

UNIVERSITE CATHOLIQUE DE L'AFRIQUE DE
L'OUEST

INSTITUT SUPÉRIEUR DE TECHNOLOGIES ET DU
NUMÉRIQUE



THÈME :

GAZ A EFFET DE SERRE : DISTRIBUTION ET PREVISION

DISCIPLINE :

TRAVAUX PRATIQUES DE STATISTIQUES

REDIGE PAR :

DIENG Marie-Ange

Lomé - TOGO

2024

Résumé

Ce projet statistique se concentre sur l'analyse de la répartition actuelle des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère et sur la formulation de prévisions pour leur évolution future. En utilisant des méthodes statistiques avancées, notre objectif est d'identifier les tendances passées, d'évaluer les modèles actuels de distribution des GES et de développer des prévisions fiables pour les concentrations futures. Les résultats de cette analyse fourniront des informations cruciales pour orienter les politiques environnementales, les efforts de réduction des émissions et les stratégies d'adaptation au changement climatique. En comprenant mieux la dynamique des GES, nous visons à contribuer à la lutte contre le changement climatique et à promouvoir la durabilité environnementale à l'échelle mondiale.

Table des matières

Introduction	3
1 L'Effet de Serre	4
2 Les Principaux Gaz à Effet de Serre	5
3 Les Causes de l'émission des Gaz à Effet de Serre	6
4 Les effets de l'émission des Gaz à Effet de Serre	6
5 Les techniques de réduction de l'émission des gaz à effet de serre	7
6 Les Données Utilisées	7
7 Le Nuage de Point	9
8 Optimisation des Données	9
8.1 La loi de Verhulst	9
8.2 La loi Exponentielle décalée	10
8.3 Choix du modèle	12
9 Prévision ponctuelles	12
10 Prévision par intervalle de confiance	14
11 Difficultés Rencontrées	14
Conclusion	15

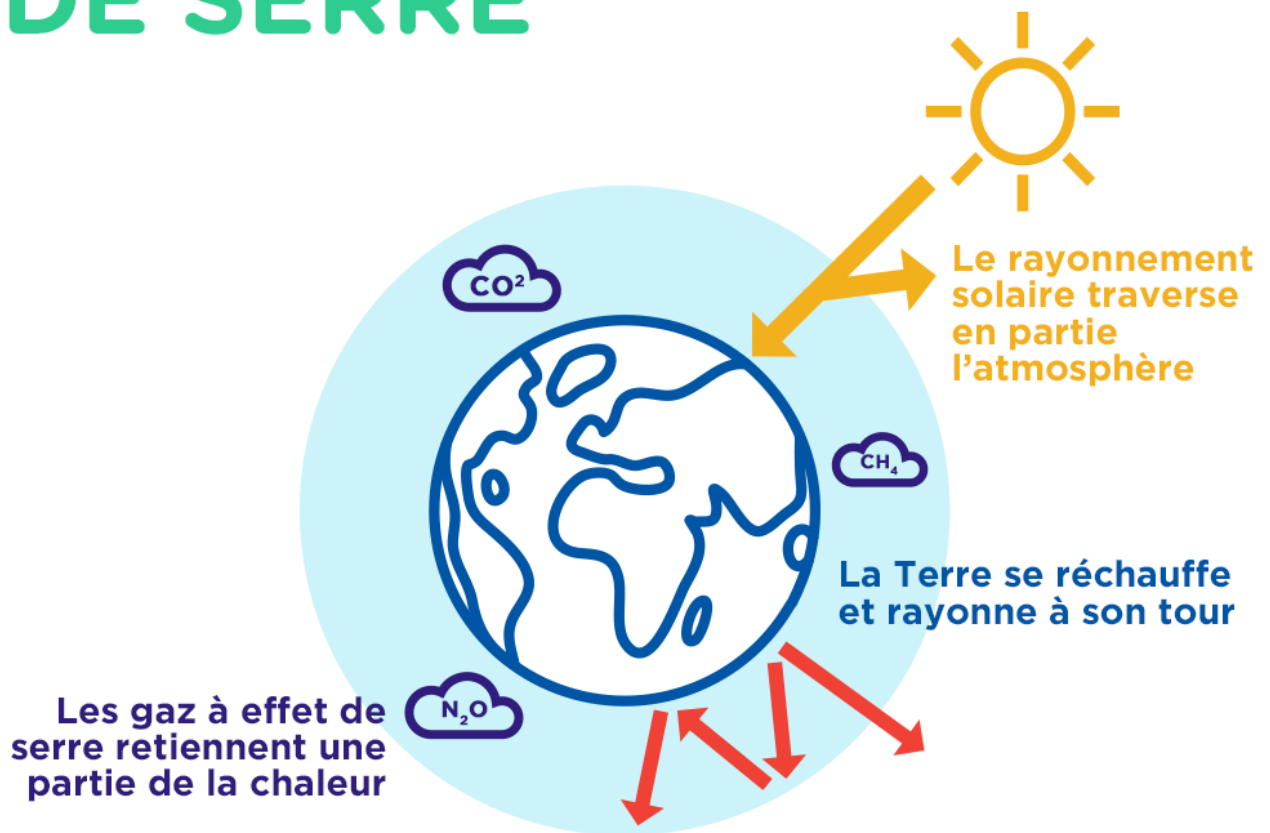
Introduction

Dans le contexte actuel de sensibilisation croissante aux défis du changement climatique, l'évaluation précise des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) revêt une importance primordiale. Ce rapport s'engage dans une démarche méthodique et rigoureuse visant à explorer la distribution probabiliste des émissions de GES à l'échelle planétaire et à élaborer des prévisions pour les années à venir. En combinant l'expertise en statistiques avancées avec des données empiriques robustes, notre objectif est de présenter une analyse approfondie et perspicace de l'évolution des émissions de GES à l'échelle mondiale.

