Cycle Pluridisciplinaire d'Etudes Supérieures (CPES)
Licence mention Sciences de la transition écologique et sociétale

PROJET TUTORÉ : BILAN CARBONE DU LYCÉE DESCARTES DE TOURS

AIGLEHOUX Arthur - SAINT Marylou - TIMBERT Clément - YOU Lucas

Encadrants :

BLARDAT Stéphane
LACOSTE Aurélien

TABLE DES MATIÈRES

I. REMERCIEMENTS.....3

II. RÉSUMÉ.....3

III. INTRODUCTION ET CONTEXTUALISATION..... 4

IV. MÉTHODOLOGIE.....6
1. L'outil Clicks On 6
2. Le travail sur le terrain.....7

V. ANALYSE DES RÉSULTATS PAR SECTEURS..... 8
1. Secteur de l'Énergie..... 8
2. Secteur des Déplacements..... 10
3. Secteur des Immobilisations..... 14
4. Secteur de la Restauration.....17
5. Secteur des Achats..... 22

VI. RÉSULTATS..... 29

VII. DISCUSSION..... 30

VIII. CONCLUSION.....31

X. BIBLIOGRAPHIE..... 31

XI - LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX……..35

XII - GLOSSAIRE..... 36

XIII - ANNEXES..... 37

I - REMERCIEMENTS

Nous souhaitons remercier l'entièreté de la Direction du lycée Descartes pour leur participation et tout particulièrement M. Yannick Fourcade pour son implication sans faille dans le partage des données nécessaires. Merci également à Mme Malika Mamouni pour son aide lors de l'élaboration du sondage proposé aux élèves et au personnel du lycée Descartes, mais aussi à M. Vincent Guastavino pour sa réactivité lors de la collecte des informations quant aux achats des laboratoires de chimie du lycée. Nous exprimons également notre gratitude à M. Augustin Piller, en qualité de président de la Maison des Cartésiens, ainsi qu'à Mme. Valentine Hervier, présidente du BEEDE, pour leur collaboration à l'obtention des résultats des ventes de pulls.

Enfin, nous remercions nos responsables de projet M. Aurélien Lacoste et M. Stéphane Blardat pour leur disponibilité et leur confiance.

II - RÉSUMÉ

Notre projet tutoré s'articule autour du calcul du bilan carbone de l'enceinte du lycée Descartes à Tours dont M. Blardat est le proviseur, pour l'année scolaire 2024/2025 dont la période considérée est enregistrée du 01/09/24 au 31/08/25. Alors que seulement 3 lycées de l'Académie Orléans-Tours ont effectué leur bilan carbone, le projet d'élaboration de ce bilan carbone a pour objectif d'amener d'autres lycées de l'Académie à l'effectuer. Il a également pour but de mettre en lumière la quantité d'émissions de CO2 émises par le lycée en un an afin de donner lieu à des prises de conscience et des possibilités de réduction sur ces émissions. Pour réaliser ce bilan, nous avons utilisé les données récupérées grâce à l'administration du lycée, et le calculateur Clicks On , issu d'un projet européen qui aide les collèges et lycées à mesurer et réduire leur empreinte carbone. On relève que les secteurs majoritaires ressortant de cette étude sont ceux de la Restauration et de l'Energie, qui représentent à eux deux 84,17 % des émissions totales de CO_2 de l'enceinte du lycée Descartes. Ces points seraient donc les principaux à aborder pour entamer la transition énergétique et écologique de la Direction du lycée.

Mots-clés : bilan carbone, Empreinte carbone, Gaz à effet de serre, CO_2eq, Sources d'émissions, Leviers de Transition, Facteurs d'émissions

III - INTRODUCTION ET CONTEXTUALISATION

Face à un réchauffement climatique d'une rapidité sans précédent à l'échelle des temps géologiques (Gouv, 2023), l'humanité se doit de mesurer l'ampleur de ce phénomène et d'agir afin de préserver des conditions de vie viables sur Terre. Si notre planète a toujours connu des variations de température, celles-ci étaient observables sur des échelles de temps de l'ordre des milliers d'années (Dominique Poissonnier, 2024) ; c'est pourquoi l'industrialisation massive de l'après-Seconde Guerre mondiale marque un véritable tournant. En effet, cette volonté de modernisation lors de la Révolution Industrielle déclenche en seulement quelques décennies, soit une durée relativement courte comparée à ce que la Terre a connu jusqu'à présent, un réchauffement planétaire fortement impactant.

Le réchauffement climatique correspond à l'élévation observée et projetée de la température moyenne mondiale de l'atmosphère et des océans, causée en grande partie par l'accumulation de gaz à effet de serre (GES). Le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) confirme en 2019 que le réchauffement de surface approche +1,5°C par rapport à l'ère préindustrielle (*Fig.1*), reliant cette hausse aux activités humaines (GIEC, 2019). Cette idée que l'Homme et ses pratiques sont à l'origine de la majeure pollution atmosphérique qui réchauffe notre biosphère est étudiée depuis des décennies, dont le Rapport Meadows de 1972 fait partie des pionniers.

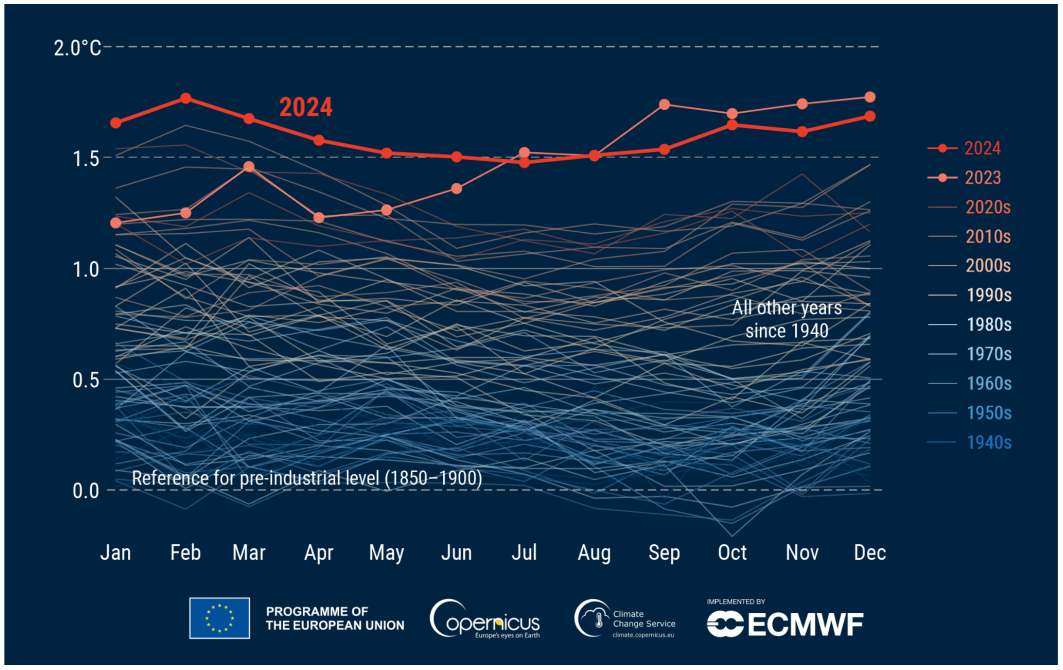


Figure 1 : Graphique montrant l'augmentation de la température de l'air à la surface du globe par rapport à l'ère préindustrielle, 2024

L'effet de serre est un phénomène naturel permettant à la Terre de se stabiliser à une température de 15°C en moyenne à sa surface. Sans ce réchauffement, la planète atteindrait une température moyenne négative de -18°C (INERIS, 2026), bien trop peu pour un développement de la vie aussi diversifiée qu'il ne l'est actuellement. Ce mécanisme résulte de l'interaction entre les rayons solaires et l'atmosphère, une enveloppe gazeuse d'environ 40 km d'épaisseur. L'air s'y réchauffe, tandis que les activités humaines émettent des radiations, dont une partie est renvoyée vers l'espace et l'autre est retenue dans la

biosphère. La difficulté contemporaine à laquelle nous faisons face est la “barrière” construite métaphoriquement par les gaz à effet de serre, bloquant le passage des rayons de chaleur émis par l’activité du vivant (Encyclopédie du Vivant, 2024).

La problématique centrale est désormais le piégeage de cette chaleur dans l'atmosphère par les gaz à effet de serre d'origine anthropique. C’est en 2015 lors de la COP21 que les premiers véritables objectifs internationaux sont adoptés : 196 pays s’engagent via l’Accord de Paris à maintenir le réchauffement planétaire en dessous des +2°C depuis l’ère industrielle (Vie Publique, 2024). Ainsi, en vue de renforcer ces mesures d’atténuation, la Loi Énergie Climat (2019) impose aux entreprises françaises de plus de 500 salariés la réalisation d’un bilan carbone. Ces bilans, dont l’ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) en est à l’initiative primaire, permettent de calculer les émissions de gaz à effet de serre propres à l’entreprise ciblée en vue d’aider à l’identification de solutions de décarbonation. Le bilan carbone constitue aujourd'hui une référence et un outil de management environnemental intéressant dans le cadre de la sensibilisation, la prise de conscience puis l’action des français. Il tend effectivement à se développer dans différents types de structures et d’activités, notamment au sein des départements de recherches scientifiques grâce au logiciel Labo1.5, ou individuellement grâce au projet Carbone 4 de M. Jean-Marc Jancovici permettant de calculer son empreinte carbone personnelle. Il vient ainsi se normaliser et totalement s’intégrer dans les pratiques de notre société.

Malgré ces engagements, l'empreinte carbone mondiale continue de croître. En effet, si l’Accord de Paris a réussi à limiter la tendance de la hausse des températures futures initialement prévue à +4°C, les nombreux programmes d’actions n’ont pas été assez importants pour envisager de ne pas dépasser la barre des +2°C. “Le dépassement est désormais inévitable” signale António Guterres (patron des Nations Unies) avant la COP 30, au vu des projections attestant d’un réchauffement minimal de +2,8°C en 2100 (*Fig.2)*.

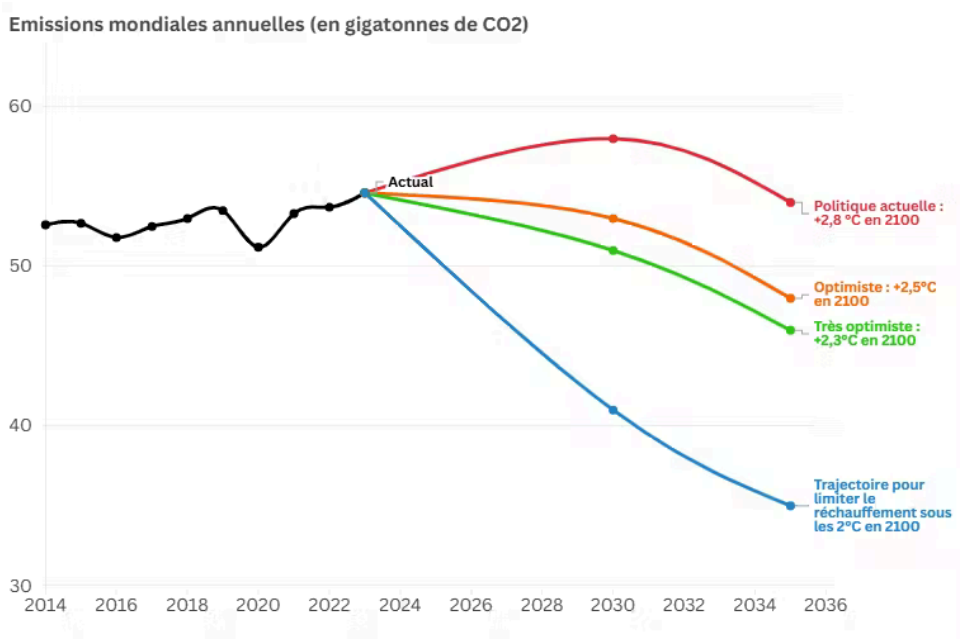


Figure 2 : Projections du réchauffement climatiques selons différents scénarios envisagés : le réchauffement climatique après les 10 ans de l’Accord de Paris (2025)

Le présent rapport répond à une volonté conjointe des enseignants.es de la Faculté des Sciences et Techniques de Tours et de la Direction du lycée Descartes, ayant souhaité faire appel aux étudiants.es de deuxième et troisième année de Licence de Cycle Pluridisciplinaire d'Études Supérieures en Sciences de la Transition Écologique et Sociétale afin de réaliser le bilan carbone du lycée Descartes.

En effet, l'élaboration de ce bilan carbone permettrait au lycée une harmonisation de ses futures pratiques avec son intention de réduire ses émissions de gaz à effet de serre, puisqu'il permettra d'identifier les pôles les plus pollueurs. De plus, M. Blardat, directeur du lycée Descartes, souhaiterait alors par le travail des étudiants de CPES STES, apporter sa pierre à l'édifice pour le Projet d'Etablissement Bas carbone des lycées de l'Académie d'Orléans-Tours (Fig.3) étant à l'heure actuelle composé de 3 bilans seulement sur 260 en France (Clicks On, 2026).

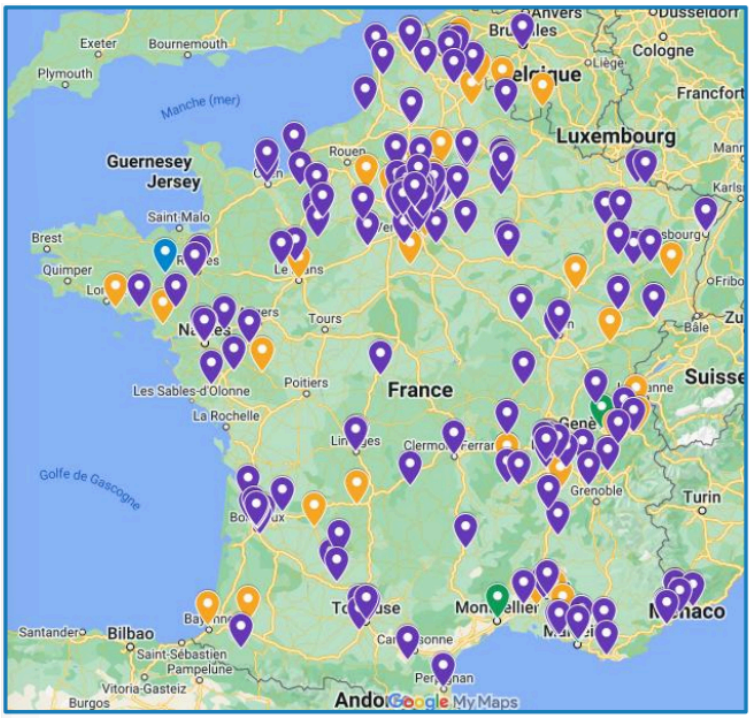


Figure 3 : Carte des lycées détenant un bilan carbone en France (Clicks On, 2025)

Pour ce faire, ce bilan carbone prendra en compte les émissions émises du 01/09/2024 au 31/08/2025 des bâtiments du lycée Descartes, de l'Annexe Emile Zola ainsi que du foyer des élèves internes, le tout comprenant 1740 élèves et 257 adultes.

IV - METHODOLOGIE

1. L'outil Clicks On

Nous avons utilisé l'outil en ligne Clicks On (https://clickson.eu/fr/calculateur/) spécialisé dans les bilans carbones des lycées. Il a été mis en place grâce à une collaboration internationale entre de nombreux partenaires venant de la France, de l'Italie et

de l'Espagne. Cet outil propose ainsi un calculateur d'émissions pour les établissements scolaires et des outils pédagogiques afin de sensibiliser les élèves et le personnel au changement climatique pour les impliquer dans des actions concrètes en vue de devenir des écoles « bas carbone ».

