

# PROJET IA

---

## SMART CITIES

Année Académique :2021/2022



### MEMBRES DU GROUPE :

- + MARIE ROGER NOAH NOAH
- + ABAHI JEAN
- + CHEIHK TIDIANE DIOP

## Table des matières

I. RESUME.....	3
II. INTRODUCTION.....	3
III. DEMARCHES .....	4
IV. RESULTATS .....	4
4.1. Émissions des gaz à effet de serre par secteur d'activités .....	4
4.2. Pollution de l'eau et de l'aire.....	6
4.3. Indice nationalisé des gaz renouvelables par départements .....	9
V. INTERPRETATION .....	11
5.1. Interprétation des résultats.....	11
5.1.1. Émissions des gaz à effet de serre par secteur d'activités .....	11
5.1.2. Indice nationalisé des gaz renouvelables par départements .....	12
5.1.3. Pollution de l'eau et de l'aire.....	13
5.2. Propositions solutions.....	13
VI. CONCLUSION .....	14
VII. REFERENCES .....	15

## LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Evolution des émissions national des GES en MtCO <sub>2</sub> e hors UTCATF dans l'air en France entre 1990 à 2020 .....	4
Figure 2 : Évolution des émissions nationales des GES en MtCO <sub>2</sub> e dans l'air en France entre 1990 à 2019 dans les grands secteurs.....	5
Figure 3 : Evolution des émissions des GES en MtCO <sub>2</sub> e dans l'air dans le secteur du transport en France entre 1990 à 2019 .....	6
Figure 4 : Répartition de l'émission des GES en France, dans les activités domestiques et tertiaire en 2019.....	6
Figure 5: Nuage de point de l'indice de la qualité de l'air en fonction de l'indice de pollution de l'eau	7
Figure 6 : Evolution des de la concentration du phosphate et du nitrate dans l'aire et l'eau en France entre 2000 à 2021 .....	8
Figure 7 : Évolution de la production de différents polluants en France entre 2000 et 2020.....	8
Figure 8 : Evolution de l'indice de production de la production de gaz renouvelable en pourcentage dans 13 départements français entre 2020 et 2022. ....	9
Figure 9 : Répartition de l'indice de production du gaz renouvelable(%) dans 13 département Française ; a : de janvier à février 2020, b : d'octobre à décembre 2021 et c : d'octobre à décembre 2022 .....	11

## **I. RESUME**

Les villes intelligentes ou smart cities sont des villes qui utilisent les technologies de l'information et de la communication (TIC) et l'intelligence artificielle pour améliorer la qualité des services urbains ou réduire les coûts. Mais l'utilisation de ces nouvelles technologies devrait aussi permettre de résoudre des problématiques centrales à savoir l'amélioration de la qualité de vie dans ces villes en luttant contre la pollution. Pour éviter une pollution accentuée dans les futures villes intelligentes, l'exploitation des données actuelle est primordiale car elle permet de comprendre son origine et de pouvoir proposer ensuite des solutions. C'est ainsi que nous avons trouvé des bases de données sur la pollution en France et dans le monde à travers des sites comme ; kaggle, opendata reseaux-energies et la SDES ; ces données ont ensuite été exploitées et les résultats ont été présentés sous forme de graphique et de test statistiques.

Ces résultats nous ont permis de comprendre les causes de la pollution actuelle dans les grandes villes. En effet, ces villes regorgent de plus activités humaines (Transport, Énergie, Agriculture, Activité résidentielle...etc). Donc il est certain que l'amélioration de la qualité de vie dans les smart cities passe par l'utilisation d'énergie propre, moyen polluant ; l'intelligence artificielle pourra aider à la prise de décision par le recueil et l'exploitation des données mais pour des villes plus écologiques, il faudra des mesures politiques fortes et contraignantes.

## **II. INTRODUCTION**

Dans cette ère où le domaine de l'informatique connaît de l'essor, les outils qui y sont liés fournissent la valeur et l'innovation du secteur numérique grâce à des technologies dites "nouvelles". Parmi celles qui ont le plus d'impact de nos jours, nous pouvons citer: l'IdO (l'Internet des objets), TIC(Technologies de l'information et de la communication), le Big Data et enfin l'Intelligence Artificielle (IA).

L'IA étant l'un des axes de l'enseignement de GEMA. La thématique globale du projet IA sur laquelle nous allons travailler est SMART CITIES. La ville intelligente est un nouveau concept de développement urbain pour l'amélioration de la qualité de vie des populations en rendant les villes plus adaptative et efficace, à l'aide de nouvelles technologies qui s'appuient sur un écosystème d'objets et de services.

Par ailleurs, selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), le changement climatique pourrait potentiellement augmenter le nombre de décès dus à la pollution atmosphérique entre 2030 et 2050[1]. Et se pencher sur la question : Comment l'intelligence artificielle peut aider à trouver des solutions à la pollution et améliorer la vie dans les futures villes connectées? serait un pas dans la recherche d'un système d'urbanisation plus écoresponsable dans le but de la résolution du réchauffement climatique qui sévit à l'échelle mondiale.