À travers cette étude, nous cherchons à fournir des perspectives éclairantes pour les décideurs politiques, les chercheurs et les intervenants de la société civile engagés dans la lutte contre le changement climatique. En comprenant mieux la dynamique des émissions de GES, nous sommes mieux outillés pour concevoir et mettre en œuvre des politiques et des stratégies efficaces visant à réduire notre empreinte carbone, à atténuer les effets du changement climatique et à promouvoir la durabilité environnementale à l'échelle mondiale.

1 L'Effet de Serre

PRINCIPE DE L'EFFET DE SERRE



Principaux gaz à effet de serre :

- dioxyde de carbone (CO₂)
- méthane (CH₄)
- protoxyde d'azote (N₂O)

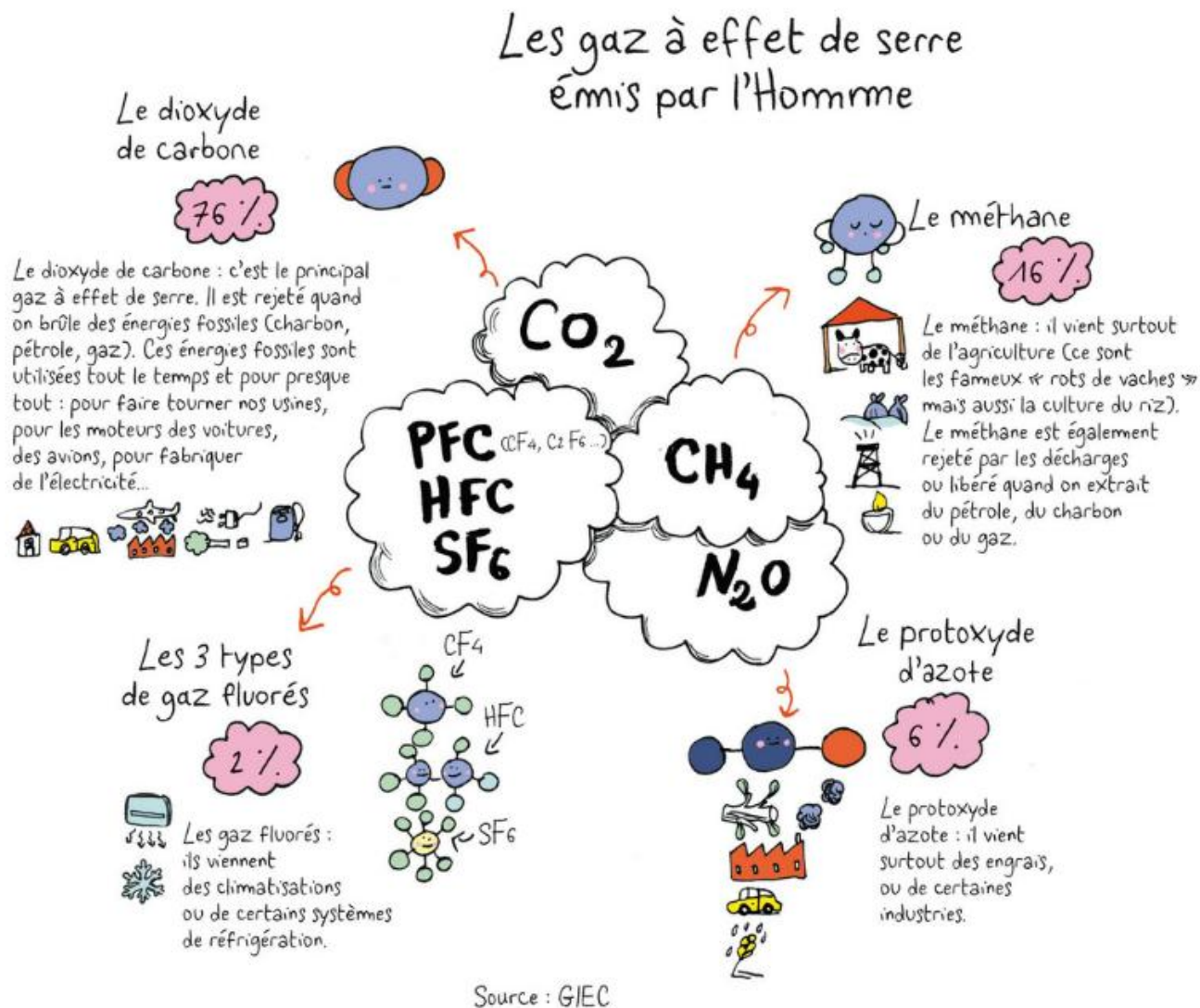
L'effet de serre [1] est un processus naturel essentiel à la régulation du climat de la Terre. Lorsque le rayonnement solaire atteint la surface de la Terre, une partie de cette énergie est absorbée et transformée en chaleur. En réponse, la Terre émet du rayonnement infrarouge de retour vers l'espace. Cependant, certains gaz présents dans l'atmosphère, tels que le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), et la vapeur d'eau, ont la capacité de piéger une partie de ce rayonnement infrarouge, agissant comme une couverture thermique autour de la planète. Cet effet de serre naturel permet de maintenir des températures relativement stables sur Terre, créant ainsi un climat propice à la vie.

Cependant, les activités humaines ont considérablement accru les concentrations de ces gaz à effet de serre dans l'atmosphère, intensifiant ainsi l'effet de serre et entraînant un réchauffement climatique supplémentaire. Ce réchauffement climatique a des conséquences profondes sur les écosystèmes, les ressources naturelles, et les communautés humaines à travers le monde, avec des impacts tels que la fonte des glaciers, l'élévation du niveau de la mer, et l'intensification des phénomènes météorologiques extrêmes.

Comprendre l'effet de serre est crucial pour aborder efficacement les défis posés par le changement climatique. En adoptant des politiques et des pratiques qui réduisent les émissions de

gaz à effet de serre et renforcent la résilience face aux changements climatiques, nous pouvons contribuer à atténuer les effets néfastes du réchauffement climatique et à préserver la santé de notre planète pour les générations futures.

