnel sur Python

Les valeurs obtenues pour le Facteur d'Inflation de la Variance montrent des valeurs extrêmement élevées ou infinies pour plusieurs variables clés dans l'intervalle étudié de 2002 à 2022. Cela indique une forte, voire parfaite, corrélation parmi les variables explicatives du modèle. Par exemple, des variables telles que le PIB par habitant, le taux de croissance du PIB et les investissements étrangers directs affichent des valeurs de VIF très élevées ou infinies, ce qui signifie que ces variables sont des combinaisons linéaires presque parfaites d'autres variables explicatives dans le modèle.

▪ Analyse en Composantes Principales (PCA)

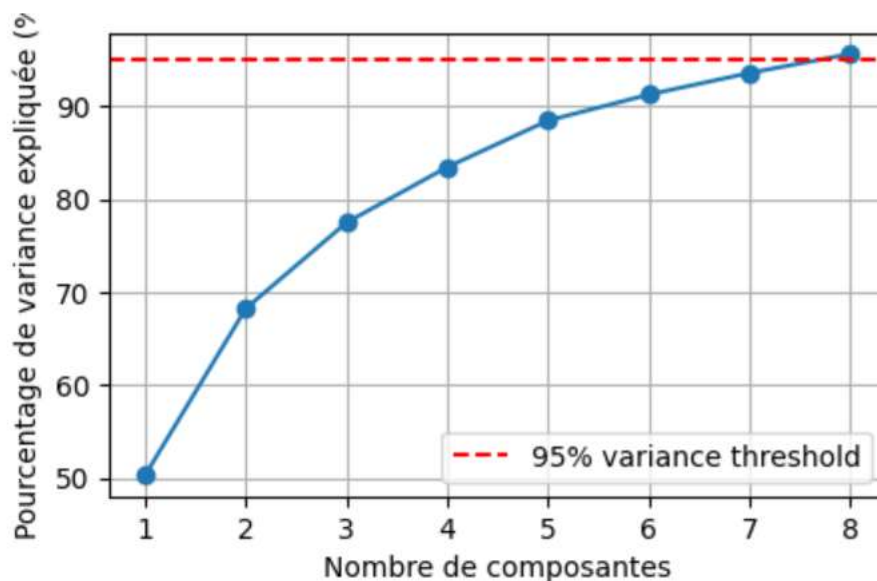
L'analyse en composantes principales est une méthode statistique utilisée pour réduire la dimensionnalité des ensembles de données tout en conservant autant que possible la variance présente dans les données d'origine. Cette technique est particulièrement utile lorsque les variables sont fortement corrélées, ce qui peut entraîner des problèmes de corrélation, comme c'est le cas ici, où le VIF est infini.

La PCA permet de transformer les variables corrélées en un ensemble de nouvelles variables non corrélées appelées composantes principales. Ces composantes principales capturent la majeure partie de la variance des variables d'origine tout en éliminant la redondance.

Ainsi, pour traiter la corrélation identifiée dans nos données, nous avons appliqué une Analyse en Composantes Principales, en suivant les étapes détaillées ci-dessous :

- ✚ Standardisation des données : Avant de réaliser la PCA, il est crucial de standardiser les données. Cela consiste à centrer les données (soustraire la moyenne) et à les réduire (diviser par l'écart-type), afin que chaque variable ait une moyenne de 0 et un écart-type de 1. Cela garantit que toutes les variables sont sur la même échelle, évitant ainsi que certaines variables dominent les autres en raison de leur amplitude ;
- ✚ Calcul de la matrice de covariance : Une fois les données standardisées, la matrice de covariance des variables est calculée. Cette matrice montre comment les variables varient ensemble. Les valeurs élevées dans cette matrice indiquent une forte corrélation entre les variables ;
- ✚ Calcul des valeurs propres et des vecteurs propres : La prochaine étape consiste à calculer les valeurs propres et les vecteurs propres de la matrice de covariance. Les valeurs propres indiquent l'importance de chaque composante principale, tandis que les vecteurs propres déterminent la direction des nouvelles dimensions ;
- ✚ Sélection des composantes principales : Les composantes principales sont ensuite classées par ordre décroissant de leur valeur propre. Pour ce faire, la variance expliquée par chaque composante principale est calculée. Cette information est essentielle pour déterminer combien de composantes principales sont nécessaires pour capturer une proportion significative de la variance totale des données. Dans notre cas, on détermine le nombre de composantes nécessaires pour capturer au moins 95 % de la variance totale. Ce nombre de composantes est utile pour réduire la dimensionnalité sans perdre trop d'information.

FIGURE 14 : VARIANCE EXPLIQUEE CUMULEE PAR PCA



Source : Travail personnel sur Python

Le graphique ci-dessus illustre la variance expliquée cumulée en fonction du nombre de composantes principales retenues dans l'analyse en composantes principales.

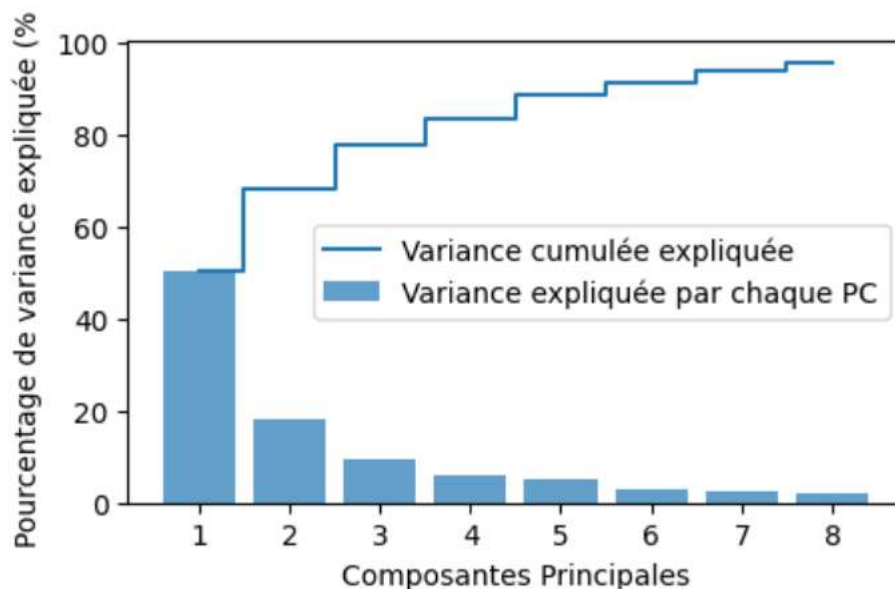
À mesure que de nouvelles composantes principales sont ajoutées, la courbe montre une augmentation progressive du pourcentage de variance cumulée. Les premières composantes principales capturent une proportion significative de la variance totale, comme

en témoigne la forte pente de la courbe au début. En particulier, on observe qu'avec les trois premières composantes, environ 80 % de la variance est expliquée.

La ligne pointillée rouge représente un seuil critique de 95 % de variance expliquée, souvent utilisé comme référence pour déterminer le nombre de composantes principales à conserver. D'après le graphique, il apparaît que huit composantes principales sont nécessaires pour atteindre ce seuil de 95 %, indiquant qu'au-delà de cette huitième composante, les composantes supplémentaires apportent une contribution marginale à l'explication de la variance totale des données.

Ainsi, l'analyse suggère que retenir ces huit premières composantes principales est suffisant pour capturer l'essentiel de l'information contenue dans les données, tout en réduisant la dimensionnalité et en simplifiant les modèles qui en découleront.

FIGURE 15 : VARIANCE EXPLIQUEE PAR LES 8 COMPOSANTES PRINCIPALES



Source : Travail personnel sur Python

Le graphique ci-dessus présente la variance expliquée par chaque composante principale ainsi que la variance cumulée expliquée en fonction du nombre de composantes principales retenues lors de l'analyse en composantes principales. L'axe des abscisses indique les différentes composantes principales, tandis que l'axe des ordonnées montre le pourcentage de variance expliquée.

La barre bleue associée à chaque composante principale représente la proportion de variance totale capturée individuellement par cette composante. On observe que la première composante principale explique une part significative de la variance, soit environ 50 %. Les composantes suivantes, bien que toujours contributrices, expliquent des parts de variance de plus en plus réduites.

La ligne bleue représente la variance cumulée expliquée, qui montre comment la variance totale capturée augmente à mesure que de nouvelles composantes principales sont ajoutées. Cette ligne montre une forte pente au début, confirmant que les premières composantes principales capturent la majorité de la variance des données. Plus

spécifiquement, les deux premières composantes principales capturent ensemble environ 70 % de la variance totale. Par la suite, l'ajout de nouvelles composantes principales continue d'augmenter la variance cumulée, mais à un rythme décroissant, indiquant que les composantes ultérieures apportent une contribution de plus en plus marginale.

Ce graphique permet de conclure que les premières composantes principales jouent un rôle crucial dans l'explication de la variance des données. En conséquence, ces composantes doivent être privilégiées dans les analyses ultérieures pour réduire la dimensionnalité tout en conservant l'essentiel de l'information. L'inclusion des composantes qui expliquent moins de variance pourrait être justifiée si un seuil élevé de variance cumulée est requis, mais il est clair que l'essentiel de la variance est capturé par les premières composantes, ce qui suggère que les analyses pourraient se concentrer sur celles-ci pour une meilleure efficacité et simplification du modèle.

4. Spécification, estimation du modèle et interprétation des résultats

4.1. Spécification et estimation du modèle

Dans cette étude, l'objectif est d'analyser les déterminants du développement durable, une variable latente complexe, à travers un Modèle d'Equations Structurelles. En plus de cela, nous cherchons à comprendre la relation entre le développement durable et la dette extérieure. Le SEM permet de modéliser simultanément ces relations complexes, en tenant compte des interactions entre les différentes variables et en capturant la dynamique sous-jacente qui lie ces deux concepts.

Pour cette analyse, nous avons spécifié plusieurs modèles en utilisant les composantes principales issues de l'Analyse en Composantes Principales. L'utilisation de la PCA permet de réduire la dimensionnalité des données tout en conservant l'essentiel de la variance, ce qui est crucial pour éviter les problèmes de corrélation et simplifier l'estimation des relations structurelles dans le SEM.

Nous avons testé différentes spécifications pour identifier la combinaison optimale de composantes principales et de variables explicatives, qui permettent de capturer non seulement les déterminants du développement durable, mais aussi sa relation avec la dette extérieure. Le premier modèle testé inclut toutes les huit composantes principales issues de la PCA, afin de conserver l'intégralité de la variance des données d'origine. Ce modèle sert de point de référence pour comparer l'efficacité des autres spécifications.

Nous avons également spécifié un modèle simplifié qui ne retient que les deux premières composantes principales. Ces deux composantes capturent environ 70 % de la variance totale et sont les plus influentes dans l'explication de la variable latente de développement durable. L'objectif est ici de vérifier si cette réduction de la dimensionnalité permet de maintenir un modèle robuste et interprétable tout en capturant la relation avec la dette extérieure.

Un dernier modèle a été spécifié en utilisant les cinq variables les plus influentes de chaque composante principale, sélectionnées sur la base de leurs coefficients de charge (loadings). Cette spécification vise à déterminer si un sous-ensemble des variables les plus pertinentes est suffisant pour expliquer le développement durable et sa relation avec la dette extérieure, tout en simplifiant la structure du modèle.

L'estimation de ces modèles a été réalisée en utilisant la méthode Diagonally Weighted Least Squares. Cette méthode est particulièrement appropriée pour les modèles SEM lorsque les données peuvent ne pas suivre une distribution normale stricte et que les échelles de mesure varient entre les variables. La méthode DWLS minimise l'influence des observations extrêmes et assure une estimation robuste des paramètres, garantissant ainsi que les résultats obtenus sont fiables, même en présence de distributions asymétriques ou de variances hétérogènes.

Chaque modèle a été évalué sur la base des coefficients estimés, des valeurs p, et des statistiques d'ajustement spécifiques aux modèles SEM, telles que le chi-carré, le CFI, et le RMSEA. Ces critères ont permis de comparer la performance des différentes spécifications et de déterminer le modèle le plus adapté pour analyser les déterminants du développement durable et sa relation avec la dette extérieure. L'approche adoptée permet de garantir une interprétation cohérente et rigoureuse des relations structurelles mises en évidence par le modèle SEM.

TABLEAU 4 : COMPARAISON DES STATISTIQUES D'AJUSTEMENT POUR LES MODELES SEM AVEC 2 ET 8 COMPOSANTES PRINCIPALES

Statistiques d'ajustement	Modèle avec 8 composantes	Modèles avec 2 composantes
Chi ²	1.256	0.941
CFI	-1.14	1.003
TLI	-1.828	1.012
GFI	0.949	0.96
AGFI	0.932	0.842
RMSEA	0.0	0.0
AIC	29.297	7.489
BIC	47.054	12.712
Log-Likelihood	2.352	1.255

Source : Travail personnel sur Python

Les résultats montrent que le modèle avec 8 composantes principales présente des indices d'ajustement mixtes. Le chi² très faible (1.256) et une p-valeur de 1.0 pourraient suggérer un bon ajustement du modèle, mais les valeurs négatives du Comparative Fit Index (CFI à -1.14) et du Tucker-Lewis Index (TLI à -1.828) soulèvent des préoccupations sur la spécification du modèle, renforçant l'idée d'un possible sur-ajustement. D'autres indices, comme le GFI (0.949) et l'AGFI (0.932), restent proches de 1, indiquant un ajustement correct, tandis que le RMSEA de 0.0 souligne encore une fois le potentiel de sur-ajustement. Les critères d'information (AIC à 29.297 et BIC à 47.054) sont faibles mais nécessitent d'être interprétés en relation avec l'ensemble des autres indices.

En comparaison, le modèle simplifié avec 2 composantes principales montre des résultats globalement meilleurs et plus interprétables. Le chi² est également faible (0.941) avec une p-valeur de 0.331, suggérant un bon ajustement. Les indices CFI (1.003) et TLI (1.012), bien qu'au-dessus de 1, indiquent une possible surévaluation de l'ajustement, mais le GFI (0.960) et l'AGFI (0.842) confirment un ajustement raisonnable. Le RMSEA est également de 0.0, nécessitant prudence dans l'interprétation. Enfin, les critères d'information

(AIC à 7.489 et BIC à 12.712) confirment une meilleure performance en termes de parcimonie par rapport au modèle avec 8 composantes.

Ainsi, Ce modèle simplifié avec deux composantes principales offre un bon compromis entre ajustement et simplicité, bien que certains indices, supérieurs à 1, suggèrent un potentiel sur-ajustement. Le choix de ces deux composantes principales se justifie par leur capacité à expliquer la majeure partie de la variance tout en permettant un ajustement efficace.

Pour aller plus loin, un autre modèle a été exploré en incluant les cinq variables les plus influentes de chaque composante principale. Cette approche vise à enrichir l'information tout en réduisant la complexité par rapport à l'utilisation de toutes les variables initiales. L'objectif est de combiner la simplification de la PCA avec l'explication des variables d'origine, dans le but de tester si cette combinaison conduit à un meilleur ajustement et à des résultats plus robustes.