L'outil Clicks On définit 5 grandes catégories : l'Énergie, les Déplacements, les Immobilisations, la Restauration et les Achats ; qui permettent d'identifier plus simplement les données à collecter. Chaque donnée est associée à un facteur d'émission, c'est-à-dire un ratio entre la quantité de CO_2 émise et une unité physique consommée (ex : 0,19 kgCO_2eq/km pour un véhicule diesel, incluant la combustion en amont). Ici, les facteurs d'émission sélectionnés sont ceux du site de l'ADEME Base Empreinte (https://base-empreinte.ademe.fr/), qui bénéficie de fréquentes mises à jour de ces données. Dans ce bilan, afin de comparer l'impact de différents gaz à effet de serre aux caractéristiques distinctes, on utilise l'équivalent CO_2 (CO_2eq), une unité créée par le GIEC (Connaissances des Énergies, 2026). Son calcul repose sur le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG), qui quantifie l'impact relatif de chaque gaz sur un horizon donné (par exemple, un PRG de 28 pour le méthane sur 100 ans) (Tab.1).

Tableau 1 : Unité de mesures des gaz à effet de serre : équivalent CO_2

1 kg CO_2	1 kg CO_2 eq
1 kg CH_4	28 kg CO_2 eq
1 kg N_2O	265 kg CO_2 eq

L'émission d'une sous-catégorie résulte de la multiplication du facteur d'émission par la quantité consommée. La somme de ces émissions donne l'empreinte de la catégorie.

On note que l'outil émet lui-même que cette méthode n'est pas la plus précise puisqu'une marge d'incertitude statistique est liée à chaque facteur ainsi qu'à chaque donnée collectée, mais qu'elle est la plus simple et suffisamment fiable pour les objectifs du Projet d'Établissements Bas carbone. On retient alors que l'utilisation d'un bilan carbone n'a pas pour but de déterminer exactement la quantité de CO_2 émise, mais davantage d'avoir en tête les ordres de grandeurs principaux afin de savoir où et comment agir.

2. Le travail sur le terrain

Une fois l'outil Clicks On sélectionné comme étant celui que nous allons utiliser pour notre Projet Tutoré, nous avons organisé plusieurs rendez-vous avec le proviseur du lycée Descartes M. Blardat, notre référent de l'Université M. Lacoste ainsi que le référent comptable du lycée M. Fourcade. Les enjeux étaient de définir le périmètre spatio-temporel des données concernées par le futur bilan carbone et de lister la totalité des données à récupérer en déterminant quel responsable était à contacter pour chacune d'entre elles.
Nous nous sommes ainsi, après réflexion commune, positionnés sur la période scolaire du 01/09/2024 au 31/08/2025, de sorte à avoir à disposition une année complète. En effet, il nous était complexe de prendre l'année 2025 complète du 01/01/2025 au 31/12/2025 par

faute de temps, ce qui nous aurait rendu à effectuer notre travail fin décembre-janvier, une fois tous les documents reçus. Nous avons privilégié une certaine assurance et précaution quant à notre travail.
Lors de notre premier rendez-vous, M. Blardat nous a explicitement invités à consulter les données des bâtiments du lycée Descartes ainsi que l'Annexe Zola située à deux rues de l'adresse principale et les bâtiments des chambres des élèves internes. Le tout comptabilisant 3 secteurs à prendre en compte dans notre bilan.

Une fois le cadre spatio-temporel délimité et l'agent comptable contacté, nous recevions les informations souhaitées généralement par mail ou directement en main propre lors de rendez-vous. Nous rentrons ensuite les données directement dans l'outil rapidement après les avoir collectées afin de garantir une certaine organisation au sein du groupe de travail et de n'altérer aucune communication.

Cependant, pour certaines données, quelques difficultés se sont fait ressentir. En effet, M. Fourcade n'a pas la main sur la totalité des informations que nous avions besoin, d'où la nécessité de contacter M. Guastavino le responsable des laboratoires de chimie, les exploitants Compost & Co qui récupèrent et traitent les palettes de biodéchets du lycée, ainsi que la Présidente de la Maison des Cartésiens (Bureau des lycéens) et la Présidente du Bureau Engagé et Écologique Des Étudiants au sujet de la vente annuelle des pulls du lycée Descartes. Aussi, le Secteur des Déplacements réclamait les données individuelles des élèves et du personnel, c'est pourquoi nous avons mis en place grâce à l'aide de Mme. Mamouni un sondage partagé sur Pronote quant aux modes de transports utilisés pour venir au lycée (Annexe 1).

V – ANALYSE DES RÉSULTATS PAR SECTEURS

1. Secteur de l'Énergie

L'énergie, constituant l'ensemble des forces susceptibles de mouvoir les machines nécessaires à la production industrielle ou à la vie domestique, a une place importante lors de la réalisation de notre bilan carbone. Son empreinte carbone se calcule grâce à la somme de l'empreinte chauffage, de l'empreinte électrique et de l'empreinte de refroidissement des bâtiments. L'utilisation de l'énergie est une source de gaz à effet de serre notamment dû à :

- du gaz carbonique provenant de la combustion des carburants fossiles (pétrole, gaz, charbon), qui, comme leurs noms l'indiquent, sont le résultat de la décomposition d'organismes vivants très anciens (GIEC, 2006)
- de polluants locaux divers qui sont parfois aussi des gaz à effet de serre ou qui engendrent des gaz à effet de serre (c'est notamment le cas de l'ozone ou des NOx) (CITEPA, 2024)
- du fait que l'électricité est partiellement ou totalement, selon les pays, fabriquée à partir de combustibles fossiles
- des fuites de gaz survenant pendant l'exploitation des hydrocarbures : le méthane, principal constituant du gaz naturel, est lui-même un gaz à effet de serre 28 fois plus puissant que le gaz carbonique. (CITEPA, 2023)

L'analyse détaillée des émissions dans le secteur de l'énergie peut donc nous pousser à des actions concrètes en ce qui concerne la réduction de gaz à effet de serre.

Le lycée Descartes a une particularité concernant sa consommation d'énergie : il est raccordé au centre interurbain de biomasse. Cet élément possède plusieurs avantages : on évite d'abord la perte d'énergie de la centrale, tout en améliorant le rendement de cette installation. En effet, sa capacité est maximisée pour tous les bâtiments possibles. De plus, le lycée présente une réduction de gaz à effet de serre grâce à l'utilisation d'une énergie de biomasse, présentant une faible empreinte carbone.

Tableau 2 : Données relevées par l'agent comptable sur la consommation énergétique

Secteurs d'étude	**Lycée Descartes**	**Annexe Zola**	**Foyer résidence**
Consommation d'énergie (KWh)	670 339	48 277	70 394
Total sur la période (KWh) 01/09/24 - 31/08/25	789 010		
Consommation ramenée au mois (KWh)	≈ 65 751		

Le calculateur "Clicks On" demande pour ce secteur une consommation d'énergie au mois (*Tab.2)*. Cette prise en compte des données présente néanmoins plusieurs limites. En effet, les conditions climatiques varient d'un mois et d'une saison à l'autre, ce qui implique des variations et pics importants de consommation énergétique pour les chauffages. L'occupation des différents bâtiments fait aussi varier ces données. Alors que les bilans carbone sont conçus comme un outil de comparaison et d'analyse des consommations en fonction des mois et des années, l'absence de données exactes mensuelles restreint ces possibilités d'avancées vers les économies d'énergies.

Par ailleurs, les résultats sont d'autant plus imprécis que la comptabilité de l'établissement n'a pas la main sur toutes les données énergétiques touchant à notre objet d'étude. En effet, les données sur le chauffage appartiennent à Eiffage, tandis que celles sur les locaux de sports et transports sont de l'ordre de la région.

Toutefois, le lycée Descartes a déjà mis en place des actions afin de sensibiliser à une réduction du chauffage au sein de l'établissement, notamment lors de la journée nommée "Gros Pull" afin de s'adapter aux variations d'utilisation de chauffage. Celle-ci est produite tous les ans en hiver, et consiste à baisser de 1°C le chauffage habituel. Ainsi 263 euros et 480 kg de CO_2 ont été économisés, le tout comparé à une journée-type de 2025.

Afin d'évaluer plus précisément les consommations d'énergie, le calculateur Clicks On prend en compte l'impact de nombreux autres gaz. Ces gaz sont principalement utilisés lors de travaux pratiques et d'expériences en laboratoire de physique-chimie, tandis que certains servent de fluides frigorigènes dans les chambres froides. On considère les gaz suivants : R744 – CO_2, R32, R134a, R422, R407c, R404a, R452a, R410a, R513a, CO_2, N2O, NF3, SF6, CH4 biogénique et CH4 fossile.

Après un échange avec M. Guastavino, nous avons été informés que le laboratoire du lycée ne se sert que d'un bec Bunsen pour le travail du verre pour un usage cumulé de 2 à 3 heures dans l'année. Son impact est donc négligeable. On note également que les gaz des chambres froides et fluides frigorigènes ne sont pas évalués et nous n'avons donc pas de données sur le sujet. Le SF6 est tout de même utilisé mais uniquement dans des cellules fermées, ce qui permet sa réutilisation sans nécessiter de nouvel achat. Son impact peut ainsi être considéré comme négligeable.

2. Secteur des Déplacements

2. A. Déplacements liés aux voyages scolaire et sorties sportives

Dans cette partie, nous analysons les déplacements lors des voyages scolaires et des aller-retours lors des séances de sport en comptabilisant uniquement les déplacements pris en charge par le lycée et non ceux par la région qui en subventionne de nombreux.
Tout d'abord, les déplacements réalisés en transports pour permettre aux élèves de pratiquer les cours d'EPS se situent dans 4 sites : le complexe sportif de la Tourette et le Stade de la Chambrerie à Tours, la Forêt Communale à Larçay et le Bois des Touches à Ballan-Miré. L'ensemble de ces trajets se déroule en bus et représente un total de 4 461,4 kilomètres. Le calculateur Clicks On demande une information en passagers par kilomètres, il suffit donc de multiplier le kilométrage de chaque trajet par le nombre de voyageurs. On obtient la valeur de 133 842 passagers/km parcourus en autobus pour un total de 20 076,3 kgCO_2eq.

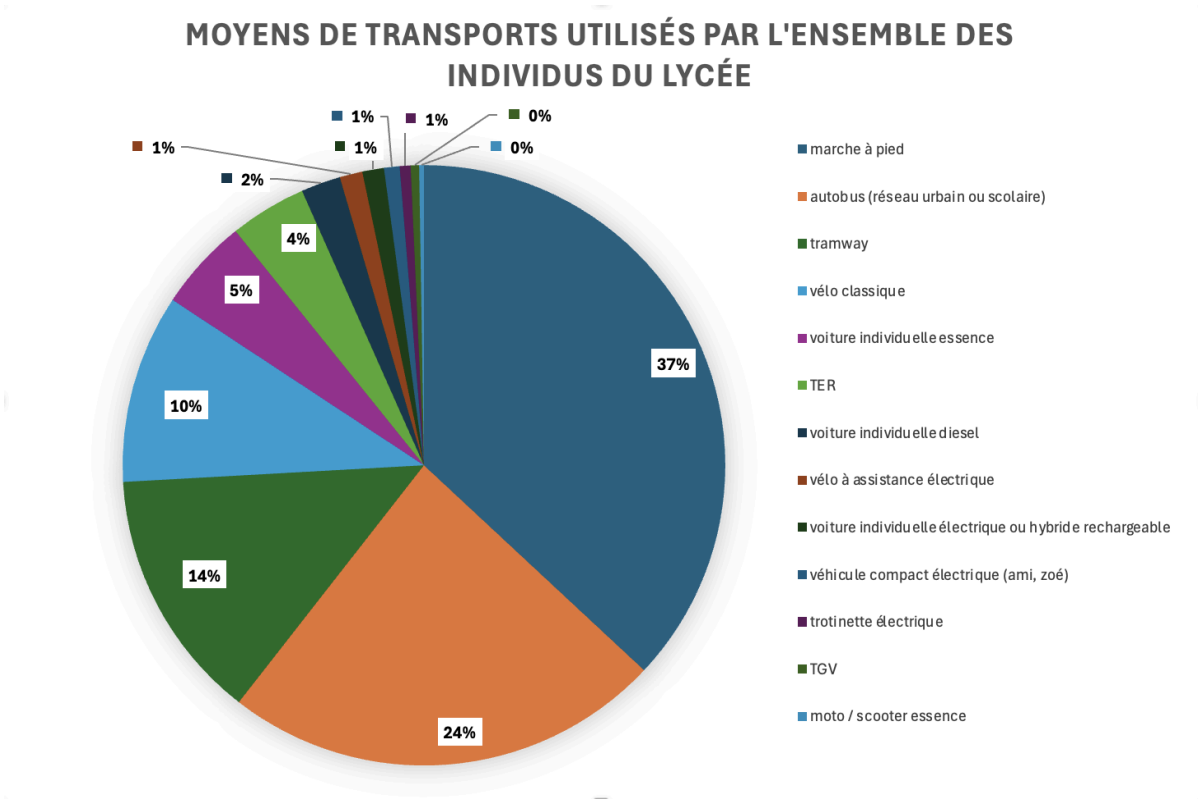
Les voyages scolaires, eux, se décomposent en 3 moyens de locomotion : l'autobus, le train et l'avion. Les voyages réalisés en bus pour l'année 2024/2025, tels que la classe de neige pour les PCSI ou le séjour en Auvergne pour les BCPST, ont un total qui correspond à 234 356.8 passagers/kM. Le train a été plébiscité à l'occasion d'un voyage en Allemagne et en Espagne pour un total de Train 86 760 passagers par kilomètre pour un total de 260,28 kgCO_2eq émis. L'avion est de loin le moyen de transport le plus émetteur. 49 personnes ont pu prendre l'avion et ainsi parcourir une moyenne de 2 880 km chacun, soit 141 100 passagers/km, pour un bilan de 26 385,7 kgCO_2eq émis. Ainsi, le bus, qui représente plus de 99 % des transports d'élèves et d'accompagnateurs, contribue à 68 % des émissions des déplacements liés aux voyages scolaires tandis que le train a un impact quasi neutre grâce à l'usage de l'électricité : une énergie dont production bas-carbone (nucléaire et renouvelable) a atteint pour la première fois le seuil de 95 % de l'électricité produite en France (Rte, 2025). En comparaison, l'avion représente 32 % des émissions pour 49 voyages aller-retour assez courts lors de l'année 2024/2025. À noter que les voyages concernant des mobilités Erasmus n'ont pas été pris en compte car le moyen de déplacement utilisé est inconnu et différent chez chaque étudiant.