### III. DEMARCHES

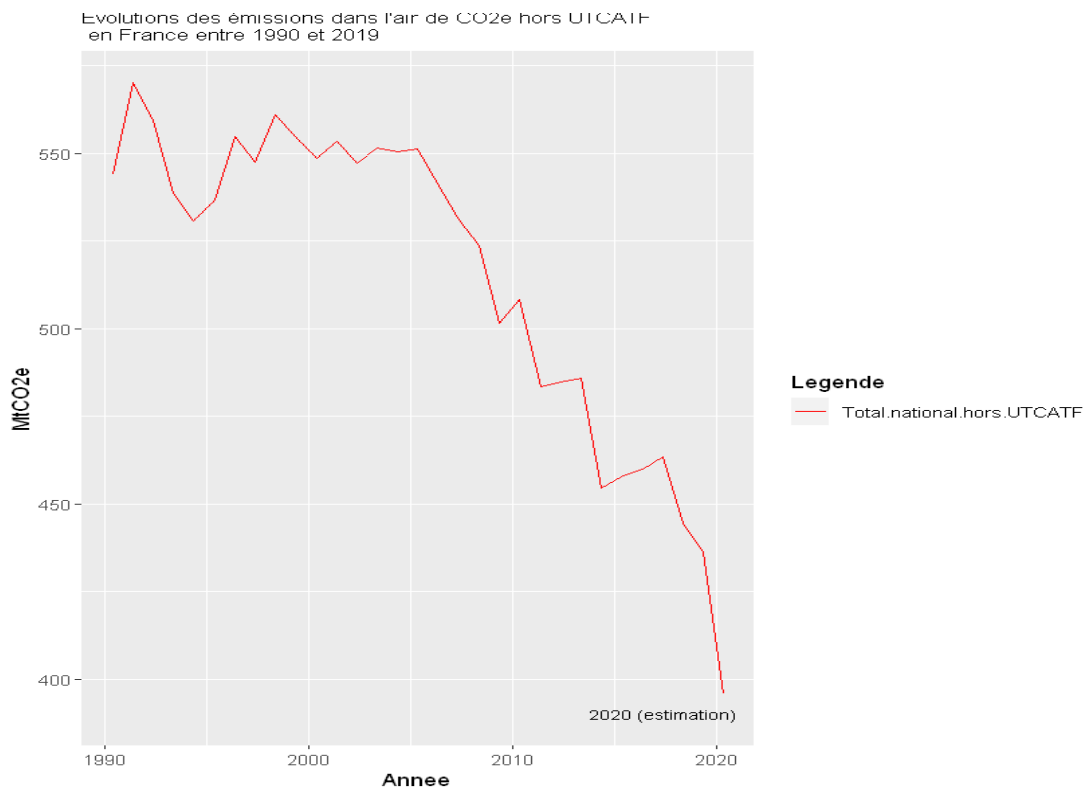
Après avoir établi une problématique liée à la thématique centrale du projet IA de cette année. Nous nous sommes dirigés vers les sites de sources de données ouvertes gratuites tels que : data.gouv, kaggle,... etc. Dans ces différents sites, nous avons fait une recherche des bases de données liées à notre problématique en utilisant les mots clés. C'est ainsi que nous avons trouvé la base de données :

- Des émissions des gaz à effet de serre(GES) sur le site Citepa.
- De l'indicateur de production des gaz renouvelables sur le site opendata reseau-energies.
- De l'indice de la qualité de l'air et de la pollution de l'eau sur le site Kaggle.
- De la pollution de l'eau par le phosphore et le nitrate sur le site de la SDES.

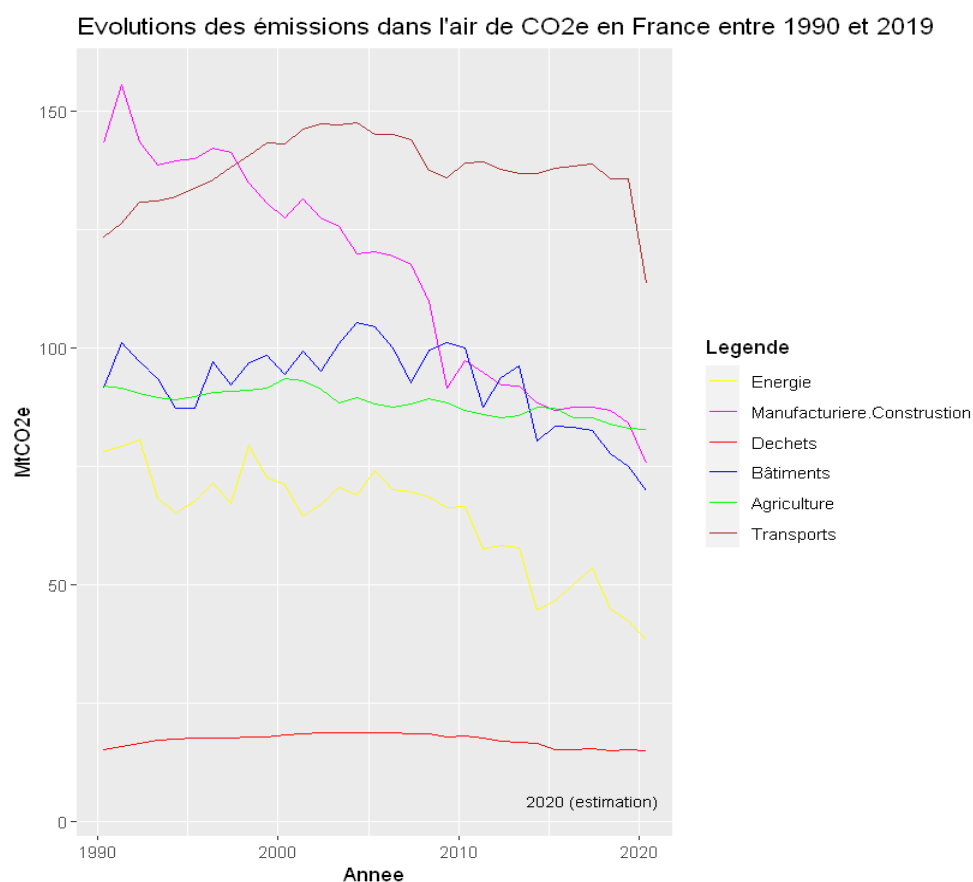
### IV. RESULTATS

#### 4.1. Émissions des gaz à effet de serre par secteur d'activités

Du jeu de données sur l'émission de gaz à effet de serre, nous avons réalisé un graphique() pour visualiser leur évolution hors Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie (UTCATF) depuis 1990 jusqu'à 2019, ensuite nous avons pareillement pour les grands secteurs comme : le transport, l'industrie de l'énergie, l'industrie manufacturière et construction, le traitement centralisés des déchets, l'agriculture et l'usage des bâtiments et activités résidentiels/tertiaires.