Les variables les plus influentes pour chaque composante principale (PC) ont été identifiées en analysant les coefficients de charge obtenus à partir de l'Analyse en Composantes Principales. Les coefficients de charge représentent la contribution de chaque variable d'origine à une composante principale spécifique.

Pour chaque composante principale, les variables associées aux plus grands coefficients absolus (positifs ou négatifs) sont considérées comme les plus influentes. En d'autres termes, ces variables ont la plus grande influence sur la direction et la magnitude de la composante principale. En général, les cinq premières variables ayant les coefficients de charge les plus élevés sont sélectionnées pour représenter les influences principales de chaque composante.

TABLEAU 5 : VARIABLES LES PLUS INFLUENTES DES COMPOSANTES PRINCIPALES ISSUES DE LA PCA

Index	Variables
0	Indice de performance logistique
1	PIB aux prix du marché
2	PIB par habitant
3	Personnes disposant d'installations de base pour le lavage des mains
4	Ressources renouvelables d'eau douce
5	Taux de mortalité infantile
6	Niveau de stress hydrique
7	Service de la dette sur la dette extérieure publique
8	Investissements étrangers directs
9	Production d'électricité à partir de sources de charbon
10	Serveurs Internet sécurisés
11	Taux de chômage
12	Dépenses publiques de santé
13	Energie alternative et nucléaire
14	Service de la dette multilatérale
15	Production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables
16	Consommation d'énergies renouvelables

17	Service de la dette totale
18	Emissions de CO2 attribuables aux industries
19	Taux de croissance du PIB
20	Flux de dette
21	Personnes utilisant des services d'eau potable gérés en toute sécurité
22	Dépenses courantes consacrées à l'éducation primaire
23	Autres émissions de GES
24	Emissions de CO2

Source : Travail personnel sur Python

Les variables présentées dans le tableau ci-dessus représentent les éléments les plus influents extraits des composantes principales issues de la PCA. Chacune de ces variables joue un rôle central dans la structuration des composantes principales, capturant une part significative de la variance des données d'origine.

Parmi ces variables, on retrouve des indicateurs économiques majeurs tels que le PIB aux prix du marché et le PIB par habitant, qui reflètent la performance économique globale d'un pays et son niveau de richesse. À cela s'ajoutent des indicateurs sociaux cruciaux, comme le taux de mortalité infantile, qui fournit des informations essentielles sur la santé publique et les conditions socio-économiques, ainsi que les taux de chômage et les dépenses publiques en santé, qui sont directement liés au bien-être de la population et à la stabilité économique.

Les infrastructures, tant physiques que numériques, sont également fortement représentées par des variables telles que l'indice de performance logistique et le nombre de serveurs Internet sécurisés, mettant en lumière l'importance de l'infrastructure commerciale, des transports et du développement technologique dans la dynamique économique et sociale. L'accès à des services de base, mesuré par des indicateurs comme l'accès à l'eau potable et les installations de lavage des mains, est également mis en avant, soulignant son rôle crucial dans le développement humain.

En outre, les variables liées à la gestion des ressources naturelles et à l'environnement, telles que le niveau de stress hydrique, les ressources renouvelables d'eau douce, et les émissions de CO2, sont des indicateurs clés de la durabilité environnementale, influençant directement les politiques de gestion des ressources et les stratégies d'atténuation du changement climatique.

Enfin, les indicateurs financiers, comme le service de la dette sur la dette extérieure publique et les investissements étrangers directs, sont essentiels pour comprendre la viabilité financière des nations et leur capacité à attirer des capitaux internationaux. La présence de ces variables dans les composantes principales montre leur importance pour la stabilité économique et le développement durable des pays.

Ainsi, ces variables les plus influentes offrent une perspective intégrée des dimensions économiques, sociales, environnementales et financières qui sous-tendent le développement durable et la performance globale des pays.

Les variables identifiées comme les plus influentes dans les composantes principales ont servi de base pour spécifier un modèle supplémentaire dans notre analyse. En effet, après avoir déterminé que ces variables capturent une part significative de la variance des données

et qu'elles représentent des dimensions clés du développement durable, nous avons décidé de tester un modèle intégrant exclusivement ces variables.

Ce modèle a été conçu pour évaluer si la sélection des variables les plus influentes, issues de la PCA, permettrait d'obtenir un modèle plus précis et pertinent, tout en simplifiant la complexité du modèle initial. En concentrant l'analyse sur ces variables spécifiques, nous avons cherché à explorer la robustesse des résultats obtenus et à vérifier si ces variables, représentant les aspects économiques, sociaux, environnementaux et financiers cruciaux, étaient suffisantes pour expliquer les dynamiques sous-jacentes au développement durable.

Les résultats de ce modèle, tourné avec les variables les plus influentes, offrent une perspective intéressante sur la possibilité de réduire la complexité des modèles sans compromettre la qualité des prédictions. Cette approche permet également de renforcer l'interprétation des résultats en se concentrant sur les variables qui ont le plus grand impact, facilitant ainsi la formulation de recommandations stratégiques basées sur des indicateurs clés de la performance et de la durabilité.

TABLEAU 6 : STATISTIQUES D'AJUSTEMENT DU MODELE SEM AVEC LES VARIABLES LES PLUS INFLUENTES

Statistique	Valeur
Chi ² (x ²)	402.688317
CFI	0.934144
GFI	0.786405
AGFI	0.767893
NFI	0.786405
TLI	0.928436
RMSEA	0.130823
AIC	14.02499
BIC	67.295635
Log-Likelihood	43.987505

Source : Travail personnel sur Python

Le modèle SEM estimé avec les variables les plus influentes et la méthode DWLS présente un chi² de 402.69, avec une p-valeur de 0.000067, indiquant une différence statistique entre le modèle et les données observées. Cependant, cette différence peut être due à la sensibilité du chi² aux grands échantillons. Les indices CFI (0.934) et TLI (0.928) montrent un bon ajustement relatif, tandis que les indices GFI (0.786) et AGFI (0.768) suggèrent que l'ajustement absolu pourrait être amélioré. Le RMSEA de 0.131 est supérieur au seuil recommandé, indiquant un ajustement perfectible. Les critères d'information AIC (14.025) et BIC (67.296) sont bas, signalant une bonne parcimonie, mais les autres indices appellent à des ajustements supplémentaires pour améliorer la qualité du modèle.

Face à ces observations, il est essentiel de réévaluer les variables incluses dans le modèle afin de renforcer sa pertinence et son efficacité. Pour ce faire, nous avons procédé à une inspection approfondie des variables significatives, c'est-à-dire celles qui contribuent de manière statistiquement significative à l'explication de la variable latente dans le modèle. Cette étape est cruciale pour identifier les variables qui ont un impact réel et éliminer celles qui ajoutent du bruit ou ne contribuent pas de manière substantielle à la performance du modèle.

En se concentrant sur les variables significatives, nous avons tourné un nouveau modèle plus parcimonieux, en réduisant le nombre de variables à celles qui présentent une

contribution substantielle. L'objectif de cette démarche est de simplifier le modèle tout en maintenant, voire en améliorant, la qualité de l'ajustement. Cette approche permet également de réduire les risques de sur-ajustement et d'améliorer la généralisation du modèle à d'autres ensembles de données.

TABEAU 7 : VARIABLES SIGNIFICATIVES DU MODELE SEM AVEC LEURS P-VALUES

Variable	P-values
PIB aux prix du marché	2.426904e-08
Personnes disposant d'installations de base pour le lavage des mains	0.000000
PIB par habitant	2.657024e-08
Ressources renouvelables d'eau douce	0.000000
Production d'électricité à partir de sources de charbon	0.006488
Taux de chômage	0.021479
Energie alternative et nucléaire	0.000008
Service de la dette multilatérale	0.000055
Service de la dette totale	0.000001
Flux de dette	0.000003
Personnes utilisant des services d'eau potable gérés en toute sécurité	0.000332
Dépenses courantes consacrées à l'éducation primaire	0.003442
Autres émissions de GES	0.000018
Emissions de CO2	0.000018

Source : Travail personnel sur Python

Le tableau 7 présente les variables qui ont été identifiées comme significatives dans le modèle SEM, en se basant sur leurs p-values. Ces variables sont celles qui ont un impact statistiquement significatif sur le développement durable dans le cadre du modèle étudié.

Les résultats indiquent que ces variables jouent un rôle crucial dans l'explication des dynamiques du développement durable. Elles couvrent une gamme étendue de domaines, y compris l'économie (avec des indicateurs tels que le PIB et le taux de chômage), l'environnement (telles que les émissions de CO2 et les ressources en eau), les infrastructures (comme la production d'électricité et l'accès à l'eau potable), ainsi que les finances publiques (notamment le service de la dette).

Leur présence dans le modèle souligne leur importance pour comprendre les mécanismes sous-jacents au développement durable. Elles capturent les aspects essentiels de la durabilité, qu'il s'agisse de la gestion des ressources, de la performance économique ou de l'infrastructure.

Ces variables seront également utilisées pour tourner un nouveau modèle plus épuré, afin d'améliorer l'ajustement et la robustesse du modèle global, tout en optimisant la spécification du modèle pour une meilleure compréhension des facteurs déterminants du développement durable.

TABLEAU 8 : STATISTIQUES D'AJUSTEMENT DU MODELE SEM AVEC LES VARIABLES LES PLUS SIGNIFICATIVES

Statistique	Valeur
Degrés de liberté	78
Chi ²	41.388173
CFI	1.050159
GFI	0.949612
AGFI	0.940568
NFI	0.949612
TLI	1.059205
RMSEA	0.0
AIC	-53.543227
BIC	-25.341121
Log-Likelihood	53.771613

Source : Travail personnel sur Python

Les résultats du modèle SEM estimé avec les variables les plus significatives montrent une nette amélioration par rapport au modèle précédent. Le nombre de degrés de liberté a été réduit à 78, reflétant une simplification qui permet une meilleure interprétation. Le chi² du modèle est faible (41.39) et accompagné d'une p-valeur très élevée (0.999788), indiquant que le modèle s'ajuste extrêmement bien aux données. Les indices CFI et TLI dépassent 1, suggérant un ajustement très fort. Les indices GFI et AGFI montrent également une nette amélioration, atteignant respectivement 0.950 et 0.941, contre des valeurs plus faibles dans le modèle précédent. Enfin, le RMSEA de 0 confirme un ajustement parfait théorique, soulignant la supériorité de ce modèle simplifié.

Ainsi, les statistiques montrent que le modèle avec les variables les plus significatives offre un ajustement nettement supérieur, tant en termes de qualité d'ajustement que de parcimonie, par rapport au modèle initial plus complexe. Cette amélioration suggère que se concentrer sur les variables les plus significatives permet non seulement de simplifier le modèle, mais aussi d'améliorer sa robustesse et son interprétation.

Par conséquent, nous avons décidé d'adopter ce modèle pour notre analyse finale. Dans les sections suivantes, nous nous concentrerons sur l'analyse détaillée de ce modèle.

4.2. Résultats de l'analyse et interprétation des coefficients

Ce titre présente les résultats détaillés de l'analyse menée à l'aide du Modèle d'Équations Structurelles, en mettant l'accent sur l'interprétation des coefficients estimés pour les différentes variables. L'objectif principal de cette analyse est d'évaluer l'impact des différentes variables explicatives sur le développement durable, considéré ici comme une variable latente, ainsi que d'explorer la relation structurelle entre le développement durable et la dette extérieure.

Les résultats du modèle testé sont présentés sous forme de tableaux récapitulatifs des coefficients estimés pour chaque variable explicative. Chaque coefficient indique la force et la direction de l'effet d'une variable donnée sur la variable latente de développement durable.

Les valeurs p associées à ces coefficients sont également reportées pour évaluer la signification statistique de chaque relation.

TABLEAU 9 : COEFFICIENTS D'ESTIMATION DES VARIABLES SIGNIFICATIVES DANS LE MODELE SEM

Variables	P-values	Estimation
Stock de la dette extérieure	0.0	1.5543
PIB aux prix marché	0.0	1.0000
Personnes disposant d'installations de base pour le lavage des mains	0.0	4.05 ^e -06
PIB par habitant	0.000026	667003.4
Ressources renouvelables d'eau douce	0.0	0.000305
Dépenses publiques de santé	-	-
Service de la dette multilatérale extérieure	0.000579	9727.620
Consommation d'énergies renouvelables	-	-
Service de la dette extérieure totale	0.000006	0.000035
Flux de dette	0.000137	0.128
Personnes utilisant des services d'eau potable gérés en toute sécurité	0.000245	5.585239 ^e -07
Dépenses courantes consacrées à l'éducation	0.002078	6.383979 ^e -05
Autres émissions de GES	0.000209	-2.489250 ^e -07
Emissions de CO2 par habitant	0.000208	-6.755348 ^e -07

Source : Travail personnel sur Python

L'analyse des coefficients du modèle révèle que la dette extérieure a un impact positif et significatif sur le développement durable, avec un coefficient de 1.5543 et une p-value de 0.0. Cela suggère que l'endettement extérieur, lorsqu'il est utilisé de manière efficace, peut financer des projets qui améliorent la durabilité. Le PIB aux prix du marché, avec un coefficient de 1.0000 et une p-value de 0.0, montre une forte association entre la croissance économique et le développement durable, soulignant l'importance de la prospérité économique pour des indicateurs de développement améliorés.

L'accès aux installations de lavage des mains, bien que son coefficient soit très faible (4.05e-06), est statistiquement significatif, indiquant que même de petites améliorations dans l'infrastructure de base peuvent avoir un effet positif sur la santé publique et, par extension, sur le développement durable. De plus, le PIB par habitant, avec un coefficient de 667003.4 et une p-value de 0.000026, est logiquement associé à un développement durable accru, montrant que des revenus plus élevés permettent d'améliorer l'accès aux ressources et aux services.

Les ressources renouvelables d'eau douce par habitant ont également un impact positif significatif sur le développement durable, avec un coefficient de 0.000305 et une p-value de 0.0, ce qui souligne l'importance cruciale de la gestion durable des ressources en eau.

Par ailleurs, le service de la dette multilatérale extérieure, avec un coefficient de 9727.620 et une p-value de 0.000579, indique qu'un remboursement efficace de la dette multilatérale peut contribuer positivement à la durabilité, probablement par le biais de projets financés par ces prêts.

Le service de la dette extérieure totale montre également un effet positif et significatif, avec un coefficient de 0.000035 et une p-value de 0.000006, soulignant que la capacité à gérer la dette en relation avec les exportations est essentielle pour la stabilité économique et la durabilité.

De plus, les flux de dette, avec un coefficient de 0.128 et une p-value de 0.000137, indiquent que des flux financiers stables provenant de la dette soutiennent efficacement les projets de développement durable.

L'accès à l'eau potable gérée de manière sûre a également un effet significatif sur le développement durable, avec un coefficient de 5.585239e-07 et une p-value de 0.000245, mettant en lumière l'importance des infrastructures de base pour la santé publique.

Les dépenses en éducation primaire, avec un coefficient de 6.383979e-05 et une p-value de 0.002078, montrent que l'investissement dans l'éducation de base est crucial pour soutenir le développement humain et durable.