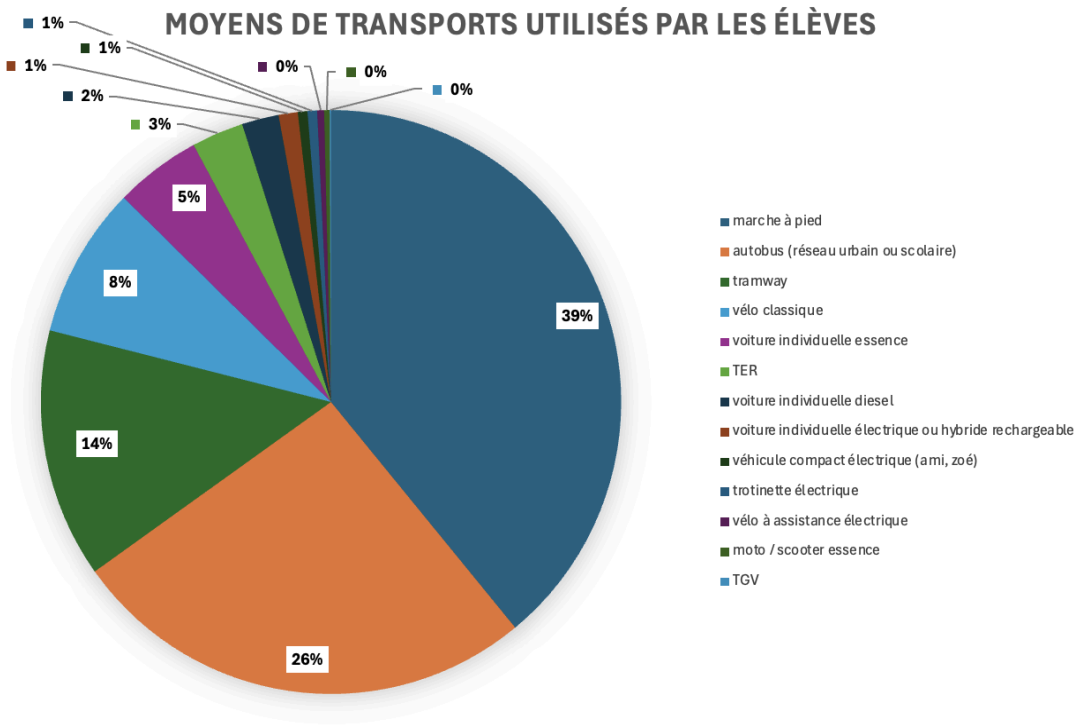
2. B. Déplacements domicile-lycée

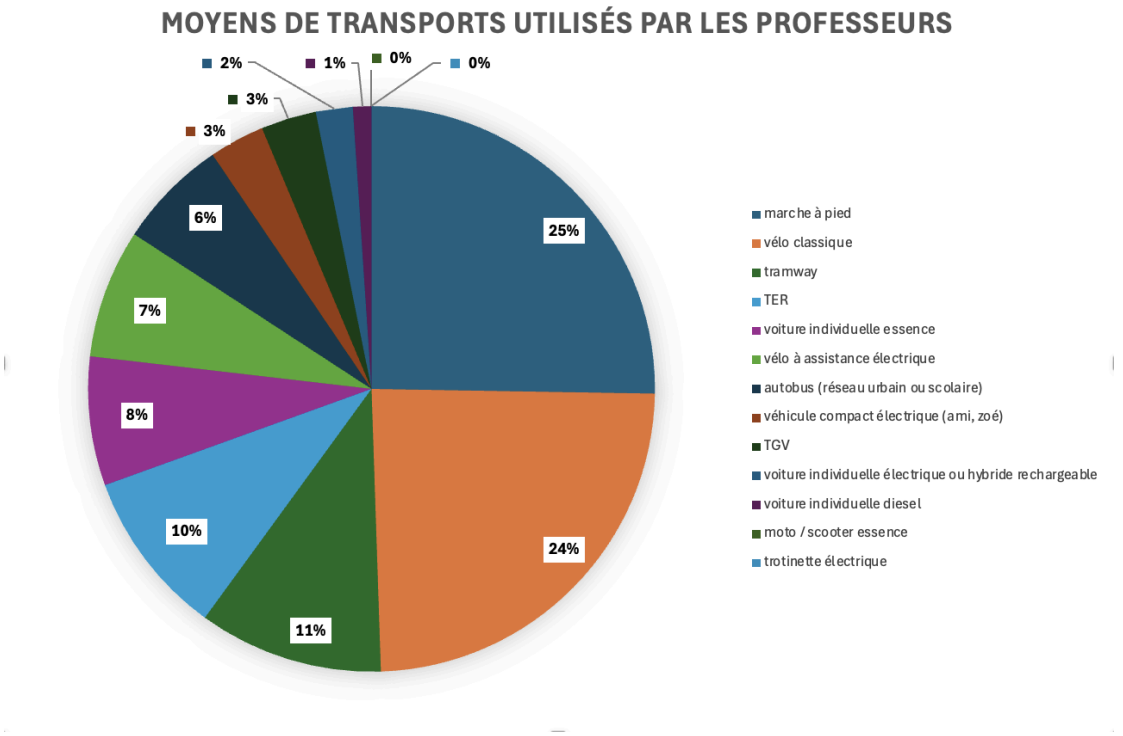
Le calculateur Clicks On dans cette partie nous demande de renseigner le kilométrage domicile-lycée parcouru par l'ensemble des élèves, professeurs et membres du personnel par moyen de transport (légende Fig.4) sur la période étudiée. Afin de recueillir

ces données nous avons décidé de réaliser un sondage (Annexe 1) transmis à l'ensemble des membres du lycée : les élèves, les professeurs ainsi que le personnel de l'établissement sur la plateforme Pronote. Celui-ci fut appuyé d'un message de M. Blardat afin de maximiser le taux de réponse. Ce questionnaire est constitué d'une introduction expliquant l'objectif de ce sondage ainsi que le cadre dans lequel les données fournies allaient être utilisées afin d'inciter un maximum les membres à y participer. Ensuite, on y retrouve un ensemble de 5 questions simples et concises.

Un important taux de réponse que l'on peut considérer comme représentatif pour notre étude a été observé. En effet, nous avons enregistré un taux de réponse d'environ 52 % sur l'ensemble des personnes susceptibles d'y répondre. (1042 réponses sur 1997 personnes : 1740 élèves + 141 professeurs + 116 personnels) Les élèves, qui même s'ils sont les plus nombreux, sont ceux qui ont le taux de réponse le plus important, environ 55 % soit 954 réponses. De plus, il n'est à déplorer qu'une seule réponse aberrante liée à un élève mal intentionné. Ce sondage a donc été vraiment pris au sérieux par les élèves. Les professeurs ont répondu avec un taux d'environ 52 % soit 73 réponses et enfin le personnel de l'établissement qui n'enregistre lui qu'un taux faible taux de 13 % pour 15 réponses. Attention, ceci est à relativiser car il est possible que ce taux soit malheureusement dû au fait que seul peu de membres du personnel de l'établissement n'utilisent la plateforme Pronote. Néanmoins, il n'en est pas moins que les résultats globalisés sur l'ensemble des membres du lycée sont significatifs ce qui nous a permis de réaliser des statistiques. D'après nos résultats (Fig.4), la majorité des déplacements quotidiens se font via des modes de transports bas carbone voire complètement neutres en carbone comme la marche à pied par exemple qui est le mode de transport le plus utilisé.




MOYENS DE TRANSPORTS UTILISÉS PAR LES ÉLÈVES
1%
1%
1%
2%
3%
0%
0%
0%
5%
8%
39%
14%
26%
marche à pied
autobus (réseau urbain ou scolaire)
tramway
vélo classique
voiture individuelle essence
TER
voiture individuelle diesel
voiture individuelle électrique ou hybride rechargeable
véhicule compact électrique (ami, zoé)
trotinette électrique
vélo à assistance électrique
moto / scooter essence
TGV


MOYENS DE TRANSPORTS UTILISÉS PAR LES PROFESSEURS
2%
1%
0%
0%
3%
3%
6%
25%
7%
8%
10%
24%
11%
marche à pied
vélo classique
tramway
TER
voiture individuelle essence
vélo à assistance électrique
autobus (réseau urbain ou scolaire)
véhicule compact électrique (ami, zoé)
TGV
voiture individuelle électrique ou hybride rechargeable
voiture individuelle diesel
moto / scooter essence
trotinette électrique

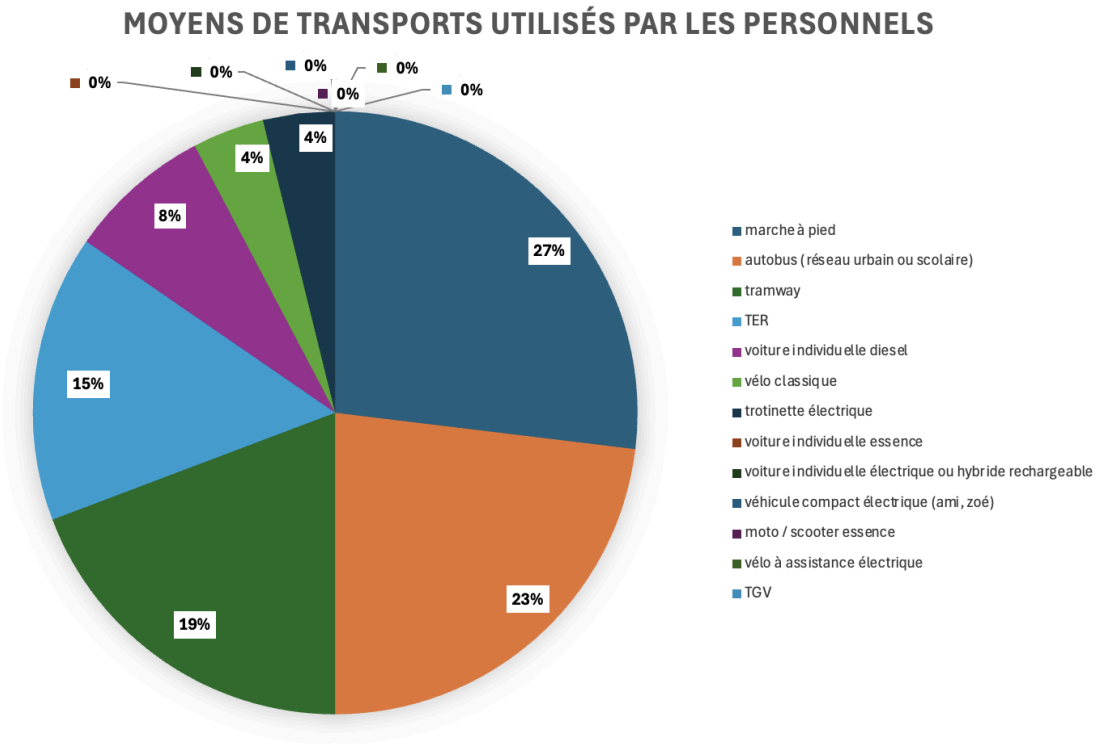


Figure 4 : graphiques représentatifs des modes de transports utilisés par les élèves/personnels/professeurs

Cependant, ce sondage n'a pas permis d'obtenir un chiffre exact quant au moyen de transport le plus utilisé. En effet, nous n'avions pas prévu le fait que les sondés puissent renseigner plusieurs modes de transport différents pour la question : quel est votre moyen de transport principal pour venir au lycée ? Ceci a pour conséquence d'avoir eu quelquefois plusieurs moyens de transport cochés à cette question quand bien même nous avions mis une autre question pour leur demander leur moyen de transport secondaire le cas échéant. Ainsi, nous avons beaucoup travaillé sur la question, et alors nous nous sommes posés nombres de questions, lorsque deux modes différents ont été cochés lequel doit être considéré comme le moyen principal ? À cette question nous avons fait le choix de noter que si la personne a sélectionné le bus et la marche pour se rendre au lycée, on retient le bus comme moyen principal, par exemple.

Aussi, nous avons fait certaines équivalences lorsque les personnes viennent via d'autres moyens que ceux proposés. C'est pourquoi lorsqu'une personne dit faire du covoiturage nous avons considéré que le moyen était associé à une voiture individuelle diesel car l'équivalent CO_2 d'un véhicule diesel est inférieur à celui d'un véhicule à essence afin de compenser un peu l'impact, puisque le covoiturage permet tout de même de réduire les émissions d'un seul individu en les partageant entre plusieurs personnes. Nous nous sommes même demandé si l'on ne diviserait pas par deux la distance afin de prendre en compte le covoiturage mais ne l'avons pas fait. Ces réponses restant marginales (moins de 20 réponses) leur impact est négligeable sur le résultat final.

La plus grande difficulté pour nous dans ce bilan carbone a été l'exploitation des données liées aux kilomètres parcourus lors de ces déplacements domicile-lycée. Malgré nos efforts pour transformer les données fournies par l'administration du lycée suite au

sondage, nous n'avons pas réussi à trouver un moyen de les transposer de manière optimale sur un tableau Excel. Nous avons refait à la main un tableau Excel nous permettant de faire la somme des distances parcourues par l'ensemble des sondés, pour ensuite la pondérer aux moyens de transport utilisés en fonction de leur fréquence puisqu'il nous était techniquement impossible d'associer chaque personne à son moyen de transport principal ainsi qu'on kilométrage le séparant du lycée. Malheureusement, après toutes ces réflexions et tentatives nous avons décidé de ne pas prendre en compte ces déplacements domicile-lycée dans le bilan final puisqu'il comprend en l'état trop d'incertitudes.

Ceci est malheureusement contraint par le format des résultats du sondage ainsi que les modes de réponses permis par la plateforme Pronote. En effet, il aurait fallu soit beaucoup plus de temps afin de modifier à la main les milliers de lignes de réponses obtenues soit refaire un sondage sur une autre plateforme afin de non seulement de contraindre les sondés à ne cocher qu'une case par réponse et ne mettre qu'un nombre lorsque cela est demandé pour obtenir des résultats exploitables. À titre d'exemple, il nous est techniquement impossible de traiter les données fournies sans les modifier à la main une par une puisque les réponses que l'on retrouve dans les cases excel sont au format image de manière automatique donc non-remplaçables et analysables. (Annexe 2)

3. Secteur des Immobilisations

3. A. Construction et rénovation

Pour cette catégorie le calculateur fait de grosses approximations car il ne prend pas en compte le nombre de personnes qui se sont déplacées sur le site, si de gros engins ont été utilisés, si certains matériaux ont été biosourcés ou s'ils sont issus de récupération, etc. Cependant, lorsqu'il fait le calcul des émissions, il y a de grandes incertitudes puisqu'il ne prend en compte que la superficie du bâtiment/parking construit ou rénové ainsi que sa structure générale (métallique, bitumeuse ou bétonneuse). De plus, nous savons que le secteur du bâtiment est responsable d'une grande part des émissions de GES sur l'ensemble de son cycle de vie, depuis la fabrication des matériaux et des équipements qui le composent jusqu'à sa fin de vie avec la gestion des déchets, en passant par la phase d'exploitation ou pendant laquelle le bâtiment est occupé. Selon l'ADEME, en 2019, l'impact carbone de l'ensemble de ces activités a été estimé à 153 Mt CO_2eq, ce qui représentait 25 % de l'empreinte carbone nationale. Ainsi, si l'on comptabilise les immobilisations liées à la construction et à la rénovation des bâtiments, il faut que cela soit précis sinon on expose nos résultats à de grandes incertitudes. C'est pour cela que nous avons fait le choix de ne pas les prendre en compte ici, d'autant que l'objectif premier de ce travail est de prendre connaissance des émissions GES du lycée dans le but de les diminuer lorsque c'est possible. Or, les bâtiments sont déjà construits, de plus le calculateur ne prend pas en compte les immobilisations supérieures à 50 ans, ce que la majorité des bâtiments dépassent puisque le lycée a été créé en 1807.

Nous avons également fait le choix de ne pas prendre en compte les données liées aux travaux. En effet, les plus grosses rénovations réalisées durant ces dernières années concernent le bâtiment finalisé en 2024 et la construction du bâtiment J (local poubelles/stockage solvants chimiques) finalisé en 2025. Ces ouvrages étaient sous la supervision de la région en tant que maître d'œuvre. C'est aussi la région qui a financé

l'intégralité des travaux, ainsi le lycée ne dispose pas des factures qui nous auraient permis de calculer l'impact carbone d'un tel chantier grâce à la surface, aux techniques employées et aux matériaux de construction.

Il existe 3 garages et parkings au sein du lycée Descartes, le premier est le garage à vélos au sous-sol du bâtiment C. Le garage est dans un bâtiment en pierre construit en 1830 lors de la construction initiale du lycée. La surface du garage à vélo représente 387 m². Dans ce cas, il n'y a pas besoin de calculer l'amortissement car la date de construction est bien supérieure aux 50 ans requis par Clicks On. De plus, les structures en pierre ne sont pas référencées comme matériau dans le calculateur, mais compte tenu de leur période de construction on peut supposer que la pierre utilisée provenait de carrières locales.

On retrouve ensuite le parking sous-terrain qui se situe sous le bâtiment F construit en 2001. Il se situe dans un bâtiment en béton et dispose d'une surface de 410m² pour 16 places. Le lycée dispose également d'un parking extérieur situé dans la cour d'honneur du lycée. Il s'agit d'un parking bitumé d'environ 15 places. Cependant, en l'absence de ces données précises, le calculateur risque d'appliquer des facteurs d'émission moyens basés uniquement sur des surfaces et des typologies de bâtiments, ce qui introduit de fortes incertitudes et peut déséquilibrer fortement les résultats globaux du bilan. Enfin, une part importante des bâtiments concernés est ancienne et n'est donc pas prise en compte par le calculateur. Cela renforce notre choix de ne pas intégrer ces immobilisations afin de garantir la cohérence des résultats et de concentrer l'analyse sur des postes d'émissions plus directement maîtrisables par l'établissement.