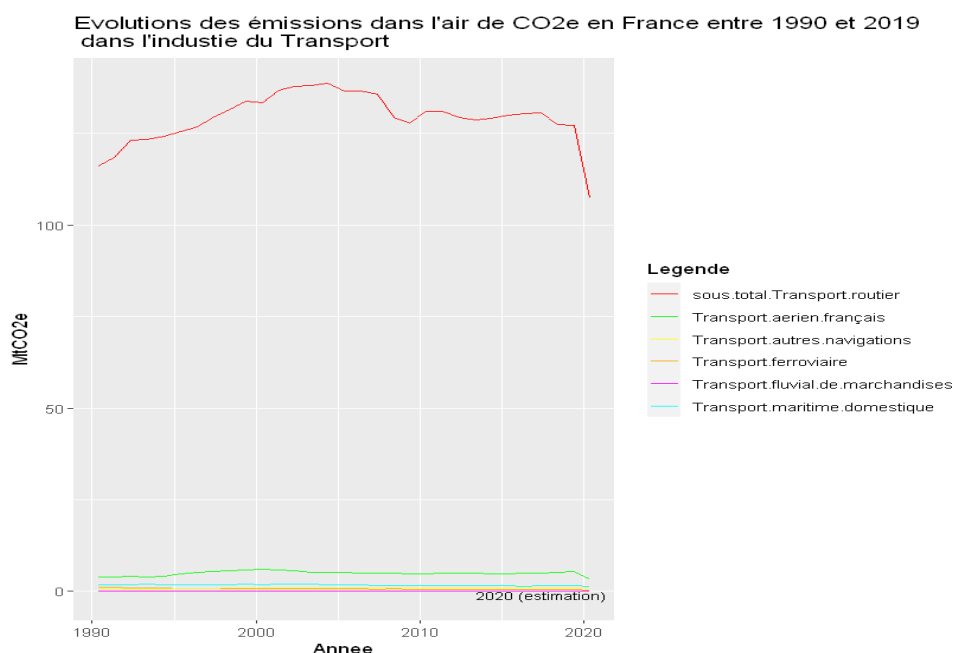


**Figure 1 : Evolution des émissions national des GES en MtCO<sub>2</sub>e hors UTCATF dans l'air en France entre 1990 à 2020**



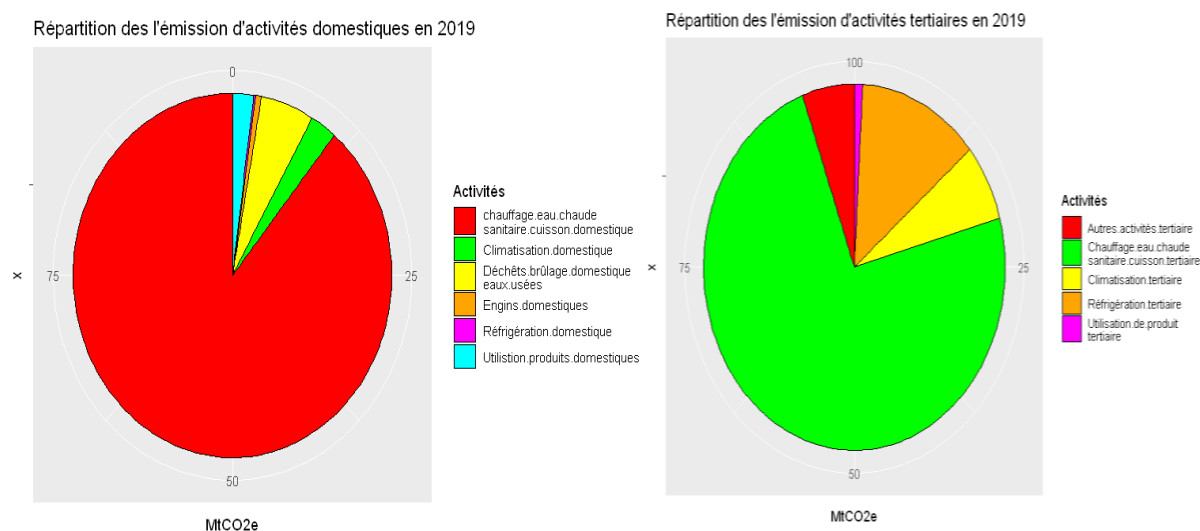
**Figure 2 : Évolution des émissions nationales des GES en MtCO<sub>2</sub>e dans l'air en France entre 1990 à 2019 dans les grands secteurs.**

Après, nous nous sommes penchés sur les secteurs qui sont principalement impliqués dans l'urbanisation à savoir le transport, l'industrie de l'énergie et l'usage des bâtiments et activités résidentiels/tertiaires. C'est ainsi que nous avons illustré l'évolution de ces émissions dans le secteur du transport (**Figure 3**) et mis en évidence le type de véhicule qui a été le plus polluant en 2019:



**Figure 3 : Evolution des émissions des GES en MtCO<sub>2</sub>e dans l'air dans le secteur du transport en France entre 1990 à 2019**

Nous avons constaté que les activités résidentielles étudiées dans le jeu de données de l'émission des GES émettent toujours plus de gaz à effet de serre que dans le cadre tertiaire. Alors nous avons décidé de mettre en exergue les activités qui ont été plus polluantes en 2019.