Enfin, les émissions de GES montrent des effets négatifs significatifs, avec des coefficients de -2.489250e-07 et -6.755348e-07, respectivement, et des p-values autour de 0.0002. Ces résultats confirment que des niveaux élevés de pollution ont un impact néfaste sur la durabilité, soulignant l'importance de la réduction des émissions pour un développement durable équilibré.

Ces conclusions montrent que les coefficients des variables explicatives du développement durable sont réalistes et conformes aux attentes théoriques. Cela suggère que le modèle est bien spécifié et capable de capturer de manière cohérente les dynamiques sous-jacentes du développement durable en tant que variable latente. Cette solidité du modèle nous permet d'examiner avec plus de confiance la relation entre la dette extérieure et le développement durable, sachant que les autres variables qui expliquent le développement durable ont été correctement modélisées.

Ainsi, cette analyse des coefficients sert de base solide pour la section suivante, où nous examinerons la dynamique des systèmes. Cette approche permettra d'approfondir notre compréhension des interactions complexes entre la dette extérieure et le développement durable, en tenant compte des rétroactions et des effets à long terme.

SECTION 3 : LA DYNAMIQUE DES SYSTEMES

Cette section se consacre à l'étude des interactions complexes entre la dette extérieure et le développement durable à l'aide de la dynamique des systèmes, une méthode de modélisation qui reproduit et analyse les comportements des systèmes dans le temps. En utilisant cette approche, nous pouvons simuler des scénarios divers.

1. Présentation de la méthode et justification de son utilisation

1.1. Présentation de la méthode de la dynamique des systèmes

La dynamique des systèmes, développée au MIT dans les années 1960 par Jay Forrester, est une approche de modélisation qui permet d'analyser le comportement des systèmes complexes au fil du temps. La dynamique des systèmes vise à étudier comment les

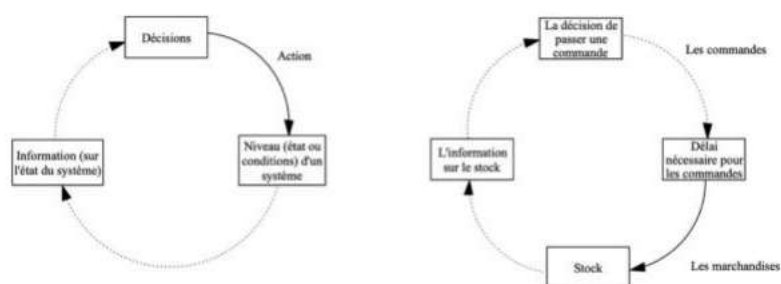
politiques, les décisions, la structure des systèmes, et les délais interagissent pour influencer la croissance et la stabilité d'un système.

La dynamique des systèmes repose sur quatre avancées majeures identifiées par Forrester : (1) la théorie du contrôle par rétroaction de l'information, où l'action influence l'environnement qui, à son tour, affecte les décisions futures ; (2) l'analyse des processus décisionnels, initialement développée dans un contexte militaire, qui montre que des règles formelles peuvent souvent surpasser le jugement humain sous pression ; (3) l'approche expérimentale qui utilise la simulation pour étudier des systèmes complexes, permettant ainsi de mener des expériences sur des modèles lorsqu'une analyse mathématique classique est insuffisante ; et (4) l'utilisation des ordinateurs numériques, qui ont rendu possible le traitement de systèmes plus complexes grâce à leur capacité de calcul accrue.

Ces principes font de la dynamique des systèmes une méthode puissante pour modéliser et simuler les comportements dynamiques des systèmes sociaux, économiques, et industriels. Elle permet de comprendre comment la structure d'un système, ses boucles de rétroaction, et ses délais influencent son comportement au fil du temps, offrant ainsi un cadre précieux pour la planification et l'évaluation des politiques.

La dynamique des systèmes s'articule autour de boucles de rétroaction, qui génèrent le comportement dynamique des systèmes. Une boucle de rétroaction se compose de deux types de variables : les variables de taux et les variables de niveau. Les variables de taux contrôlent les flux ou les actions au sein du système, tandis que les variables de niveau représentent l'accumulation de ces actions dans le temps. Ces niveaux, à leur tour, influencent les flux futurs, créant ainsi un cycle de rétroaction continue. Cette structure permet de comprendre comment les décisions et les actions interagissent pour influencer l'évolution du système au fil du temps, en lien direct avec les principes de contrôle par rétroaction et de simulation évoqués précédemment.

FIGURE 16 : CONFIGURATION D'UNE BOUCLE DE RETROACTION



Source : Revue Francophone du Développement Durable, n° 19, Mars 2022

La figure de gauche représente la forme la plus simple d'un système de rétroaction, bien que des retards et des distorsions supplémentaires puissent se manifester séquentiellement dans la boucle. De plus, un système peut comporter de nombreuses boucles interconnectées. La figure de droite illustre la structure circulaire de cause à effet dans une boucle de rétroaction, telle que celle qui se produit lorsqu'une entreprise commande des marchandises pour maintenir un certain niveau de stock.

Une boucle de rétroaction repose sur la distinction entre flux et stocks. Un stock correspond à une accumulation de matières, d'énergie, de personnes, ou de biens sur une



de comportement ; il est important de préciser que chaque variable du modèle suit un type de comportement spécifique. Contrairement à des approches simplifiées, la dynamique des systèmes intègre toute la complexité des relations entre les variables.

1.2. Justification du choix de la dynamique des systèmes

Le modèle d'équations structurelles et la dynamique des systèmes partagent une approche commune d'analyse des relations complexes entre variables. Le SEM se concentre sur l'identification et la quantification des relations causales entre des variables latentes et observées à un moment donné. En modélisant le développement durable comme une variable latente influencée par plusieurs variables observées (telles que la gestion de la dette, les émissions de CO₂, les infrastructures de base, etc.), le SEM fournit une compréhension des interrelations à un instant donné, en mesurant la force et la direction de ces relations.

Cependant, le SEM ne capture pas les dynamiques temporelles, les retards, et les boucles de rétroaction qui peuvent exister dans les systèmes complexes. C'est là qu'intervient la dynamique des systèmes. En intégrant les résultats du SEM dans un cadre de dynamique des systèmes, il devient possible de simuler l'évolution de la relation entre la dette extérieure et le développement durable dans le temps. La dynamique des systèmes permet ainsi de prolonger l'analyse statique du SEM en offrant une perspective dynamique, où l'impact des décisions actuelles sur le développement durable peut être observé à travers des projections temporelles.

La complémentarité entre le SEM et la dynamique des systèmes justifie pleinement l'utilisation de cette dernière dans cette étude. Tandis que le SEM fournit une estimation précise des impacts directs des variables explicatives sur le développement durable, la dynamique des systèmes enrichit cette analyse en offrant une vision dynamique des implications futures. Cette approche permet non seulement de répondre aux défis posés par les systèmes complexes, mais aussi d'élaborer des scénarios prospectifs jusqu'à 2050. En appliquant cette méthode, l'étude vise à formuler des recommandations politiques robustes, tenant compte des réalités actuelles et des évolutions possibles des interactions entre la dette extérieure et le développement durable.

L'article de Diemer, Sourgou, Chan, et Pedercini (2022) sur le modèle iSDG met en évidence l'efficacité de la dynamique des systèmes pour la planification du développement durable, en particulier dans les pays en développement. Inspirée par cette approche, cette étude applique la dynamique des systèmes pour examiner la relation entre la dette extérieure et le développement durable, en intégrant les résultats de l'analyse SEM. Cette méthode permet d'évaluer non seulement l'impact direct des variables explicatives sur le développement durable, mais aussi d'explorer les effets à long terme et les scénarios futurs qui pourraient émerger en fonction des politiques économiques mises en place.

En conclusion, l'utilisation de la dynamique des systèmes est justifiée par sa capacité à compléter le SEM, en fournissant une analyse temporelle des interactions complexes entre la dette extérieure et le développement durable. Cette approche intégrée offre une vision plus holistique et permet de formuler des recommandations politiques qui tiennent compte à la fois des réalités actuelles et des défis futurs.

2. Développement du modèle de simulation

2.1. Intégration des variables du modèle SEM

Le développement de notre modèle de simulation en dynamique des systèmes a commencé par l'intégration des variables issues du modèle d'équations structurelles. Ce modèle SEM a été élaboré pour capturer les relations causales entre différentes variables

influençant le développement durable. À partir de ce modèle, les variables significatives ont été sélectionnées pour être intégrées dans le modèle de simulation.

Les variables sélectionnées incluent des facteurs économiques, environnementaux et sociaux, qui ont montré un impact statistiquement significatif sur le développement durable, tel que mesuré dans le modèle SEM. Parmi ces variables, nous trouvons, par exemple, la dette extérieure, le PIB par habitant, et les émissions de CO₂ par habitant. Ces variables ont été structurées dans le cadre de la dynamique des systèmes de manière à refléter les boucles de rétroaction et les délais identifiés dans le modèle SEM. Par exemple, la dette extérieure, qui avait un coefficient positif dans le SEM, a été intégrée comme une variable de flux influençant un stock tel que le développement durable. Les autres variables ont été réparties entre les stocks, les flux, et les paramètres, en fonction de leur rôle dans le système modélisé

2.2. Formalisation du modèle en Python

Après avoir sélectionné les variables du SEM, la prochaine étape consistait à formaliser ces relations dans un cadre de simulation. Pour cela, nous avons utilisé le langage de programmation Python, qui offre de nombreuses bibliothèques et outils adaptés à la modélisation des systèmes complexes. Les relations causales identifiées dans le SEM ont été traduites en équations formelles, qui ont ensuite été codées en Python.

Les bibliothèques NumPy et SciPy ont été utilisées pour effectuer les calculs mathématiques nécessaires, tels que la gestion des matrices de coefficients et le calcul des délais. La bibliothèque PySD, qui est spécialisée dans la modélisation de la dynamique des systèmes, a été utilisée pour implémenter les boucles de rétroaction et les flux identifiés dans le SEM. Chaque relation causale a été codée en Python sous forme d'équation différentielle, où les coefficients issus du SEM ont été utilisés comme paramètres pour ces équations. Par exemple, la relation entre la dette extérieure et le développement durable a été modélisée comme une fonction qui prend en compte l'effet multiplicatif de la dette sur un stock représentant le développement durable.

2.3. Structure du modèle

Le modèle de simulation développé est construit autour des concepts fondamentaux de la dynamique des systèmes, à savoir les stocks, les flux, et les boucles de rétroaction. Ces éléments constituent la base de la modélisation dynamique, permettant de capturer les interactions complexes et les changements au fil du temps au sein du système étudié.

Les stocks dans ce modèle représentent des accumulations ou des niveaux d'effets dans le système. Le niveau de développement durable est un stock central, qui cumule les résultats des politiques économiques, sociales, et environnementales mises en œuvre. Ce stock est directement influencé par divers flux, tels que les investissements en infrastructures, les politiques de santé publique, et les stratégies de gestion des ressources naturelles.

Un autre stock crucial est la quantité de CO₂ dans l'atmosphère, qui reflète l'accumulation des émissions de gaz à effet de serre au fil du temps. Ce stock est une mesure directe de l'impact environnemental des activités humaines, influençant à son tour les indicateurs de développement durable.

La dette extérieure est modélisée comme un stock représentant l'accumulation des emprunts contractés par le gouvernement. Ce stock est crucial pour comprendre comment la dette influence la capacité de l'Etat à financer des projets de développement durable. Le stock de ressources en eau douce mesure l'accumulation de cette ressource essentielle, qui est affectée par les prélèvements pour l'irrigation, la consommation domestique et industrielle.

Les flux sont les variables qui décrivent les mouvements ou les variations dans ces stocks au fil du temps. Par exemple, les émissions de CO₂ sont un flux qui augmente le stock de CO₂ dans l'atmosphère, résultant principalement des activités industrielles, des transports, et de la consommation d'énergie. Ce flux est un indicateur clé des pressions environnementales sur la durabilité.

Le service de la dette est un flux sortant qui réduit le stock de dette publique en mesurant les remboursements effectués chaque année. Ce flux influence directement la capacité de l'État à emprunter et à investir dans le développement durable.

Bien que les « Investissements en Infrastructures » ne soient pas explicitement représentés en tant que variable distincte dans le modèle, cette dimension est capturée indirectement par le « PIB aux prix du marché ». En effet, une proportion significative du PIB est traditionnellement allouée au développement et à l'amélioration des infrastructures publiques. Comme le souligne l'article *The vital role of infrastructure in economic growth and development*, publié par le Global Infrastructure Hub, les investissements en infrastructures peuvent avoir un impact multiplicateur sur l'économie, générant jusqu'à 1,5 fois le montant de l'investissement initial en termes de croissance économique. Ainsi, le PIB aux prix du marché peut être utilisé comme un proxy pour ces investissements, reflétant leur impact sur le développement durable via la croissance économique qu'ils soutiennent.

De plus, le modèle inclut explicitement des variables qui représentent des aspects critiques des investissements publics dans le capital humain. Notamment, la variable « Dépenses courantes consacrées à l'éducation primaire (en pourcentage du total des dépenses dans l'enseignement primaire public) » capture les investissements dans le système éducatif de base, un élément fondamental pour le développement à long terme. L'éducation primaire joue un rôle crucial en fournissant les compétences de base nécessaires pour améliorer la productivité future, réduisant ainsi la pauvreté et favorisant une croissance économique inclusive.

Parallèlement, la variable « Dépenses publiques en santé » est intégrée pour représenter les investissements dans la santé publique. Ces dépenses sont essentielles pour améliorer la qualité de vie, augmenter l'espérance de vie, et soutenir la productivité économique en créant une main-d'œuvre plus saine et plus apte. En combinant ces variables, le modèle capte les différentes facettes des investissements publics qui, ensemble, contribuent de manière significative à la durabilité économique, sociale et environnementale.

Ainsi, ces flux d'investissements publics, bien que modélisés par des proxies et des variables spécifiques, fournissent une vue d'ensemble cohérente des efforts de l'État pour stimuler le développement durable. L'intégration de ces flux dans le modèle SEM permet de simuler leur impact sur le développement durable, en tenant compte des interactions complexes entre les infrastructures physiques, l'éducation, et la santé publique. Les boucles de rétroaction dans le modèle jouent un rôle crucial pour comprendre comment les décisions prises aujourd'hui influencent les résultats futurs. Une boucle de renforcement importante est celle entre la dette extérieure et le développement durable. Une augmentation de la dette peut permettre de financer des projets qui soutiennent le développement durable à court terme. Cependant, si la dette devient trop élevée, elle pourrait compromettre la capacité du pays à continuer d'investir dans le futur, créant ainsi un risque de déséquilibre à long terme.

Une autre boucle de rétroaction essentielle concerne les émissions de CO₂ et leur impact sur le développement durable. Les émissions augmentent le stock de CO₂ dans l'atmosphère, aggravant les problèmes environnementaux et affectant négativement la

durabilité. Cependant, des politiques de réduction des émissions peuvent atténuer cet effet en stabilisant le stock de CO₂, ce qui soutient la durabilité environnementale.