3. B. Équipements audiovisuels

Nous avons comptabilisé 30 chronomètres et 60 télécommandes. Clicks On considère environ 1 kgCO_2eq par chronomètre (0,46 kgCO_2eq pour 1 pile de lithium → deux piles de lithium / chronomètre) et 0,556 kgCO_2eq par télécommande (Données Clicks On)

Nous avons également rentré la calculatrice-imprimante sous la catégorie imprimante dans les immobilisations puisque cela nous paraissait davantage convenable que dans la catégorie Achat des petites fournitures, qui représente moins bien la répartition des émissions des outils informatiques. De plus, les émissions en kgCO_2eq étaient semblables, selon la fiche technique de la calculatrice nous trouvons une moyenne de 85 kgCO_2eq émis, contre 87 kgCO_2eq comptés pour une imprimante dans Clicks On.

3. C . Divers (électroménager, équipements professionnels, ..)

Comme pour les bâtiments, ici il faut amortir les émissions mais sur une durée plus courte. Prenons l'exemple d'une tondeuse thermique, un exemplaire émet 209 kgCO_2eq *(Tab.3)*, le calculateur Clicks on va répartir ce coût carbone sur un période de 10 ans. Chaque équipement a une durée d'amortissement différente en fonction de sa durée de remplacement moyen et de son utilisation.

Tableau 3 : Données demandés par le calculateur sur la partie immobilisations divers

Équipements	**Quantité**	**Emissions**	**Total**
Tondeuse thermique	2	209 $kgCO_2eq$/unité	41,8 $kgCO_2eq$/unité
Aspirateur professionnel	16	83 $kgCO_2eq$/unité	265,6 $kgCO_2eq$/unité
Bouilloire	6	9,9 $kgCO_2eq$/unité	11,88 $kgCO_2eq$/unité
Tondeuse électrique	0	70,1 $kgCO_2eq$/unité	0 $kgCO_2eq$/unité
Congélateur (coffre) – 261 L	0	301 $kgCO_2eq$/unité	0 $kgCO_2eq$/unité
Machine à café à dosettes	8	22,5 $kgCO_2eq$/unité	36 $kgCO_2eq$/unité
Machine à café - filtre	0	31,9 $kgCO_2eq$/unité	0 $kgCO_2eq$/unité
Congélateur (armoire) – 205 L	0	415 $kgCO_2eq$/unité	0 $kgCO_2eq$/unité
Lave-vaisselle standard	0	271 $kgCO_2eq$/unité	0 $kgCO_2eq$/unité
Lave-vaisselle professionnel	0	961 $kgCO_2eq$/unité	0$kgCO_2eq$/unité
Ballon chauffe-eau électrique - 200l	0	159 $kgCO_2eq$/unité	0 $kgCO_2eq$/unité
Four professionnel	0	865 $kgCO_2eq$/unité	0 $kgCO_2eq$/unité
Réfrigérateur – 250 L	0	300 $kgCO_2eq$/unité	0 $kgCO_2eq$/unité
Gymnastique – agrès : barre fixe	0	920 $kgCO_2eq$/unité	0 $kgCO_2eq$/unité
Gymnastique – agrès : barres parallèles	0	480 $kgCO_2eq$/unité	0 $kgCO_2eq$/unité
Lave-linge	0	342 $kgCO_2eq$/unité	0 $kgCO_2eq$/unité
Plaques de cuisson au gaz – 9 000 W	0	43,4 $kgCO_2eq$/unité	0 $kgCO_2eq$/unité
Gymnastique – tatami	0	62 $kgCO_2eq$/unité	0 $kgCO_2eq$/unité
Micro-ondes	8	98,4 $kgCO_2eq$/unité	157,44 $kgCO_2eq$/unité
TOTAL	**512,72 $kgCO_2eq$**		

L'ensemble de ces immobilisations sont celles présentées au sein du calculateur. Cela correspond à une empreinte carbone de 512,72 $kgCO_2$ équivalent *(Tab.3)*. Cependant, de nombreux appareils utilisés en cuisine pour la restauration ne sont pas pris en compte directement par le calculateur Clicks On, notamment sur le matériel de cuisson et de conservation des aliments, entrant ainsi dans le secteur des immobilisations.
Nous avons dû obtenir les valeurs des coûts de fabrication d'un de ces appareils neufs, or l'ensemble de ces équipements ou d'autres semblables n'ont pas une empreinte carbone connue. Après un temps de recherche vain, nous avons dû nous résoudre à utiliser une intelligence artificielle afin de nous aider. En effet, l'intelligence artificielle a une base de données plus précise et complète qu'un simple moteur de recherche ou une base de données d'articles scientifiques (Wayner.P, 2024)

Après des instructions précises (Annexe 5), l'intelligence artificielle donne une réponse claire (Annexe 10). Pour donner l'empreinte carbone, elle s'est basée sur des ordres de grandeur pour équipements de restauration collective issus de sites et institutions reconnus comme Base carbone et ADEME, mais aussi directement via les fabricants disponibles et a dû réaliser des extrapolations. Les valeurs d'analyse paraissent cohérentes par rapport aux autres équipements calculés par Clicks On et ont donc été retenues.

On obtient la valeur d'amortissement annuelle de 1112,4 $kgCO_2eq$, il faut transformer cette valeur pour pouvoir la rentrer dans le calculateur. On obtient le résultat, cependant, il faut prendre en compte que les 1112,4 $kgCO_2eq$ sont déjà amortis, il faut donc le multiplier par 5 car c'est le calculateur qui détermine lui-même la valeur de l'amortissement en fonction de l'appareil.
Pour approximer la valeur, on associe cette valeur en "four professionnels" avec un amortissement de 173 $kgCO_2eq$ par année d'immobilisation.

$$(1112.4\ kgCO_2eq \times 5)/173 = 32.15$$

Cette valeur est inscrite dans le calculateur Clicks On sous la forme de 32,15 "fours professionnels".

L'ensemble des équipements professionnels et l'électroménagers correspondent à 6 074,67 $kgCO_2$ au sein des immobilisations de l'établissement.

4. Secteur de la Restauration

Le secteur de la restauration est un des pôle majeur émetteur des gaz à effet de serre français, l'alimentation étant à l'origine de 22% des émissions nationales *(Fig.5, INSEE, 2018)* et concernant la totalité de la population française.

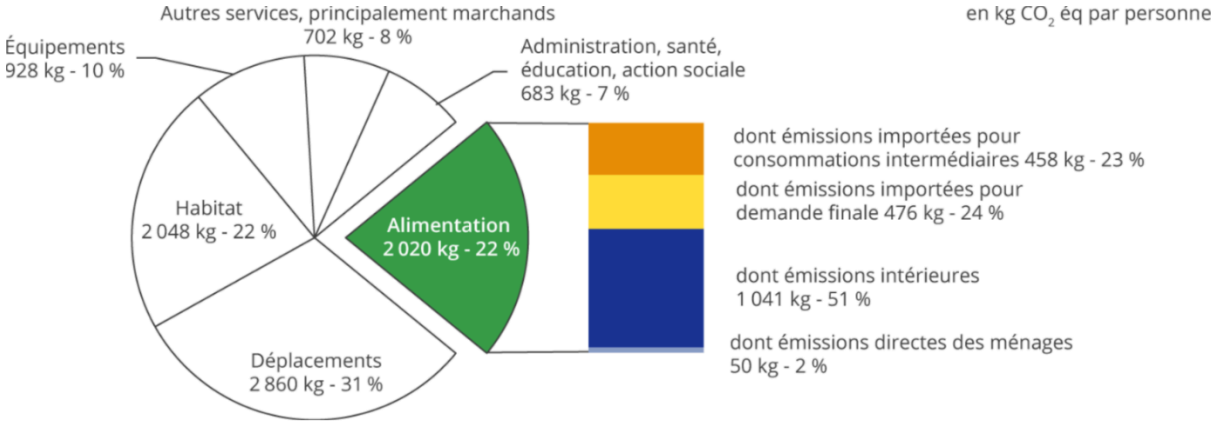


Figure 5 : Décomposition de l'empreinte carbone française par poste de consommation (INSEE, 2018)

Au sujet de la restauration, Clicks On requiert des données sur les types de repas proposés quotidiennement à la cantine, sur les denrées proposées dans des potentiels distributeurs automatiques, sur l'acheminement des repas ainsi que sur le devenir des ordures ménagères résiduelles.

Nous avons retenu ici cinq services de déjeuners, cinq services de dîner et six services de petit-déjeuner, dont le type de repas représente la majeure partie (Tab.4).

Tableau 4 : Part des émissions des pôles du secteur restauration

Pôle du Secteur Restauration	Émissions $kgCO_2eq$	Pourcentage (%)
Types de repas	521 817,72 $kgCO_2eq$	99,88
Compostage	371,784 $kgCO_2eq$	0,07
Acheminement du pain	238, 032 $kgCO_2eq$	0,05

Aucune donnée ne nous a été communiquée quant à l'acheminement et la quantité des aliments reçus au lycée, ainsi que les informations quant aux distributeurs automatiques. L'acheminement des matières premières est pourtant reconnu comme émetteur d'environ 20% des GES du secteur (I4CE, 2019), part considérable.

Le secteur de restauration du lycée Descartes, en l'état actuel, est à l'origine de 522 427, 536 $kgCO_2eq$ pour 1740 élèves et 257 adultes, soit 261,606 $kgCO_2eq$ par personne. Ce bilan s'inscrit dans le même ordre que celui du lycée Jean Monnet de Cognac qui a également fait son bilan carbone avec Clicks On. Leur secteur restauration est estimé à 341 496 $kgCO_2eq$, pour 1100 élèves et 142 personnels, soit 274,96 $kgCO_2eq$ par personne.

4. A. Types de repas

Lors de notre première réunion avec l'agent comptable du lycée Descartes, nous avions comptabilisé une moyenne de 1200 repas du midi, 400 repas du soir et 350 petits-déjeuner par jour. Chaque repas se composent d'une entrée, d'un plat principal, d'un

fromage ou d'un yaourt ainsi que d'un dessert. En le reportant sur l'année, soit environ 190 jours scolaires, cela équivaut à 255 793 repas. Nous les avons appliqués dans Clicks On sous des repas dits "moyens", avec la confirmation de M. Blardat, puisqu'il nous est impossible d'identifier le nombre exact de repas végétariens/ à base de viande rouge/ à base de poisson consommés.

Si l'on considère les petits déjeuners plus les repas végétariens du midi et du soir et prenant en compte que chaque repas moyen émettant 2,04 kgCO_2eq, on retrouve ainsi un résultat de 521 817,72kgCO_2eq soit 99,88% des émissions du secteur restauration.

4. B . Distributeur Automatique

Le lycée détient un unique distributeur automatique de café en salle des professeurs, mais nous ne disposons pas de données à ce sujet. Il serait cependant intéressant d'en obtenir car le café est un des aliments les plus pollueurs. Il détient une empreinte écologique préoccupante : déforestation, consommation excessive d'eau et émissions importantes de gaz à effet de serre (Eco Conseil, 2023). On estime une moyenne de 600 g CO_2eq par litre de café (Javry, 2025), ce qui peut ainsi vite augmenter le bilan global.

4. C. Acheminement des repas

Dans cette sous-partie, l'outil Clicks On requiert des données sur l'acheminement des repas, c'est-à-dire la quantité d'aliments à l'année ainsi que la distance qu'ils ont parcourus lors de la phase de transport jusqu'au lycée.

Dans un premier temps, nous nous sommes consacrés à l'acheminement des petits pains du réfectoire du lycée Descartes. M. Fourcade nous a assuré que 1800 petits pains de 50g étaient commandés chaque jour, provenant d'un fournisseur des alentours à Montlouis-sur-Loire. Les données nous étant demandés en T/Km dans le logiciel, nous avons procédé à des calculs intermédiaires. En estimant une distance aller de 12 km environ (Google Maps), et 190 jours scolaires durant l'année, il nous est possible de déterminer le tonnage de Tonnes-kilomètres sur l'année (Annexe 6).
Nous avons donc rentré dans Clicks On les livraisons de pains sous "Véhicule utilitaire léger", transportant une quantité de 205,2 Tonne par Kilomètres, émettant alors 238,032 kgCO_2eq et représentant 0,05 % des émissions du secteur entier, en l'état actuel des données rentrées.

Cependant, d'importantes données de cette sous-partie nous manquent dans ce bilan carbone. En effet, il a été impossible pour le lycée Descartes de remonter l'acheminement des matières premières autres que le pain, en raison de la multitudes de fournisseurs partenaires du réfectoire. Nous avons alors pris la décision de simuler l'émission moyenne que cela aurait pu rendre dans le bilan, mais en dehors de l'outil Clicks On : le résultat de ce test n'est donc pas comptabilisé dans le bilan.
Pour ce faire, nous avons sélectionné des données lors de nos recherches : "Avant d'être consommés, les aliments voyagent en moyenne 2500 km" (Équiterre, 2022) ainsi que la moyenne de 1T d'aliments par personne par an (NPR, 2011) toutes catégories d'aliments confondues. Les données sélectionnées sont américaines et correspondent donc à la consommation annuelle moyenne d'un américain, n'ayant pas eu accès à des données

français. Un français moyen consomme environ 85 kg de viandes par an, exactement comme un américain. Nous avons choisi de rentrer le résultat calculé (Fig.6) divisé en deux, de sorte à ce que l'on le rentre à la fois dans le choix "fret ferroviaire en Europe" (Tab.5) puisqu'on imagine que tous les produits premiers ne viennent pas seulement de France au vu des propositions en légumes qui ne sont pas toujours de saison ou des choix de viandes et de poissons, et à la fois dans le choix "véhicule de livraison local" (Tab.5) qui sont les plus petits véhicules après les "Véhicules utilitaires légers" que l'on a choisi pour le pain. On estime en effet que l'acheminement des aliments journaliers est plus conséquent que l'acheminement des pains journaliers, et que les aliments ne sont pas livrés seulement en train jusqu'au lycée mais nécessitent bel et bien l'utilisation de camions.

Tableau 5 : Estimation de l'acheminement des matières premières du secteur de la restauration

Mode de transport	Quantité (T. Km)	Facteur d'émission	Total $kgCO_2eq$
Fret Ferroviaire (Europe)	83132735 T. Km . an	0,023 $kgCO_2eq/T.km$	1 912 052, 905 $kgCO_2eq$
Véhicule de livraison locale	83132735 T. Km . an	0,241 $kgCO_2eq/T.km$	20 034 989,135 $kgCO_2eq$

On observe avec ces résultats que l'acheminement des repas aurait un rôle majeur dans la part d'émissions du secteur de la restauration. En effet, si l'on regarde ses parts cumulées on constate qu'il représente 98% des émissions du secteur entier, d'où l'importance de la zone grise que le manque d'informations crée : le bilan du secteur passerait de 522 427,536 $kgCO_2eq$ à 22 469 469, $kgCO_2eq$.

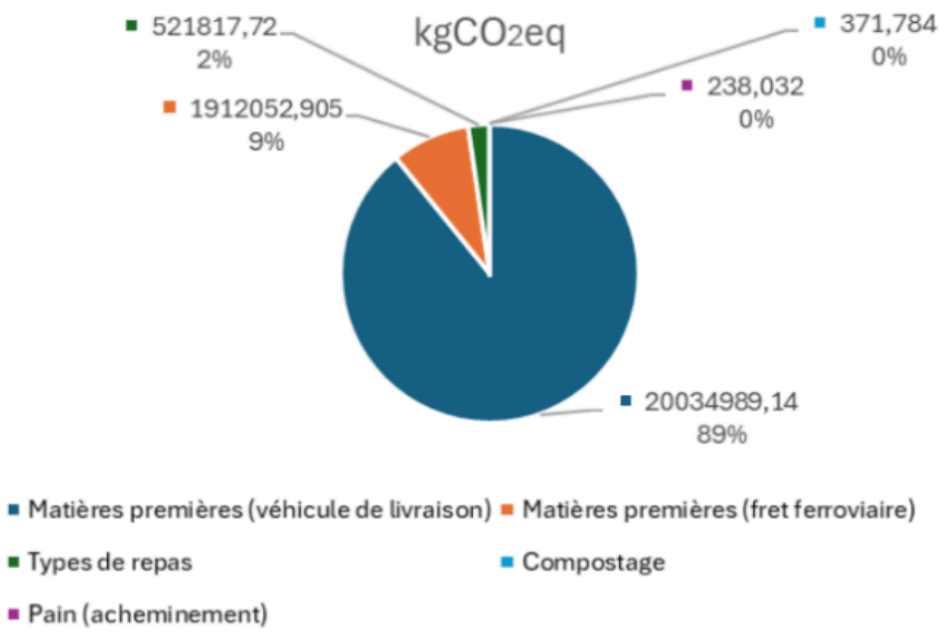


Fig.6 : Part de l'estimation de l'acheminement des matières premières, exprimé en $kgCO_2eq$.

