



PROJET DE SESSION - PARTIE 1

ANALYSE DES DONNÉES SCIENTIFIQUES

Collège Montmorency |
475, boulevard d2e l'Avenir
Laval (Québec) H7N 5H9
Téléphone : 450 975-6100

DOSSIER SCIENTIFIQUE SUR LE LAC SAINT-PIERRE



Le lac Saint-Pierre

L'archipel du lac Saint-Pierre, situé en amont du lac, est un territoire exceptionnel constitué de 103 îles navigables. En 2000, il a été classé **territoire protégé par l'UNESCO**. Ce site est d'une grande richesse biologique, abritant plus de 70 % des espèces d'eau douce du Québec, avec 79 espèces différentes, et est un arrêt crucial pour les oiseaux migrateurs, avec 290 espèces observées. Il est également le refuge de la plus grande héronnière d'Amérique du Nord. Cependant, malgré sa biodiversité unique, le lac Saint-Pierre est confronté à plusieurs défis environnementaux.

Problèmes environnementaux majeurs

Le lac Saint-Pierre fait face à de **multiples problèmes environnementaux**, mettant en péril son écosystème fragile et la faune qui en dépend. Ces problématiques incluent :

- **Pollution chimique**

Le lac Saint-Pierre est fortement impacté par la pollution au mercure (Hg), provenant des rejets industriels, du ruissellement agricole et des sédiments contaminés. Le mercure est un polluant toxique qui s'accumule dans la chaîne alimentaire par un processus appelé **bioamplification**. La concentration

moyenne de mercure dans l'eau est actuellement de $0.3 \mu\text{g/L}$, pouvant atteindre $0.6 \mu\text{g/L}$ lors des crues, bien au-dessus du seuil toxique de $0.5 \mu\text{g/L}$ pour les poissons. Une fois dans l'eau, le mercure se transforme en **méthylmercure**, une forme hautement toxique qui s'accumule dans les organismes aquatiques et se propage à travers la chaîne alimentaire, affectant particulièrement les poissons prédateurs. Des espèces telles que le **doré jaune**, le **brochet**, la **barbotte brune** et l'**achigan à petite bouche**, l'**achigan à grande bouche** accumulent des concentrations élevées de mercure, dépassant parfois les normes de consommation sécuritaire.



Cette contamination touche également les oiseaux piscivores comme le balbuzard pêcheur, le héron et les goélands, qui subissent des effets



neurotoxiques nuisant à leur reproduction et à leur comportement de chasse. Les mammifères aquatiques, tels que la loutre de rivière et le vison d'Amérique, sont également exposés au mercure en consommant ces poissons contaminés.

La pollution chimique, incluant les métaux lourds (mercure et plomb) ainsi que les pesticides agricoles, affecte gravement la qualité de l'eau. Ces contaminants perturbent le

métabolisme des poissons, modifient leurs hormones et réduisent la biodiversité aquatique, compromettant la croissance et la reproduction des espèces. Ils fragilisent également l'équilibre écologique du lac.

La consommation de poissons

contaminés, notamment le doré jaune, présente un risque sanitaire pour les populations locales, en particulier pour les femmes enceintes et les jeunes enfants. Des recommandations gouvernementales ont été émises pour restreindre la consommation de certains poissons afin de limiter ces risques.

- **Modification des populations d'espèces**

La pollution et la surpêche entraînent une baisse des populations de poissons, notamment la perchaude, une espèce clé de l'écosystème. En 2012, un moratoire sur la pêche à la perchaude a été instauré pour préserver cette espèce menacée.



La pollution altère les habitats de reproduction, et la surpêche contribue à l'épuisement des stocks.

- **Changements climatiques**

Le réchauffement des eaux influence profondément la dynamique des écosystèmes aquatiques, notamment au Lac Saint-Pierre, au Québec. Actuellement, la température moyenne de l'eau est de 10°C, avec une variation annuelle de $\pm 2^\circ\text{C}$. Une température plus élevée réduit la solubilité de l'oxygène dissous, ce qui rend l'environnement plus difficile pour les poissons et perturbe leur reproduction, car l'oxygène est essentiel à ces processus biologiques.

Ce réchauffement a également un impact sur les habitats aquatiques du lac. Certaines espèces de poissons, telles que le brochet ou la truite, qui dépendent de températures d'eau plus fraîches, peuvent voir leur habitat rétréci, ou être contraintes de migrer vers des zones plus froides. Cela

perturbe l'équilibre des populations et modifie les cycles biologiques des espèces. De plus, l'augmentation de la température favorise la prolifération des algues, ce qui accélère l'eutrophisation du lac. Ce phénomène peut aggraver la situation en diminuant encore davantage l'oxygénation de l'eau, surtout lors de la dégradation des algues mortes.