La gestion des ressources en eau douce est également modélisée par une boucle de rétroaction. Une utilisation prudente des ressources en eau permet de maintenir un stock stable, essentiel pour l'agriculture, l'industrie, et la consommation humaine. Une surexploitation de l'eau douce, en revanche, pourrait diminuer ces ressources, compromettant ainsi le développement durable à long terme.

Le modèle repose sur plusieurs hypothèses importantes. Une hypothèse clé est que les relations observées dans le SEM sont linéaires, ce qui signifie que les effets des changements dans les flux sur les stocks sont proportionnels aux changements eux-mêmes. Par exemple, une augmentation de 10 % de la dette extérieure entraînera une augmentation proportionnelle du développement durable, toutes choses étant égales par ailleurs. Cette simplification permet de modéliser les interactions de manière plus transparente, bien que les systèmes réels puissent présenter des non-linéarités que le modèle ne capture pas entièrement.

Une autre hypothèse est que les coefficients des relations identifiées dans le SEM restent constants dans le temps. Cela implique que l'effet de chaque variable explicative sur le développement durable ne change pas au fil du temps, ce qui est une hypothèse simplificatrice nécessaire pour permettre la simulation sur de longues périodes. Toutefois, cela ne tient pas compte des possibles changements structurels dans l'économie ou l'environnement qui pourraient modifier ces relations.

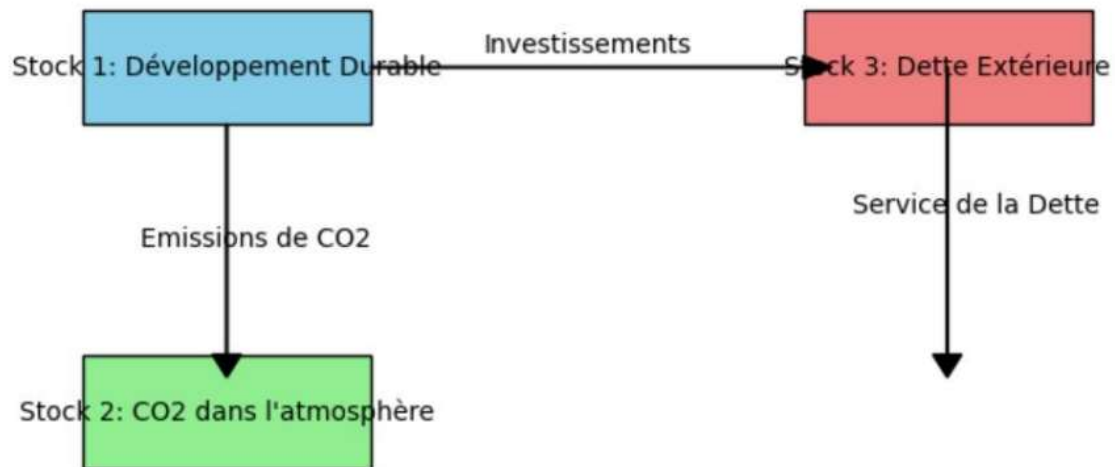
Enfin, des délais ont été introduits dans le modèle pour représenter le fait que les effets des changements dans les flux ne se manifestent pas immédiatement dans les stocks. Par exemple, l'impact d'une augmentation de la dette extérieure sur le développement durable peut prendre du temps à se matérialiser, en fonction des délais de mise en œuvre des projets financés par cette dette. Ces délais sont importants pour capturer la dynamique temporelle du système et pour simuler des scénarios réalistes sur le long terme.

En conclusion, la structure du modèle est conçue pour capturer les interactions complexes entre les différents éléments du système, tout en prenant en compte les retours d'information et les délais temporels. Cette approche permet de simuler l'évolution des stocks tels que le développement durable sous différentes hypothèses et scénarios de politique, en offrant une vue dynamique et intégrée du système étudié.

2.4. Diagrammes et figures

Pour faciliter la compréhension de la structure complexe du modèle développé, des diagrammes ont été créés afin de visualiser les relations entre les différentes variables, ainsi que les interactions dynamiques qui en résultent. Ces diagrammes jouent un rôle essentiel dans la communication des mécanismes sous-jacents du modèle et permettent de saisir les interconnexions et les boucles de rétroaction qui influencent le développement durable.

FIGURE 19 : DIAGRAMME DE FLUX ET DE STOCK

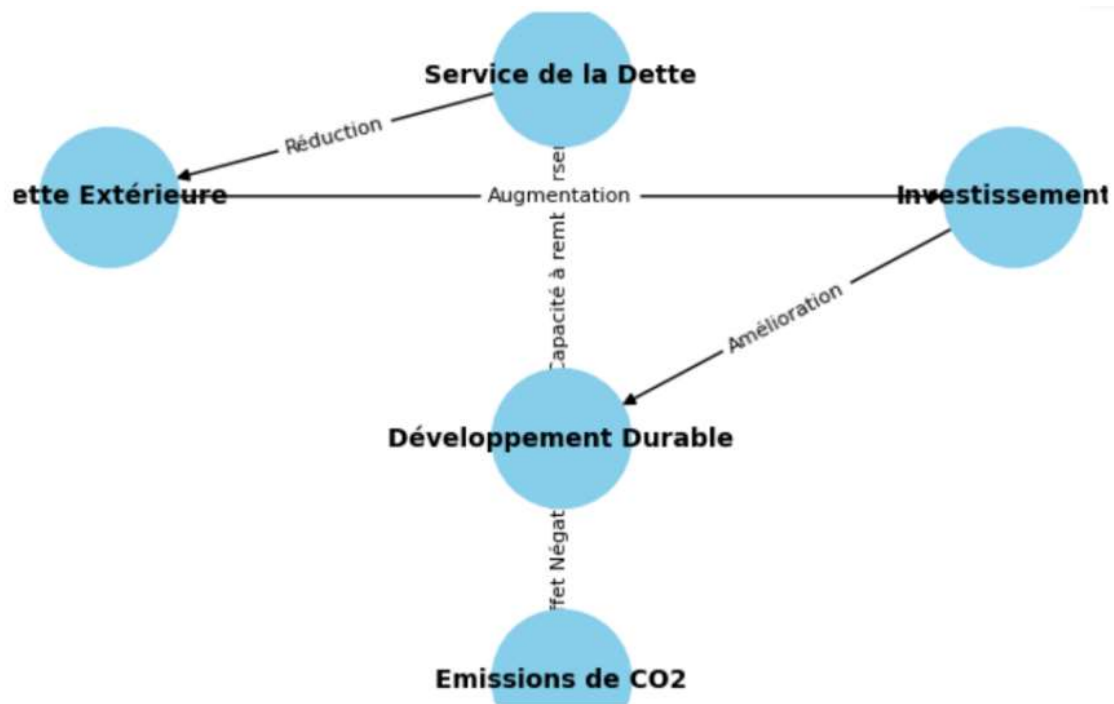


Source : Travail personnel sur Python

Le premier diagramme présenté est un diagramme de flux et de stock qui illustre comment les variables du modèle interagissent pour influencer le niveau de développement durable. Ce type de diagramme est un outil fondamental en dynamique des systèmes, car il permet de voir en un coup d'œil les sources et les réservoirs des différentes ressources, ainsi que les flux qui les alimentent ou les drainent. Dans ce modèle, les stocks tels que le niveau de développement durable, la dette extérieure, et la quantité de CO2 dans l'atmosphère sont représentés sous forme de réservoirs. Les flux entrants et sortants de ces réservoirs, comme les émissions de CO2, les investissements en infrastructures, et le service de la dette, sont illustrés par des flèches, indiquant la direction et la nature des échanges entre ces stocks.

Ce diagramme permet de visualiser comment les décisions politiques et économiques, représentées par des flux, impactent directement les stocks, et par conséquent, le développement durable. Par exemple, les émissions de CO2, représentées par un flux entrant, augmentent le stock de CO2 dans l'atmosphère, ce qui, à son tour, affecte négativement le développement durable. De même, les investissements en infrastructures, en tant que flux entrant, augmentent le stock de développement durable, illustrant la manière dont les politiques économiques peuvent améliorer la durabilité.

FIGURE 20 : DIAGRAMME DES BOUCLES DE RETROACTION



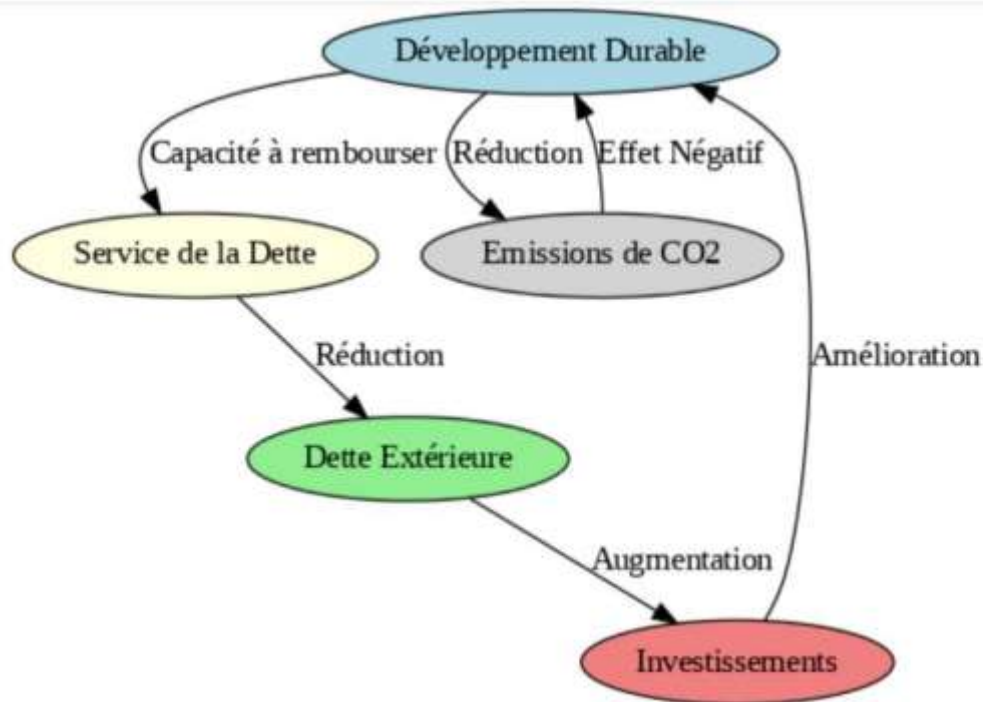
Source : Travail personnel sur Python

En complément du diagramme de flux et de stock, une représentation des boucles de rétroaction est également fournie. Cette représentation est cruciale pour comprendre les dynamiques temporelles et les effets à long terme des décisions prises aujourd'hui. Les boucles de rétroaction sont des circuits fermés où l'effet d'une action est renvoyé sous forme d'information qui influence à nouveau cette action, créant ainsi un cycle d'influence continue.

Dans ce modèle, plusieurs boucles de rétroaction ont été identifiées et représentées graphiquement. Par exemple, une boucle de rétroaction positive peut être observée dans la relation entre la dette extérieure et le développement durable. Une augmentation de la dette extérieure permet d'accroître les investissements en infrastructures, ce qui stimule le développement durable à court terme. Cependant, si cette dette n'est pas bien gérée, elle peut entraîner une charge financière excessive à long terme, limitant ainsi la capacité à investir dans le futur et potentiellement réduisant le développement durable. Ce type de boucle de rétroaction positive, qui peut initialement renforcer un effet avant de le diminuer, est essentiel pour comprendre les risques associés à certaines politiques économiques.

Une boucle de rétroaction négative est également illustrée, comme celle liée à la gestion des émissions de CO2. Ici, une augmentation des émissions de CO2 conduit à une hausse du stock de CO2 dans l'atmosphère, ce qui a des effets néfastes sur l'environnement et, par conséquent, sur le développement durable. Les politiques de réduction des émissions peuvent atténuer cet effet en stabilisant le stock de CO2, ce qui contribue à préserver la durabilité environnementale. Ce type de boucle de rétroaction négative est crucial pour comprendre comment des interventions politiques peuvent stabiliser ou inverser des tendances indésirables.

FIGURE 21 : LE DIAGRAMME CAUSAL



Source : Travail personnel sur Python

Le diagramme causal présenté ci-dessus illustre les interactions dynamiques entre diverses variables telles que le développement durable, la dette extérieure, les investissements, le service de la dette et les émissions de CO2. Le développement durable est positivement influencé par les investissements, ce qui signifie que des fonds bien gérés et orientés vers des projets durables contribuent à améliorer les indicateurs de développement durable. Par ailleurs, une réduction des émissions de CO2 est un effet attendu des initiatives axées sur le développement durable, renforçant ainsi la lutte contre le changement climatique. Inversement, des niveaux élevés d'émissions de CO2 ont un impact négatif sur le développement durable, montrant que la pollution atmosphérique peut compromettre les efforts pour atteindre des objectifs durables.

La dette extérieure, quant à elle, est influencée positivement par les investissements, suggérant que les fonds empruntés sont utilisés pour financer des projets d'investissement susceptibles de soutenir la croissance économique et le développement durable. Toutefois, le service de la dette, représentant les remboursements effectués, réduit le montant de la dette extérieure, soulignant l'importance de la gestion de la dette pour éviter son accumulation excessive. Le développement durable améliore également la capacité d'un pays à rembourser sa dette, indiquant qu'une économie plus forte et résiliente, soutenue par des pratiques durables, est essentielle pour maintenir la viabilité de la dette à long terme.

Les émissions de CO2 jouent un rôle crucial dans ce système dynamique, où leur réduction est à la fois une conséquence des efforts de développement durable et une condition nécessaire pour éviter que ces émissions ne nuisent aux objectifs de durabilité. Ce diagramme met en lumière la nécessité d'une gestion prudente et intégrée des ressources financières, des investissements et des impacts environnementaux pour atteindre un développement durable équilibré et durable.

3. Paramétrage du modèle

Le paramétrage du modèle constitue une étape fondamentale dans le processus de modélisation et de simulation. Cette phase détermine les valeurs initiales des variables, les coefficients des relations entre ces variables, les conditions aux limites, ainsi que les hypothèses structurelles qui régissent l'évolution du système. L'objectif est de configurer le modèle de manière à ce qu'il reflète fidèlement la réalité, tout en étant suffisamment flexible pour explorer différents scénarios. Un paramétrage rigoureux garantit que les simulations sont réalistes, pertinentes, et qu'elles fournissent des insights utiles pour la prise de décision.

3.1. Définition des valeurs initiales

Les valeurs initiales des variables sont essentielles car elles représentent l'état de départ du système avant toute évolution simulée. Dans le cadre de ce modèle, ces valeurs ont été obtenues à partir de données empiriques récentes, recueillies auprès de sources fiables telles que la Banque Mondiale, le Fonds Monétaire International, l'Institut National de la Statistique en Tunisie, et d'autres bases de données internationales. Par exemple, les niveaux initiaux de la dette extérieure, des investissements, et des émissions de CO₂ ont été extraits des rapports économiques annuels et des bases de données environnementales. Le développement durable, en tant que variable latente, a été estimé à partir d'indicateurs composites intégrant des dimensions économiques, sociales, et environnementales.

