



CO₂SEQUENCES

Etude Comparative D'Écobilan
Voyage de Paris à Santorin
Train VS Avion

Producteur - Jonathan Lemieux, NousProd

Influenceuse - Louannemanshow

Auteur - Zero Emission Group, Lausanne

Table des matières

Contexte	3
Objectifs de l'étude	3
Les Scénarios	3
Carnet de voyage	4
Thématiques	4
Transport.....	4
Alimentation.....	4
Logement.....	4
Douche.....	5
Autres.....	5
Les hypothèses posées	6
1) Transport.....	6
2) Alimentation.....	6
3) Logement.....	7
4) Douche.....	7
Résultats	7
Pour conclure et aller plus loin	8
Sources	10
1) Transport.....	10
2) Alimentation.....	11
3) Logement.....	11
4) Douche.....	11

Contexte

Zero Emission Group (ZEG) a été fondée en 2019 en tant qu'association d'étudiants de l'EPFL pour lutter contre la crise climatique à travers un engagement collaboratif des secteurs public, académique et privé. Leurs projets couvrent de nombreux enjeux, de la finance durable à l'alimentation responsable. Leur contribution à ce projet-ci a été réalisée par leur plus grande équipe: l'Analyse de Cycle de Vie. Pour plus d'informations: <https://zeroemission.group/>

CO2nséquences est un projet novateur initié par Nous Prod, une société de production audiovisuelle basée à Lausanne, qui s'est donné pour mission de créer des contenus médiatiques ayant un impact positif sur la société. Nous Prod se spécialise dans la production de films, de séries, de podcasts et d'émissions qui contribuent de manière significative à des causes sociales et environnementales. Dans le cadre de CO2nséquences, des influenceurs web s'engagent à réduire les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et à sensibiliser leur audience à la transition énergétique en s'appuyant sur des études scientifiques et en collaborant avec des chercheurs du domaine. Pour plus d'informations: <https://nousprod.ch/projets/co2nsequences/>

Objectifs de l'étude

L'étude présentée ici fait partie intégrante de ce projet ambitieux. Elle vise à comparer l'empreinte carbone d'un voyage aller-retour en train entre Paris et Santorin sur deux mois avec celle d'un voyage en avion étendu à deux mois et une semaine. À travers une analyse des différents aspects des voyages, tels que le transport, l'alimentation, le logement et la douche, l'objectif est de sensibiliser le public aux différences d'impact environnemental entre ces deux modes de transport. En évaluant les modes de transport empruntés, le régime alimentaire, les types d'hébergement ainsi que la consommation d'eau et d'énergie, l'étude permettra de déterminer les pratiques les plus durables. En identifiant les opportunités d'amélioration, elle vise également à proposer des mesures concrètes pour réduire l'empreinte carbone des voyages. En définitive, cette analyse comparative cherche à encourager des choix de voyage plus respectueux de l'environnement et à favoriser une prise de conscience sur les avantages d'un voyage alternatif et bas-carbone.

Les Scénarios

Scénario 1 - Alternatif

Le scénario alternatif représente un voyage écologique en train pendant 58 jours (~2 mois); consommation entièrement végétarienne ou végétalienne pour une personne et consommation modérée en viande blanche pour la deuxième personne (5 fois en deux mois); choix du logement modeste (Location d'appartement ou hostel et en cas d'impossibilité hotel), avec une fréquence de douche faible (douches chaudes courtes d'une durée de 3 min., environ 5 fois par semaine (43 douches au total) pour la première personne et 4 fois par semaine (31 douches au total) pour la deuxième personne.

Scénario 2 - Traditionnel long

Le scénario traditionnel long (peu réaliste) représente le voyage en avion pendant 58 jours (~2 mois); consommation d'un repas avec viande rouge et un avec viande blanche pour une personne et de 2

repas avec de la viande rouge pour l'autre personne; choix du logement luxe (hotel); fréquence de douche régulière (une douche d'une durée de 15 min par jour par personne).

Scénario 3 - Traditionnel court

Le scénario traditionnel court (réaliste) représente le voyage en avion pendant 1 semaine; consommation d'un repas avec viande rouge et un avec viande blanche pour une personne et de 2 repas avec de la viande rouge pour l'autre personne; choix du logement luxe (hôtel); fréquence de douche régulière (une douche d'une durée de 15 min par jour par personne).