Le réchauffement des eaux affecte également la biodiversité du lac, qui est un site important pour plusieurs espèces de poissons et d'oiseaux migrateurs. Les changements dans la température de l'eau perturbent les zones de reproduction des poissons, comme le doré et le maskinongé, et modifient la disponibilité des ressources pour les oiseaux piscivores, qui dépendent de la faune aquatique pour leur alimentation.

En outre, les changements dans les régimes de précipitations peuvent aggraver la situation. Le réchauffement des eaux pourrait augmenter l'intensité des pluies, provoquant des crues qui modifient la dynamique du lac et altèrent la qualité de l'eau. Ce phénomène interagit aussi avec les activités humaines, comme l'agriculture et la gestion des eaux usées, accentuant la pollution des eaux et menaçant la faune et la flore locales.

Ainsi, les effets du réchauffement des eaux au lac Saint-Pierre vont au-delà de la simple réduction de l'oxygénation de l'eau : ils influencent l'ensemble de l'écosystème, perturbant la biodiversité, les migrations, et les relations entre les espèces, tout en interagissant avec les pressions humaines et climatiques.

- **Eutrophisation**

Le Lac Saint-Pierre est particulièrement touché par l'eutrophisation, causée par un excès de nutriments tels que les phosphates et les nitrates provenant des effluents agricoles et des eaux usées. Ce phénomène favorise la prolifération des algues, notamment les cyanobactéries ou algues bleu-vert, qui consomment l'oxygène dissous dans l'eau, créant des zones mortes où la vie aquatique ne peut survivre. En 2019, des mesures ont montré des niveaux d'oxygène inférieurs à 2 mg/L dans des zones où l'eutrophisation est particulièrement sévère, ce qui exacerbe le problème d'hypoxie.

En été, certaines sections du lac peuvent présenter une couverture algale dépassant 50% de la surface de l'eau, ce qui aggrave la situation en réduisant encore plus l'oxygénation. En plus de réduire l'oxygénation de l'eau, certaines cyanobactéries produisent des toxines dangereuses pour la faune et rendent

l'eau impropre à la consommation et à la baignade. Ce phénomène affecte également la pêche, car il diminue la qualité des ressources halieutiques.

Conclusion

Le lac Saint-Pierre, en tant que réserve mondiale de la biosphère et zone humide d'importance internationale, est un patrimoine naturel précieux. Toutefois, ses enjeux environnementaux exigent une vigilance constante et des actions concrètes pour préserver sa biodiversité et garantir sa durabilité pour les générations futures. Les efforts collectifs pour restaurer et protéger cet écosystème sont essentiels pour maintenir l'équilibre entre les activités humaines et la nature, assurant ainsi la pérennité de ce joyau écologique du Québec.

Projet en programmation Python : Modélisation de l'impact environnemental sur le lac Saint-Pierre

1. Consignes

- Le projet est un travail **en équipe de deux étudiants**.
- Le travail est à **remettre le 30 mars 2025 sur Moodle**.
- Élaborer **un rapport détaillé** contenant :
 - Créer un **nouveau Word** comportant une page de garde, une table des matières.
 - Une analyse de problème expliquant les entrées, traitements et les sorties.
 - Des algorithmes pour résoudre les problèmes.
 - Votre code détaillé dans un fichier nommé **"lacSaintPierre.ipynb"** comportant toutes les parties demandées.
 - Au début de votre code, ajouter un commentaire mentionnant les le nom et prénom des membres de l'équipe(ex. Ce code est réalisé par Alain Gagné et Paul Antoine).

2. Contexte

Ce projet exploite la programmation en Python pour étudier l'impact des facteurs environnementaux sur l'écosystème du lac Saint-Pierre. En s'appuyant sur des données scientifiques et des modèles mathématiques, il modélise l'évolution des populations de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux sur une période de 10 ans. L'analyse statistique permet d'évaluer les effets des métaux lourds, des nitrates et des pesticides sur la pollution, ainsi que l'influence de l'augmentation des températures sur ces populations. Deux scénarios sont comparés : un scénario optimiste basé sur une réduction de la pollution et un scénario pessimiste illustrant une aggravation des polluants et du réchauffement climatique.

3. Objectifs

- Analyser et décomposer un problème en étapes logiques pour structurer une solution algorithmique efficace.
- Écrire des programmes Python intégrant la déclaration de variables et constantes, ainsi que l'utilisation d'instructions simples, de structures conditionnelles et de boucles.
- Manipuler des listes pour stocker et traiter des données, effectuer des calculs et analyser des tendances, tout en assurant un affichage structuré des résultats.
- Utiliser des fonctions prédéfinies en mathématiques et en statistiques pour effectuer des analyses et modéliser des phénomènes environnementaux.
- Création de graphiques pour visualiser les données(Bonus).