L'estimation du bilan final en prenant en compte l'importante zone grise de l'acheminement des aliments (Annexe 3), est une preuve du rôle majeur du secteur de la restauration dans le bilan du lycée Descartes. Cependant, cette hypothèse ne prend pas en compte les déplacements domicile-lycée ni la construction et rénovation des bâtiments. Cette proportion hypothétique de 98,14 % est donc à relativiser.

4. D. Ordures ménagères résiduelles

Dans cette dernière sous-partie du secteur restauration, l'outil Clicks On prend en compte les données quant à l'avenir des déchets de la cantine. Les choix se font parmi la "Fin de vie moyenne", "l'Incinération", le "Compostage en tas" et "l'Enfouissement".
En prenant en compte les valeurs européennes, on considère "qu'on gaspille en moyenne 127 kilos de nourriture par personne et par an en Europe" (Ecoconso, 2023), soit 20 à 30% de ce que l'on achète.

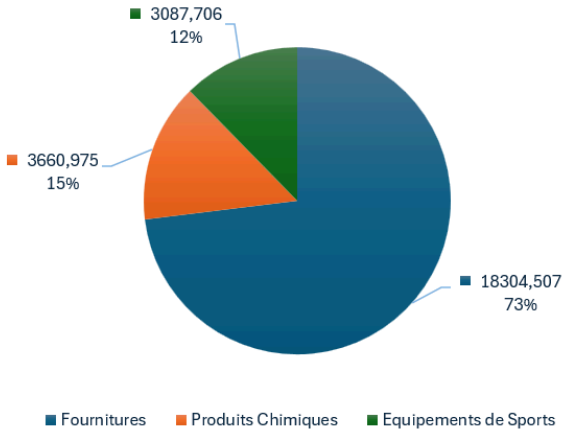
Cette sous-partie est censée traiter des Ordures Ménagères Résiduelles (OMR), qui correspondent normalement aux déchets restant après le tri des déchets recyclables et des déchets organiques. Cependant, le contenu présenté ne se limite pas à ces déchets, puisqu'il aborde l'ensemble des grandes catégories de déchets. Il y a donc un écart entre le thème annoncé et ce qui est réellement traité.
Malgré cette incohérence, nous avons tout de même entré des données. Nous avons pu récupérer les données quant au tonnage du compostage, d'autant plus que l'on sait que le réfectoire du lycée ne sert principalement que des plats préparés sur place par les personnels, limitant ainsi la quantité d'emballages jetés. Depuis la loi AGEC (Anti Gaspillage et Économie Circulaire), le tri sélectif des déchets verts, dont les déchets de cuisine, est devenu obligatoire pour les professionnels au 1er janvier 2024, c'est pourquoi la valorisation des déchets est exigée pour le lycée. Si nous avons eu la confirmation que jusqu'ici le système du lycée tournait grâce au broyage des micro-déchets alors débarrassés dans les réseaux des eaux usées, ainsi qu'à l'incinération des plus gros déchets, la mise en place du compostage du lycée avec les exploitants Compost & Co marque un véritable tournant.

Depuis Janvier 2024, suite à l'adoption de la loi AGEC, les déchets alimentaires du lycée Descartes sont dans un premier temps broyés puis collectés en palettes de dimension 100 x 120 x 88. Suite à un appel passé directement auprès du dispositif Compost & Co, nous avons pu déterminer que sur l'année considérée, du 01/09/2024 au 31/08/2025, le dispositif a récupéré 13278 kg de biodéchets avec une moyenne de 65 palettes par année scolaire, soit 36 semaines.

Enfin, la valorisation des déchets fortement recommandée pour diminuer les émissions du lycée, ne représente que 0,07% des émissions du secteur entier, en l'état actuel des données rentrées, avec un total de 371,784 kgCO_2eq, son facteur d'émissions étant de 28 kgCO_2eq/T.

5. Secteur des Achats

Le secteur des achats est un des pôles clés des émissions de gaz à effets de serre, notamment dans les établissements scolaires et administratifs. En effet, l'achat de matériels de bureaux et d'équipements technologiques peut vite faire grimper le bilan carbone du site. Une étude du carbone Disclosure Project montre que la part des achats représente une moyenne de 20% de l'empreinte carbone du Scope 3 (Keewe, 2023). L'outil requiert pour ce secteur des données quant aux fournitures qui dominent avec ses 73% (Fig.7) le bilan carbone des achats, aux produits chimiques et aux équipements sportifs, ce pourquoi nous avons eu besoin de l'aide de M. Fourcade afin d'avoir accès aux factures des achats du lycée Descartes.



Fournitures	KgCO2eq	% du Pôles Fournitures	% du Secteur Achats
Ramettes de papier	12824	70,44409387	51,18709842
Petites fournitures	3248,853	17,84642122	12,9678227
Consommables	1544,962	8,486700574	6,166728162
Livres	578,7	3,178883119	2,309885672
Piles AA	100,363	0,55130853	0,400599716
Piles AAA	6,63	0,036419553	0,026463698

Produits Chimiques	KgCO2eq	% du Pôles Produits Chimiques	% du Secteur Achats
Soude solide	2290	62,55164266	9,14055329
Désinfectant	585,2	15,98481279	2,335830474
Chlore	239,85	6,551533403	0,957363191
Peinture mural	157,2	4,29393809	0,627465056
Produits Vaisselle liquide	151,41	4,1357835	0,604354224
Nettoyant sols	74,9	2,045903072	0,298963948
Détergent sanitaire	65,64	1,792964989	0,262002584
Savon liquide	28,32	0,773564419	0,113039506
Nettoyant multi-usages	25,48	0,695989456	0,101703624
Acide Sulfurique	15,4	0,420652968	0,061469223
Acide Chlorhydrique	14,4	0,39333784	0,057477715
Produit vitre	12,1	0,330513046	0,048297247
Vinaigre blanc	1,075	0,029363762	0,004290871

Equipements de sports	KgCO2eq	% du Pôles Equipements sportifs	% du Secteur Achats
T-shirt en polyester	2245,818	72,73419166	8,964200484
Ballon de football	750,788	24,3153979	2,996776298
Ballon de basket	50,6	1,638757058	0,201970304
Ballon de volley	40,5	1,311653376	0,161656073

Figure 7 : Récapitulatif des parts d'émissions de chaque achats dans leur Pôle respectif ainsi que dans le Secteur Achats

5. 1. Fournitures

L'achat de fournitures scolaires est un élément essentiel au bon fonctionnement d'un lycée. Au-delà de l'aspect matériel, il s'agit un réel levier pédagogique, permettant aux classes ainsi qu'au personnel de travailler dans de bonnes conditions.

Pour la partie Fournitures du secteur Achats, le logiciel Clicks On requiert des renseignements sur la quantité de piles, celle des livres et de papier en ramette, ainsi que les prix totaux des petites fournitures et des consommables achetés entre 01/09/2024 et 31/08/2025.

Les fournitures achetées au cours de cette période sont à l'initiative de 18 304,507 $kgCO_2eq$, soit 73% du secteur des achats (Fig.8).

Cependant, il est important de préciser ici que nous avons dû faire quelques approximations puisque de nombreux achats fait par le lycée Descartes ne pouvaient pas directement rentrer dans les catégories proposées par le calculateur. Nous les détaillerons dans chacunes des catégories concernées.

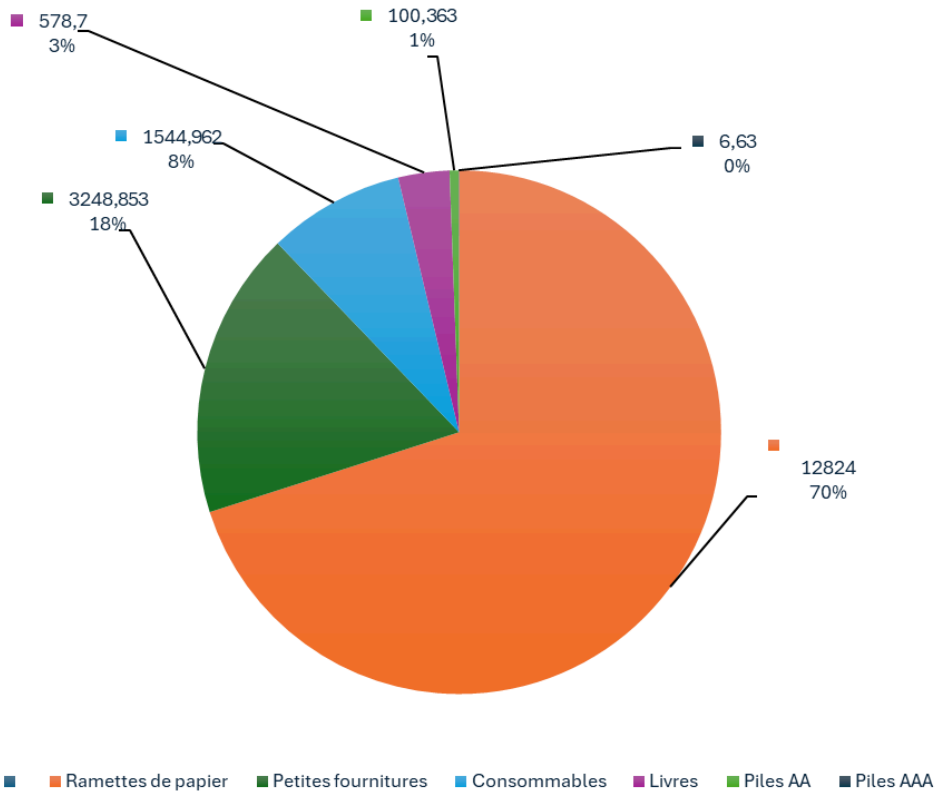


Figure 8 : Part des émissions des différentes Fournitures du Secteur des Achats, exprimé en $kgCO_2eq$.

On observe que les ramettes en papier sont les plus émettrices du pôle fournitures du secteur achats qui représentent 70% des émissions du secteur suivies de loin par les piles alcalines AA, donnant ainsi une analyse rapide des fournitures sur lesquelles agir (Fig.8).

5. 1. A. Piles

Dans la catégorie des piles, nous avions le choix entre AA et AAA, pour lesquelles nous avons pu y indiquer les données suivantes : 254 piles AA et 102 piles AAA qui émettent 34,798 $kgCO_2eq$ et 6,63 $kgCO_2eq$.

Cependant, dans les factures, de nombreuses piles non alcalines étaient enregistrées, d'où la nécessité d'effectuer des calculs intermédiaires les plus proches de la réalité possible afin que les rentrer dans le logiciel sous la forme de piles alcalines. Pour ce faire nous avons récupéré dans la partie "Contribution climatique" des fiches produits, disponibles sur le site Digitec, l'émission en $kgCO_2eq$ de chacune des piles, ce qui nous a permis de connaître l'émission totale de ces piles non alcalines (Tab.6).

Tableau 6 : Émissions des Piles non alcalines achetées par le lycée Descartes

Type de piles	Quantité	Poids (kg)	Source	Émissions
A76 (paquets de 12)	5	0,63	Digitec	7,56 $kgCO_2eq$
LR61/9V (paquets de 20)	4	0,68	Digitec	54,4 $kgCO_2eq$
Cr2025	16	0,055	Digitec	0,88 $kgCO_2eq$
LR44/A76 (paquets de 2)	2	0,04125	Digitec	0,164 $kgCO_2eq$
A25 (paquets de 5)	2	0,16	Digitec	1,6 $kgCO_2eq$
C2032 (paquets de 12)	1	0,08	Digitec	0,96 $kgCO_2eq$

Au final, nous comptons 65,565 $kgCO_2eq$, la somme des émissions de toutes les piles non alcalines. En sachant qu'une seule pile AA vaut 0,137 $kgCO_2eq$, nous avons estimé un ajout de 478,5766423 piles AA dans notre calculateur, de sorte à ce que l'émission finale des piles non alcalines soit tout de même comptabilisée dans nos données.

Cependant, une marge d'erreur est à prévoir puisque les piles non alcalines ont une durée de vie jusqu'à sept fois supérieure à celle des piles alcalines (ManoMano). De plus, elles n'ont pas les mêmes composants, les piles alcalines présentent du Cadmium, tandis que les types C2032 et Cr2025 contiennent du lithium, ce qui diffère leur pollution émise au cours de leur cycle de vie. Selon l'étude de Matheys et al. (2009), les piles contenant du cadmium ont davantage d'effets toxiques sur l'environnement que ceux contenant du lithium-ion. En effet, le cadmium pose un problème direct de toxicité pour la santé et l'environnement même à faibles doses, au contraire du lithium dont son extraction est son principal défaut.
On note tout de même que le manque de connaissance sur le tri et recyclage des 17T de piles "déchets" / an en France (Cyclad), constitue un enjeu majeur de la contamination des nappes phréatiques et des sols par les éléments toxiques que contiennent les piles, puisque la majorité de celles-ci se retrouvent en décharge créant ainsi une pollution environnementale durable (TDRFORCE, 2023).

Au total la catégorie des piles représente 106,993 $kgCO_2eq$, soit 0,58% du pôle fournitures.

5. 1. B. Livres

Nous n'avons recensé ici que les livres achetés par la bibliothèque du lycée puisqu'aucun manuel n'est demandé aux élèves. Nous avons inscrit 365 unités qui nous ont été communiquées par l'agent comptable, ce qui représente 401,5 kgCO_2eq.
Cependant, nous avons dû faire des choix concernant certains achats. Selon nous, la catégorie "Petites fournitures" représentait davantage les stylos, les tipp-ex ou encore les trombones, plutôt que des agendas et des blocs de feuilles détachables, c'est pourquoi nous avons fait le choix de les rentrer dans la catégorie "Livres". Nous avons alors ajouté 162 unités, comprenant les classeurs, les blocs de feuilles, les pochettes, les sous chemise et les agendas, ce qui représente 178,2kgCO_2eq.

Au final, la catégorie des livres représente un total de 579,7kgCO_2eq, soit 3% du secteur des achats.

5. 1. C. Consommables

La catégorie des consommables concerne les encres et les toners. A l'aide des factures mises à disposition par l'agent comptable du lycée, nous avons inscrit un total de 1684.80€ dépensé sur la période que nous avons sélectionnée, qui correspond à 1544,962kgCO_2eq émis sur l'année, soit 8% du secteur des achats.

5. 1. D. Papier en Ramette

La consommation de ramettes de papier est indispensable dans des établissements scolaires tel que le lycée Descartes, d'autant plus que les impressions de documents sont nécessaires puisqu'aucun manuel d'apprentissage n'est demandé aux élèves. Dans les factures, nous avons recensé 5000 ramettes de feuilles A4 ainsi que 300 ramettes de feuilles A3. Toutefois, nous ne pouvions entrer que des ramettes de feuilles A4, nous avons donc considéré qu'un format A3 était le double d'un format A4 et donc que 300 ramettes A3 étaient égales à 600 ramettes A4.

Le logiciel nous annonce alors que 5600 ramettes de feuilles A4 émettent 12824 kgCO_2eq, soit 70% du secteur des achats.