Carnet de voyage

Pendant tout le voyage, Louanne a documenté les informations nécessaires au calcul de l'impact de son voyage dans un *Carnet de statistiques*. Les calculs et résultats se basent sur ces informations ainsi que les hypothèses formulées ci-après.

Thématiques

Transport

Pour le voyage aller-retour en train, tous les transports internes et externes sont pris en compte. En cas d'impossibilité de prendre l'option train (ce qui est le cas pour l'Est de l'Europe), les autres types de transports sont pris: À pied, Transports publics, Bus urbain, Taxi, Ferry, Van, Camping Car. L'impact est calculé pour deux personnes. Les transports internes liés aux activités en journée sont pris en compte. Pour le voyage aller-retour en avion, le seul transport retenu est l'avion pour réaliser le déplacement jusqu'au lieu de destination. Les transports internes liés aux activités lors des vacances ne sont pas pris en compte.

Alimentation

Cette thématique a pour but de quantifier l'impact du régime alimentaire choisi lors du voyage. La fréquence et le type de repas, à savoir végétarien, végétarien et avec de la viande sont pris en compte. Le détail de la composition des repas n'a pas été noté et il a été décidé de se concentrer sur les différences entre les régimes cités. Les petit-déjeuners ont été exclus du domaine de l'étude car rapportés comme de plus petits repas que le déjeuner et le dîner. Les boissons consommées sont incluses dans le calcul. L'impact de l'eau potable est considéré comme négligeable et la consommation d'eau en bouteille est prise en compte.

L'intégralité des repas étaient végétarien ou végétarien (régime ensuite appelé végétarien) à l'exception de 5 repas avec de la viande blanche pour un voyageur (régime dit avec viande blanche). L'impact total est calculé par personne puis sommé pour deux personnes.

Pour le voyage traditionnel, seul l'impact de la nourriture consommée a été pris en compte. Le choix a été fait de ne pas inclure les boissons.

Logement

Dans le cadre de cette étude, les calculs ont été effectués en se basant sur les données de l'étude Hostelworld [25], qui incluent les émissions de carbone directes et indirectes provenant de sources internes (scopes 1 et 2), mais excluent les émissions de scope 3 qui couvrent les émissions indirectes provenant des activités de l'hôtel mais qui ne sont pas contrôlées directement par lui, telles que les déplacements des clients ou les émissions générées par la chaîne d'approvisionnement. Il est important de noter que l'inclusion du scope 3 peut significativement augmenter l'impact carbone total d'un hébergement, comme le démontre une autre étude où l'impact d'un hôtel devient trois fois plus élevé lorsqu'on tient compte du scope 3 [26]. Cependant, pour maintenir la cohérence dans la comparaison entre les différents types d'hébergement et les modes de voyage, les valeurs de l'étude Hostelworld ont été utilisées.

En ce qui concerne les locations d'appartements, une hypothèse a été formulée selon laquelle son impact carbone serait la moyenne entre celui d'un hôtel et celui d'une auberge de jeunesse. Cette hypothèse repose sur les efforts déclarés par Airbnb dans leur rapport corporate, qui suggèrent des pratiques relativement moins émettrices de carbone que les hôtels traditionnels [27]. D'autre part, même si le nombre de pièces variait d'une propriété à l'autre, une approche uniforme a été adoptée en utilisant la même valeur pour chaque logement. Bien que cette approche puisse simplifier la comparaison, elle reste une approximation et pourrait être affinée avec des données plus spécifiques sur l'empreinte carbone réelle d'Airbnb. Une analyse plus approfondie pourrait être nécessaire pour évaluer plus précisément l'empreinte carbone spécifique des logements Airbnb, en tenant compte de facteurs tels que la taille, la localisation et les pratiques de gestion durable. Elle est également pertinente pour les autres types d'hébergement mentionnés en haut.