Ces valeurs initiales servent de point de départ pour la simulation. Il est crucial qu'elles soient précises et représentatives de la réalité actuelle du système étudié, car elles influencent directement les dynamiques futures du modèle.

3.2. Attribution des coefficients de relation

Les coefficients de relation entre les variables sont les éléments qui définissent la force et la direction des interactions entre les différentes composantes du système. Ces coefficients ont été principalement dérivés de l'analyse SEM réalisée au préalable. Le SEM a permis d'identifier des relations causales, de quantifier l'influence de chaque variable sur les autres, et d'établir un cadre statistique rigoureux pour modéliser ces interactions.

Par exemple, le modèle a identifié un coefficient significatif entre la dette extérieure et les investissements, indiquant que les fonds empruntés à l'extérieur sont largement utilisés pour financer les investissements nationaux. De même, un coefficient négatif entre les émissions de CO₂ et le développement durable souligne l'impact environnemental négatif des émissions sur les efforts de développement durable. Chaque coefficient représente une relation spécifique, traduite en équations formelles dans le modèle de simulation.

Ces équations permettent de simuler comment les variables évoluent en réponse aux changements des autres variables du système. Par exemple, une équation pourrait modéliser l'effet d'une augmentation de la dette extérieure sur les investissements, en tenant compte du coefficient déterminé par l'analyse SEM. Ce processus de translation des relations causales en équations mathématiques est crucial pour assurer la cohérence du modèle et pour permettre une simulation précise.

3.3. Conditions aux limites et hypothèses structurelles

Les conditions aux limites et les hypothèses structurelles sont des éléments critiques du paramétrage qui déterminent les frontières et les contraintes du système. Les conditions aux limites incluent les plafonds, planchers, et autres restrictions qui empêchent les variables de dépasser des seuils spécifiques. Par exemple, un plafond pourrait être fixé pour la dette extérieure, au-delà duquel des mécanismes de rétroaction négative seraient activés pour

réduire l'endettement et éviter une crise de la dette. De même, un plancher pourrait être fixé pour les investissements, garantissant un niveau minimal de financement pour maintenir la croissance économique.

Les hypothèses structurelles définissent les règles de base du modèle. Une hypothèse commune est que les relations entre les variables sont linéaires, ce qui simplifie la modélisation mais peut ne pas capturer toutes les nuances des interactions complexes dans un système réel. Par exemple, la relation entre le développement durable et les émissions de CO₂ peut être non linéaire, avec des effets marginaux croissants ou décroissants en fonction du niveau des émissions. D'autres hypothèses peuvent inclure la stabilité des coefficients au fil du temps, l'absence de chocs externes imprévus, ou la constance des politiques publiques.

Ces conditions et hypothèses doivent être soigneusement examinées et validées pour s'assurer qu'elles sont réalistes et qu'elles permettent au modèle de simuler avec précision les dynamiques du système. La validation peut impliquer la comparaison des résultats du modèle avec des données historiques ou des tests de robustesse pour voir comment le modèle réagit à des variations dans les hypothèses.

3.4. Paramétrage des variables exogènes

Les variables exogènes sont celles qui influencent le système sans être elles-mêmes affectées par les autres variables du modèle. Elles jouent un rôle clé dans la simulation des scénarios, car elles permettent d'introduire des événements ou des conditions extérieures qui peuvent avoir un impact significatif sur le système. Dans ce modèle, les variables exogènes incluent les chocs économiques, les changements dans les politiques publiques, et d'autres perturbations externes.

Par exemple, un scénario de choc économique pourrait impliquer une augmentation soudaine de la dette extérieure, en réponse à une récession mondiale ou à une crise financière. De même, un changement de politique publique, tel que l'introduction d'une taxe sur le carbone, pourrait être modélisé comme une réduction des émissions de CO₂, influençant directement le développement durable. Le paramétrage de ces variables exogènes est crucial pour tester la résilience du système et pour explorer comment différents événements ou politiques pourraient influencer les résultats.

Ces variables exogènes sont paramétrées en fonction de scénarios hypothétiques. Les résultats des simulations de ces scénarios permettent d'évaluer l'impact potentiel des événements exogènes sur le système, fournissant ainsi des informations précieuses pour la gestion des risques et la prise de décision.

3.5. Validation et calibration du modèle

Une fois le paramétrage initial effectué, il est essentiel de valider et de calibrer le modèle pour s'assurer que ses résultats sont conformes aux observations empiriques. La validation consiste à comparer les sorties du modèle avec des données historiques pour vérifier que le modèle reproduit correctement les dynamiques passées du système. Si les résultats du modèle divergent de manière significative des données réelles, les paramètres doivent être ajustés pour améliorer la précision du modèle. Dans le cadre de cette étude, une première simulation a révélé une erreur significative, atteignant $-1.0274597321024493e+17$, ce qui a clairement montré que les paramètres initiaux n'étaient pas adéquatement calibrés. Cette erreur importante a mis en évidence l'écart entre les prédictions du modèle et les données empiriques observées, soulignant ainsi la nécessité d'un ajustement rigoureux des paramètres.

Face à cette situation, un processus de calibration méthodique a été entrepris, visant à ajuster les coefficients des variables clés du modèle pour minimiser les écarts entre les prédictions et la réalité. Les coefficients ont été ajustés au cours de plusieurs itérations, afin de mieux refléter l'impact réel des différentes variables sur le développement durable. Les coefficients calibrés pour les variables telles que la dette extérieure, le PIB par habitant, les émissions de CO2 par habitant, et d'autres variables importantes, sont résumés dans le tableau ci-dessous. Ce tableau met en lumière les ajustements nécessaires pour corriger les erreurs initiales et aligner les sorties du modèle avec les observations historiques.

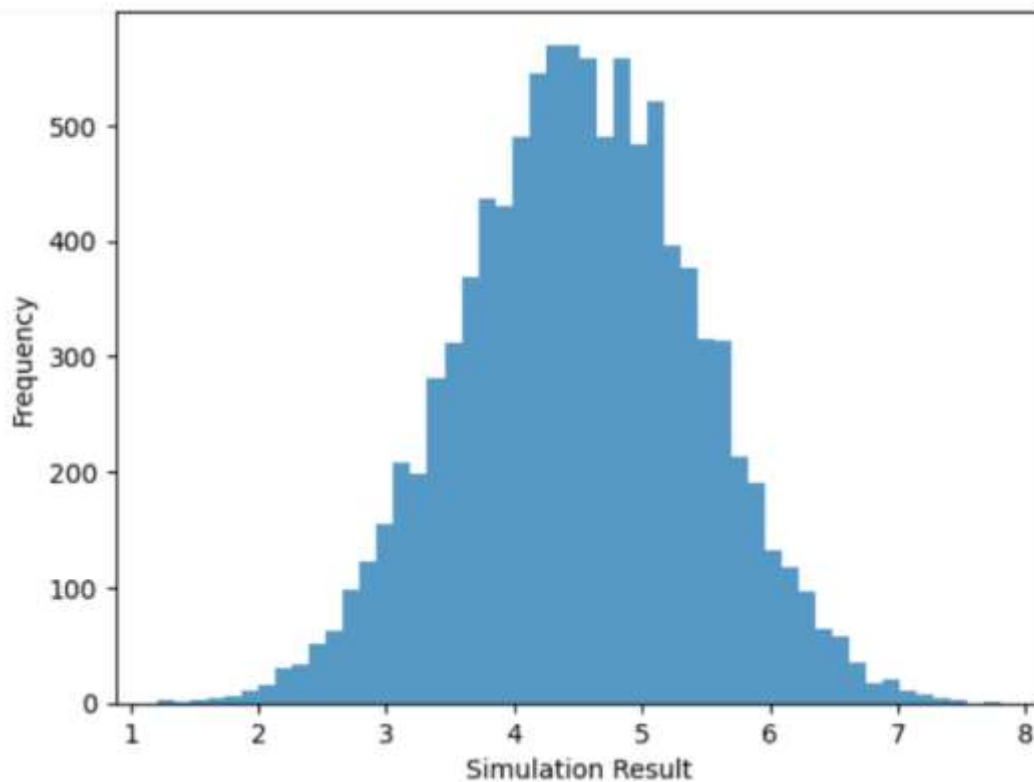
TABLEAU 10 : COEFFICIENTS CALIBRES DES VARIABLES DE LA DYNAMIQUE DES SYSTEMES

Variable	Coefficient calibré
Dette Extérieure	1.109656
Debt flow	1.101591
PIB aux prix du marché	-0.017590
PIB par habitant	1.185071
Domestic general government health expenditure	0.959872
Service de la dette multilatérale	1.125401
Consommation d'énergies renouvelables	1.253386
Emissions de CO2 par habitant	-1.076087
Dépenses courantes consacrées à l'éducation primaires	1.233112

Source : Travail personnel sur Python

Après ces calibrations, une simulation de Monte Carlo a été réalisée pour évaluer la robustesse du modèle face aux incertitudes dans les paramètres. Cette simulation, basée sur 10 000 itérations, a révélé une moyenne des résultats de 4.5121 et un écart-type de 0.9225.

FIGURE 22 : DISTRIBUTION DES RESULTATS DE LA SIMULATION DE MONTE CARLO



Source : Travail personnel sur Python

La distribution des résultats, illustrée par un histogramme en forme de cloche, montre que les résultats sont concentrés autour de cette moyenne, avec une dispersion modérée. Cette forme symétrique et centrée de la distribution suggère que le modèle est relativement stable et robuste, capable de générer des prédictions cohérentes même sous des variations aléatoires des paramètres d'entrée.

Ces résultats de simulation confirment que le processus de calibration a effectivement amélioré la précision du modèle, réduisant ainsi les erreurs initiales et permettant une meilleure représentation des dynamiques observées dans le système étudié. Le modèle, après calibration, est désormais capable de reproduire de manière fiable les comportements historiques et de fournir des prédictions utiles pour la prise de décision. Ce processus de validation et de calibration est particulièrement crucial pour les modèles complexes utilisés dans la dynamique des systèmes, car il garantit que le modèle reste pertinent et précis dans des contextes variés et sous différentes conditions.

Ainsi, bien que le modèle initial ait présenté des écarts significatifs par rapport aux données empiriques, les ajustements rigoureux des paramètres ont permis d'obtenir un modèle robuste, capable de simuler de manière fiable le développement durable et d'appuyer des décisions éclairées.

4. Simulation des scénarios et analyse de sensibilité

4.1. Introduction aux scénarios

Dans le contexte de cette étude, la simulation des scénarios joue un rôle essentiel pour explorer les différentes trajectoires possibles de l'évolution de la dette extérieure et de son impact sur le développement durable, une variable latente complexe influencée par plusieurs variables observées. Le développement durable, dans cette analyse, est conceptualisé comme

un construct multidimensionnel, englobant des aspects économiques, sociaux et environnementaux, chacun étant représenté par des indicateurs spécifiques. La dette extérieure, de son côté, est un levier financier majeur qui peut avoir des implications profondes sur ces dimensions du développement durable.

La simulation des scénarios permet de tester diverses hypothèses sur l'avenir, en tenant compte des incertitudes économiques, politiques, et environnementales qui peuvent influencer ces variables. Elle offre un cadre pour évaluer comment différents niveaux d'endettement, combinés avec des politiques économiques variées, pourraient affecter les trajectoires futures du développement durable.

Cette approche est particulièrement pertinente dans le cadre de la dynamique des systèmes, où les interactions entre la dette extérieure et les dimensions du développement durable peuvent être non linéaires et complexes. Les scénarios permettent d'explorer ces interactions de manière systématique, en offrant une vision intégrée des impacts potentiels à long terme. En simulant différents scénarios, cette étude vise à identifier les politiques et stratégies qui maximisent les bénéfices du développement durable tout en gérant efficacement les risques associés à l'endettement. En somme, la simulation des scénarios sert non seulement à anticiper les futurs possibles, mais aussi à éclairer les décisions actuelles en fournissant des insights sur les trajectoires les plus durables et résilientes.

4.2. Description des scénarios

Dans le cadre de cette étude, plusieurs scénarios ont été simulés pour évaluer l'impact potentiel de différentes politiques économiques et environnementales sur le développement durable, une variable latente influencée par plusieurs facteurs clés.

Le premier scénario appelé « Croissance Modérée » modélise une augmentation de 10% du stock de dette extérieure par rapport à l'année de référence 2022, cherchant à comprendre comment une accumulation continue de la dette pourrait affecter la durabilité à long terme.

En parallèle, le deuxième scénario explore une réduction de 20 % des émissions de CO2 par habitant. Cette simulation permet d'évaluer l'impact de politiques environnementales strictes sur la durabilité, tout en tenant compte des implications pour la croissance économique.

Le troisième scénario se concentre sur une augmentation de 15 % des dépenses en éducation, afin d'analyser comment un investissement accru dans le capital humain peut influencer positivement le développement durable.

Un autre scénario envisage une augmentation de 20 % du PIB aux prix du marché, représentant un accroissement des investissements publics. Ce scénario explore le potentiel impact d'une telle augmentation sur la croissance économique et la durabilité, suggérant que des investissements stratégiques peuvent catalyser une croissance soutenue tout en favorisant le développement durable.

En contraste, le scénario suivant examine les effets d'une récession économique avec une diminution de 15 % du PIB. Ce scénario permet d'évaluer les risques associés à une contraction économique, notamment en termes de gestion de la dette et de la durabilité. Il souligne les vulnérabilités que les crises économiques peuvent introduire dans les dynamiques de développement durable.

À l'inverse, un scénario d'expansion économique simule une augmentation de 20 % du PIB. Ce scénario offre une perspective sur les bénéfices potentiels d'une forte croissance

économique, explorant comment une telle expansion peut soutenir des politiques de développement durable tout en créant des opportunités économiques.

Un autre scénario modélise un changement des dépenses en santé publique avec une augmentation de 20 % des dépenses publiques. Ce scénario cherche à comprendre l'impact de ces dépenses sur les indicateurs de développement durable, en particulier en ce qui concerne la santé de la population et le bien-être général, éléments essentiels d'une société durable.

Enfin, un scénario combiné intègre une augmentation des investissements publics de 15% du PIB et une réduction des émissions de CO2 de 20 %. Ce scénario explore les effets synergiques de politiques économiques et environnementales intégrées sur la durabilité, démontrant comment des approches holistiques peuvent maximiser les résultats en matière de développement durable.

En plus de ces scénarios, plusieurs scénarios plus complexes ont été envisagés pour simuler des dynamiques plus spécifiques. Le scénario « Investissement Soutenu » simule une augmentation progressive des investissements à partir de la moitié de la période d'analyse, montrant une accélération du stock de la dette. Ce scénario met en lumière les défis liés à un investissement soutenu à long terme et son impact sur la dynamique de la dette et du développement durable.