4. Grille de correction

Partie	Détails	Points alloués	Points obtenus	Remarques
1. Initialisation des données (15)	- Création des listes : années, populations,etc.	5		
	- Affichage structuré des données	5		
	- Utilisation correcte des listes pour stocker et manipuler les données	5		
2. Modélisation de la population de poissons (15)	- Application correcte de la formule de croissance logistique	7		
	- Application correcte de l'énergie cinétique et conversion des températures	5		
	- Boucles pour le calcul de l'énergie cinétique et affichage des résultats	3		
3. Simulation des scénarios (25)	- Implémentation correcte du scénario optimiste et catastrophique	10		
	- Application des ajustements (polluants, populations, températures) avec boucles	10		
	- Affichage structuré des résultats sous forme de tableau	5		
4. Calculs statistiques (25)	- Calcul des statistiques des polluants : moyenne, étendue, écart-type, variance	10		
	- Calcul des statistiques des températures	5		
	- Analyse de corrélation entre pollution et population de poissons	10		
5. Visualisation des données (Bonus - 10)	- Création de graphiques clairs : populations de poissons et énergie cinétique	10		
6. Qualité du rapport et conclusions (10)	- Conclusion claire et discussion sur les impacts environnementaux	5		
	- Réflexion sur les apprentissages en programmation et les améliorations souhaitées	5		
7. Qualité du code (10)	- Code bien structuré, lisible, avec indentations et commentaires	5		
	- Bonnes pratiques : noms de variables explicites, conventions Python, utilisation des fonctions.etc.	5		
Total		100		

5. Données pour la simulation

5.1 Évolution des populations aquatiques (2020-2029)

Les données du tableau incluent des valeurs observées pour les premières années (2020-2024) et des prévisions pour les années suivantes (2025-2029). Pour simplifier l'analyse et ne pas altérer les conclusions générales sur l'impact environnemental sur les populations aquatiques, nous supposons que la population d'oiseaux est stable.

Année	Poissons	Amphibiens	Oiseaux
2020	50000	12000	8000
2021	48000	11500	8200
2022	46000	11000	8400
2023	43000	10500	8500
2024	40000	9500	8600
2025	37000	9000	8650
2026	34000	8500	8700
2027	31000	8000	8750
2028	28000	7500	8800
2029	25000	7000	8850

5.2 Concentration des polluants

Les données du tableau montrent l'accumulation progressive des polluants dans l'eau du lac exprimée en ppm (partie par million). Une concentration plus élevée en polluants peut favoriser l'eutrophisation et affecter la faune aquatique.

Année	Mercure (ppm)	Nitrates (ppm)	Pesticides (ppm)
2020	0.020	2.5	0.10
2021	0.025	2.7	0.12
2022	0.030	3.0	0.14
2023	0.035	3.2	0.15
2024	0.040	3.5	0.17
2025	0.045	3.8	0.19
2026	0.050	4.0	0.20
2027	0.055	4.3	0.22
2028	0.060	4.6	0.24
2029	0.065	5.0	0.26

5.3 Températures moyennes du lac

Une température plus élevée entraîne une augmentation de l'énergie cinétique des particules, ce qui influence la dynamique des courants et des échanges de chaleur dans le lac.

Année	Température (°C)
2020	15.0
2022	15.7
2022	15.7
2023	16.1
2024	16.6
2025	17.2
2026	17.8
2027	18.3
2028	18.9
2029	19.5

6. Travail à faire

Étape 1- Initialisation des données

- Définir les listes de données
 - **Années** : Créez une liste d'années allant de 2020 à 2029.
 - **Populations d'espèces** : Créez des listes pour les populations de poissons, amphibiens et oiseaux pour chaque année.
 - **Concentrations de polluants** : Créez des listes pour les concentrations de mercure, nitrates et pesticides pour chaque année.
 - **Températures** : Créez une liste des températures moyennes pour chaque année.
- Afficher les listes formatées en colonnes, identiques au format tableau ci-haut.