Douche

Dans le cadre de cette étude, la partie concernant la prise de douche a été incluse pour évaluer spécifiquement l'impact de la consommation d'eau pendant le voyage, en mettant l'accent sur la durée de la prise de douche. Même si cette composante est généralement intégrée dans la catégorie du logement, son examen séparé reste important pour comprendre comment la durée des douches peut influencer l'empreinte environnementale. De plus, ceci permet de mettre en perspective l'impact des douches chaudes en termes d'ordre de grandeur par rapport au reste du voyage.

Autres

Les éléments suivants notés dans le carnet de statistiques sont exclus ou considérés comme négligeables: les activités durant le voyage (visiter des musées, aller au concert, les achats d'habits et de souvenirs), faire une lessive, l'hébergement sur un voilier sur terre sans eau courante et à l'énergie solaire, la consommation électrique liée à la recharge des ordinateurs, des téléphones et des caméras.

L'ensemble de ces décisions ont été prises sur la base de l'impact des thématiques, de la précision requise pour communiquer les ordres de grandeur ainsi que la difficulté à collecter les informations lors du voyage.

Les hypothèses posées

1) Transport

- **TGV / train régional en France (FR)** → Train à grande vitesse / Moyenne trafic régional à grande distance, avec le mix énergétique FR & diesel [3]
- **TGV / Train régional en Autriche (AT)** → Train à grande vitesse (DE) / Moyenne trafic régional à grande distance, avec le mix énergétique AT & diesel [3]
- **TGV / train régional en Italie (IT) ou dans les pays autre que FR, DE ou AT** → Train à grande vitesse / Moyenne trafic régional à grande distance, avec le mix énergétique IT & diesel
- **Bus, si la distance est connue** → bus urbain à diesel, double étage, 13m [3]
- **Taxi, si la distance est connue** → voiture de tourisme à essence, moyenne de la flotte [3]
- **Les transports en commun dans les villes** → chercher la distance moyenne entre deux arrêts et multipliée avec le nombre d'arrêt parcouru [1,2,4,5,6,8,10,11,18]
- **Télécabine à Sarajevo** → Téléphérique avec le mix énergétique suisse [3] **Taxi, si la distance n'est pas connue; voiture électrique** → la vitesse moyenne d'un taxi est prise comme 30 km/h et elle est multipliée avec le temps de trajet [9]; **voiture de tourisme à batterie électrique, moyenne de la flotte** [3]
- **Taxi, si la distance n'est pas connue; voiture à essence** → la vitesse moyenne d'un taxi est prise comme 30 km/h et multipliée avec le temps de trajet [9]; **voiture de tourisme à essence, moyenne de la flotte** [3]
- **Bus, si la distance n'est pas connue** → la vitesse moyenne d'un bus est prise comme 65 km/h et elle est multipliée avec le temps de trajet [12]; **bus urbain à diesel, double étage, 13m** [3]
- **Téléphérique vers le mont Lysabeth** → Téléphérique avec le mix énergétique suisse [3]
- **Ferry de Athènes à Santorin** → Bateau de passagers, diesel [3, 14]
- **TGV en Grèce** → Train à grande vitesse / Moyenne trafic régional à grande distance, avec le mix énergétique IT & diesel [3,15]
- **Voyage en van** → [16]
- **Ferry de Aigion à Vasiliki** → Bateau de passagers, diesel [3, 17]
- **Camping car, distance n'est pas connue** → la vitesse moyenne d'un taxi est prise comme 100 km/h et multipliée avec le temps de trajet [21]; [22]
- **Ferry de Preveza à Brindisi** → Bateau de passagers, diesel [3, 23]
- **Voyage en avion** → Avion, kérosène, moyenne en Europe [3]

2) Alimentation

- **Végétarien** → 0,51 kg/repas [24]
- **Végan** → 0,39 kg/repas [24]
- **Viande blanche** → 1,58 kg/repas [24]
- **Viande rouge** → 7,26 kg/repas [24]
- **Bière** → la pinte est de 0,5 L, 1,12 kg/L [24]
- **Vin** → le verre de vin est de 15 cL, 1,19 kg/L [24]
- **Eau en bouteille plastique** → 0,27 kg/L [24]
- **Café** → tasse de 250 mL, 0,59 kg/L [24]
- **Thé** → tasse de 250 mL, 0,04 kg/L [24]