5. 1. E. Petites fournitures

La totalité des achats que nous avons classés dans la catégorie Petites Fournitures proviennent des factures que l'agent comptable nous a communiqué. Elle concerne tous les petits objets de bureau du quotidien tels que les stylos, les Tipp-ex, les feutres et marqueurs, les tapis de souris ou encore les post-it.

Nous avons alors pu calculer les dépenses totale, hors taxe dans un premier temps, pour un total de 7377,05 € HT, puis en appliquant les 20% de TVA pour un total de 8852, 46€. Une fois les dépenses enregistrées dans le calculateur, il est nous est possible d'estimer que cette catégorie émet 3248,853kgCO_2eq, soit 18% du secteur des achats.

5. 2. Equipements sportifs

Pour la catégorie des Équipements sportifs du secteur achat, nous avons demandé à l'agent comptable du lycée Descartes les factures des commandes passées à leurs fournisseurs pour assurer les bonnes conditions de travail des élèves dans le cadre de leurs pratiques sportives scolaires.

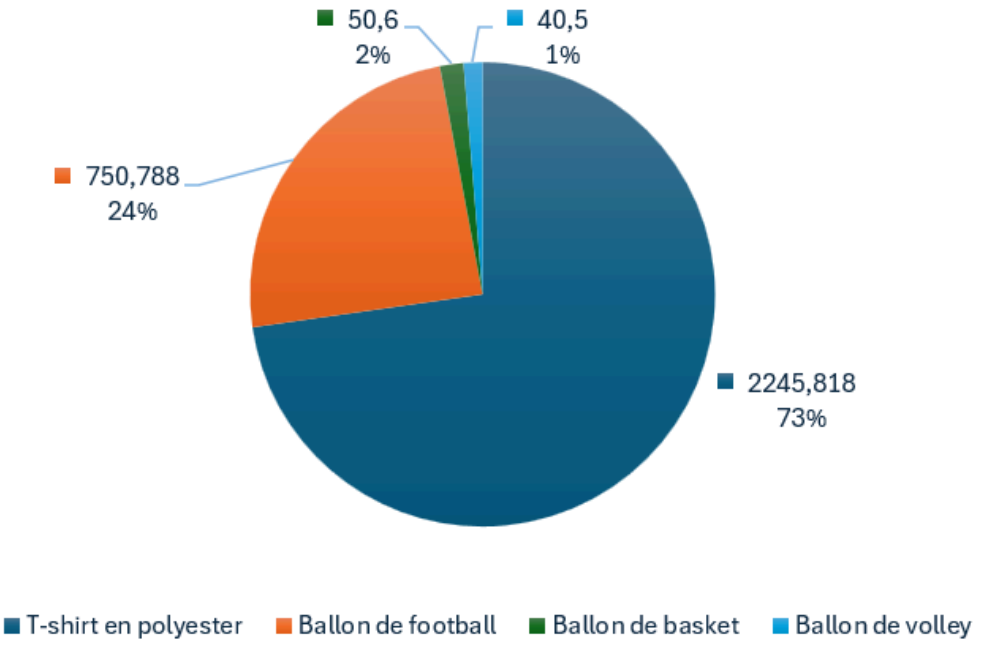


Figure 9 : Part des émissions des équipements sportifs du secteur des Achats, exprimé en kgCO_2eq.

Le logiciel Clicks On nous proposait ici d'inscrire les matériels suivants (Fig.9) : maillots tous sports, shorts tous sports, Kimono (judo), Ballon de handball, Ballon de volley, Ballon de football, Ballon de basket, Ballon de rugby et T-shirt en polyester. Cependant, lors de la lecture des factures nous avons rencontré des soucis puisque certains équipements commandés n'étaient pas présents dans le choix de l'outil. Nous avons alors estimé un poids typique pour chacun des équipements ainsi qu'une composition matérielle, auxquels puis nous avons appliqué un facteur moyen kgCO_2eq/ kg de matériau.

Les facteurs d'émission des matériaux des équipements sportifs (Annexe 7) permettent de déterminer l'émission en kgCO_2eq pour 1 kg des différents matériaux qui composent les équipements sportifs que nous n'avons pas pu rentrés directement dans le calculateur.

Les résultats nous permettent de déterminer, les émissions des équipements non proposés par le logiciel, mais ces étapes peuvent ajouter 20–50% d'incertitudes supplémentaires.

Afin d'entrer ces données dans le logiciel, nous avons dû calculer en équivalent d'unité de ballon de foot chacun des équipements. On sait qu'un ballon de foot émet 4,12 kgCO_2eq, alors le calcul est le suivant :

Nombre de ballons = $kgCO_2eq$ estimé des équipements / 4,12

Suite à des calculs intermédiaires (Annexe 8), nous pouvons justifier l'entrée de 182,23 "ballons de foot" dans le logiciel, à l'origine de 750,788 $kgCO_2eq$.

Nous avons également pu rentrer des données quant aux ballons de volley et de basket commandés; 18 ballons de volley qui émettent 40,5 $kgCO_2eq$ et 11 ballons de basket qui émettent 50,6 $kgCO_2eq$.
Ce qui nous permet de conclure cette catégorie en calculant qu'elle émet 841,888 $kgCO_2eq$, soit 12% du secteur achat.

Nous devons ensuite ajouter aux équipements sportifs les sweats vendus par la Maison des Cartésiens de Descartes et le Bureau Engagé et Écologique Des Étudiants. En effet, bien qu'ils ne soient pas à but d'activités sportives, aucune autre catégorie ne proposait l'entrée de pulls. Nous avons donc dû faire une estimation ici aussi afin que les sweats soient pris en considération sous le motif de "T-shirts en polyester".
Après avoir pris contact avec la présidente de la MDC ainsi que celle du BEEDE de Descartes nous avons eu les informations suivantes : 76 pulls vendus par la MDC et 11 par le BEEDE.

Ces pulls sont composés à 80% de coton et de 20% de polyester, en trouvant les émissions de carbone moyennes d'un pull pour chacune des matières il est possible d'estimer l'émission des pulls vendues (Tab.7).

Tableau 7 : Émissions en $kgCO_2eq$ d'un pull en coton ou en polyester

Pull en coton	Pull en polyester
13,19 kg CO_2eq	28,97 kg CO_2eq

On obtient un total théorique de 25,814 $kgCO_2eq$ par pull. En multipliant ce chiffre par les 87 pulls vendus l'année dernière par les différentes associations, on a 2245,818 $kgCO_2eq$. Cette valeur a été transformée en t-shirt polyester (valeur unitaire directement renseignée sur le calculateur Clicks on), en sachant qu'un t-shirt a une empreinte carbone de 5,5 $kgCO_2eq$/unité. Les pulls constituent une source d'émissions de carbone assez importante. En effet, ces pulls sont à l'origine de 72,73 % du pôle équipements sportifs (Fig.9) .

5. 3. Produits Chimiques

Cette partie représente 3 660,975 $kgCO_2eq$, soit 15% du secteur achats (Fig.10). Elle est propre aux établissements scolaires puisqu'elle comptabilise les produits utilisés en

laboratoires lors des cours de physique chimie, ainsi que l'ensemble des produits ménagers dont les personnels de ménages disposent dans le lycée (Tab.8).
La liste de "produits chimiques" regroupe alors 16 catégories, dont 13 sont consommées par le lycée (Annexe 9).

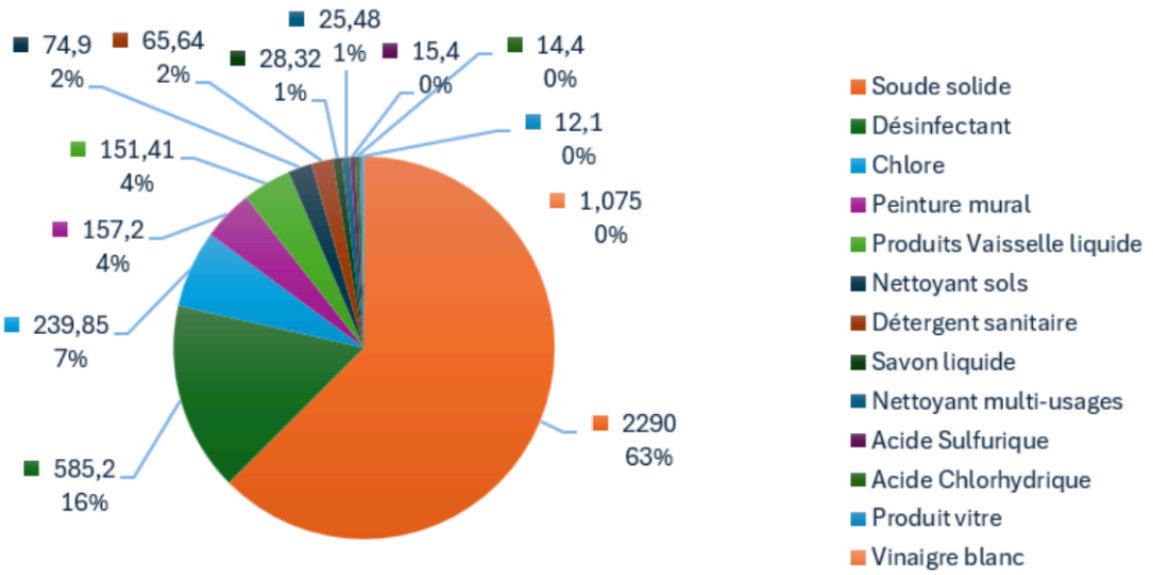


Figure 10 : Part des émissions des Produits Chimiques du Secteur Achats, exprimé en kgCO_2eq

On remarque que la consommation de soude est la plus émettrice, puisqu'elle représente 63% du bilan du pôle produits chimique du secteur achat. Suivi des désinfectants avec 16% puis du chlore avec 7%. Ce sont les trois fondements de ce pôle, les 10 autres ne comptant que pour quelques pourcentages du bilan.

Enfin, à des fins de pures instructions puisque le calculateur Clicks On ne nous le demandait pas, nous avons demandé quel était l'acheminement des déchets de laboratoires des produits utilisés. De cette façon, il nous a été intéressant d'apprendre que les déchets de laboratoires sont stockés durant l'année, puis récupérés et traités par une entreprise spécialisée une fois à l'année.

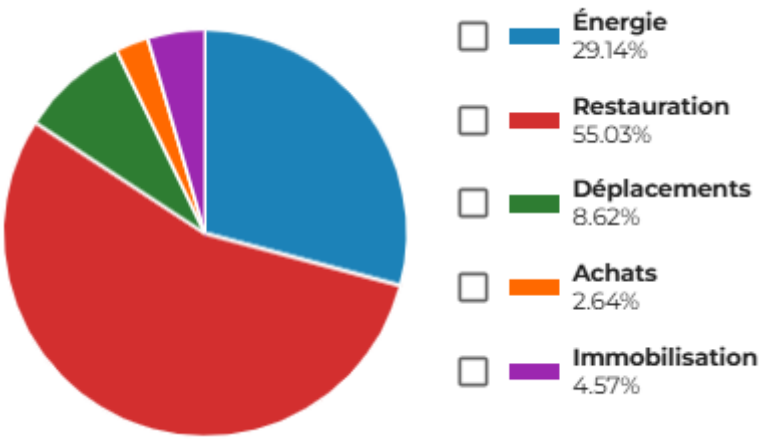
Déchets	Quantité annuelle
Solvants	80 L
Acides	20 L
Bases	20 L
Sécuribac	10 kg
Métaux Lourds	150 L
KmnO4	60 L
I2	60 L
Perchlorate	2 L

Tableau 8 : Récapitulatif des déchets chimiques des laboratoires du lycée Descartes

Il est possible d'émettre suite à cette réponse de M. Guastavino que de nombreux produits tels que les métaux lourds ne sont pas pris en compte par l'outil, posant ainsi une certaine incertitude que nous ne pouvons mesurer. En effet, l'extraction de métaux lourds est reconnue comme étant à l'origine de très importantes pollutions environnementales notamment en termes d'émissions de CO_2. Selon la Note d'Analyse de France Stratégie (2020), l'extraction d'une tonne de platine, par exemple, serait la cause de l'émission de 20 600 tonnes de CO_2eq.

VI- RESULTATS

Le bilan total s'élève à 949 366 kgCO_2eq soit **949,366 tCO_2eq** (Fig.11) pour un total de 1740 élèves et 141 professeurs et 116 personnels, ce qui correspond à environ **0,48 tCO_2eq par personne**. Ce résultat correspond à environ 452 vols aller-retour Paris-New York. En effet, un aller-retour de cette distance émet environ 2,1 tCO_2eq par passager selon le média Parlons planète, ce qui correspond au "budget carbone annuel" auquel on devrait se limiter pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050 (ADEME).



Énergie	Restauration	Déplacements	Achats	Immobilisation
276 688 ($kgCO_2eq$)	522 428 ($kgCO_2eq$)	81 801 ($kgCO_2eq$)	25 053 ($kgCO_2eq$)	43 396 ($kgCO_2eq$)

Figure 11 : bilan carbone du lycée Descartes : résultats par secteur d'émission

A titre comparatif, il est possible de mettre ces résultats en parallèle de ceux du lycée Jean Monnet de Cognac. Leur bilan carbone est de 1 383 743 tCO_2eq, soit 1,1 tCO_2eq par personne. On observe donc que le bilan individuel au sein du lycée Descartes représente la moitié de celui du lycée Jean Monnet, dont il est possible d'émettre l'hypothèse que cet écart est dû au manque de données dont notre bilan fait preuve, notamment pour le secteur des déplacements qui est le principal émetteur du lycée Jean Monnet.

Cependant, nous rappelons qu'il manque de nombreuses données dans le secteur de la restauration, des déplacements domicile-lycée mais aussi pour les immobilisations liées à la construction et à la rénovation des bâtiments. Ainsi, le bilan total devrait être davantage conséquent mais comme nous l'avons expliqué plus en détails dans les différentes parties de ce rapport nous avons fait le choix de ne pas prendre en compte certains secteurs ou données afin de réduire les incertitudes en ne renseignant dans le calculateur uniquement les données recueillies qui sont précisément estimées.

VII - DISCUSSION

L'ensemble des résultats obtenus doit être interprété avec prudence. En effet, de nombreuses données sont restées manquantes jusqu'à la fin du projet tutoré, ou n'ont tout simplement pas été prises en compte (déplacements domicile-lycée, construction/rénovation, acheminement des repas).

On retient trois limites majeures : les difficultés opérationnelles de traitement des données, le manque de données de la part du lycée dû à une emprise de la Région et d'Eiffage sur certains secteurs ainsi qu'un manque de précision de l'outil quant aux propositions de données.

Revenons dans un premier temps sur les difficultés opérationnelles, notamment pour le pôle des déplacements domicile-travail dont les données n'ont pas été comptabilisées à cause de l'impossibilité d'exploiter les résultats et de les interpréter correctement à cause du format non adapté à notre travail. On peut néanmoins s'inspirer des chiffres du lycée Jean Monnet de Cognac qui ont également effectué leur bilan carbone et pour qui les déplacements des élèves représentent 441 093 $kgCO_2eq$. De même pour le pôle de l'acheminement des aliments, aucune donnée ne nous avait été fournie, faute de la difficulté constatée à remonter les données pour chaque fournisseur. On peut tout de même apercevoir que le secteur de la restauration est le plus émetteur, et ce malgré la non prise en compte des émissions relâchées que l'on estime recouvrir 98 % des émissions totales du secteur (Figure 8).

Dans un second temps, de nombreuses d'informations n'ont pas pu être comptabilisées puisque le lycée n'a pas la main sur l'ensemble de ces données, notamment pour le secteur de l'énergie puisque certaines données appartiennent à Eiffage ou encore pour les déplacements lors des voyages Erasmus qui sont trop diversifiés pour être pris en compte dans le bilan du lycée. De même, pour les déplacements dans le cadre des cours de sports ou des subventions lors de rénovations du lycée, la région détient la majorité des factures regroupant les données nécessaires auxquelles nous n'avons pu avoir accès.