Étape 2 : Modélisation de la population de poissons

- Appliquer la formule de **croissance logistique** pour modéliser l'évolution de la population de poissons sur 10 ans et afficher la liste d'évolution de la population.

$$P(t) = \frac{P_{max}}{1 + \left(\frac{P_{max} - P_0}{P_0} \right) e^{-rt}}$$

Paramètres :

- P_0 : Population initiale
- P_{max} : Capacité maximale du milieu
- r : Taux de croissance
- t : Année (ex. en nombre d'années après 2020)

- Appliquer la formule de **calcul de l'énergie cinétique des particules d'eau**
 - Convertir les températures de C° en Kelvin
 - Appliquer la formule de l'énergie cinétique moyenne

$$E_c = \frac{3}{2} k_B T$$

Paramètre :

k_B : constante de Boltzmann (1.38e-23 J/K ou 1.38×10⁻²³ J/K, J/K : signifie joules par Kelvin)

T : température en Kelvin

- Utiliser une boucle pour calculer E_c pour chaque année et stocker ces valeurs dans une nouvelle liste.

Étape 3 : Simulation des scénarios

- Scénario optimiste
 - Réduction de 20 % des concentrations de polluants (mercure et pesticides).
 - Augmentation de 10 % des populations de poissons et amphibiens.
 - Température stabilisée à 16°C.
- Scénario catastrophique
 - Augmentation de 20 % des concentrations de polluants.
 - Diminution de 30 % des populations de poissons et amphibiens.
 - Température augmentée de 1.5°C par rapport aux valeurs initiales.
- Appliquer ces ajustements à l'aide de boucles pour générer de nouvelles listes de données pour chaque scénario.
- Afficher les données initiales, les résultats du scénario optimiste et ceux du scénario catastrophique de manière structurée (par exemple sous forme de tableau).
- Prédire la population de poissons en 2050 dans les deux scénarios en utilisant la formule de croissance logistique.
- Prédire l'évolution de l'énergie cinétique des particules en fonction des températures prévues dans les scénarios.

Étape 4 : Calculs statistiques

- Utiliser les fonctions prédéfinies en statistique pour calculer **la moyenne, l'étendue, l'écart-type et la variance** des concentrations de polluants (mercure, nitrates, pesticides).
- Utiliser les fonctions prédéfinies en statistique pour calculer **la moyenne, l'étendue, l'écart-type et la variance** des températures.
- Effectuer une analyse de corrélation entre la pollution (mercure, nitrates, pesticides) et la population de poissons à l'aide de fonctions prédéfinies (ex. scipy, stats, pearsonr).

Étape 5 : (Bonus) Visualisation avec Matplotlib

- Générer des graphiques montrant l'évolution des populations de poissons et l'énergie cinétique au cours des années.
- Ajouter des légendes, titres et axes bien définis pour une meilleure interprétation des résultats.

Étape 6 : Conclusions

- Rédiger une très courte conclusion sur les résultats, et une discussion sur les impacts environnementaux observés.
- Rédiger un petit paragraphe sur ce que vous avez appris en programmation dans ce projet et ce que vous voulez améliorer.

ANNEXE

La formule de la **croissance logistique**

Cette équation est un modèle couramment utilisé pour décrire l'évolution d'une population en fonction du temps, en tenant compte d'une capacité limite.

Elle est souvent utilisée en biologie, écologie, démographie, et économie pour modéliser des phénomènes où une croissance exponentielle est freinée par des limitations (ressources, espace, etc.).

$$P(t) = \frac{P_{max}}{1 + \left(\frac{P_{max} - P_0}{P_0} \right) e^{-rt}}$$

P_0 : Population initiale

P_{max} : Capacité maximale du milieu

r : Taux de croissance

t : Année (ex. en nombre d'années après 2020)

$$r = -\frac{1}{t} \ln \left(\frac{P_{max} - P(t)}{P(t)} \times \frac{P_0}{P_{max} - P_0} \right)$$

Et

$$t = -\frac{1}{r} \ln \left(\frac{P_{max} - P(t)}{P(t)} \times \frac{P_0}{P_{max} - P_0} \right)$$

Un exemple de calcul basé sur la croissance d'une population de lapins, en utilisant le modèle logistique.

Temps en mois	Population
0	10
5	50
10	200
15	800

P_0 : $t_0=0$ on a $P_0= 10$

P_{max} : estimé à 1000 lapins

r : Taux de croissance

t : nombre de mois

Lorsque $t=5$, $P(5)=50$, ce qui signifie qu'après 5 mois, la population est de 50 lapins.

$$50 = \frac{1000}{1 + \left(\frac{1000-10}{10}\right) e^{-r \cdot 5}}$$

Le taux de croissance estimé est $r=0.33$ par mois.

Bibliographie

Gouvernement du Canada. Lac Saint-Pierre. Récupéré de :
<https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/lac-st-pierre/>

La Gazette, 2021. Quel espoir pour le lac Saint-Pierre ? Récupéré de :
<https://gazettemauricie.com/quel-espoir-pour-le-lac-saint-pierre/>