3) Logement

- **Hotel** → 1.18 tCO₂eq /bed/year → 3.23 kg/bed/day [25]
- **Auberge de jeunesse** → 0.3 tCO₂eq/bed /year → 0.82 kg/bed/day [25]
- **Airbnb** → La moyenne des deux valeurs précédentes → 2.025 kg/bed/day [27]

4) Douche

- **Débit d'eau pour une pomme de douche classique** → 20 L/min [28]
- **Température de chauffage de l'eau dans la chaudière** → 60 °C [30]
- Il est considéré que la chaudière chauffe l'eau de 10 à 60 °C pour avoir une douche chaude [29]
- **Puissance nécessaire pour amener l'eau de 10 °C à 60 °C** → 58 kWh/m³ [30]
- **Intensité carbone du gaz** → 0,221 kgCO₂e/kWh [31]
- **Rendement chauffage au gaz** → 85 % [31]
- L'énergie considérée pour le chauffage de l'eau de la douche est le **gaz**. Il s'agit en effet de la première énergie utilisée en Europe dans les habitations [32].

Résultats

Les résultats et calculs sont présentés avec l'unité kg CO₂-équivalent. Celle-ci représente la totalité des gaz à effet de serre (GES) pris en compte, ramenée à une échelle de comparaison au forçage radiatif du seul dioxyde de carbone (CO₂). Les valeurs sont données pour les deux personnes du voyage. Les résultats détaillés de la catégorie alimentation pour le premier voyage sont présentés par personne.

Tableau 1: Comparaison des différents types de transport en termes d'impact carbone par km

Transport	Impact (en gCO ₂ -eq/km)
TP - Tram	4,3 [2]
TP - Métro	4,4 [2]
Train	74 [3]
TP - Bus de ville	113,2 [2]
Bus urbain	135 [3]
Ferry	161 [3]
Camping car / van	185 [16]
Voiture	186 [3]
Avion	319,2 [3]

Tableau 2: Comparaison des différents scénarios et des 4 thématiques étudiées en termes d'impact CO₂ pour deux personnes. Les résultats sont présentés en kgCO₂-eq/2 personnes

Scénarios	Temps de voyage	Transport	Alimentation	Logement	Douche **	Total
1 - Alternatif	2 mois	1516,6	172,8 *	217,9	67,9	1975,2
2 - Traditionnel long	2 mois	2982,6	1354,9	374,7	524,8	5237
3 - Traditionnel court	1 semaine	2982,6	163,5	45,2	63,3	3254,6

*** Tableau 3: Impact carbone de l'alimentation lors du voyage alternatif (en kgCO₂-eq/personne)**

Régime	Viande blanche (5 repas)	Végétarien
Total	89,4	83,4
Boisson	24,7	24,7
Nourriture	64,7	58,7

**** Tableau 4: Impact de différentes options de douche (en kgCO₂-eq/personne)**

Paramètre	Traditionnel	Alternatif
Durée de la douche (min)	15	3
Volume d'eau par douche L	300	60
Impact chauffage au gaz (kgCO ₂ eq)	4,5	0,9

Pour conclure et aller plus loin ...

Ces résultats permettent de mettre en lumière l'impact lié aux choix faits lors de différents types de voyage. Ceux-ci restent des ordres de grandeur à garder à l'esprit.

Seul le trajet aller en avion pollue autant que le voyage en train pendant deux mois. Cette constatation souligne l'importance de promouvoir le train et les transports en commun et de privilégier les modes de déplacement les moins polluants afin de limiter notre empreinte carbone lors de nos déplacements.

Plus spécifiquement, l'utilisation intensive de vans et de camping-cars pendant le voyage en train a mis en évidence les préoccupations quant à leur impact environnemental élevé, étant donné leur forte consommation de carburant et leurs émissions de gaz à effet de serre. En revanche, l'utilisation des transports en commun, tels que le métro ou le tram et particulièrement du train, a été reconnue comme une option plus écologique. Comparé à la voiture et au bus urbain, le train génère considérablement moins d'émissions de CO₂ par passager-kilomètre, ce qui en fait un choix à

privilegier en termes d'impact carbone. De plus, si davantage des trajets jusqu'en Grèce avaient pu être réalisés en train plutôt qu'en bus urbain et à la voile plutôt qu'en ferry, l'impact environnemental global du voyage aurait été considérablement réduit.