2 Les Principaux Gaz à Effet de Serre



Voici une liste des principaux gaz à effet de serre [2] :

- **Le dioxyde de carbone(CO_2) :**

Le dioxyde de carbone est le principal gaz à effet de serre émis par les activités humaines, telles que la combustion des combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) et la déforestation. Il est responsable de la majeure partie du réchauffement climatique observé au cours des dernières décennies.

- **Le méthane(CH_4) :**

Le méthane est un gaz à effet de serre plus puissant que le dioxyde de carbone sur une courte période. Il est principalement produit par des processus biologiques, tels que la fermentation dans les décharges, les rizières, et les systèmes digestifs des animaux ruminants.

- **Le protoxyde d'azote(N₂O) :**

Le protoxyde d'azote est principalement émis par l'utilisation d'engrais azotés dans l'agriculture et par la combustion de combustibles fossiles. Bien que présent en quantités moindres que le CO₂, il est un gaz à effet de serre très puissant et contribue significativement au réchauffement climatique.

- **Les 3 types de gaz fluorés (Les perfluorocarbures ,Les hydrofluorocarbures,l'hexafluorure de soufre) :**

Ces gaz fluorés sont principalement utilisés dans les applications industrielles, notamment comme réfrigérants, agents gonflants dans la fabrication de mousses isolantes, et dans les équipements électriques. Bien qu'ils soient présents en quantités relativement faibles dans l'atmosphère, ils ont un potentiel de réchauffement global beaucoup plus élevé que le CO₂, les rendant particulièrement préoccupants pour le climat.

3 Les Causes de l'émission des Gaz à Effet de Serre

Les émissions de gaz à effet de serre sont principalement causées par les activités humaines qui libèrent ces gaz dans l'atmosphère. Voici les principales sources d'émissions :

1. **Combustion des combustibles fossiles :** La combustion du charbon, du pétrole et du gaz naturel pour la production d'électricité, le chauffage, les transports et l'industrie est la principale source d'émissions de dioxyde de carbone (CO₂), le gaz à effet de serre le plus abondant.
2. **Déforestation et changement d'affectation des terres :** La conversion des forêts en terres agricoles, urbaines ou industrielles entraîne la libération de CO₂ stocké dans les arbres et le sol, contribuant ainsi aux émissions de CO₂.
3. **Agriculture :** L'élevage intensif, en particulier des ruminants comme les vaches, produit du méthane (CH₄) par la fermentation entérique, tandis que l'utilisation d'engrais azotés dans l'agriculture contribue aux émissions de protoxyde d'azote (N₂O).
4. **Gestion des déchets :** La décomposition des déchets organiques dans les décharges produit du méthane, tandis que la combustion des déchets contribue également aux émissions de CO₂.
5. **Industrie :** Les processus industriels, tels que la production de ciment, d'acier et de produits chimiques, émettent également des gaz à effet de serre, notamment du CO₂ et du CH₄.

En comprenant les principales sources d'émissions de gaz à effet de serre, il devient possible de mettre en œuvre des politiques et des pratiques visant à réduire ces émissions et à atténuer les effets du changement climatique.

4 Les effets de l'émission des Gaz à Effet de Serre

L'augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES) a des répercussions significatives sur le climat et sur les écosystèmes de la planète. Voici quelques-uns des principaux effets observés :

1. **Réchauffement climatique :** L'effet de serre accru résultant de l'augmentation des GES dans l'atmosphère entraîne un réchauffement global de la planète. Cela se traduit par des températures plus élevées, des vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses, et des régimes climatiques modifiés.
2. **Fonte des glaciers et des calottes glaciaires :** Le réchauffement climatique provoque la fonte accélérée des glaciers et des calottes glaciaires dans les régions polaires et de haute montagne, contribuant à l'élévation du niveau de la mer et menaçant les écosystèmes et les communautés côtières.

3. **Élévation du niveau de la mer** : La fonte des glaces et l'expansion thermique des océans due à l'augmentation de la température entraînent une élévation du niveau de la mer, augmentant le risque d'inondations côtières et de perte d'habitats terrestres.
4. **Perturbation des écosystèmes** : Les changements climatiques rapides et souvent incontrôlés perturbent les écosystèmes terrestres et marins, entraînant des migrations d'espèces, des pertes de biodiversité et des changements dans la répartition géographique des habitats.
5. **Intensification des phénomènes météorologiques extrêmes** : Le réchauffement climatique aggrave l'intensité et la fréquence des événements météorologiques extrêmes tels que les tempêtes, les sécheresses, les inondations et les cyclones, mettant en danger les populations humaines et les infrastructures.

Ces effets interconnectés du changement climatique soulignent l'urgence d'agir pour réduire les émissions de GES et pour s'adapter aux changements climatiques déjà en cours. En adoptant des politiques et des pratiques favorables au climat, nous pouvons contribuer à atténuer ces effets néfastes et à préserver un environnement durable pour les générations futures.

5 Les techniques de réduction de l'émission des gaz à effet de serre

La lutte contre le changement climatique nécessite une action concertée à l'échelle mondiale pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et limiter ainsi leur impact sur le climat. Voici quelques moyens clés pour prévenir ces émissions [4]