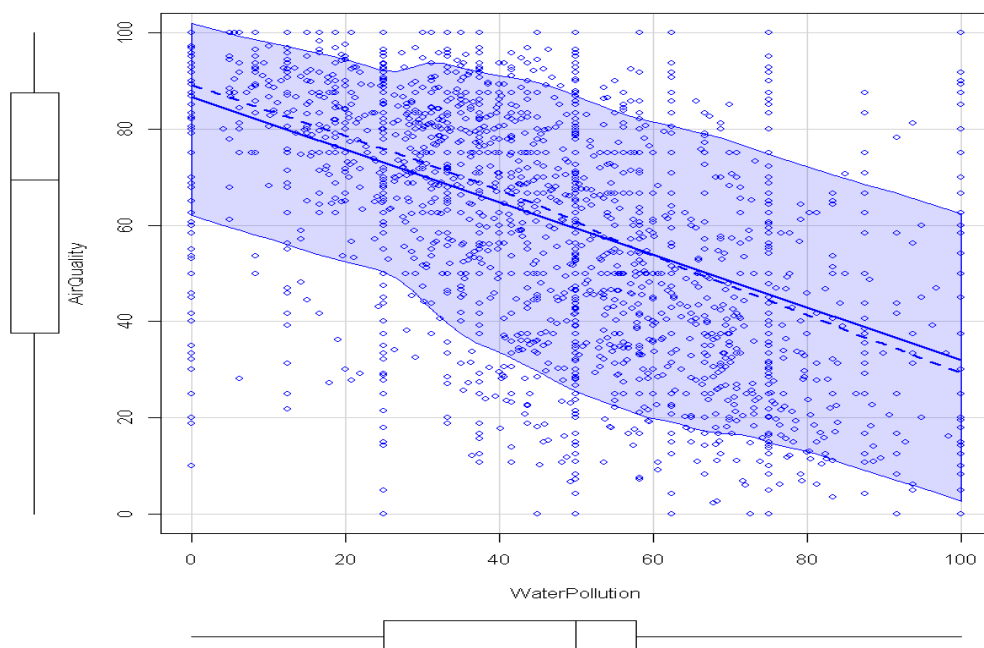


**Figure 4 : Répartition de l'émission des GES en France, dans les activités domestiques et tertiaire en 2019**

#### 4.2. Pollution de l'eau et de l'aire

Les données sur l'indice de la qualité de l'air et de la pollution de l'eau dans les grandes villes du monde entier varient entre 1 et 100. La question principale que nous nous sommes posée en voyant ces données est: existe-t-il une liaison entre la qualité de l'air et la pollution de l'eau?

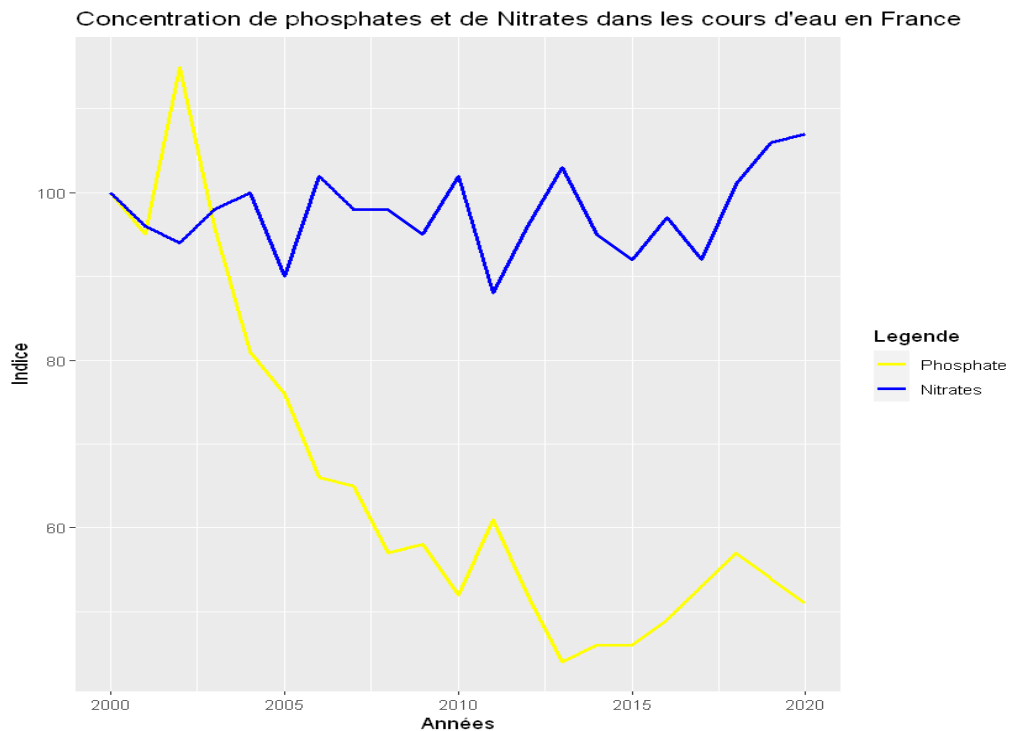
Pour répondre à cette question nous avons réalisé un nuage de point avec une droite de régression.