Enfin, ces résultats présentés ici sont discutables du fait de l'utilisation incomplète de l'outil quant aux propositions de produits, équipements sportifs ou encore d'équipements de cuisine. Nous avons souvent dû faire des estimations afin de tout de même pouvoir entrer les données que nous avions sous le nom d'un autre bien rapporté en équivalence, ce qui entraîne un manque de précision et entraîne une hausse des incertitudes.
De plus, il est possible d'imaginer que certains établissements "bonifient" leur bilan carbone en ne remplissant que les choix proposés. Nous avons ici cherché à estimer au mieux ce qui n'était pas pris en compte. Par ailleurs, pour le secteur des immobilisations, l'outil ne prend pas en considération les émissions de l'entièreté des rénovations puisqu'il ne prend pas en compte les déplacements des engins ou la composition des matériaux.

Pour finir, un bilan carbone tire son nom du carbone et de ses équivalents gazeux émis dans l'atmosphère. Cependant, les éléments dit "terres rares" ne sont pas pris en compte. Les équipements électroniques sont pris en compte et leur impact est amorti, à l'inverse les stockages de type cloud et l'utilisation d'internet ne sont pas inclus au sein des calculs. Le numérique représente déjà 4,4 % de l'empreinte carbone française et l'utilisation croissante mondiale de l'intelligence artificielle (IA) va pourtant accentuer l'utilisation d'électricité dans les serveurs.(ADEME & ARCEP, 2025)
On estime que si un individu réalise 10 requêtes quotidiennement sur une IA pendant 1 an, ces requêtes représenteront 1CO_2eq. Soit la moitié de ce qu'il doit émettre par an si l'on souhaite respecter l'Accord de Paris de 2015 (Vert, 2023). Cette activité numérique est donc très consommatrice d'énergie et n'est et ne peut pas être calculée.

VIII - CONCLUSION

Le projet de réalisation du bilan carbone du lycée Descartes a eu pour objectif d'estimer au mieux ces émissions en équivalent CO_2 de l'année scolaire 2024-2025, malgré les incertitudes associées. La somme des émissions de chaque secteur s'élève à **949,366 tCO_2eq** soit **0,48 tCO_2eq par personne** pour notre secteur d'étude comprenant le lycée Descartes, l'internat et l'Annexe rue Emile Zola modulo certains choix détaillés dans le rapport. En prenant en compte le manque de données quant aux déplacements domicile-lycée et quant à l'acheminement des repas, on relève que la combinaison des secteurs de l'énergie et de la restauration représentent 84,17 % des émissions du lycée Descartes. Ces données offrent des pistes d'améliorations pour le lycée, comme l'ajustement des portions pour la restauration scolaire, la priorisation de produits locaux et de saison ou encore la promotion du régime végétarien. L'administration n'ayant pas prise sur le mode de déplacement des différents élèves, il revient à chacun d'entre eux/elles de faire le nécessaire pour faire le choix de la mobilité douce selon les possibilités de chacun.

Les enjeux énergétiques étant particulièrement d'actualité, la révision des modes de consommation d'énergie paraît indispensable pour envisager la réduction de l'empreinte carbone du lycée Descartes et consolider son inscription dans la transition écologique et sociétale. On peut mentionner des initiatives dans ce sens notamment par la participation à la journée du gros pull par exemple afin de sensibiliser aux enjeux de sobriété énergétique.

X - BIBLIOGRAPHIE

ADEME. (s.d.). *Base Empreinte* [en ligne]. Disponible sur : https://base-empreinte.ademe.fr/ *(consulté le 05/01/2026)*

ADEME & ARCEP. (2025). *Actualisation des chiffres de l'impact du numérique en France.* Numérique écoresponsable. [en ligne]. Disponible sur : https://ecoresponsable.numerique.gouv.fr/actualites/actualisation-ademe-impact/ *(consulté le 05/01/2026)*

Arbor.eco. (s.d.). *What's the carbon footprint of a badminton racket?* [en ligne]. Disponible sur : https://www.arbor.eco/fr/carbon-footprint/badminton-racket *(consulté le 30/10/2025)*

Body Sport. (s.d.). *BodySport Eco Series Exercise Balls* [en ligne]. Disponible sur : https://www.bodysportproducts.com/products/body-sport-eco-series-exercise-balls *(consulté le 30/10/2025)*

CITEPA. (2024). *Émissions de gaz à effet de serre et de polluants en France : aperçu des deux premiers trimestres de l'année 2024*. [en ligne]. Disponible sur : https://www.citepa.org/emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-et-de-polluants-en-france-apercu-des-deux-premiers-trimestres-de-lannee-2024-avec-le-barometre-du-citepa *(consulté le 06/01/2026)*

CITEPA. (2023). *Inventaire GES territorialisé (IGT) – Décomposition territoriale de l'inventaire GES 2021*. [en ligne]. Disponible sur : https://www.citepa.org/wp-content/uploads/2025/01/Rapport-IGT_ed2023-d.pdf *(consulté le 06/01/2026)*

Clicks on. (s.d.). *Comptabilité carbone* [en ligne]. Disponible sur : https://Clicks on.eu/fr/comptabilite-carbone/ *(consulté le 06/01/2026)*

Climatiq. (2022). *Emission Factor 01a572c9-7c27-4b04-990c-d61ba80a7656* [en ligne]. Disponible sur : https://www.climatiq.io/data/emission-factor/01a572c9-7c27-4b04-990c-d61ba80a7656 *(consulté le 06/01/2026)*

Cyclad. (s.d.). *Les piles* [en ligne]. Disponible sur : https://cyclad.org/trier-ses-dechets/tri-en-dechetterie/les-piles/ *(consulté le 17/10/2025)*

Digitec. (s.d.). *Casio HR-150RCE* [en ligne]. Disponible sur : https://www.digitec.ch/fr/s1/product/casio-hr-150rce-fonctionnement-sur-secteur-piles-calculatrice-8166430 *(consulté le 17/10/2025)*

Ecoconseil. (2025). *L'empreinte écologique du café : un plaisir amer pour la planète* [en ligne]. Disponible sur : https://ecoconseil.org/motsp32/lempreinte-ecologique-du-cafe-un-plaisir-amer-pour-la-planete/ *(consulté le 30/10/2025)*

Ecoconso. (s.d.). [en ligne]. Disponible sur : https://www.ecoconso.be/fr *(consulté le 30/10/2025)*

France Stratégie. (2020). *Externalité carbone des métaux*. Paris : Commissariat général à la stratégie et à la prospective [en ligne]. Disponible sur : https://www.strategie-plan.gouv.fr/files/files/Publications/2020/NA%2096%20m%C3%A9taux/fs-2020-na96-externalite-carbone-metaux-octobre.pdf *(consulté le 29/10/2025)*

Galaxus. (s.d.). *Casio HR-150RCE Calculatrice d'impression de bureau* [en ligne]. Disponible sur : https://www.galaxus.fr/fr/s12/product/casio-hr-150rce-calculatrice-dimpression-de-bureau-noire-fonctionnement-sur-secteur-calculatrice-24179976 *(consulté le 30/10/2025)*

Garcia, F., & Schbath, S. (2025). *Les impacts de l'IA sur l'environnement*. Archive Ouverte d'INRAE. [en ligne]. Disponible sur : https://hal.inrae.fr/hal-05020408v1/file/EN-2025-03_08_Les-impacts-de-lIA-sur-lenvironnement-_F.-Garcia-et-S.-SCHBATH.pdf *(consulté le 05/01/2026)*

GIEC. (2006). *Lignes directrices 2006 pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Volume 2 : Énergie*. [en ligne]. Disponible sur : https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf *(consulté le 30/10/2025)*

Global Climate Initiatives. (s.d.). *Guide pratique pour calculer l'empreinte carbone d'un produit par l'ACV* [en ligne]. Disponible sur : https://globalclimateinitiatives.com/en/guide-pratique-pour-calculer-lempreinte-carbone-dun-produit-par-lacv/ *(consulté le 29/10/2025)*

Gurudev, S. (2024, 15 janvier). *Le lithium, ressource précieuse du monde moderne*. National Geographic [en ligne]. Disponible sur : https://www.nationalgeographic.fr/environnement/le-lithium-ressource-precieuse-du-monde-moderne *(consulté le 29/10/2025)*

Hydro. (s.d.). *Low carbon and recycled aluminium* [en ligne]. Disponible sur : https://www.hydro.com/en/global/aluminium/products/low-carbon-and-recycled-aluminium/ *(consulté le 29/10/2025)*

Javry. (s.d.). *Bilan carbone café RSE entreprise* [en ligne]. Disponible sur : https://javry.com/fr/posts/bilan-carbone-cafe-rse-entreprise/ *(consulté le 06/01/2026)*

Keewe. (s.d.). *Empreinte carbone achats* [en ligne]. Disponible sur : https://keewe.eu/blog/empreinte-carbone-achats *(consulté le 29/10/2026)*

Lycée Jean Monnet – Cognac. (s.d.). *Bilan carbone du lycée Jean Monnet* [en ligne]. Disponible sur :

https://www.lyceejeanmonnet-cognac.fr/detail-2338-bilan-carbone-du-lycee-jean-monnet.html *(consulté le 05/10/2025)*

ManoMano. (s.d.). *Guide : Comment choisir ses piles* [en ligne]. Disponible sur : https://www.manomano.fr/conseil/comment-choisir-ses-piles-4784 *(consulté le 29/10/2025)*

Matheys, J.A., Timmermans, J.M. , Van Mierlo, J., & Meyer, S. (2009). *Comparison of the environmental impact of 5 electric vehicle battery technologies using LCA* [en ligne]. ResearchGate. Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/234162894_Comparison_of_the_Environmental_impact_of_5_Electric_Vehicle_Battery_technologies_using_LCA *(consulté le 29/10/2025)*

NPR. (2011, 31 décembre). *The Average American Ate (Literally) A Ton This Year*. The Salt [en ligne]. Disponible sur : https://www.npr.org/sections/thesalt/2011/12/31/144478009/the-average-american-ate-literally-a-ton-this-year *(consulté le 29/10/2025)*

RMI (Rocky Mountain Institute). (2023). *Steel GHG Emissions Reporting Guidance* [en ligne]. Disponible sur : https://rmi.org/wp-content/uploads/2022/09/steel_emissions_reporting_guidance.pdf *(consulté le 29/10/2025)*

RTE France. (2024). *Production d'électricité française atteint plus haut niveau depuis 5 ans* [en ligne]. Disponible sur : https://www.rte-france.com/actualites/production-electricite-francaise-atteint-plus-haut-niveau-depuis-5-ans *(consulté le 07/01/2026)*

Leal Filho,W. Barbir, J. Carpio-Vallejo, E. Dobri, A. Voronova, V. (2025). *Décarbonisation de l'industrie du plastique : un examen des émissions de carbone tout au long du cycle de vie de la production de plastique* [en ligne]. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969725019771 *(consulté le 07/01/2026)*

TDRForce. (2023, 9 septembre). *Les piles alcalines et l'environnement : quel impact sur notre planète ?* [en ligne]. Disponible sur : https://tdrforce.com/les-piles-alcalines-et-lenvironnement-quel-impact-sur-notre-planete/ *(consulté le 29/10/2025)*

Vert.(2023). *Électricité, eau, minéraux, CO_2 : on a tenté de mesurer l'empreinte écologique de ChatGPT*. [en ligne]. Disponible sur : https://vert.eco/articles/electricite-eau-mineraux-co2-on-a-tente-de-mesurer-lempreinte-ecologique-de-chatgpt *(consulté le 29/10/2025)*

Wayner, P. (2024). 10 façons dont l'IA bouleverse les bases de données traditionnelles. Le Monde Informatique. [en ligne]. Disponible sur : https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-10-facons-dont-l-ia-bouleverse-les-bases-de-donnees-traditionnelles-93861.html *(consulté le 29/10/2025)*

Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. (s.d.). Que nous dit la science ? – Adaptation au changement climatique. [en ligne]. Disponible sur : https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/comprendre/enjeux/que-nous-dit-la-science *(consulté le 07/01/2026)*

Météo-France. (2024). Présentation Météo-France. Université de Lille – Service Général Numérique. [en ligne]. Disponible sur : https://sgn.univ-lille.fr/fileadmin/user_upload/sgn/documents/Presentation_Meteo-France-DP-SGN_20241003.pdf *(consulté le 16/01/2026)*

INERIS. (s.d.). Gaz à effet de serre (GES) – Inspection des installations classées. AIDA. [en ligne]. Disponible sur : https://aida.ineris.fr/inspection-icpe/air/quotas-gaz-a-effet-serre/gaz-a-effet-serre-ges *(consulté le 16/01/2026)*

Connaissance des Énergies. (s.d.). Gaz à effet de serre : qu'est-ce que l'équivalent CO2 ? [en ligne]. Disponible sur : https://www.connaissancedesenergies.org/questions-et-reponses-energies/gaz-effet-de-serre-quest-ce-que-l-equivalent-co2 *(consulté le 16/01/2026)*

I4CE – Institute for Climate Economics. (2022). Empreinte carbone de l'alimentation en France. [en ligne]. Disponible sur : https://www.i4ce.org/wp-content/uploads/2022/07/0318-I4CE2984-EmissionsGES-et-conso-alimentaire-Note20p-VF_V2-1.pdf *(consulté le 16/01/2026)*

XI - LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1 : Graphique montrant l'augmentation de la température de l'air à la surface du globe par rapport à l'ère préindustrielle, 2024

Figure 2 : Projections du réchauffement climatiques selons différents scénarios envisagés : le réchauffement climatique après les 10 ans de l'Accord de Paris (2025)

Figure 3 : Carte des lycées détenant un bilan carbone en France (Clicks On, 2025)

Figures 4 : graphiques représentatifs des modes de transports utilisés par les élèves/personnels/professeurs

Figure 5 : Décomposition de l'empreinte carbone française par poste de consommation (INSEE, 2018)

Figure 6 : Part de l'estimation de l'acheminement des matières premières, exprimé en $kgCO_2eq$.

Figure 7 : *Récapitulatif des parts d'émissions de chaque achats dans leur Pôle respectif ainsi que dans le Secteur Achats*

Figure 8 : Part des émissions des différentes Fournitures du Secteur des Achats, exprimé en $kgCO_2eq$.

Figure 9 : Part des émissions des équipements sportifs du secteur des Achats, exprimé en $kgCO_2eq$.

Figure 10 : Part des émissions des Produits Chimiques du Secteur Achats, exprimé en $kgCO_2eq$

Figure 11 : bilan carbone du lycée Descartes : résultats par secteur d'émission

Tableau 1 : Unité de mesures des gaz à effet de serre : équivalent CO_2

Tableau 2 : Données relevées par l'agent comptable sur la consommation énergétique

Tableau 3 : Données demandés par le calculateur sur la partie immobilisations divers

Tableau 4 : Part des émissions des pôles du secteur restauration

Tableau 5 : Estimation de l'acheminement des matières premières du secteur restauration

Tableau 6 : Émissions des Piles non alcalines achetées par le lycée Descartes

Tableau 7: Émissions en $kgCO_2eq$ d'un pull en coton ou en polyester

Tableau 8 : Récapitulatif des déchets chimiques des laboratoires du lycée Descartes

XII - GLOSSAIRE

ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AGEC : Anti Gaspillage et Économie Circulaire
BCPST : Biologie, Chimie, Physique, Sciences de la Terre
BEEDE : Bureau engagé et écologique des étudiants
CPES STES : Cycle Pluridisciplinaire d'Études Supérieures en Sciences de la Transition Écologique et Sociétale
COP : Conférence des Parties
GES : Gaz à Effet de Serre
GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
HT : Hors Taxe
IA : Intelligence Artificielle
MDC : Maison des Cartésiens
NOx : Oxyde d'azote
OMR : Ordures Ménagères Résiduelles
PCSI : Physique, Chimie et Sciences de l'Ingénieur
PRG : Pouvoir de Réchauffement Global
TVA : Taxe sur la Valeur Ajoutée

XIII - ANNEXES

Annexe 1 : sondage concernant les déplacements

Dans le cadre de notre formation en CPES - Sciences de la transition écologique et sociétale, nous réalisons le bilan carbone du lycée ainsi que de l'internat, et pour cela nous avons besoin de votre participation !