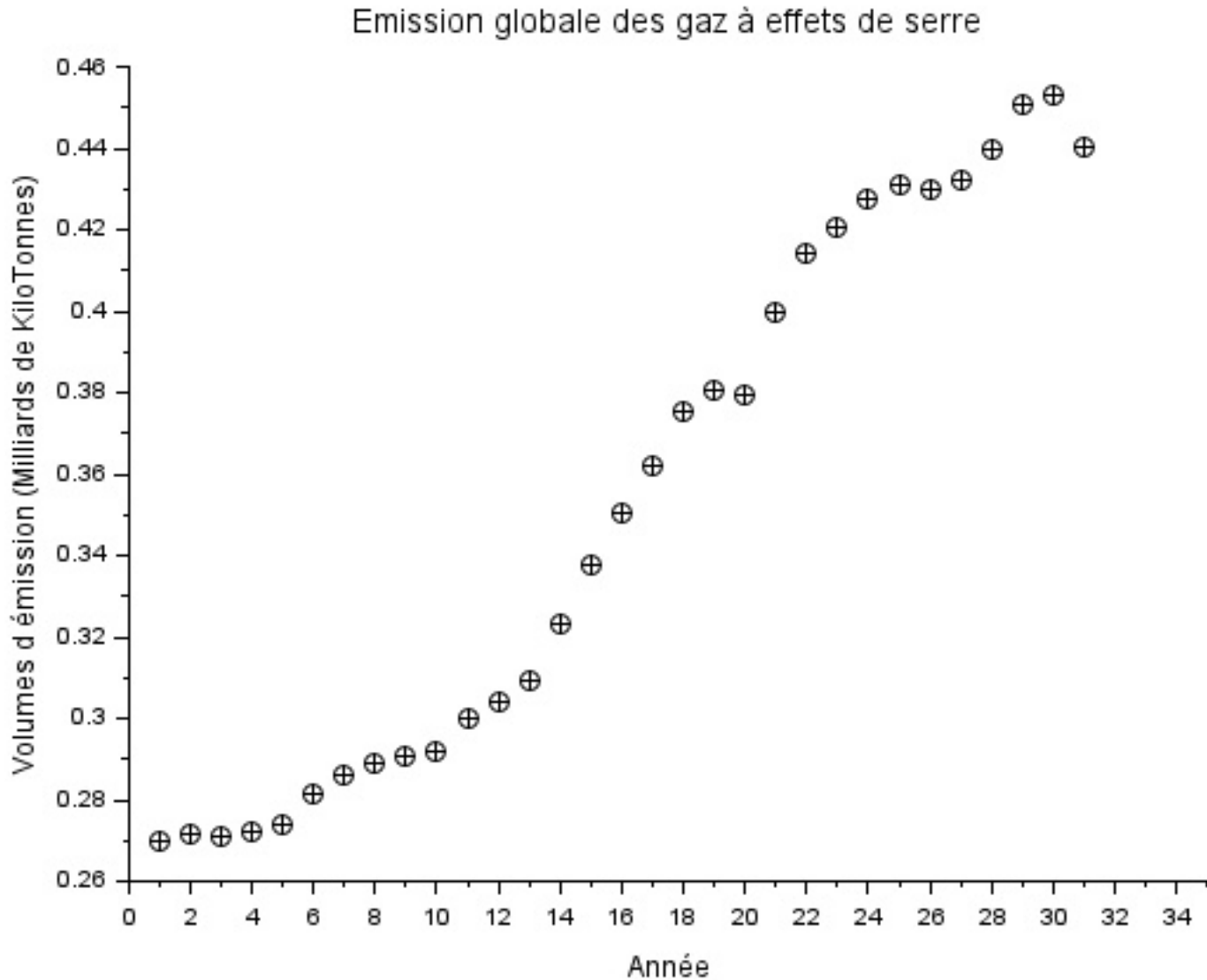
1. **Amélioration de l'efficacité énergétique** : Réduire la consommation d'énergie en améliorant l'efficacité énergétique des bâtiments, des transports et des processus industriels permet de diminuer les émissions de GES associées à la production et à l'utilisation de l'énergie.
2. **Promotion des modes de transport durables** : Encourager l'utilisation des transports en commun, du covoiturage, des vélos et des véhicules électriques permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre provenant du transport routier.
3. **Adoption de pratiques agricoles durables** : Promouvoir des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement telles que l'agroforesterie, la rotation des cultures et la gestion efficace des déchets agricoles permet de réduire les émissions de méthane et de protoxyde d'azote provenant de l'agriculture.
4. **Politiques et réglementations climatiques** : Mettre en place des politiques gouvernementales telles que les taxes sur le carbone, les quotas d'émissions et les normes d'émissions plus strictes pour les industries permet de stimuler l'innovation technologique et de réduire les émissions de GES à grande échelle.
5. **Sensibilisation et éducation** : Sensibiliser et éduquer les individus, les entreprises et les gouvernements sur les enjeux du changement climatique et sur les actions à entreprendre pour réduire les émissions de GES est essentiel pour mobiliser l'ensemble de la société pour une transition vers un avenir plus durable.

6 Les Données Utilisées

Pour ce projet, qui porte sur **les émissions de gaz à effet de serre**, nous nous sommes intéressés au monde entier. Les données ont été obtenus depuis le site des données de la banque mondiale [3] . Elles couvraient les années **1990 à 2020**, et étaient répartis par pays. Dans un premier temps, nous avons eu à faire la somme des émissions de tous les pays, pour chaque année, afin d'obtenir les émissions globales qui suivent.

Années	Volumes d'Emissions (x100.000.000 Kt)
(1)1990	2.6972432
(2)1991	2.7152639
(3)1992	2.7083223
(4)1993	2.7201146
(5)1994	2.7397243
(6)1995	2.8148513
(7)1996	2.8620318
(8)1997	2.8883922
(9)1998	2.9098949
(10)1999	2.9214491
(11)2000	2.9982920
(12)2001	3.0427811
(13)2002	3.0931889
(14)2003	3.2312386
(15)2004	3.3754542
(16)2005	3.5043552
(17)2006	3.6231789
(18)2007	3.7544510
(19)2008	3.8030557
(20)2009	3.7942989
(21)2010	3.9982723
(22)2011	4.1394148
(23)2012	4.2034207
(24)2013	4.2766277
(25)2014	4.3100339
(26)2015	4.2980090
(27)2016	4.3198290
(28)2017	4.3988658
(29)2018	4.5071473
(30)2019	4.5288281
(31)2020	4.4022023

7 Le Nuage de Point



8 Optimisation des Données

Dans cette section, nous nous plongerons dans l'exploration de la distribution probabiliste des données relatives aux émissions de gaz à effet de serre (GES). L'objectif principal est d'identifier le modèle de distribution qui correspond le mieux à ces données, permettant ainsi de mieux comprendre leur comportement et de formuler des prévisions fiables pour les années à venir. À travers des analyses statistiques rigoureuses, nous chercherons à dévoiler les tendances et les patterns sous-jacents, offrant ainsi un éclairage précieux sur la dynamique des émissions de GES et leur évolution potentielle dans le temps.