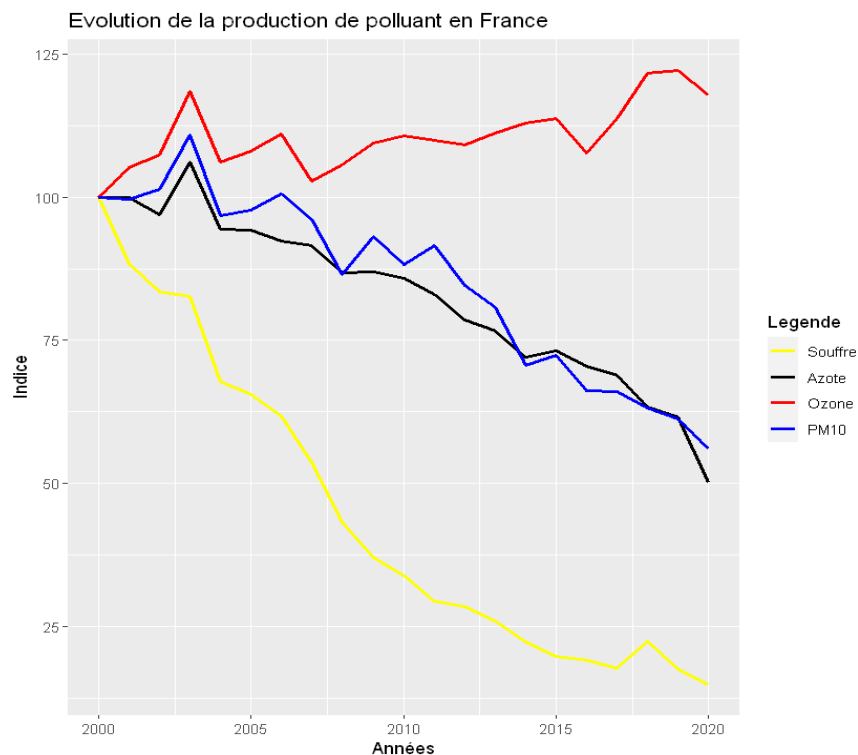
**Figure 5:** Nuage de point de l'indice de la qualité de l'air en fonction de l'indice de pollution de l'eau

Cette visualisation montre une tendance claire, notamment une corrélation décroissante entre l'indice de qualité de l'air et de la pollution de l'eau. Un test de corrélation nous permettra d'en discuter dans l'interprétation. Après ceux-ci nous avons voulu comprendre l'ampleur de la pollution de l'air et de l'eau (**Figure 6 et 7**) et son évolution entre 2000 et 2020 en France.





**Figure 6 : Evolution des de la concentration du phosphate et du nitrate dans l'aire et l'eau en France entre 2000 à 2021**



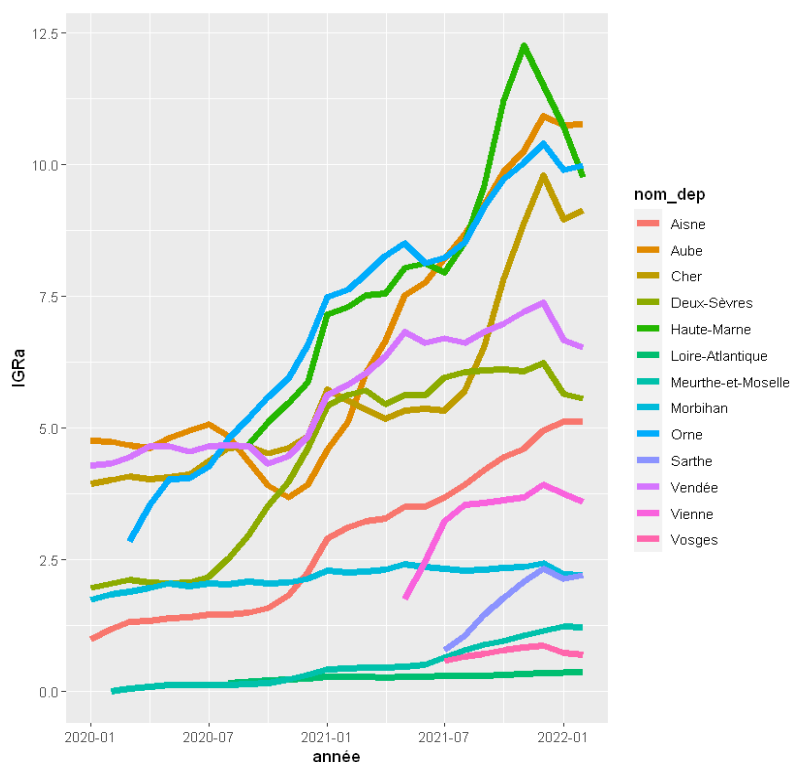
**Figure 7 : Évolution de la production de différents polluants en France entre 2000 et 2020.**

On remarque une baisse de la pollution par le phosphore dans les cours d'eau en 2000 et 2020, tel n'est pas le cas pour le nitrate qui reste constant au cours des années. Concernant

la pollution de l'air, la production de la plupart des polluants a baissé au cours des années sauf l'ozone qui est en nette augmentation.