Le scénario « Choc Interne » modélise l'impact d'un choc économique soudain à la 50e étape de temps, avec une réduction brusque du stock de la dette suivie d'une reprise plus lente. Ce type de choc, bien que positif à première vue, peut avoir des effets complexes sur l'économie, notamment en réduisant la liquidité disponible pour les investissements publics et en influençant les dynamiques de croissance et de développement durable. Ce scénario illustre la vulnérabilité du système aux chocs économiques, en soulignant les risques associés à des fluctuations économiques imprévues.

Enfin, le scénario « Réajustement Budgétaire » simule une augmentation progressive du stock de la dette, examinant comment un réajustement budgétaire peut influencer la gestion de la dette et, par conséquent, le développement durable.

Ce scénario est complété par le scénario « Impact des Innovations Technologiques », qui explore l'effet des innovations technologiques sur la dynamique entre la dette extérieure et le développement durable. Ce dernier scénario souligne le potentiel des technologies pour transformer les interactions entre les politiques économiques et les objectifs de durabilité, offrant de nouvelles avenues pour renforcer la résilience économique tout en atteignant des objectifs de développement durable.

Chacun de ces scénarios a été conçu pour modéliser des changements spécifiques dans des variables observées clés, permettant ainsi d'identifier les leviers politiques les plus efficaces pour favoriser un développement durable équilibré et résilient.

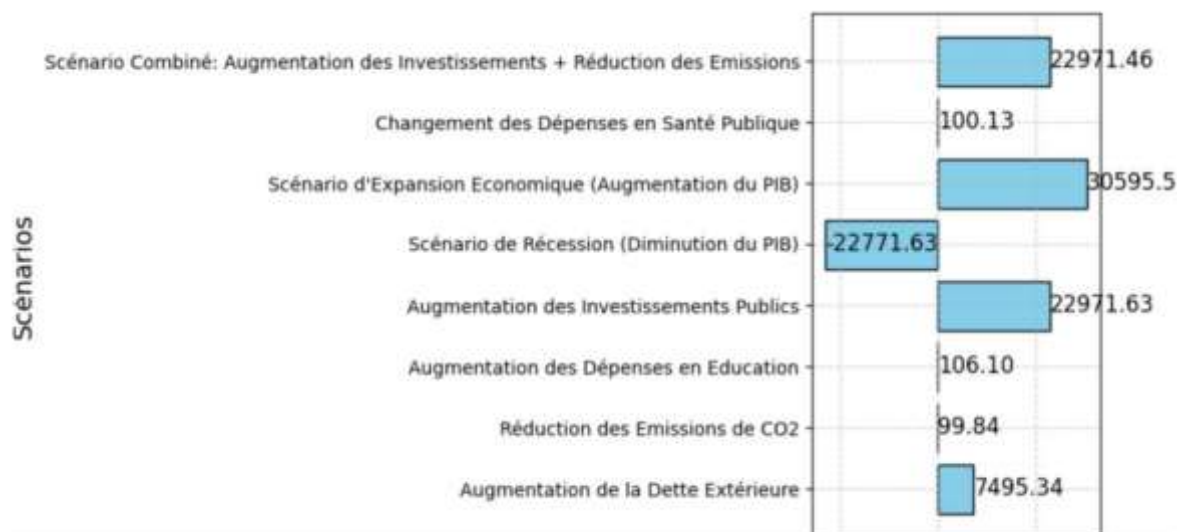
4.3. Résultats des simulations

Les résultats des simulations des différents scénarios mettent en lumière de manière claire et précise les dynamiques potentielles entre la dette extérieure et le développement durable, en intégrant diverses politiques économiques et événements internes.

Dans un premier temps, nous présenterons les résultats des scénarios explorant l'impact de différentes politiques économiques et environnementales sur le développement durable. Cela permettra de comprendre comment des interventions ciblées peuvent influencer les trajectoires de durabilité à long terme.

Ensuite, nous aborderons les scénarios plus complexes, qui simulent l'évolution de la dette extérieure et son impact sur le développement durable. Cette approche nous permettra d'évaluer les implications des dynamiques de la dette dans un contexte de chocs économiques et de politiques d'investissement soutenu, offrant ainsi une vision globale des défis et des opportunités pour atteindre des objectifs de durabilité dans un environnement économique changeant.

FIGURE 23 : IMPACT DES SCENARIOS SUR LE DEVELOPPEMENT DURABLE



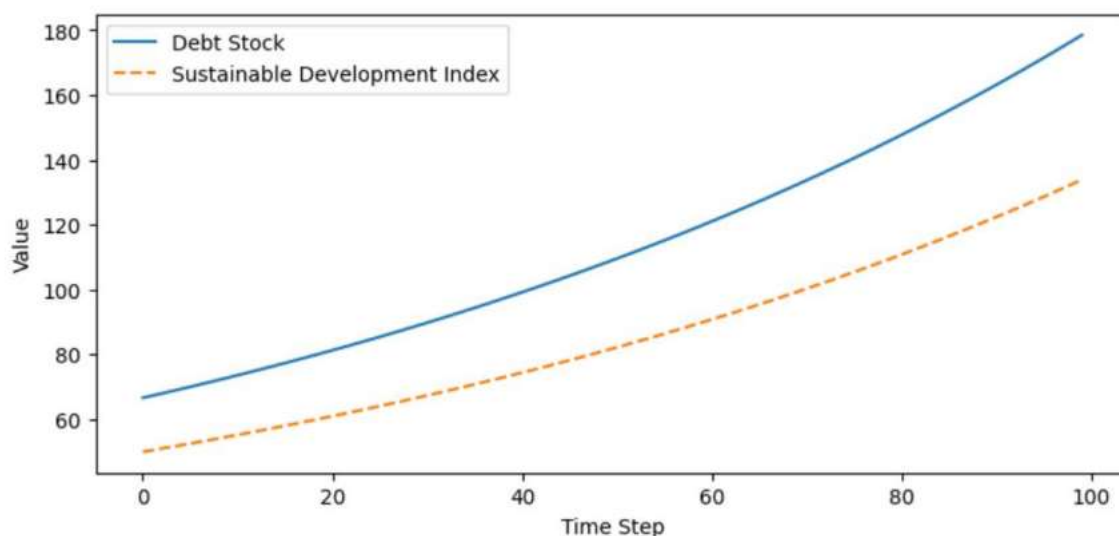
Source : Travail personnel sur Python

Tout d'abord, la Figure 23 offre une vue d'ensemble des effets de divers scénarios sur le développement durable, mesuré en termes de variation par rapport à l'année de référence 2022. Les résultats montrent des différences significatives entre les scénarios, mettant en lumière les impacts contrastés des différentes politiques économiques. Par exemple, le scénario d'expansion économique, qui simule une augmentation de 20 % du PIB, montre le plus grand impact positif sur le développement durable, avec une augmentation notable de cet indicateur. En revanche, le scénario de récession, marqué par une diminution du PIB de 15 %, entraîne une réduction substantielle du développement durable, illustrant la vulnérabilité de ce dernier face aux contractions économiques.

La figure permet également de visualiser les résultats d'un scénario combiné, où l'augmentation des investissements publics est couplée à une réduction des émissions de CO2 de 20 %. Ce scénario montre une amélioration significative du développement durable, comparable à celle observée dans le scénario d'expansion économique. Cela met en évidence la synergie positive entre les politiques économiques et environnementales. D'autres scénarios, tels que l'augmentation des dépenses en éducation et en santé, montrent des impacts plus modestes mais néanmoins positifs, soulignant l'importance des investissements sociaux pour soutenir une croissance durable. Ces résultats illustrent l'importance de choisir judicieusement les politiques économiques et environnementales pour maximiser les bénéfices en termes de développement durable. Ils montrent également que les effets des politiques peuvent être complexes et interdépendants, comme en témoigne le scénario combiné.

Par conséquent, ces simulations fournissent des informations précieuses pour les décideurs, en leur permettant de comparer l'efficacité relative de différentes approches et de prendre des décisions éclairées en faveur d'un développement durable à long terme.

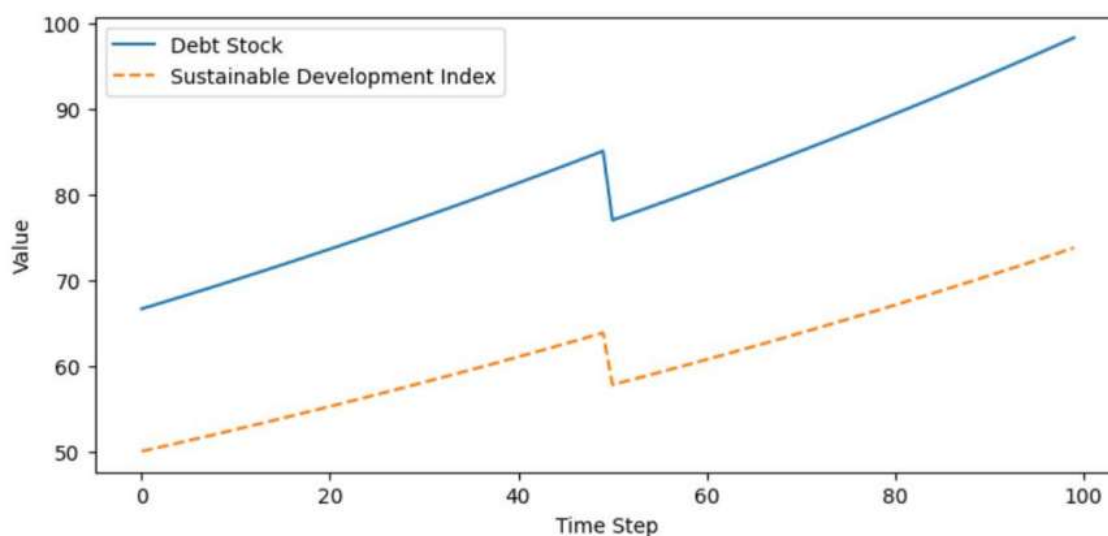
FIGURE 24 : RESULTATS DU SCENARIO « CROISSANCE MODEREE »



Source : Travail personnel sur Python

La Figure 24 se concentre sur le Scénario : Croissance Modérée, où les courbes montrent une augmentation régulière et progressive tant pour le stock de la dette que pour l'indice de développement durable. Dans ce scénario, les deux variables augmentent de manière quasi parallèle, suggérant que, dans un contexte de croissance stable, la dette et le développement durable peuvent évoluer de manière synchronisée, sans perturbations majeures. Ce résultat peut être interprété comme un scénario de base où les risques sont limités et où les politiques économiques conduisent à une amélioration continue et contrôlée des indicateurs économiques et sociaux. Ce scénario met en lumière l'importance d'une gestion prudente de la dette dans un environnement économique stable pour soutenir une trajectoire de développement durable.

FIGURE 25 : RESULTATS DU SCENARIO « CHOC ECONOMIQUE »

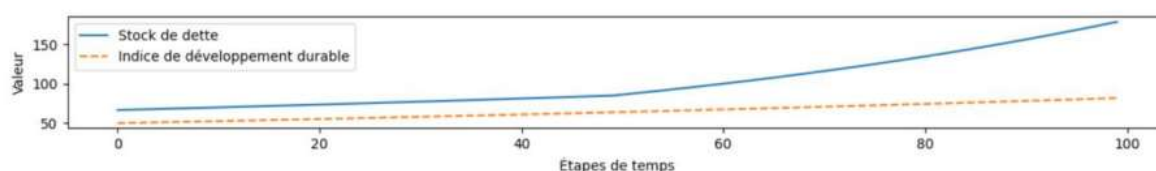


Source : Travail personnel sur Python

En contraste, la Figure 25 présente les résultats du Scénario : Choc Economique. Ici, les résultats montrent une interruption soudaine à mi-parcours (à $t=50$), marquée par une chute simultanée du stock de la dette et de l'indice de développement durable. Cette chute reflète l'impact immédiat d'un choc économique majeur. Cependant, après cette perturbation initiale, les deux variables reprennent une trajectoire de croissance, bien que sur une pente légèrement plus modérée par rapport à leur tendance avant le choc. Cette figure illustre bien la résilience du système économique : malgré une perturbation initiale, il existe un potentiel de reprise. Cette reprise, cependant, pourrait nécessiter des interventions politiques spécifiques pour renforcer la résilience à long terme et minimiser les impacts négatifs des chocs économiques sur le développement durable. Ce scénario met en lumière l'importance de stratégies de résilience dans les politiques économiques, pour assurer une reprise durable après des crises économiques imprévues.

Ces simulations illustrent non seulement la dynamique entre la dette extérieure et le développement durable, mais également comment ces relations peuvent être influencées par des événements économiques imprévus. Elles démontrent l'utilité de scénarios prospectifs dans la planification économique et l'élaboration de politiques pour assurer un développement durable à long terme.

FIGURE 26 : RESULTATS DU SCENARIO « INVESTISSEMENT SOUTENU »

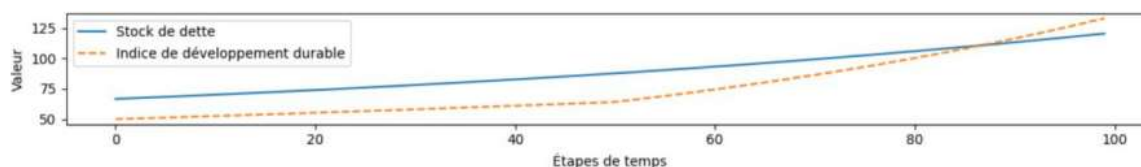


Source : Travail personnel sur Python

Dans un scénario où une augmentation progressive des investissements est simulée, les résultats montrent une accélération notable du stock de la dette, particulièrement après un certain seuil temporel, indiquant l'effet cumulatif des investissements additionnels. Cependant, l'indice de développement durable n'augmente que de manière modérée, suggérant que les avantages en termes de durabilité nécessitent plus de temps pour se matérialiser. Cela souligne l'importance de la planification à long terme dans les politiques d'investissement. Si les investissements publics peuvent effectivement stimuler la croissance économique, ils doivent être accompagnés d'une gestion prudente de la dette pour éviter les déséquilibres macroéconomiques.

Ce scénario montre que sans une stratégie rigoureuse, les efforts pour stimuler les investissements risquent de se traduire par une augmentation disproportionnée de la dette, ce qui pourrait compromettre les gains attendus en matière de durabilité.