Grâce à la fonction `leastsq()`, nous avons trouvé les valeurs de nos paramètres ainsi que les erreurs de nos différents modèles.

8.1 La loi de Verhulst

La loi de Verhulst [10], est une fonction mathématique couramment utilisée pour modéliser la croissance d'une population ou d'un phénomène dans le temps.

L'équation de la loi logistique prend généralement la forme suivante :

$$f(t) = \frac{K}{1 + a * e^{-r*t}} \quad (1)$$

où :

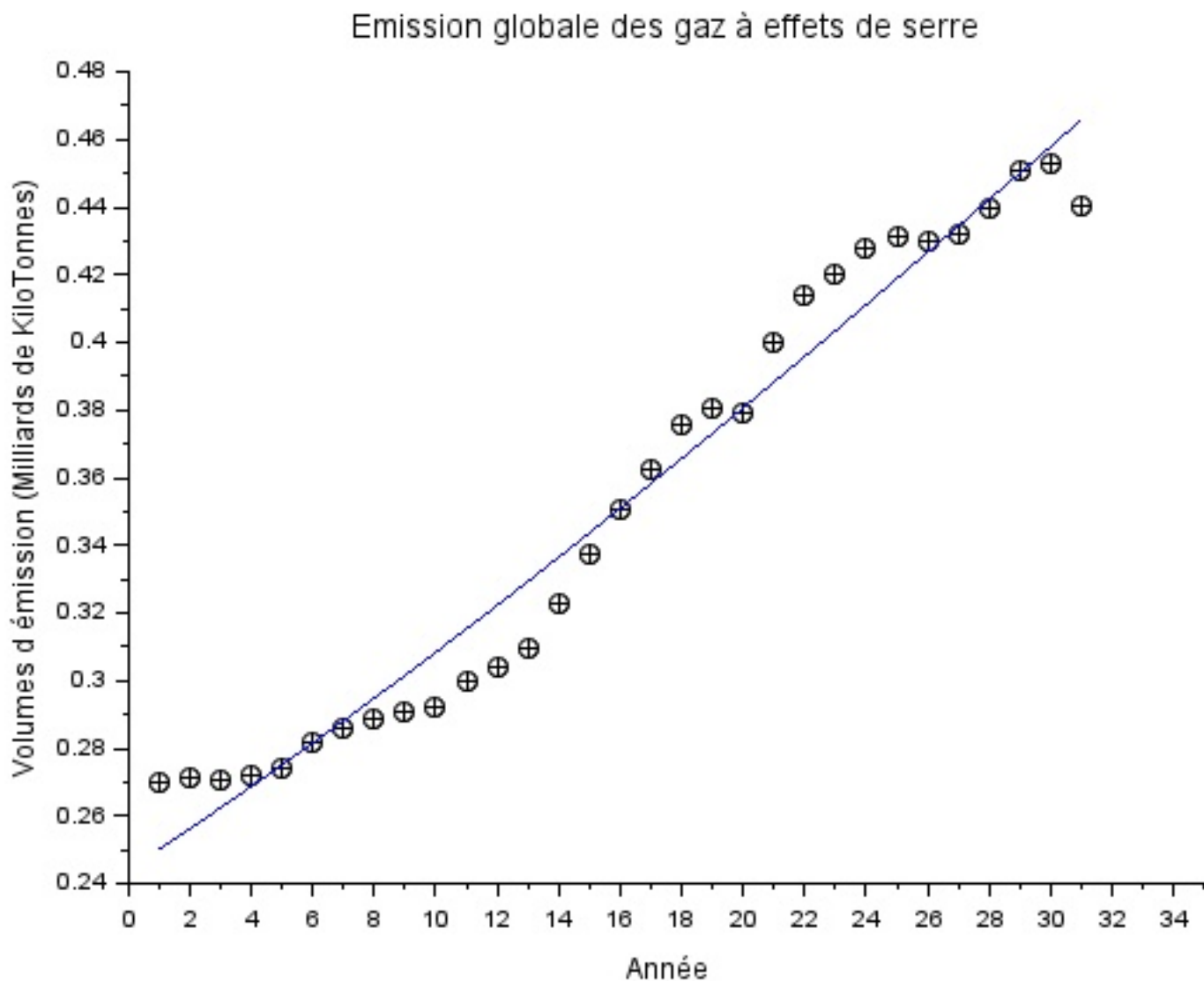
- K représente la capacité de charge, c'est-à-dire la limite supérieure que le phénomène peut atteindre.
- a est un paramètre qui représente le taux de croissance initial.
- r est le taux de croissance de la population ou du phénomène.