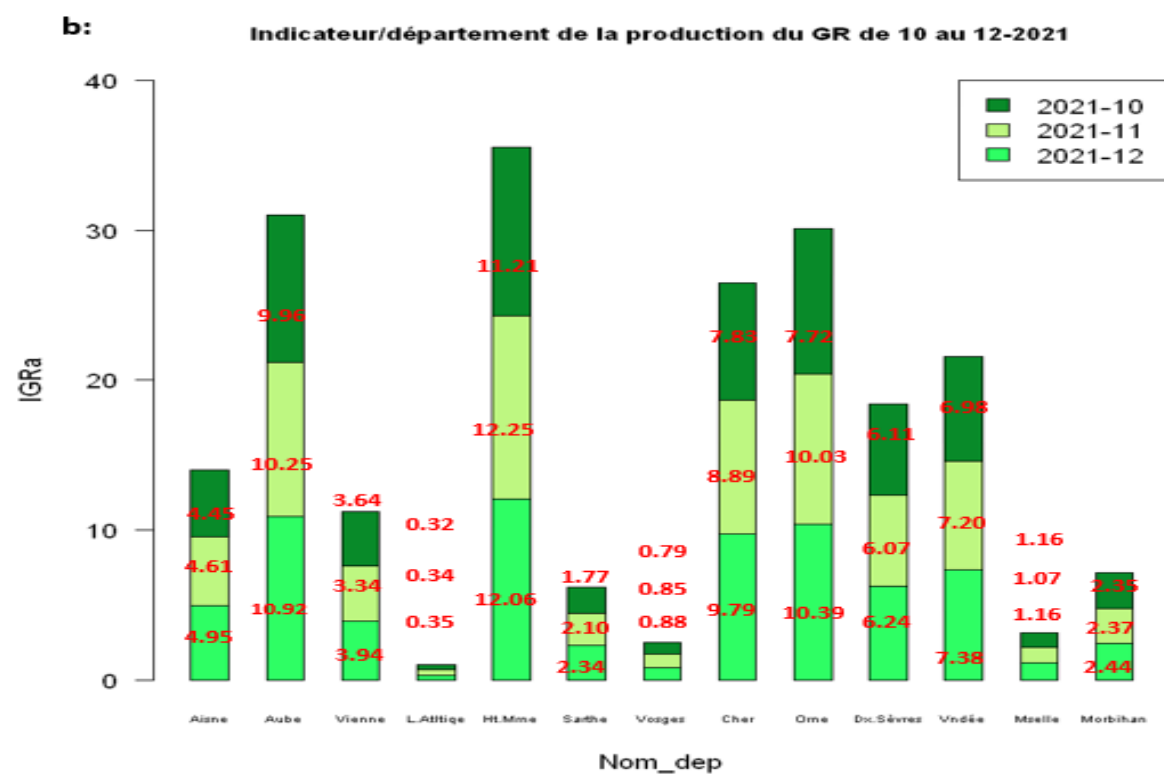
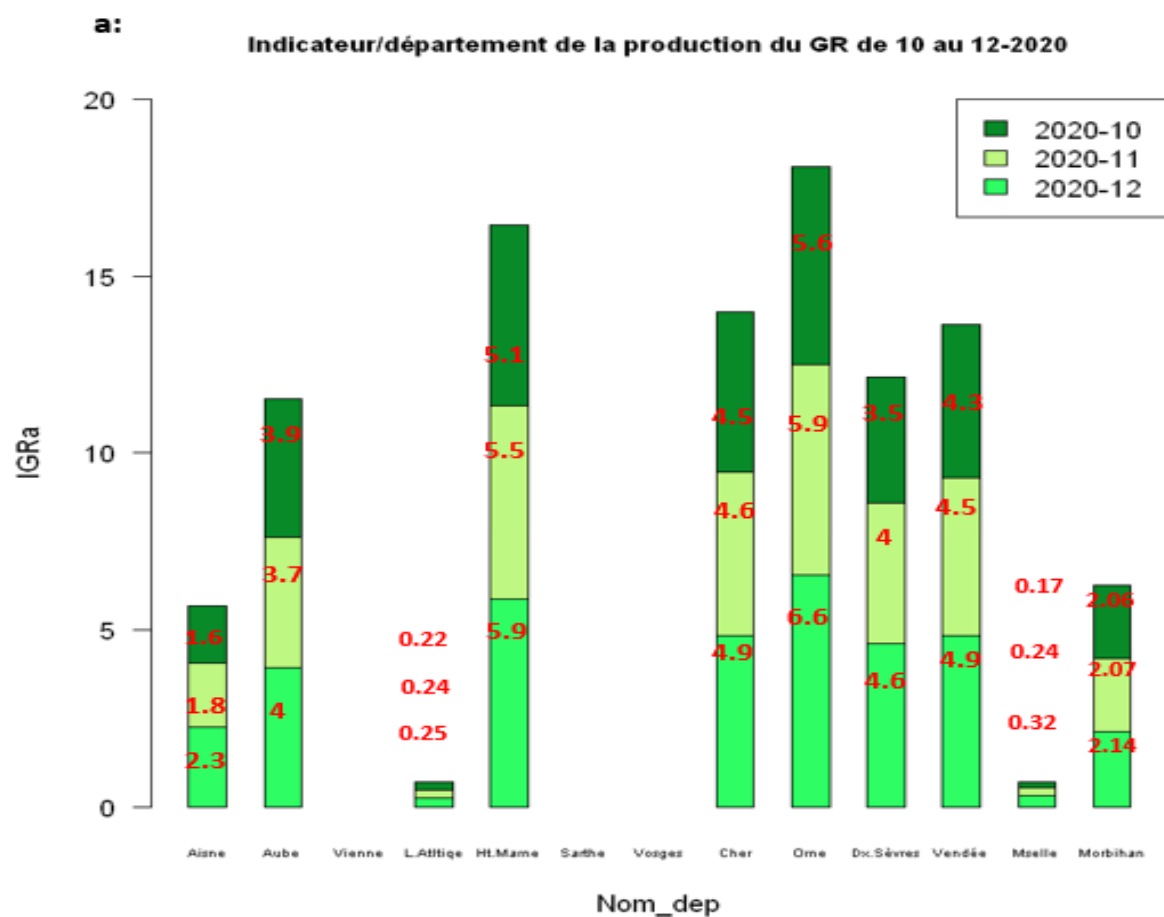
#### 4.3. Indice nationalisé des gaz renouvelables par départements