La consommation de viande rouge fait considérablement augmenter l'impact carbone d'un voyage. Le choix de repas carnés lors d'une semaine a un impact presque égale à celui de repas quasi exclusivement végétarien et végan. Les ordres de grandeur sont parlants et donnent de bonnes indications sur les changements qui peuvent être faits.

Quant au logement, plusieurs facteurs doivent être pris en compte, notamment la taille, la consommation d'énergie, les pratiques en matière de gestion des déchets et l'emplacement. Avec ses nombreux équipements et la surface réservée par personne, l'hôtel a plus d'impact que l'auberge de jeunesse. Cela reste cohérent en considérant ses espaces partagés et il convient de le préférer à l'hôtel. L'impact des logements lors du voyage pourrait être étudié plus précisément au vu des caractéristiques à prendre en compte.

De nombreux voyages bas-carbone peuvent être réalisés et permettent de découvrir de nouveaux horizons tout en diminuant son impact, à l'heure où chaque dixième de degré compte. Choisir de voyager autrement créer de nouvelles opportunités et permet d'envisager son rapport au tourisme autrement !

Connaissez-vous votre empreinte sur le climat ?

<https://nosgestesclimat.fr/>

En 10 minutes, obtenez une estimation de votre empreinte carbone de consommation.

Sources

1) Transport

- 1) Métro de Paris, distance moyenne entre deux arrêts de métro :
https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tro_de_Paris#:~:text=Le%20r%C3%A9seau%20m%C3%A9tropolitain%20de%20Paris,serr%C3%A9%20de%20Paris%20intra%2Dmuros.
- 2) ADEME Simulateur CO2, l'impact en CO2 des différents types de transport:
<https://impactco2.fr/transport/metro>
- 3) Facteurs mobitool v3.0: <https://www.mobitool.ch/fr/outils/facteurs-mobitool-v2-1-25.html>
- 4) Tram de Vienne, distance moyenne entre deux arrêts de tramway :
https://www.wienerlinien.at/media/files/2020/wl_betriebsangaben_2019_englisch_358275.pdf
- 5) Métro de Vienne, distance moyenne entre deux arrêts de métro :
<https://homepage.univie.ac.at/horst.prillinger/ubahn/english/facts.html>
- 6) Bus de Vienne, distance moyenne entre deux arrêts de bus:
https://www.wienerlinien.at/media/files/2020/wl_betriebsangaben_2019_englisch_358275.pdf
- 7) Télécabine à Sarajevo, distance à vol d'oiseau:
<https://www.petitfute.com/v45953-mont-trebevic/c1122-voyage-transport/c1145-avion-bateau-bus-train-taxi-parking/c1154-transport-urbain/c910-funiculaire-telepherique/1665720-t-telepherique-de-sarajevo-station-d-arrivee.html>
- 8) Bus de Vienne, distance moyenne entre deux arrêts de bus:
<https://12go.asia/en/travel/dubrovnik-bus-station/dubrovnik>
- 9) La vitesse moyenne d'un taxi: <https://movotiv.com/statistics>
- 10) Métro de Athènes, distance moyenne entre deux arrêts de métro :
https://mapa-metro.com/en/Greece/Athens/Athens-Metro-map.htm#google_vignette
- 11) Bus de Athènes, distance moyenne entre deux arrêts de bus:
<https://athensattica.com/athens-smart-city/>
- 12) Téléphérique vers le mon Lysabeth, distance à vol d'oiseau:
<https://www.lycabettushill.com/fr/le-telepherique/>
- 13) La vitesse moyenne d'un bus urbain:
https://www.researchgate.net/figure/Average-bus-travel-speeds-on-the-studys-section-km-h-in-various-morning-hours-before_tbl2_303014883
- 14) La distance entre Athènes - Santorin en ferry:
<https://www.omio.fr/ferries/athenes/emporio-upywe>
- 15) TGV en Grèce, distance parcourue:
<http://bcpriault.free.fr/grece/index.html#:~:text=Les%20performances%20des%20chemins%20de,atteint%20les%20100%20km%2Fh.>
- 16) L'impact CO2 d'un van:
[https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/co2-performance-emissions-of-new#:~:text=Average%20CO2%20emissions%20of,2%2Fkm%20\(WLTP\).](https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/co2-performance-emissions-of-new#:~:text=Average%20CO2%20emissions%20of,2%2Fkm%20(WLTP).)
- 17) La distance parcourue entre Aigion et Vasiliki en ferry:
<https://www.omio.com/ferries/vasiliki/kefalonias-pxlgg>