Valeurs des estimateurs des paramètres :

$$\hat{K}=0.9585909$$

$$\hat{a}=2.9279229$$

$$\hat{r}=0.0328335$$



8.2 La loi Exponentielle décalée

La loi exponentielle décalée est une distribution de probabilité utilisée pour modéliser des processus où la décroissance ou la croissance suit une tendance exponentielle avec un décalage initial dans le temps. Elle est souvent utilisée pour décrire des phénomènes tels que la décroissance

radioactive, la croissance des populations initialement restreintes par des facteurs limitants, ou la propagation d'une maladie dans une population.
 L'équation de la loi exponentielle décalée est la suivante :

$$f(t) = a * e^{b*(x-c)} \tag{2}$$

où :

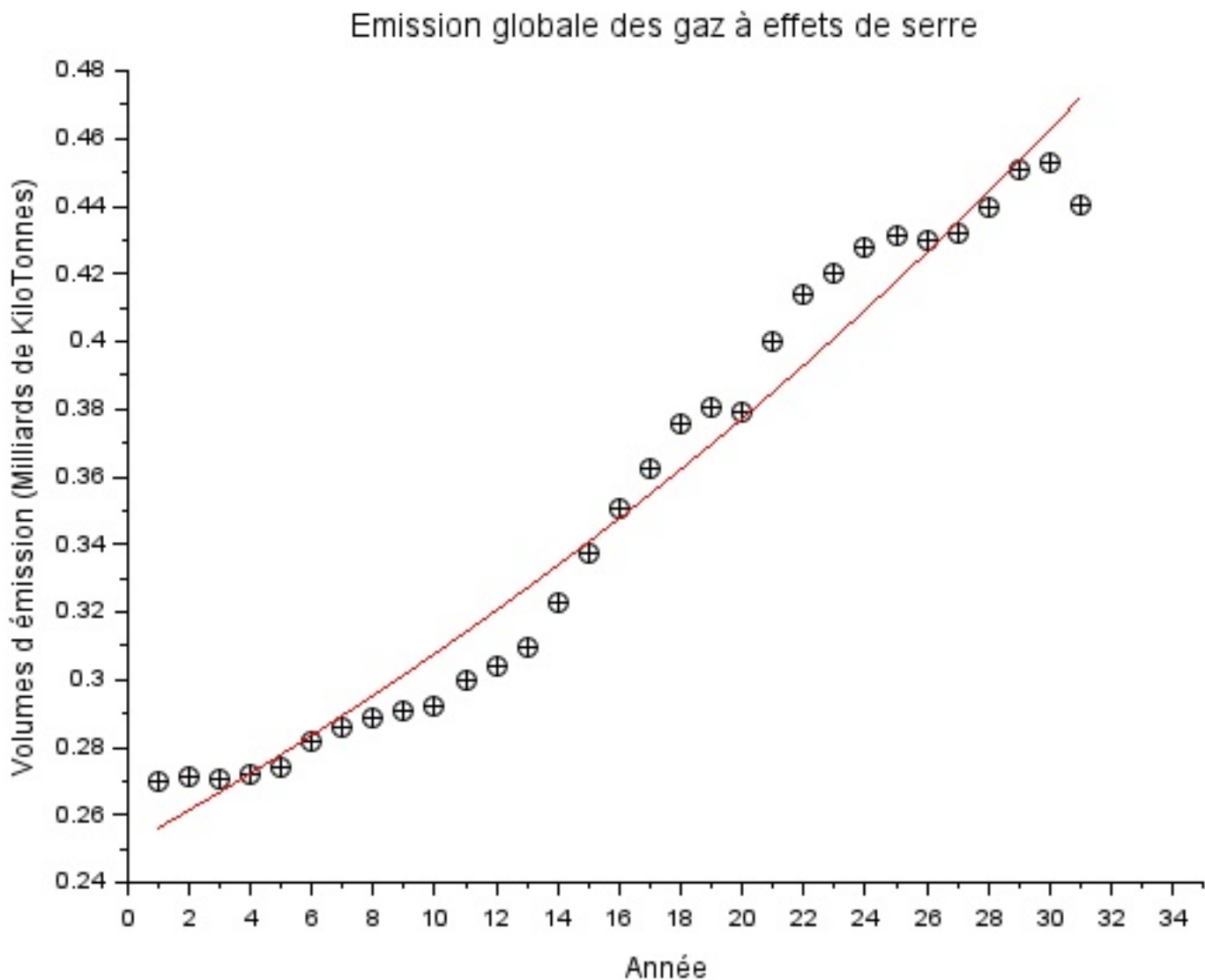
- a est un paramètre qui représente l'amplitude de la croissance ou de la décroissance.
- b est le taux de croissance ou de décroissance du phénomène.
- c est le décalage temporel par rapport à l'origine des temps.

Valeurs des estimateurs des paramètres :