L'un des postes les plus importants de ce bilan concerne les déplacements domicile - établissement des élèves, enseignants et personnels.
Ce questionnaire a pour but de recueillir des informations simples quant à ces déplacements quotidiens.

> Le questionnaire ne prend que 2 minutes à remplir.
> Les données recueillies sont anonymes et utilisées uniquement dans le cadre de ce projet pédagogique.

Merci beaucoup pour votre participation !!!

1. Statut dans l'établissement

☐ Élève
☐ Enseignant
☐ Personnel administratif / technique

2. Votre moyen de transport principal pour venir au lycée

☐ Voiture individuelle – Essence
☐ Voiture individuelle – Diesel
☐ Voiture individuelle – Électrique / Hybride rechargeable
☐ Véhicule compact électrique (ex. petite citadine, Zoé, etc.)
☐ Moto / scooter – Essence
☐ Vélo classique (sans assistance électrique)
☐ Vélo à assistance électrique
☐ Trottinette électrique
☐ Marche à pied
☐ Autobus (réseau urbain ou scolaire)
☐ Tramway
☐ TER (train régional)
☐ TGV / Intercités
☐ Autre (précisez) : _____

3. Distance approximative entre votre domicile et le lycée

Trajet aller simple, en kilomètres (estimation si vous ne connaissez pas exactement).
Réponse : _____ km

4. Fréquence hebdomadaire de vos trajets

Nombre de jours par semaine où vous venez au lycée.
Réponse : _____ jours / semaine

5. (Optionnel) Utilisez-vous régulièrement un autre mode de transport secondaire ?

☐ Oui → lequel ? _____

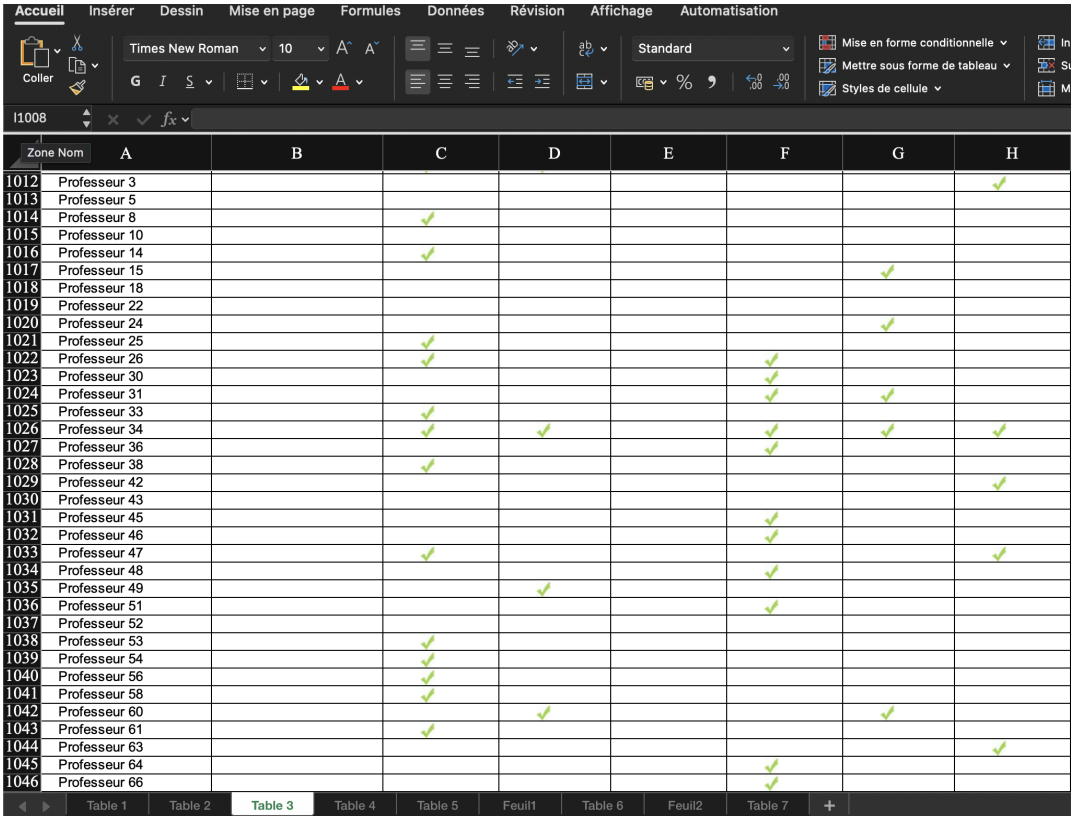
☐ Non

Fin du questionnaire

Un grand Merci pour votre contribution !

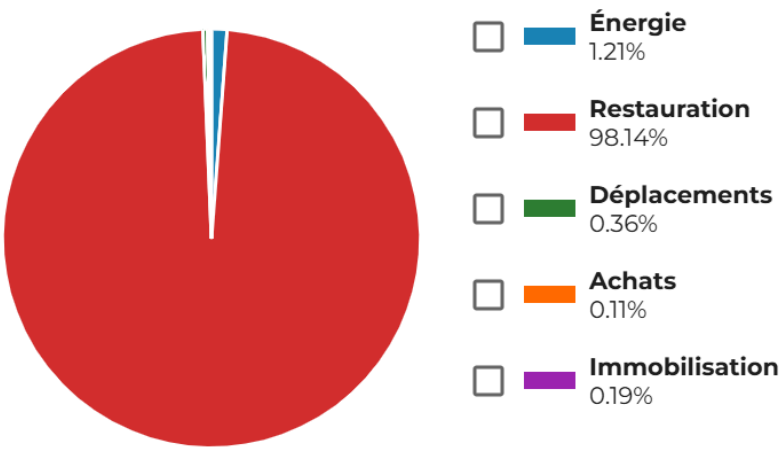
Celle-ci est cruciale pour nous permettre de réaliser un diagnostic précis et utile pour l'établissement.

Annexe 2 : capture d'écran du format des résultats du sondage déplacements



	A	B	C	D	E	F	G	H
1012	Professeur 3							✓
1013	Professeur 5							
1014	Professeur 8		✓					
1015	Professeur 10							
1016	Professeur 14		✓					
1017	Professeur 15						✓	
1018	Professeur 18							
1019	Professeur 22							
1020	Professeur 24						✓	
1021	Professeur 25		✓					
1022	Professeur 26		✓			✓		
1023	Professeur 30					✓		
1024	Professeur 31					✓	✓	
1025	Professeur 33		✓					
1026	Professeur 34		✓	✓		✓	✓	✓
1027	Professeur 36					✓		
1028	Professeur 38		✓					
1029	Professeur 42							✓
1030	Professeur 43							
1031	Professeur 45					✓		
1032	Professeur 46					✓		
1033	Professeur 47		✓					✓
1034	Professeur 48					✓		
1035	Professeur 49			✓				
1036	Professeur 51					✓		
1037	Professeur 52							
1038	Professeur 53		✓					
1039	Professeur 54		✓					
1040	Professeur 56		✓					
1041	Professeur 58		✓					
1042	Professeur 60			✓			✓	
1043	Professeur 61		✓					
1044	Professeur 63							✓
1045	Professeur 64					✓		
1046	Professeur 66					✓		

Annexe 3 : Estimation du bilan carbone prenant compte de l'acheminement des aliments



Annexe 4 :

Nous calculons la quantité par personne par jour :

1 T / 365 jours = 0,0027 T/ jour

Puis pour le nombre de jours scolaires :

0,0027 T x 190 jours scolaires = 0,52 T/ an / personne

Que l'on divise par 2 puisque la majorité ne mange qu'un repas au lycée dans la journée:

0,52 T / 2 = 0,26 T/ an / personne

Nous calculons la quantité d'aliments pour le nombre total de repas comptés pour tous les élèves sur une année :

0,26 T x 255 793 repas = 66 604, 18 T

Nous calculons le Tonne-Kilomètres par an:

66 604,8 T × 2500 km = 166 512 000 T/ km / an

Annexe 5 : Script demandé à l'intelligence artificielle

" L'étude porte sur l'empreinte carbone de fabrication des équipements de cuisine professionnelle d'un lycée, exprimée en $kgCO_2e$/an, après amortissement sur la durée de vie moyenne des appareils. L'impact carbone se fait uniquement pendant la phase de fabrication des équipements. Sont exclus l'usage (électricité, gaz, eau), la maintenance, la fin de vie.

Pour calculer le coût de l'empreinte carbone de fabrication les données doivent etre réfléchies par ordres d'ordres de grandeur ACV pour la restauration collective, via des bases de données publiques (Base Carbone ADEME), d'ACV fabricants lorsqu'elles existent, et d'extrapolations sectorielles basées sur masse, matériaux et complexité technologique.

Pour la durée de vie moyenne réaliste est attribuée à chaque catégorie d'équipement, qui doti être basée sur l'usage intensif professionnelle en restauration collective

Pour calculer l'empreinte carbone de fabrication est amortie linéairement sur la durée de vie :

$$\text{Empreinte carbone annuelle } (kgCO_2e/an) = \frac{\text{Empreinte de fabrication } (kgCO_2e)}{\text{Durée de vie (années)}}$$

Pour chaque type d'équipement, le calcul final est :

$$\text{Empreinte annuelle totale} = \text{Quantité} \times \frac{\text{Empreinte unitaire}}{\text{Durée de vie}}$$

La restitution doit se trouver

1. Nom de l'appareil
2. Quantité
3. Empreinte carbone de fabrication unitaire (kgCO_2e)
4. Durée moyenne d'usage (années)
5. Empreinte carbone annuelle amortie totale (kgCO_2e/an)

Une méthodologie doit accompagner le tableau pour garantir la robustesse des résultats.

La liste et les quantités correspondent à l'inventaire réel de la cuisine du lycée :

• 1 four i combi pro Rational en mode 2/1 2 niveaux électrique consommation 67.9 kW

• 1 four frima en mode 1/1 20 niveaux électrique consommation 37 kW

• 1 four rational en mode 2/1 électrique consommation gaz 42 kW

• 2 sauteuses Frima vario cooking electrique consommation de 41 kw chacune

• 1 cellule de refroidissement 2/1 consommation électrique de 82 kw

• 2 marmites metos électrique consommation 43 kW chacune

• 4 chambres froides consommation électrique de 34 kw chacune, volume 18 m^3

• 2 cellule 2/1 roulante maintien chaud consommation électrique de 1650 w chacune

• 1 cellule 2/1 roulante maintien chaud consommation électrique de 1250 w

• 2 bain marie maintien chaud consommation électrique de 3600 w chacune

• 1 plaque de cuisson 4 brûleurs gaz

• 4 friteuses consommation gaz puissance de 13500w L 34 l 759 x h 1195 cm

• 6 frigo roulant 2/1 consommation électrique de 280 w "

Annexe 6 :

Dans un premier temps on estime la masse totale transportées par jour qui est de 0,09 Tonne.

1800 pains × 0,05 kg = 90 kg = 0,09 T

Puis, nous calculons le Tonne-Kilomètres par jour :

0,09 T x 12 km = 1,08 T/ Km/ Jour

Pour enfin déterminer le Tonne-kilomètres par année :

1,08 x 190 jours = 205,2 T/ Km/ Année

Annexe 7 : *Facteurs d'émissions des matériaux des équipements sportifs*

Matériau	**Facteur moyen appliqué (kgCO_2eq / kg)**	**Remarques / utilisation typique**
Acier (fonte, acier standard)	2,0	Disques, barres, racks, poignées
Acier recyclé (électrique)	1,4	Pour matériel à base de fer recyclé
Aluminium primaire	9,0	Poteaux, mires, pièces légères
Aluminium recyclé	3,5	Cas si filière "bas carbone"
Plastique (PE, PP, ABS, PVC)	3,0	Gym balls, cônes, pompes, poignées, step
PVC (pur)	4,0	Ballons PVC, revêtements
Néoprène / caoutchouc synthétique	3,0	Haltères néoprène, bandes élastiques
Caoutchouc naturel / latex	2,5	Ceintures de résistance, grips
Textile (polyester, nylon)	4,0	Cordes, sangles, housses
Bois	0,5	Raquettes, manches en bois, battes

Composites carbone / fibre de verre	10,0	Raquettes haut de gamme, cadres
Électronique (moteurs, circuits, batteries)	20,0	Compresseurs, oxymètres, appareils motorisés
Emballage carton/papier	1,0	Inclus parfois dans le produit
Emballage plastique	3,0	Films plastiques, blisters

Annexe 8 : *Récapitulatif des émissions kgCO_2eq des équipements ainsi que leur équivalent en ballon de foot*

Équipement	**kgCO_2eq estimé**	**≈ Ballons de foot équivalents**
Disque de musculation 28 mm	40	9,71
Compresseur éco	33	8,01
Lot de 6 bâtons de relais	2,7	0,66
Paire de mires de volley ball	13,2	3,20
Raquette B7000 Yonex rouge	2,8	0,68
Volants de badminton	0,45	0,11
Pompe pour gym ball	0,6	0,15
Gym ball	2,4	0,58
Magnésie liquide 250 ml	0,84	0,20
Chaussons d'escalade	1,48	0,36
Barre haltère	40	9,71
Stop disque (paire)	0,46	0,11
Poignée tirage triceps	1,32	0,32
Poignée tirage droite (grip)	1,10	0,27

Haltères hex néoprène 5 kg (paire)	22	5,34
Haltères hex néoprène 3 kg (paire)	13,2	3,20
Haltères hex néoprène 2 kg (paire)	8,8	2,14
Step	15	3,64
Ceinture de résistance	0,75	0,18
Raquette badminton	2,6	0,63
Kit badminton pliable	18	4,37
Raquette TT compétition Hurricane	0,86	0,21
Kit tennis-ballon	5,4	1,31
Ballon futsal	1,35	0,33
Cône 12 trous avec encoche	0,15	0,04
Claquoir de départ	1,08	0,26
Oxymètre de pouls	0,14	0,03
Rack haltère bloqués	60	14,56
Haltère hexagonale 8 kg	16	3,88
Haltère hexagonale 15 kg	30	7,28
Haltère hexagonale 6 kg	12	2,91
Poignée tirage rowing	1,54	0,37
Ultimate médium (frisbee)	0,52	0,13
But disque volant	2,7	0,66

Annexe 9 *: Récapitulatif des achats en produits chimiques du lycée Descartes*

Produits	Quantité Labo	Quantité Personnels	Total $kgCO_2eq$
Soude	5 kg	/	2 290
Acide chlorhydrique	10 L	/	14,4
Acide Sulfurique	7 L	/	15,4
Vinaigre blanc	5 L	/	1,075
Produit vaisselle liquide	3 L	100 L	151,41
Produit vitre	5 L	50 L	12,1
Savon liquide	5 L	55 L	28,32
Détergent sanitaire	/	120 L	65,64
Nettoyant multi usage	/	40 L	25,48
Bicarbonate de soude	/	/	/
Chlore	/	195 L	239,85
Désinfectant	/	140 L	585,2
Nettoyant sols	/	140 L	74,9
Peinture	/	120 kg	157,2

Annexe 10 : *Données relevées par l'agent comptable sur les équipements de restauration avec des valeurs estimées par l'IA*

Appareil	Quantité	Emprentaire unitaire ($kgCO_2eq$)	Amortissement (ans)	Empreinte amortie totale
Four Combi Pro Rational 67.9 kW	1	800	15	53.3
Four Frima 37kW	1	600	15	40.0
Four Rational Gaz 42 kW	1	650	15	43.3
Sauteuse Frima VarioCooking 41kW	2	400	12	66.7
Cellule refroidissement 82kW	1	700	12	58.3
Marmite Metos 43kW	2	300	10	60.0
Chambre froide 18 m³ 34 kW	4	900	12	300.0
Cellule maintien chaud 1650 W	2	200	8	50.0
Cellule maintien chaud 1250 W	1	180	8	22.5
Bain-marie électrique 3600 W	2	150	8	37.5

Plaque Cuisson 4 brûleurs Gaz	1	250	12	20.8
Friteuse Gaz 13500w	4	300	10	120.0
Frigo roulant	6	400	10	240.0
TOTAL				**1112,4 kgCO_2eq**