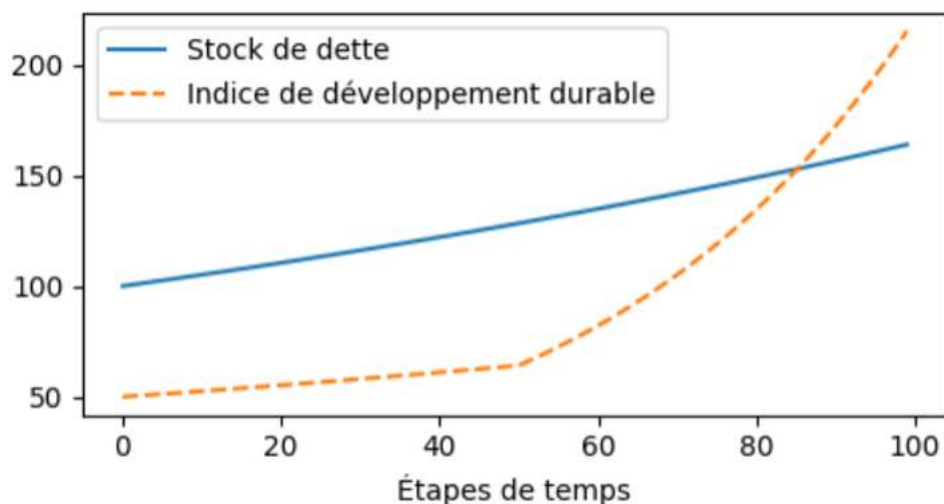
FIGURE 27 : RESULTATS DU SCENARIO « REAJUSTEMENT BUDGETAIRE »



Source : Travail personnel sur Python

La figure 27 illustre les résultats d'un autre scénario qui envisage une approche budgétaire proactive, où une augmentation progressive du stock de la dette est couplée à un effet retardé mais positif sur l'indice de développement durable. Les résultats suggèrent que, bien que cette stratégie puisse renforcer la durabilité à long terme, elle entraîne également une augmentation continue du stock de la dette. Ce scénario met en lumière le défi complexe de trouver un équilibre entre la gestion de la dette et les efforts pour stimuler le développement durable. L'efficacité d'une politique budgétaire proactive repose donc sur la capacité à optimiser les gains en termes de durabilité tout en maintenant une dette soutenable.

FIGURE 28 : : RESULTATS DU SCENARIO « INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES »



Source : Travail personnel sur Python

La figure 28 apporte une perspective complémentaire en simulant l'effet des innovations technologiques sur la relation entre la dette extérieure et le développement durable. Contrairement aux scénarios précédents, où la croissance du développement durable suivait un rythme linéaire ou modéré, ce scénario montre une accélération exponentielle du SDI après une phase initiale de stabilisation. Les résultats révèlent que, bien que le stock de la dette continue d'augmenter, l'indice de développement durable croît à un rythme beaucoup plus rapide. Cette divergence indique le potentiel transformateur des innovations technologiques lorsqu'elles sont pleinement intégrées dans les stratégies économiques et environnementales.

Une autre simulation a été conçue pour modéliser les effets de chocs économiques négatifs, définis comme une réduction de 15 % du stock de la dette. Ces chocs ont été introduits à différents moments de la période de simulation, afin d'examiner l'effet du timing du choc sur les résultats. En parallèle, l'introduction d'innovations technologiques a été simulée pour voir comment ces innovations pourraient compenser ou amplifier les effets des chocs économiques. L'impact des innovations a été varié en termes d'intensité, allant de faibles à fortes, pour explorer leur potentiel à stimuler le développement durable après un choc.

L'analyse des résultats révèle que les chocs économiques de -15 % sur le stock de la dette et l'indice de développement durable (SDI) ont des effets notables, surtout lorsqu'ils sont introduits à différents moments de la période de simulation. Lorsqu'un choc économique est introduit dès la 10e étape (timing précoce), il en résulte une baisse immédiate du stock de la dette, suivie d'une reprise progressive. Cette reprise reste toutefois modérée, et le stock de la

dette continue d'augmenter à un rythme plus lent. Parallèlement, l'introduction d'innovations technologiques après le choc montre un effet compensatoire significatif sur le SDI. Plus l'impact des innovations est élevé, plus la courbe du SDI s'élève rapidement, indiquant ainsi que l'introduction d'innovations peu après un choc peut atténuer les effets négatifs sur le développement durable.

En revanche, lorsque le choc économique est introduit à la 30e étape (timing intermédiaire), une perturbation similaire se manifeste dans la courbe de la dette, suivie également d'une reprise. Toutefois, comparé à un choc plus précoce, la reprise est plus prononcée, suggérant que l'économie a eu plus de temps pour se stabiliser avant que le choc ne survienne. Le SDI montre également une reprise après le choc, avec une croissance accélérée grâce aux innovations technologiques. Les résultats démontrent que, même si le timing du choc est retardé, l'effet des innovations reste puissant pour compenser les impacts négatifs.

Les résultats mettent également en lumière le rôle crucial des innovations technologiques dans la reprise et l'accélération du développement durable après un choc économique. Quelle que soit la période du choc, l'introduction d'innovations a un effet transformateur sur le SDI. Cependant, cet impact varie en fonction de la force des innovations. Lorsque l'impact des innovations est relativement faible (0.01 à 0.02), le SDI reprend une trajectoire ascendante, mais à un rythme modéré. Cela indique que des innovations modestes peuvent stabiliser la situation, mais ne suffisent pas à surmonter complètement l'impact d'un choc économique important. En revanche, avec un impact d'innovation plus fort (0.03 à 0.05), le SDI non seulement récupère rapidement, mais dépasse également son niveau initial. Cela suggère que des investissements substantiels dans les technologies peuvent compenser les chocs économiques et accélérer significativement le développement durable.

Ces analyses doivent également être mises en perspective avec d'autres scénarios présentés précédemment, tels que ceux où l'impact de politiques environnementales strictes ou d'une combinaison d'investissements publics et de réduction des émissions de CO₂ a été exploré. Par exemple, les scénarios où l'augmentation des investissements publics est couplée à des réductions des émissions montrent une amélioration significative du développement durable, comparable aux gains observés dans les contextes d'expansion économique. De même, les scénarios axés sur l'augmentation des dépenses en éducation et en santé, bien que présentant des impacts plus modestes, démontrent également leur importance pour soutenir une croissance durable.

L'ensemble de ces scénarios offre une vue d'ensemble complète sur les dynamiques potentielles entre la dette extérieure et le développement durable. Ils montrent clairement que, bien que certaines stratégies puissent apporter des bénéfices durables à long terme, elles doivent être accompagnées d'une gestion prudente de la dette pour éviter des déséquilibres économiques. En parallèle, les résultats suggèrent que les chocs économiques peuvent avoir des effets perturbateurs majeurs, mais que des politiques bien planifiées peuvent atténuer ces impacts et soutenir une reprise plus solide. Enfin, les scénarios combinant des politiques économiques et environnementales montrent des synergies importantes qui peuvent maximiser les bénéfices durables. Ces simulations fournissent ainsi une base solide pour anticiper les défis futurs et pour concevoir des politiques qui soutiennent un développement durable tout en minimisant les risques financiers.

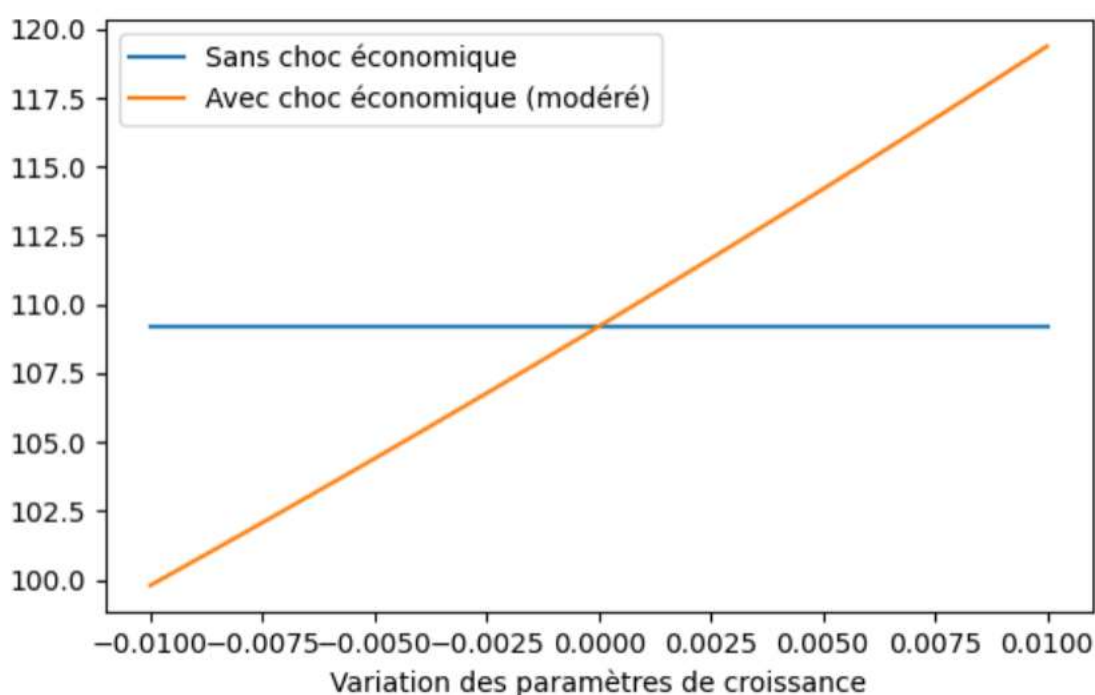
4.4. Analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité est un outil essentiel dans la modélisation de la dynamique des systèmes, en particulier lorsqu'il s'agit d'évaluer la robustesse des résultats face aux incertitudes ou aux variations des paramètres du modèle. Elle permet de déterminer dans quelle mesure les résultats du modèle sont affectés par des changements dans les paramètres clés, ce qui est crucial pour garantir la validité des conclusions tirées.

Dans le cadre de cette étude, l'analyse de sensibilité se concentre sur deux paramètres principaux : l'impact des chocs économiques et les innovations technologiques. Cette analyse est cruciale pour évaluer la robustesse du modèle et pour identifier les conditions sous lesquelles les résultats du modèle sont les plus sensibles. Cela permet également de guider les décideurs politiques sur les interventions nécessaires pour maintenir la stabilité économique et promouvoir le développement durable.

Les figures ci-dessous présentent les résultats de l'analyse de sensibilité du stock de la dette et du SDI par rapport à des variations des paramètres de croissance économique, en comparant les scénarios avec et sans choc économique modéré.

FIGURE 29 : SENSIBILITE DU STOCK DE LA DETTE



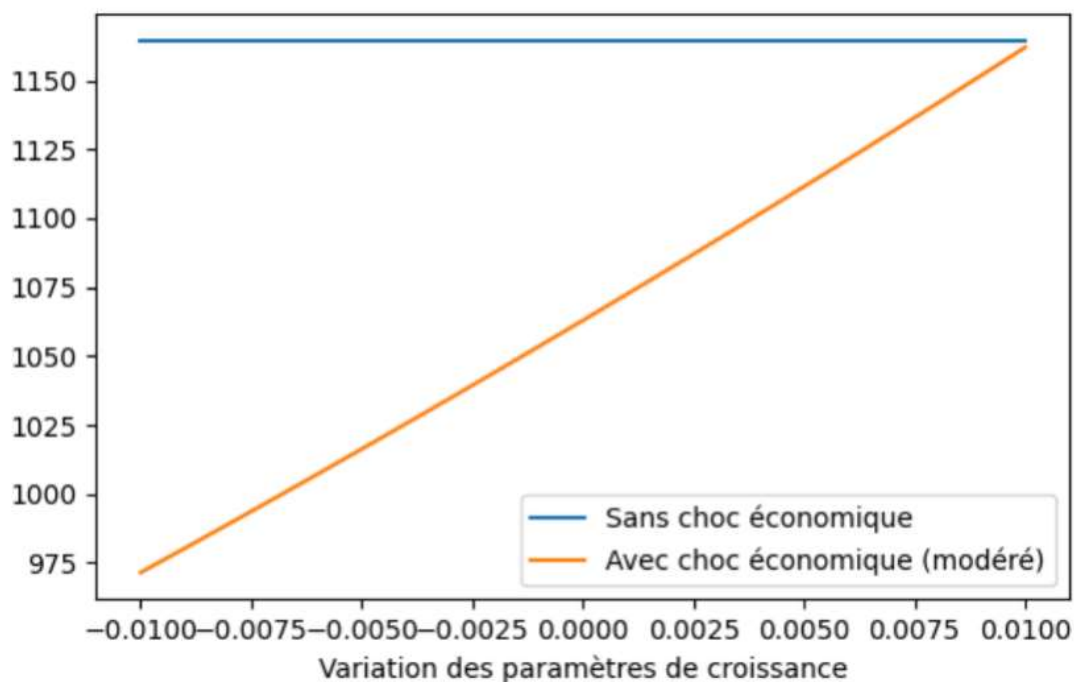
Source : Travail personnel sur Python

La figure 29 montre clairement que dans le scénario sans choc économique, le stock de la dette reste stable, quelle que soit la variation des paramètres de croissance. La courbe horizontale indique une insensibilité aux petites variations des paramètres, ce qui suggère que dans un contexte économique stable, les variations mineures n'ont pas d'impact significatif sur la dette extérieure. Cela témoigne d'une certaine robustesse du système en l'absence de perturbations externes.

En revanche, lorsque l'économie subit un choc modéré, la sensibilité du stock de la dette augmente de manière significative. La courbe ascendante montre que le stock de la dette

devient fortement dépendant des variations des paramètres de croissance. Cette sensibilité accrue souligne l'importance de surveiller et de gérer attentivement les paramètres économiques en période de perturbation, car de petites variations peuvent entraîner des conséquences disproportionnées sur l'endettement.

FIGURE 30 : SENSIBILITE DE L'INDICE DE DEVELOPPEMENT DURABLE



Source : Travail personnel sur Python

De manière similaire, la sensibilité de l'indice de développement durable (SDI) montre une différence marquée entre les scénarios avec et sans choc économique. Dans un environnement stable, le SDI reste constant, indiquant une insensibilité aux variations des paramètres de croissance. Cela suggère que le système est capable de maintenir son niveau de développement durable même en présence de légères fluctuations économiques.

Cependant, en présence d'un choc économique modéré, le SDI devient sensible aux variations des paramètres de croissance, comme en témoigne la pente ascendante de la courbe. Cela révèle que le développement durable est vulnérable aux perturbations économiques, et que des interventions politiques spécifiques pourraient être nécessaires pour stabiliser ou améliorer le SDI en période de crise.

5. Recommandations

Les résultats de nos simulations mettent en évidence la nécessité de développer des politiques économiques qui gèrent de manière efficace la dynamique entre la dette extérieure et le développement durable.

Une approche équilibrée et stratégique est essentielle pour assurer que les initiatives de croissance économique soutenue ne se traduisent pas par une augmentation insoutenable de la dette, tout en favorisant des améliorations significatives dans les indicateurs de développement durable. Nous recommandons la mise en œuvre de politiques qui stimulent non seulement l'investissement dans les secteurs clés de l'économie mais aussi la mise en

place de mécanismes de contrôle de l'endettement. Ces mesures doivent être accompagnées d'une surveillance rigoureuse pour prévenir les risques de dérapage financier.

En outre, les simulations ont démontré l'importance cruciale de disposer de mécanismes de résilience économique robustes. La création de fonds de réserve et de mécanismes de stabilisation financière s'avère indispensable pour atténuer les effets négatifs des chocs économiques sur la dette et le développement durable. Ces fonds permettraient de répondre rapidement et efficacement en cas de crise économique, protégeant ainsi les progrès réalisés en matière de développement durable tout en maintenant la dette à un niveau gérable.