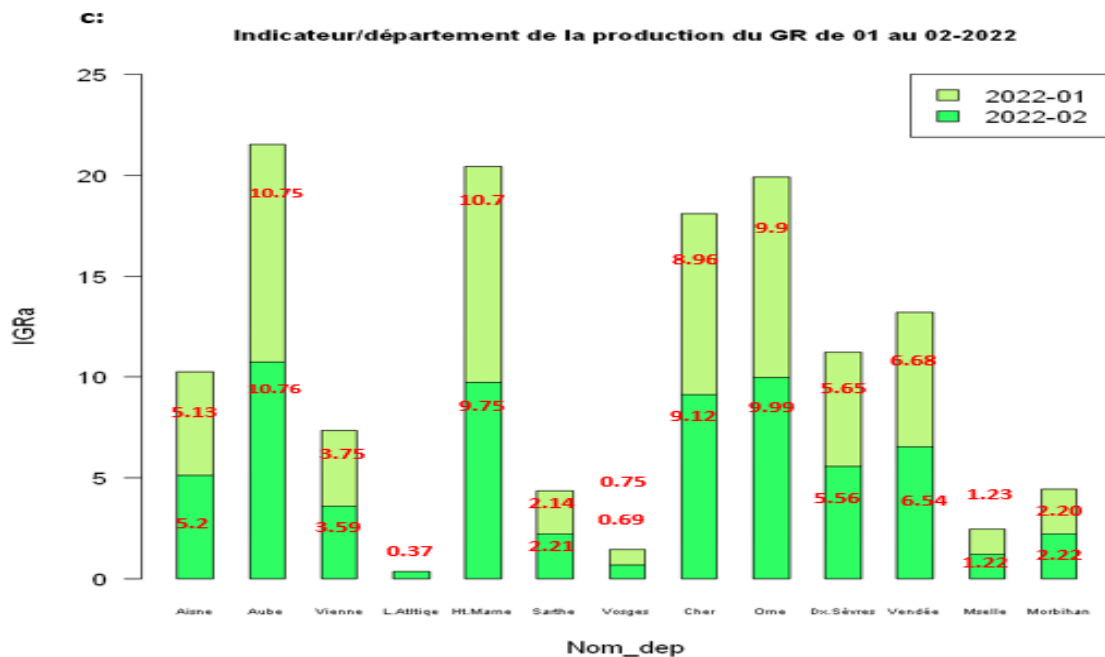
Par la suite une étude sur la production du gaz renouvelable a été réalisée (**Figure 8**), dans le but de savoir si des solutions ont été mises en place (au niveau des énergies) pour limiter la pollution.



**Figure 8 : Evolution de l'indice de production de la production de gaz renouvelable en pourcentage dans 13 départements français entre 2020 et 2022.**

Dans le but de faire un zoom sur l'évolution (figure 10, a, b et c) observé ci-dessus, il a été élaboré des histogrammes sur les deux à trois derniers mois des trois années d'étude de la production de gaz renouvelable.





**Figure 9 :** Répartition de l'indice de production du gaz renouvelable(%) dans 13 département Française ; a : de janvier à février 2020, b : d'octobre à décembre 2021 et c : d'octobre à décembre 2022

## V. INTERPRETATION

### 5.1. Interprétation des résultats

#### 5.1.1. Émissions des gaz à effet de serre par secteur d'activités

On constate que de manière générale, malgré le fait que l'évolution de l'émission de gaz à effet de serre a tendance d'avoir des pics d'augmentation diminuée au cours du temps. En incluant la variable secteur d'activité (**Figure 2**), on constate que le transport est le secteur qui pollue le plus. Par ailleurs, en procédant par un test de corrélation entre les données d'émission de GEZ en million de tonnes équivalent CO<sub>2</sub> (MtCO<sub>2</sub>e) par secteur on remarque qu'il y a une faible corrélation entre celles du transport et de l'énergie ( $p\text{-value} = 0.0384 < 0.05$ ), de même entre le secteur du transport. Par contre, on observe une forte corrélation entre le secteur de l'énergie et l'usage des bâtiments et activités résidentiels/tertiaires ( $p\text{-value} < 2.2e-16$ ). Entre l'usage des bâtiments et activités résidentiels/tertiaires et l'industrie du transport ( $p\text{-value} = 2.724e-05$ ). Pour vérifier vraiment cette dite corrélation entre ces différents secteurs on a tracé un nuage de points (confère le notebook document annexe de ce rapport) entre eux et appliqué une régression linéaire (confère notebook) delà on peut conclure que seule la corrélation entre le secteur de l'énergie et celui du bâtiment est

significative car la régression linéaire appliquée aux nuages de points issus de ces secteurs présente une assez bonne prédiction avec un R-squared ajusté de 0.7038.

Dans le secteur du transport, c'est le transport routier qui émet le plus des gaz polluants(**Figure 3**) , car il émet en moyenne par année 129.3 MtCO<sub>2e</sub> par rapport autres types de transports à savoir ferroviaires, maritimes, fluviales, et aérien dont la moyenne d'émission de GES est de 4.941 MtCO<sub>2e</sub>.

Smart cities est synonyme de villes et objets connectés qui consomment de l'énergie. D'après l'étude faite précédemment, la production d'énergie est l'activité principale de l'industrie de l'énergie qui a produit le plus de gaz polluants en 2019(confère notebook figure la précisé). La société actuelle et les futures villes intelligentes devraient favoriser la production d'énergie verte. C'est l'une des raisons pour laquelle on a étudié l'indice de production des gaz renouvelables en France.

### 5.1.2. Indice nationalisé des gaz renouvelables par départements

A partir du graphique **Figure 8** il est possible de voir une répartition de la production du gaz renouvelable dans les 13 départements sélectionnés. Cette production varie entre un pourcentage d'environ 0.1 % à Meurthe-et-Moselle et 12.3 % à Haute-Marne.

Dans un premier temps, Contrairement aux départements d'Orne et d'Aube, l'indice de production du gaz renouvelable dans les 11 autres départements reste constant de janvier 2020 à juillet 2020 (**Figure 8**). La production du gaz renouvelable augmente pour tous les départements à partir de mi-2020 sauf dans les départements d'Aube où il est possible d'observer une baisse légère de la production (5 % à 2.7% environ) (**Figure 8**).

Dans un second temps, il est aussi possible d'observer des indices de production de gaz renouvelable à forte augmentation dans certains départements (*Aube, Aisne, Cher, Haute-Marne, Deux-Sèvres, Vendée, Vienne, Orne, Sarthe*) (**Figure 8 et 9**). A L'opposé, certains départements ont une production timide. Exemple au niveau du *Morbihan, Loire-Atlantique et Vosges*. En effet, il est observé une augmentation de la production de 2,6 % à 10 % par exemple au niveau d'*Orne* (**Figure 8 et 9**). A, contrario il est possible d'observer une production du gaz renouvelable quasiment nulle (de 2.25 % à 2.4 % environ) dans le département du *Morbihan* (**Figure 8 et 9**).