- 18) Métro de Milan, distance moyenne entre deux arrêts de métro:
https://en.wikipedia.org/wiki/Milan_Metro
- 19) Distance entre Oulx et St-jean-de-maurienne:
<https://www.rome2rio.com/fr/s/Oulx/Saint-Michel-de-Maurienne>
- 20) Distance entre St-jean-de-maurienne et Paris:
<https://www.thetrainline.com/fr/horaires-train/st-jean-de-maurienne-arvan-a-paris#:~:text=Les%20trains%20voyageant%20de%20St,une%20distance%20de%20500%20km.>
- 21) La vitesse moyenne d'un camping car:
<https://ffcc.fr/conseil-pratique/conduire-son-camping-car/#:~:text=100%20km%2Fh%20sur%20routes,h%20sur%20les%20autres%20routes.>
- 22) L'impact CO2 d'un camping car:
<https://www.acs.ch/fr/themes-interessants/caravaning-bon-bilan-carbone.php>
- 23) La distance parcourue entre Preveza et Brindisi en ferry:
[https://www.ferryhopper.com/fr/ferry-routes/direct/ferry-brindisi-igoumenitsa#:~:text=La%20distance%20entre%20le%20port,marins%20\(environ%20312%20km\).](https://www.ferryhopper.com/fr/ferry-routes/direct/ferry-brindisi-igoumenitsa#:~:text=La%20distance%20entre%20le%20port,marins%20(environ%20312%20km).)

2) Alimentation

- 24) ADEME Simulateur CO2, l'impact des différents types de repas et boissons:
<https://impactco2.fr/repas>

3) Logement

- 25) Comparaison de l'empreinte carbone (scope 1 + scope 2) entre un hôtel et une auberge de jeunesse : <https://www.bureauveritas.co.uk/hostelworld-carbon-impact-analysis>
- 26) Le bilan carbone d'un hotel en moyenne (le scope 3 est inclus):
<https://www.hellocarbo.com/blog/calculer/bilan-carbone-hotel/>
- 27) Corporate Emissions Footprint and Progress Against Goals:
https://airbnb2020ipo.q4web.com/files/doc_downloads/governance_doc_updated/2022/Airbnb-Corporate-Sustainability-Update_September-2022.pdf

4) Douche

- 28) Débit d'eau pour une pomme de douche classique:
<https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/usages-consommation-conseils/quels-equipements-permettent-deconomiser-leau-au-quotidien/>
- 29) Température de chauffage de l'eau dans la chaudière donnée par l'ADEME, les 55°C donnés sont approximés à 60 °C:
<https://agirpoulatransition.ademe.fr/particuliers/maison/economies-denergie-deau/astuces-reduire-facture-deau-denergie>
- 30) Rapport de calcul de l'impact de différents secteurs de l'OCE avec une catégorie pour la douche (Puissance nécessaire pour amener l'eau de 10 °C à 60 °C → 58 kWh/m³):
<https://www.oce.global/animations/CarbonFootprint-final/pdf/Carbon%20Footprint%20-%20OEN.pdf>

31) ADEME, simulateur CO2, impact du type d'énergie choisie pour le chauffage et rendement:

<https://impactco2.fr/chauffage>

32) Consommation d'énergie en Europe:

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households

In 2021, natural gas accounted for 33.5% of the EU final energy consumption in households, electricity for 24.6%, renewables and wastes for 21.2% and oil & petroleum products for 9.5%. Derived heat for 8.6% and a small proportion, 2.5%, was still covered by coal products (solid fossil fuels).