Par ailleurs, il est clair que les investissements initiaux, bien qu'ils puissent accroître la dette à court terme, sont essentiels pour réaliser des gains à long terme en termes de durabilité. Il est donc crucial de planifier ces investissements de manière stratégique, en s'assurant que les fonds soient alloués à des projets qui maximisent les retours en termes de durabilité économique et environnementale. Une politique d'investissement judicieuse et bien ciblée permettrait non seulement de stimuler la croissance économique mais aussi de garantir que les avantages du développement durable soient réalisés sans compromettre la stabilité financière future.

De plus, adopter une approche proactive en matière de réajustement budgétaire est crucial. Cela implique une révision régulière des politiques fiscales et budgétaires pour garantir qu'elles soutiennent efficacement la gestion de la dette et les objectifs de développement durable. En ajustant de manière proactive la composition de la dette et en renforçant les politiques qui favorisent le développement durable, il est possible de créer un environnement économique plus résilient et plus vert.

Enfin, l'intégration des innovations technologiques dans les stratégies économiques doit être maximisée pour tirer pleinement parti de leur potentiel transformateur. Les technologies qui améliorent l'efficacité énergétique, réduisent les coûts et minimisent les impacts environnementaux devraient être une priorité. En exploitant ces innovations, il est possible de stimuler la croissance économique tout en réduisant la dépendance à l'égard des emprunts extérieurs, créant ainsi un cercle vertueux de développement économique et de durabilité.

En résumé, une gestion stratégique et éclairée de la dette, combinée à des investissements judicieux et à l'exploitation des technologies innovantes, est cruciale pour atteindre un équilibre optimal entre le développement économique et la durabilité. Ces recommandations, basées sur des analyses approfondies de nos simulations, offrent un cadre solide pour la formulation de politiques économiques qui non seulement répondent aux défis immédiats mais préparent également le terrain pour une prospérité durable.

CONCLUSION DU CHAPITRE

En conclusion, ce chapitre empirique a mis en lumière les interactions complexes entre le développement durable et la dette extérieure à travers une approche méthodologique rigoureuse. L'utilisation conjointe de l'analyse en composantes principales, de la modélisation par équation structurelle, et de la dynamique des systèmes nous a permis de dépasser les limites des analyses traditionnelles en intégrant les nuances et les interdépendances des variables étudiées.

Les tests de Shapiro-Wilk et les calculs du VIF ont révélé des défis statistiques, conduisant à des ajustements méthodologiques critiques, notamment l'adoption de la PCA pour contourner la multicolinéarité. Le modèle SEM a enrichi notre compréhension en

modélisant le développement durable comme une variable latente, illustrant son impact et sa réactivité face aux variations de la dette extérieure.

L'application de la dynamique des systèmes a ajouté une dimension supplémentaire à notre analyse, en simulant les scénarios futurs et en offrant une perspective plus dynamique et prédictive sur les politiques économiques et environnementales. Cette approche a permis de proposer des stratégies plus robustes et adaptatives pour les décideurs, en tenant compte des trajectoires à long terme du développement durable et de la gestion de la dette.

En résumé, ce chapitre n'a pas seulement répondu à des questions importantes, mais a également ouvert la voie à des recherches futures pour explorer plus avant les liens entre développement économique et environnemental. Les méthodes et découvertes présentées ici soulignent la nécessité d'une analyse intégrée et multidimensionnelle pour aborder les défis globaux auxquels nos sociétés sont confrontées.

CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire s'articule autour de deux objectifs majeurs : d'une part, analyser la relation entre la dette extérieure et le développement durable en Tunisie ; d'autre part, comprendre les interactions complexes entre ces deux dimensions à travers l'utilisation d'outils de modélisation modernes, tels que les équations structurelles (SEM) et la dynamique des systèmes. Notre démarche est motivée par l'urgence d'évaluer les effets à long terme de la dette extérieure sur la capacité du pays à maintenir un développement durable.

La dette extérieure joue un rôle crucial dans le financement des projets de développement, notamment dans des domaines clés comme les infrastructures, qui sont essentiels pour soutenir la croissance économique et améliorer les conditions de vie. Toutefois, elle s'accompagne également de défis significatifs, parmi lesquels la dépendance économique accrue et les contraintes budgétaires. Ces défis soulèvent des questions quant à la manière dont la dette extérieure peut, à la fois, soutenir et potentiellement freiner les efforts de développement durable.

Dans notre analyse, nous avons d'abord ancré notre réflexion dans le cadre théorique du développement durable, en mettant en lumière les dimensions économiques, sociales et environnementales qui le composent. Ensuite, nous avons utilisé des outils de modélisation, tels que les équations structurelles et la dynamique des systèmes, pour explorer les interactions entre la dette extérieure et le développement durable. Ces approches nous ont permis de révéler les relations complexes et les boucles de rétroaction qui influencent la manière dont la dette extérieure impacte les différents aspects du développement durable en Tunisie.

Les résultats de nos analyses indiquent que, sous certaines conditions, la dette extérieure peut effectivement contribuer positivement aux objectifs de développement durable. Elle permet de financer des projets d'infrastructure essentiels et de soutenir la croissance économique. Cependant, ces bénéfices sont accompagnés de risques, en particulier lorsque la dette n'est pas utilisée de manière stratégique. Une accumulation excessive ou une utilisation inefficace de la dette peut compromettre les avantages à long terme, en exacerbant les vulnérabilités économiques du pays.

Ainsi, notre étude souligne l'importance d'une approche équilibrée et proactive dans l'utilisation de la dette extérieure. Lorsqu'elle est exploitée de manière judicieuse, elle peut devenir un puissant levier pour accélérer les progrès vers un développement durable. Néanmoins, il est impératif de rester vigilant face aux risques liés à une dépendance excessive à cette source de financement. Par conséquent, il est essentiel que les autorités tunisiennes continuent d'évaluer attentivement l'impact de la dette extérieure, en tenant compte des considérations de durabilité dans leurs stratégies économiques et financières.

En conclusion, ce travail met en lumière la nécessité de repenser l'utilisation de la dette extérieure dans le cadre d'une stratégie globale de développement durable. Cette approche doit permettre de maximiser les bénéfices économiques tout en minimisant les risques, assurant ainsi un développement harmonieux et résilient pour la Tunisie.

BIBLIOGRAPHIE

Livres et articles

Arjaliès, D.-L. (2014). Le mouvement de l'Investissement Socialement Responsable : une mise en perspective historique.

Arjaliès, D.-L. Qu'est-ce que l'Investissement Socialement Responsable ?

Charnoz, O., & Severino, J.-M. (2007). Titre du livre ou de l'article si disponible.

Gianinazzi, A. (2018). Titre du livre ou de l'article si disponible.

Mourre, M.-L. La modélisation par équations structurelles basée sur la méthode PLS : une approche intéressante pour la recherche en marketing.

Petit, A. (2009).

Lane, D. C., & Sterman, J. D. (2011).

Goodman, R. (1974).

Arnold, R. D., & Wade, J. P. (2015).

Senge, P. M. (1990).

Diemer, A., Sourgou, O., Chan, L., & Pedercini, M. (2022).

Rapports et publications

BNP PARIBAS. (2023). Perspectives : La parole aux experts sur la transition écologique et sociale (Trimestriel - numéro 8, septembre 2023).

Groupe de la Banque mondiale. (2023). Rapport climat et développement.

Global Sustainable Investment Alliance (GSIA). (2022). Rapport annuel 2022.

Sustainable Stock Exchanges Initiative. Comment développer la finance verte par les bourses de valeurs.

Groupe de la Banque mondiale. Rapport sur le climat et le développement (Novembre 2023).

Sustainability-Linked Bonds: Building a High-Quality Market. (2024).

GUIDE PEDAGOGIQUE DE LA FINANCE DURABLE EDITION 2022, GROUPAMA.

Revue Francophone du Développement Durable, n° 19, Mars 2022.

Sites internet

UNICEF. Consulté le 07 mars 2024, sur <https://www.un.org/fr>

Sustainable Stock Exchanges Initiative. Consulté le 07 mars 2024, sur <https://www.cyclope.com/piliers-developpement-durable/>

AFG. Consulté le 20 mars 2024, sur <https://www.afg.asso.fr/>

Ministère de l'Environnement de Tunisie. Consulté le 20 mars 2024, sur <https://www.environnement.gov.tn/>

Dunod. Consulté le 22 juin 2024, sur <https://www.dunod.com/>

Banque Mondiale. Consulté le 22 mai 2024, sur <https://donnees.banquemondiale.org/pays/tunisie>

IMF (Fonds Monétaire International). Consulté sur <https://www.imf.org/fr/Home>

Millennium Institute. Consulté le 01 juin 2024, sur <https://isdgdoc.millennium-institute.org/fr/>

Institut National de la Statistique Tunisie. (2024). Consulté le 22 mai 2024, sur <https://www.ins.tn/>

Ministère des Finances de Tunisie. Consulté le 22 mai 2024, sur <http://www.finances.gov.tn/fr/>

London Stock Exchange Group. Consulté le 10 avril 2024, sur <https://www.lseg.com/en>

FTSE Russell. Consulté le 10 avril 2024, sur <https://www.lseg.com/en/ftse-russell>

Novethic. Consulté le 03 mars 2024, sur <https://www.novethic.fr/>

ANNEXES

Annexe 1 : Code Python pour le Test de Normalité de Shapiro-Wilk

```
[ ] import numpy as np
    from scipy.stats import shapiro
    # Test de Shapiro-Wilk pour chaque variable quantitative
    for column in data.select_dtypes(include=[np.number]).columns:
        stat, p = shapiro(data[column])
        print(f'Normalité de {column}: Stat={stat}, p-value={p}')
```

Annexe 2 : Code Python pour le Calcul du Facteur d'Inflation de la Variance

```
[ ] import numpy as np
    import pandas as pd
    from statsmodels.stats.outliers_influence import variance_inflation_factor
    # Calcul du VIF (Facteur d'Inflation de la Variance)
    def calculate_vif(data):
        vif_data = pd.DataFrame()
        vif_data["feature"] = data.columns
        vif_data["VIF"] = [variance_inflation_factor(data.values, i) for i in range(data.shape[1])]
        return vif_data

    numeric_data = data.select_dtypes(include=[np.number])
    vif_data = calculate_vif(numeric_data)
    print(vif_data)
```

Annexe 3 : Code Python pour l'Analyse en Composantes Principales

```
[ ] from sklearn.decomposition import PCA
    from sklearn.preprocessing import StandardScaler

    # Standardisation des données
    scaler = StandardScaler()
    data_scaled = scaler.fit_transform(data) # Assurez-vous que 'data' est votre DataFrame

    # Application de l'ACP avec un nombre correct de composantes
    pca = PCA(n_components=min(data.shape[0], data.shape[1])) # Ajustement ici
    principal_components = pca.fit_transform(data_scaled)

    # Variance expliquée
    variance_expliquee = pca.explained_variance_ratio_
    cumulative_variance = variance_expliquee.cumsum()
    n_components = (cumulative_variance < 0.95).sum() + 1
    print("Variance expliquée par chaque composante :", variance_expliquee)
    print("Variance cumulée :", cumulative_variance)
    print("Nombre de composantes nécessaires pour 95% de variance :", n_components)
```

Annexe 4 : Code Python pour la méthode SEM utilisant les Composantes Principales et la Méthode DWLS

```
[ ] import semopy as sm
# Créer un DataFrame avec les composantes principales
pc_df = pd.DataFrame(principal_components, columns=[f'PC{i+1}' for i in range(8)])
# Ajouter la variable 'Dette_Exterieur_debt_stock' au DataFrame des composantes principales
pc_df['Dette_Exterieur_debt_stock'] = data['Dette_Exterieur_debt_stock'].values
# Créer le modèle SEM en utilisant tous les indicateurs observés
model_desc = """
# Indicateurs (observés)
Developpement_Durable =~ PC1 + PC2 + PC3 + PC4 + PC5 + PC6 + PC7 + PC8

# Relations structurelles
Developpement_Durable ~ Dette_Exterieur_debt_stock
"""
# Créer et ajuster le modèle SEM
model = sm.Model(model_desc)

# Ajuster le modèle SEM en utilisant la méthode DWLS
result = model.fit(pc_df, obj='DWLS')
```

Annexe 5 : Code Python pour le scénario de base

```
[ ] import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Coefficients du modèle SEM simplifiés pour l'exemple
coefficients = {
    'debt_stock_change': 0.05 # Hypothétique, représente un taux de changement annuel de la dette
}

# Valeurs initiales
initial_values = {
    'debt_stock': 66.6453 # Initial debt stock in billions
}

# Simulation avec une modification de la dette
time_steps = 100
results = {
    'debt_stock': np.zeros(time_steps),
    'sustainable_development': np.zeros(time_steps),
}

results['debt_stock'][0] = initial_values['debt_stock']
```

Annexe 6 : Code Python pour la Simulation de Scénarios

```
[ ] resultats_scenarios = {}

for scenario, modifications in scenarios.items():
    data_scenario = df_2022.copy()
    for variable, new_value in modifications.items():
        data_scenario[variable] = new_value

# Simuler le développement durable pour ce scénario
dev_durable_scenario = simulate_with_calibrated_coeffs(data_scenario, coeffs_calibres)
resultats_scenarios[scenario] = dev_durable_scenario
```

Tables des matières

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE 1 : LE DEVELOPPEMENT DURABLE : VUE D'ENSEMBLE	3
INTRODUCTION DU CHAPITRE	4
SECTION 1 : INTRODUCTION AU DEVELOPPEMENT DURABLE	4
1. Aperçu historique des politiques environnementales et de développement	5
2. Les principes et les piliers du développement durable.....	9
SECTION 2 : LE FINANCEMENT DU DEVELOPPEMENT DURABLE.....	11
1. Les accords relatifs au financement du développement durable	11
2. Les mécanismes de financement du développement durable	12
3. Le point sur le financement du développement durable.....	15
SECTION 3 : FINANCE DURABLE ET INVESTISSEMENTS VERTS.....	16
1. Introduction à la finance durable	17
2. Cadres et normes en finance durable	19
3. Produits financiers verts et durables	21
CONCLUSION DU CHAPITRE	30
CHAPITRE 2 : ANALYSE EMPIRIQUE	31
INTRODUCTION DU CHAPITRE	32
SECTION 1 : ANALYSE DE L'ENDETTEMENT EXTERIEUR ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE EN TUNISIE	32
1. Analyse de l'endettement extérieur en Tunisie.....	32
2. le développement durable en Tunisie : Etats des lieux.....	36
SECTION 2 : LA MODELISATION PAR EQUATION STRUCTURELLE	38
1. Description et justification du choix de la méthode de modélisation	39
2. Définition des variables et sources de données	42
3. Présentation du modèle.....	44
4. Spécification, estimation du modèle et interprétation des résultats.....	50
SECTION 3 : LA DYNAMIQUE DES SYSTEMES.....	58
1. Présentation de la méthode et justification de son utilisation.....	58
2. Développement du modèle de simulation	61
3. Paramétrage du modèle	68
4. Simulation des scénarios et analyse de sensibilité.....	71
5. Recommandations	80
CONCLUSION DU CHAPITRE	81
CONCLUSION GENERALE.....	83
BIBLIOGRAPHIE	84

ANNEXES	86
----------------------	-----------