Enfin, il est également possible de voir que trois départements (*Sarthe, Vienne et Vosges*) sur les treize ont commencé leur production tardivement (**Figure 8 et 9**). Ces trois départements se différencient avec une croissance de production différente. De 2 % à 3.70% environ pour la Vienne et de 0.9 % à 1.1 % environ pour les Vosges.

La variation de la production de gaz à Haute-Marne, passe d'environ 17 % à environ 36% en une année (**Figure 9b**). Il semble avoir un ralentissement de production au cours de l'année 2022(**Figure 9b et c**) cependant la série temporelle effectuée (confère notebook à la figure X du notebook numéro X) permet de voir une croissance de la production du gaz renouvelable de 2020 à 2040.

En somme, la production de gaz renouvelable dans ces 13 départements est très différente d'un département à l'autre. Il existe des départements qui ont commencé dans cette production tôt par rapport à d'autres. Mais, ces derniers ont eu leur production ralentie tandis que d'autres départements ont fait une entrée tardive dans le secteur de la production du gaz renouvelable, mais ont eu une croissance de production au fil des temps. Mais nous avons réalisé que de plus en plus de départements jouent le jeu en adoptant la production d'une source d'énergie verte.

Bien que de plus en plus de personnes prennent conscience de la réalité de la pollution, cette prise de conscience est encore lente. Dans l'intention de montrer que cette pollution touche tout organisme vivant sur cette terre, nous avons jugé bon de montrer combien cette pollution nous entoure, en étudiant sa présence dans les éléments qui nous sont vitaux.

La prise de conscience par la population vis à vis de la pollution étant encore

### **5.1.3. Pollution de l'eau et de l'aire**

Après avoir réalisé le nuage de point (**Figure 5**), nous avons effectué un test de corrélation et comme résultat nous avons obtenu un  $p\text{-value} < 2.2e-16$  qui confirme une forte corrélation entre l'indice de la qualité de l'air et l'indice de la pollution de l'eau, donc avec ce test nous pouvons affirmer que dans une région donnée si la qualité de l'air est meilleur la pollution de l'eau diminue considérablement. Les données sur la pollution de l'eau et de l'air montrent une amélioration dans le rejet de certains polluants en France (graphe sur les polluants), ceux-ci est sans doute dus au mesure gouvernementale prise pour lutter contre la pollution.

## **5.2. Propositions solutions**

Notre jeux de données comporte des données liées à émission des GES, l'indice de pollution de l'air/l'eau et l'indice de production des gaz renouvelables. L'analyse de ce jeu de données pourrait aider à la résolution de la problématique précédemment posée en introduction en donnant des pistes de réflexion aux acteurs de l'IA pour des innovations concernant l'élaboration des applications qui donneraient des informations sur la qualité de l'air d'une région précise. En outre, réaliser des prédictions sur les émissions des GES pour anticiper les mesures adéquates pour une réduction de ces émissions. Par ailleurs, l'étude de l'indice de production des gaz renouvelables par départements, quant à elle peut contribuer à la résolution de la problématique en y faisant une prédiction pour élaborer une meilleur stratégie dans la vulgarisation de la production des gaz renouvelables et permettre l'atteinte des objectifs de la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte et des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre que la France s'est fixée[2].

Dans les futures villes intelligentes, le cadre de vie sera un facteur très important notamment la qualité de l'air et de l'eau qui devront être très bonnes. Donc, ces villes seront

équipées de capteurs qui mesurent de manière quotidienne la qualité de l'air. Ces données vont permettre ensuite d'avoir des informations sur la qualité de l'eau car notre étude nous a montré une forte corrélation entre ces deux paramètres. Aussi, le numérique peut contribuer à lutter contre le réchauffement climatique par l'internet des objets en récoltant des données sur la consommation d'énergie en temps réel, grâce à l'installation de capteurs dans les maisons, les véhicules, les réseaux d'électricité pour aider dans la mise en place d'actions éclairé et efficace pour la réduction des émissions de CO2.

## **VI. CONCLUSION**

Rendu au final de notre analyse nous avons constaté que l'activité humaine qui pollue plus l'air est le transport et celle-ci n'est pas la seule. Par ailleurs, les tests statistiques effectués sur l'indice de pollution de l'air et de l'eau, nous ont permis de relever une corrélation entre les deux donc une possible de prédiction de l'un ayant les données de l'autre. Pour, proposer un axe de solution à la problématique posé à l'introduction, nous avons analysés les données de l'indice de production des gaz renouvelables par département en France dont on a observé une évolution globalement positive.

La nature presque imprévisible du type de données que nous avons étudiées, pousse actuellement les scientifiques et les gouvernements à se tourner vers l'intelligence artificielle désormais pour pouvoir résoudre les problèmes d'ordre écologique. C'est dans lancée que nous avons réalisé des prédictions (confère notebook) sur les bases de données sur l'indice de production des gaz renouvelables et l'émission des GES en utilisant la méthode des séries temporelles et des modèles de prédiction liés à ces séries temporelles. En effet, la prédiction concernant l'émission national des GES a relevé une certaine constante ce qui paraît erroné à partir de 2020 vue la tendance des données les dix dernières années. C'est ainsi que dans une démarche de continuité au projet que nous avons amorcé, il serait préférable de revoir la prédiction de ces données. Par contre concernant l'indice de production de gaz renouvelables, nous avons prédit une augmentation de cette dernière. Pour une étude plus ou moins complète, il serait judicieux de se pencher sur la question de savoir quel est l'impact environnemental du numérique ?

## VII. REFERENCES

- [1] : [Comment le changement climatique va affecter notre santé | AFD - Agence Française de Développement](#)
- [2] : [Gaz renouvelables - Syndicat des énergies renouvelables \(syndicat-energies-renouvelables.fr\)](#)
- [3] : [Emissions de CO2e \(MtCO2e/an\)](#)
- [4] : [Téléchargements - Citepa](#)