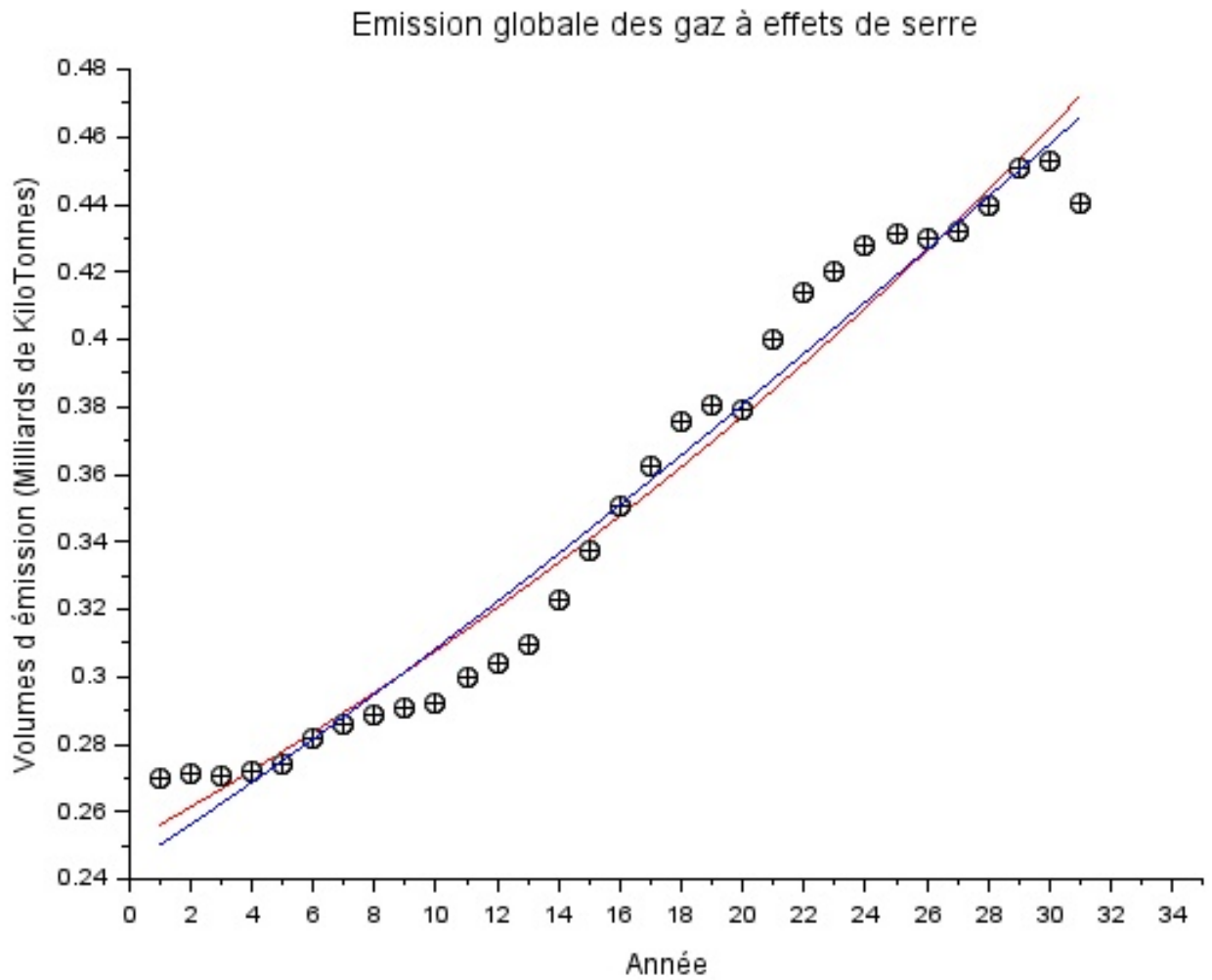
\hat{a} =0.2557597

\hat{b} =0.0203927

\hat{c} =0.9392311



8.3 Choix du modèle



Les erreurs de nos modèles :

$$R_{Verhulst}=0.0043326$$

$$R_{ExpoDec}=0.0046900$$

Par comparaison : $R_{Verhulst} < R_{ExpoDec}$ Nous choisissons donc la loi de Verhulst :

$$f(t) = \frac{K}{1 + a * e^{-r*t}} \quad (3)$$

Valeurs des estimateurs des paramètres :

$$\hat{a}=0.2557597$$

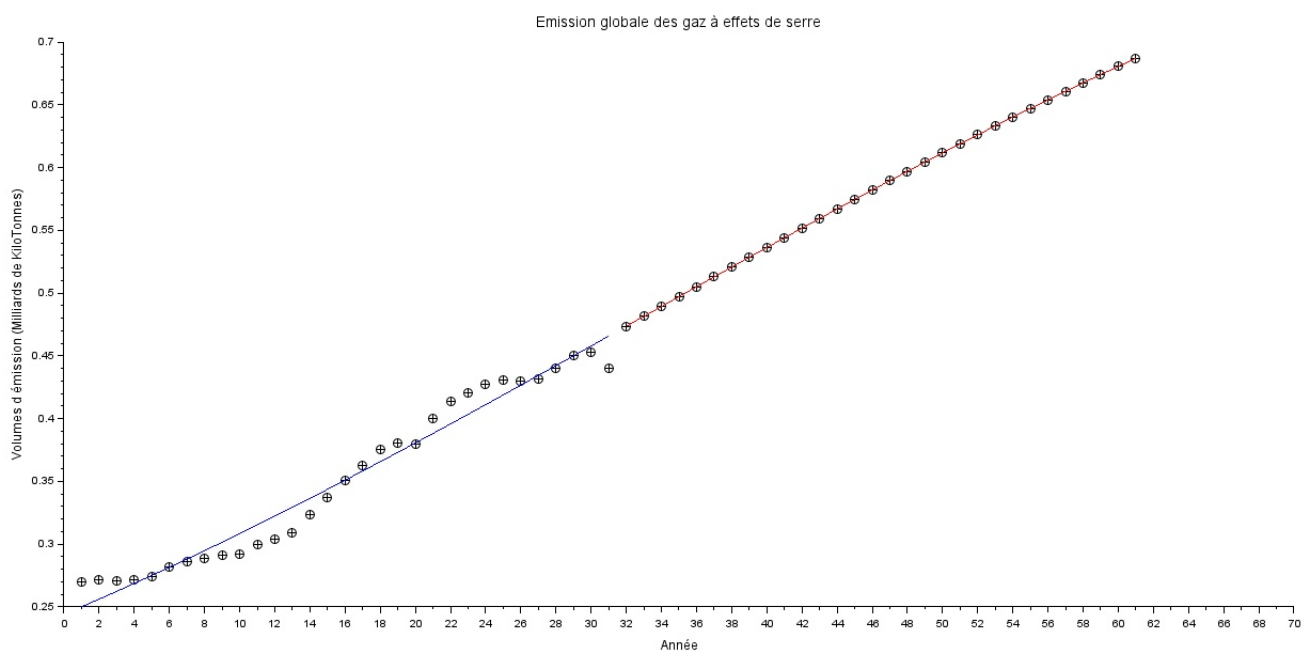
$$\hat{b}=0.0203927$$

$$\hat{c}=0.9392311$$

9 Prévision ponctuelles

La prévision a été faite sur une durée de 30 ans.
Voici donc les données prévisionnelles de 2021 à 2030.

Année (1990)	Volume de GES émis (x1.000.000.000 Kt)
(32)2021	0.4736353
(33)2022	0.4815035
(34)2023	0.4893705
(35)2024	0.4972321
(36)2025	0.5050840
(37)2026	0.5129221
(38)2027	0.5207421
(39)2028	0.5285400
(40)2029	0.5363116
(41)2030	0.5440529
(42)2031	0.5517600
(43)2032	0.5594289
(44)2033	0.5670558
(45)2034	0.5746370
(46)2035	0.5821689
(47)2036	0.5896479
(48)2037	0.5970705
(49)2038	0.6044335
(50)2039	0.6117337
(51)2040	0.6189679
(52)2041	0.6261333
(53)2042	0.6332270
(54)2043	0.6402462
(55)2044	0.6471885
(56)2045	0.6540514
(57)2046	0.6608326
(58)2047	0.6675301
(59)2048	0.6741417
(60)2049	0.6806657
(61)2050	0.6871003



10 Prévision par intervalle de confiance

Les données de chaque année constituent notre échantillon. Donc la taille de l'échantillon est de 1.

Nous sommes donc en présence d'un échantillon de petite taille et de variance inconnue. La formule de l'intervalle de confiance donne :

$$IC(\mu)_{95\%} = [\bar{y}_n - Z_{5\%} \frac{S_n}{\sqrt{n}}; \bar{y}_n + Z_{5\%} \frac{S_n}{\sqrt{n}}] \quad (4)$$

Avec :

$Z_{5\%}=1,96$

\bar{y}_n = estimation ponctuelle du volume d'émission pour l'année

$S_n^2=0.0042508$ (Estimateur de la variance de la série de prévisions ponctuelles)

Ci-dessous le tableau des prévisions d'émissions de gaz à effet de serre sur 2021-2050 :

Année	Borne Inférieure (x1.000.000.000 Kt)	Borne Supérieure (x1.000.000.000 Kt)
(32)2021	0.3458469	0.6014236
(33)2022	0.3537151	0.6092918
(34)2023	0.3615821	0.6171589
(35)2024	0.3694437	0.6250205
(36)2025	0.3772956	0.5328724
(37)2026	0.3851337	0.6407105
(38)2027	0.3929537	0.6485305
(39)2028	0.4007516	0.6563283
(40)2029	0.4085232	0.6640999
(41)2030	0.4162645	0.6718413
(42)2031	0.4239716	0.6795484
(43)2032	0.4316405	0.6872173
(44)2033	0.4392674	0.6948442
(45)2034	0.4468486	0.7024254
(46)2035	0.4543805	0.7099573
(47)2036	0.4618595	0.7174363
(48)2037	0.4692821	0.7248589
(49)2038	0.4766451	0.7322219
(50)2039	0.4839453	0.7395221
(51)2040	0.4911795	0.7467563
(52)2041	0.4983449	0.7539217
(53)2042	0.5054386	0.7610154
(54)2043	0.5124578	0.7680346
(55)2044	0.5194001	0.7749769
(56)2045	0.526263	0.7818398
(57)2046	0.5330442	0.788621
(58)2047	0.5397417	0.7953185
(59)2048	0.5463533	0.8019301
(60)2049	0.5528773	0.8084541
(61)2050	0.5593119	0.8148887

11 Difficultés Rencontr es

1. Nous avons rencontrés des problèmes dans l'utilisation de la fonction leastsq, parce-que les données initiales n'étaient pas adapt es au traitement.

2. Pour trouver les meilleurs modèles, il a fallu tester un grand nombre de loi, tel que la loi de Weibull[7], la loi de Gamma[9], la loi de Pareto[8], la loi de Gompertz[6], la loi de Birnbaum-Saunders[5],etc.

Conclusion

Dans le cadre de ce rapport, nous avons entrepris une analyse approfondie des émissions de gaz à effet de serre (GES) en explorant leur distribution probabiliste et en élaborant des prévisions pour les années à venir. Grâce à une méthodologie rigoureuse et à l'utilisation de techniques statistiques avancées, nous avons pu obtenir des insights précieux sur la dynamique des émissions de GES à l'échelle mondiale.

Nos résultats ont mis en évidence l'importance cruciale de comprendre la distribution des émissions de GES pour mieux anticiper leur évolution future. Nous avons identifié des modèles de distribution probabiliste pertinents, tels que la loi logistique de Verhulst et la loi exponentielle décalée, qui peuvent servir de base solide pour formuler des prévisions fiables.

Il est clair que la transition vers une économie bas carbone est indispensable pour atténuer les effets néfastes du changement climatique. Les politiques et les mesures visant à promouvoir les énergies renouvelables, à améliorer l'efficacité énergétique, et à encourager des pratiques agricoles durables sont essentielles pour réduire les émissions de GES à l'échelle mondiale.

En conclusion, ce rapport souligne l'urgence d'agir pour limiter les émissions de GES et promouvoir la durabilité environnementale. En combinant une compréhension approfondie des tendances des émissions de GES avec des actions concrètes pour améliorer l'efficacité énergétique, et à encourager des pratiques agricoles durables sont essentielles pour réduire les émissions de GES à l'échelle mondiale.

Références

- [1] Darkwah, Odum, Addae, Koomson, Danso, Oti-Mensah, Asenso, and Buanya. Greenhouse effect : Greenhouse gases and their impact on global warming. *Journal of Scientific Research and Reports*, 17(JSRR.39630) :1–9, 2017.
- [2] Mhatre and Muley. Greenhouse gases and their impact on global warming. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 06(07) :1–8, 2022.
- [3] Banque Mondiale. Total greenhouse gas emissions (kt of co2 equivalent), 2023. Accessed : 24 April 2024.
- [4] UCAR. How do we reduce greenhouse gases ?, 2020.
- [5] WIKIPEDIA. Birnbaum–saunders distribution, 2022. Accessed : 19 May 2024.
- [6] WIKIPEDIA. Loi de gompertz, 2022. Accessed : 19 May 2024.
- [7] WIKIPEDIA. Loi de weibull, 2023. Accessed : 19 May 2024.
- [8] WIKIPEDIA. Loi de pareto, 2024. Accessed : 19 May 2024.
- [9] WIKIPEDIA. Loi gamma, 2024. Accessed : 19 May 2024.
- [10] WIKIPEDIA. Modèle de verhulst, 2024. Accessed : 19 May 2024.